

Wydział Mechaniczny Technologiczny
Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

Gliwice 2011

KOMITET NAUKOWY

prof. dr hab. inż. Andrzej Buchacz – Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Piotr Gendarz

prof. Dumitru Nedelcu, Technical University "Gheorghe Asachi" of Iasi, Romania

prof. dr hab. inż. Bożena Skołod

prof. dr hab. inż. Jerzy Świder

prof. dr hab. inż. Edward Tomasiak

dr hab. inż. Andrzej Baier, prof. nzw. w Pol. Śl.

dr hab. inż. Gabriel Kost, prof. nzw. w Pol. Śl.

dr hab. inż. Tomasz Trawiński

REDAKCJA

dr inż. Andrzej Wróbel – redaktor naczelny

e-mail: andrzej.wrobel@polsl.pl, tel.: (+48) 32 2372819

dr inż. Marek Płaczek - sekretarz

e-mail: marek.placzek@polsl.pl, tel.: (+48) 32 2372437

mgr inż. Mateusz Cielniak – redakcja techniczna

mgr Ewa Opoka – korekta

mgr inż. Krzysztof Olak – projekt okładki

Artykuły opublikowano na podstawie materiałów dostarczonych przez autorów.

ISSN 2083-1021

© Copyright by

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej

Gliwice 2011

Publikacja w całości ani we fragmentach nie może być powielana, ani rozpowszechniana za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczana, ani rozpowszechniana w postaci cyfrowej, zarówno w internecie, jak i sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadaczy praw autorskich.

SPIS TREŚCI

BANAŚ W., KOST G., NIERYCHŁOK A. ALGORYTM STEROWANIA ADAPTACYJNEGO HYBRYDOWEGO POJAZU KOŁOWEGO	17
BANAŚ W., KOST G., NIERYCHŁOK A. BADANIE HYBRYDOWEGO UKŁADU NAPĘDOWEGO WG STABILNOŚCI LAPUNOWA	23
BARBACHOWSKI E., KLARECKI K. SPOSOBY KORYGOWANIA CHARAKTERYSTYK ZAWORÓW PROPORCJONALNYCH	29
BOBA K., MICHALSKI P. PROBLEM OBSŁUGI URZĄDZEŃ PRACUJĄCYCH W SIECI CAN NA PRZYKŁADZIE INKLINOMETRU	35
BOGUCKI R., GWIAZDA A. MODELOWANIE SKRZYNI BIEGÓW W ZAAWANSOWANYM ŚRODOWISKU GRAFICZNYM	41
BUCHACZ A., PŁACZEK M. A SERIES OF MATHEMATICAL MODELS OF MECHATRONIC SYSTEM WITH PIEZOELECTRIC ACTUATOR	47
CHRUKIN J., PRZYSTAŁKA P., MOCZULSKI W. INERCYJNO-ODOMETRYCZNY UKŁAD LOKALIZACJI MOBILNEGO ROBOTA KOŁOWEGO	53
CIELNIAK M. WERYFIKACJA KONSTRUKCJI TWORZONYCH NA PODSTAWIE TEORII PODOBIENSTWA KONSTRUKCYJNEGO	59
CIOFU C., PINTILIE U., NEDELCU D. QUALITY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN FIELD OF MACHINE MANUFACTURINGKONSTRUKCYJNEGO	65
CZABANOWSKI R. SYSTEM STEROWANIA SUWNICY POMOSTOWEJ NATOROWEJ Z WYKORZYSTANIEM WZMACNIACZA SPIDER8	73
ĆWIKŁA G. AUTOMATYCZNA AKWIZYCJA DANYCH Z SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH DLA POTRZEB SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH ZARZĄDZANIE PRZEDSIĘBIORSTWEM	79

DIENST A., BAIER A. ANIMACJA WIĄZAŃ W ZAAWANSOWANYM PROGRAMIE GRAFICZNYM ONESPACEDESIGNER	85
DUCHACZEK A., MAŃKO Z. BADANIA DOŚWIADCZALNE W ZAKRESIE OBCIĄŻEŃ ZMĘCZENIOWYCH STALOWEGO DŹWIGARA MOSTU WOJSKOWEGO MAJĄCEGO SZCZELINĘ	91
DUDZIŃSKI P., SKURJAT A. WPŁYW PODATNOŚCI ELASTYCZNYCH PRZEWODÓW HYDRAULICZNYCH NA ZJAWISKO WĘŻYKOWANIA POJAZDÓW PRZEGUBOWYCH	97
GRABOWIK C., KALINOWSKI K. AUTOMATYZACJA KONSTRUKCYJNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI W SYSTEMIE NX Z ZASTOSOWANIEM JĘZYKA NX GRIP	101
GWIAZDA A., SZAFRANIEC M. PORÓWNANIE OBCIĄŻEŃ UKŁADÓW KORBOwych W RÓŻNYCH TYPACH SILNIKÓW TŁOKOWYCH	107
GWIAZDA A., MATUSIK T. MODELOWANIE I WIRTUALNA ANALIZA PROSTOWODOWEJ OBUDOWY GÓRNICZEJ	113
GWIAZDA A., ZBIŁSKI A. WIRTUALNE MODELOWANIE ŁAŃCUCHÓW KINEMATYCZNYCH ROBOTOW PRZEMYSŁOWYCH	119
HERBUŚ K. KONCEPCJA ZASTOSOWANIA OBIEKTÓW FUNKCYJNYCH DO SFORMALIZOWANEGO OPISU SYSTEMU	125
HERBUŚ K., OCIEPKA P. KONCEPCJA ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI DO INTERAKTYWNEGO PROGRAMOWANIA RUCHU MANIPULATORA ROBOTA	129
HUSS W. CYFROWY REJESTRATOR DANYCH JAKO ELEMENT SIECI POMIAROWEJ DO MONITORINGU DYNAMIKI KONSTRUKCJI MASZYN GÓRNICZWA ODKRYWKOWEGO	133
JAMROZIAK K. WPŁYW TARCIA SUCHEGO NA DYSYPACJĘ ENERGII UDERZENIA	139
JAMROZIAK K. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE KOMPOZYTÓW NA OSNOWIE POLIMEROWEJ	145

JANIK W. COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE DISASSEMBLY MODULE	151
JANIK W. COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE AGREGGATION MODULE	159
JEZIERSKI P. PROJEKT ELEKTROWNI WIATROWEJ DLA DOMU JEDNORODZINNEGO – PIERWSZE STADIA PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO	165
JEZIERSKI P., LEPSZY A., NOWORYTA K., NAGÓRNY A., ŻÓŁKIEWSKI S. MODEL DŹWIGU OSOBOWEGO Z UKŁADEM STEROWANIA PROGRAMOWALNYM LOGICZNIE	171
KALINOWSKI K., GRABOWIK C. INTEGRACJA SYSTEMÓW PROEDIMS I KBRS W ZAKRESIE HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI. MODEL ZLECENIA PRODUKCYJNEGO	177
KALWAK B., BAIER A. ZUŻYCIE ŚCIERNE KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH	181
KAMIŃSKI T., MICHAŁSKI P. INTERFEJS INTELIGENTNEGO BUDYNKU Z WYKORZYSTANIEM NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII INTERNETOWYCH	187
KLARECKI K. STANOWISKO DO BADANIA NAPĘDU INDRADRIWE® Z SILNIKIEM LINIOWYM INDRADYN L®	191
KLARECKI K., BARBACHOWSKI E. ANALIZA MODELOWA WŁASNOŚCI STATYCZNYCH I DYNAMICZNYCH ZAWORÓW HYDRAULICZNYCH	197
KOSOBUDZKI M. WYZNACZANIE CZĘSTOŚCI DRGAŃ SKRĘTNYCH USTROJU NOŚNEGO SAMOCHODU CIĘŻAROWO – OSOBOWEGO WYSOKIEJ MOBILNOŚCI NA PODSTAWIE DANYCH AKCELEROMETRYCZNYCH	203
KOSIARA A. MODELOWANIE I EKSPERYMENTALNA IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW HYDRAULICZNEGO STABILIZATORA DRGAŃ WZDŁUŻNYCH ŁADOWARKI ŁYŻKOWEJ	207

KOST G., NIERYCHŁOK A. STEROWANIE SILNIKIEM SPALINOWYM JAKO ŹRÓDŁEM ENERGII PIERWOTNEJ W HYBRYDOWYM UKŁADZIE NAPĘDOWYM	213
KOST G., NIERYCHŁOK A. WYKORZYSTANIE SUPERKONDENSATORÓW JAKO DODATKOWEGO ŹRÓDŁA ENERGII DLA SILNIKA ELEKTRYCZNEGO W HYBRYDOWYM POJEŹDZIE KOŁOWYM	217
KRENCZYK D. INTEGRACJA SYSTEMÓW PLANOWANIA PRODUKCJI Z SYSTEMAMI SYMULACYJNYMI Z WYKORZYSTANIEM JĘZYKA XSLT	223
KRENCZYK D. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY AUTOMATYCZNEGO GENEROWANIA MODELI DLA SYSTEMÓW SYMULACYJNYCH	229
KRZYSTAŁA E., MEŹYK A. IDENTYFIKACJA OBCIĄŻENIA ZAŁOGI W WYNIKU WYBUCHU ŁADUNKU POD POJAZDEM KOŁOWYM	235
MAJZNER M., BAIER A. ZASTOSOWANIE METODY OBIEKTÓW ELEMENTARNYCH W MODELOWANIU KOMPOZYTOWYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH	239
MAKOWSKI R., PAWLICZEK P., WÓJCIK R. SEMIAUTONOMICZNY ROBOT MOBILNY DO DETEKЦИИ PRZEDMIOTÓW O OKREŚLONYCH CECHACH GEOMETRYCZNYCH I MATERIAŁOWYCH	245
MAREK M., BAIER A. PORÓWNANIE SPOSOBU PRZYGOTOWYWANIA SYMULACJI DZIAŁANIA MANIPULATORA W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH CAD	249
MATUSIK T., GWIAZDA A. ANALIZA OBCIĄŻEŃ I STABILNOŚCI OBUDÓW GÓRNICZYCH	255
MÍNDRU T., CIOFU C., NEDELCU D. FLOW SIMULATION OF THE TWO-COMPONENT PLASTIC INJECTION PROCESS WITH REINFORCED PARTS	261
MONICA Z. SYMULACJA PROCESU OBRÓBKI NA PODSTAWIE MODELU OBRABIARKI UTWORZONEGO W PROGRAMIE NX	267

NEDELUCU D., CHELARIU R., CIOFU C. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH SI-C PARTICLES	273
OCHMAN G. SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM I HIGIENĄ PRACY JAKO ELEMENT ZINTEGROWANEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA NA PRZYKŁADZIE KOMPANII WĘGLOWEJ S.A.	281
OCIEPKA P. ZASTOSOWANIE METODY CBR DO WSPOMAGANIA PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO	287
OCIEPKA P., HERBUŚ K., DYMAREK A., DZITKOWSKI T. KONCEPCJA SYMULATORA DO NAUKI JAZDY SAMOCHODEM DLA OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH	293
PAKURA A. WPŁYW PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO NA BEZPIECZEŃSTWO PRACOWNIKÓW O STAŻU PRACY PONIŻEJ TRZECH LAT	299
PYPNO C. WIELOKONDYGNACYJNY ZAUTOMATYZOWANY NADZIEMNY GARAŻ DLA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH – ROZWIĄZANIEM PROBLEMÓW Z PARKOWANIEM SAMOCHODÓW W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH	305
RECLI D., KACZMARCZYK P. PROJEKT MECHATRONICZNEGO INTERFEJSU PROGRAMOWANIA ROBOTÓW ON-LINE TYPU FANTOM DOSTOSOWANEGO DO APLIKACJI FANUC ROBOTICS - CZĘŚĆ MECHANICZNA	311
RECLI D., KACZMARCZYK P. PROJEKT MECHATRONICZNEGO INTERFEJSU PROGRAMOWANIA ROBOTÓW ON-LINE TYPU FANTOM DOSTOSOWANEGO DO APLIKACJI FANUC ROBOTICS - CZĘŚĆ ELEKTRONICZNA	317
RZAŚIŃSKI R. WERYFIKACJA I SYMULACJA PROCESU ZGRZEWANIA DLA TYPOSZEREGU RUR PE	323
SASKA P., CZMOCHOWSKI J. KONCEPCJA STANOWISKA DO BADAŃ ODDZIAŁYWANIA FALI UDERZENIOWEJ WYBUCHU NA OSŁONY O RÓŻNYM KSZTAŁCIE	329
SZCZYGIEL M. SILNIK INDUKCYJNY O DWÓCH STOPNIACH SWOBODY RUCHU	333

ŚWIDER J., HETMAŃCZYK M. ZASTOSOWANIE JĘZYKA UML DO MODELOWANIA ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH	339
ŚWIDER J., ZBILSKI A. WIRTUALNE STANOWISKO LABORATORYJNE DO OPRACOWYWANIA I WERYFIKACJI NOWYCH METOD IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW	345
ŚWIĘTEK Ł., WIĘCKOWSKI I. MIEJSCE JAKOŚCI WŚRÓD DETERMINANT ZASTOSOWANIA OUTSOURCINGU	351
SZNURA M., PRZYSTAŁKA P., MOCZULSKI W. UKŁAD LOKALIZACJI BEZWZGŁĘDNEJ DO ZASTOSOWAŃ W ROBOTYCE MOBILNEJ	357
TARGOSZ M., SKARKA W., WYLEŻOŁ M., KASZA P., MOCZULSKI W. KONSTRUKCJA PLATFORMY NOŚNEJ ROBOTÓW MOBILNYCH	363
WOSIK I. A PROBLEM OF PREDICTIVE SCHEDULING OF JOBS IN A PRODUCTION SYSTEM	369
WRÓBEL A., PŁOSKA Ł. STUDY OF INNOVATIVE SHEATHING CONSTRUCTION OF WAGON DOORS USING STRAIN GAUGE METHOD AND FINITE ELEMENTS METHOD	375
ZEMCZAK M. CASE STUDY: PRODUCTION ORDERS SCHEDULING IN MULTIVERSION AND MULTIASSORTMENT PRODUCTION SYSTEMS – PART I	379
WYKAZ AUTORÓW	385

CONTESTS

BANAŚ W., KOST G., NIERYCHŁOK A. ADAPTIVE CONTROL ALGORITHM FOR HYBRID VEHICLE	17
BANAŚ W., KOST G., NIERYCHŁOK A. TESTING THE HYBRID POWERTRAIN BY LYAPUNOV'S STABILITY THEORY	23
BARBACHOWSKI E., KLARECKI K. THE CORRECTING METHODS OF PROPORTIONAL VALVES CHARACTERISTIC	29
BOBA K., MICHALSKI P. SERVICE OF DEVICES WORKING IN CAN NETWORK PROBLEM ON EXAMPLE OF INCLINOMETER	35
BOGUCKI R., GWIAZDA A. MODELLING OF A GEARBOX IN AN ADVANCED GRAPHICAL ENVIRONMENT	41
BUCHACZ A., PŁACZEK M. A SERIES OF MATHEMATICAL MODELS OF MECHATRONIC SYSTEM WITH PIEZOELECTRIC ACTUATOR	47
CHRUKIN J., PRZYSTAŁKA P., MOCZULSKI W. INERTIAL-ODOMETRIC LOCALIZATION SYSTEM OF A WHEELED MOBILE ROBOT	53
CIELNIAK M. VERIFICATION OF CONSTRUCTIONS CREATED ON THE BASIS OF THE CONSTRUCTION SIMILARITY THEORY	59
CIOFU C., PINTILIE U., NEDELICU D. QUALITY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN FIELD OF MACHINE MANUFACTURING	65
CZABANOWSKI R. BRIDGE CRANE CONTROL SYSTEM WITH APPLICATION OF AMPLIFIER SPIDER8	73
ĆWIKŁA G. AUTOMATIC ACQUISITION OF DATA FROM PRODUCTION PROCESS SYSTEMS FOR ENTERPRISE MANAGEMENT SUPPORT SYSTEMS	79

DIENST A., BAIER A. BONDS ANIMATION IN THE ADVANCED GRAPHIC PROGRAM ONSPACE DESIGNER	85
DUCHACZEK A., MAŃKO Z. EXPERIMENTAL TESTS IN THE FATIGUE LOADS RANGE OF MILITARY BRIDGE STEEL GIRDER WITH CRACKSKRZYNIOWEJ	91
DUDZIŃSKI P., SKURJAT A. ELASTIC HYDRAULIC PIPES FLEXIBILITY INFLUENCE ON SNAKING FENOMENA OF ARTICULATED JOINT BODY VEHICLES	97
GRABOWIK C., KALINOWSKI K. AN AUTOMATION OF THE DESIGN PRODUCTION PREPARATION IN THE NX SYSTEM WITH APPLICATION OF THE NX GRIP LANGUAGE	101
GWIAZDA A., SZAFRANIEC M. COMPARISON OF LOADS OF CRANK SYSTEMS OF DIFFERENT TYPES OF PISTON ENGINES	107
GWIAZDA A., MATUSIK T. MODELING AND ANALYSIS OF A VIRTUAL MODEL OF THE MINING SUPPORT WITH A STRAIT-LINE MECHANISM	113
GWIAZDA A., ZBILSKI A. VIRTUAL MODELLING OF KINEMTICS CHAINS OF INDUSTRIAL ROBOTS	119
HERBUŚ K. THE CONCEPT OF FUNCTIONAL OBJECTS APPLICATION FOR FORMALIZED SYSTEM DESCRIPTION	125
HERBUŚ K., OCIEPKA P. THE CONCEPT OF APPLICATION THE VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY FOR MOTION INTERACTIVE PROGRAMMING OF ROBOT MANIPULATORS	129
HUSS W. DIGITAL DATA LOGGER AS AN ELEMENT OF MEASUREMENT NET FOR MONITORING OF DYNAMICS OF OPEN-CAST MINING MACHINES CONSTRUCTIONS	133

JAMROZIAK K. INFLUENCE OF A DRY FRICTION ON STRIKE ENERGY DISSIPATION	139
JAMROZIAK K. MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES ON THE POLIMER WARP	145
JANIK W. COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE DISASSEMBLY MODULE	151
JANIK W. COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE AGREGGATION MODULE	159
JEZIERSKI P. WIND POWER STATION PROJECT FOR DETACHED HOUSE – FIRST STAGES OF DESIGN-CONSTRUCTION PROCESS	165
JEZIERSKI P., LEPSZY A., NOWORYTA K., NAGÓRNY A., ŻÓLKIEWSKI S. MODEL OF A PASSENGER LIFT WITH CONTROL SYSTEM PROGRAMMABLE LOGICALLY	171
KALINOWSKI K., GRABOWIK C. PROEDIMS AND K ₆ RS SYSTEMS INTEGRATION IN PRODUCTION SCHEDULING AREA. THE MODEL OF PRODUCTION ORDER	177
KALWAK B., BAIER A. THE ABRASIVE WEAR OF FIBROUS COMPOSITES	181
KAMIŃSKI T., MICHALSKI P. INTELLIGENT BUILDING INTERFACE WITH APPLICATION OF MODERN WEB TECHNOLOGIES	187
KLARECKI K. LABORATORY STAND FOR TESTING INDRADRIIVE® DRIVE SYSTEM WITH INDRADYN L® LINEAR ENGINE	191
KLARECKI K., BARBACHOWSKI E. MODEL ANALYSIS OF STATIC AND DYNAMIC PROPERTIES OF HYDRAULIC VALVES	197
KOSOBUDZKI M. DETERMANING THE NATURAL TORSIONAL VIBRATIONS OF UNDERFRAME OF OFF-ROAD MILITARY VEHICLE WITH USE OF ACCELERATION DATA	203

KOSIARA A. MODELLING AND EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF HYDRAULIC LONGITUDINAL OSCILATION STABILIZER'S PARAMETERS IN WHEELED LOADER	207
KOST G., NIERYCHŁOK A. CONTROL OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE) OF PRIMARY ENERGY SOURCE IN HYBRID POWERTRAIN SYSTEM	213
KOST G., NIERYCHŁOK A. SUPERCAPACITOR APPLICATION AS AN EXTRA ENERGY SOURCE FOR ELECTRIC MOTOR IN THE HYBRID POWERTRAIN SYSTEM	217
KRENCZYK D. INTEGRATION OF PRODUCTION PLANNING AND SIMULATION SYSTEMS USING XSLT TRANSFORMATION	223
KRENCZYK D. EXAMPLE OF APPLICATION OF AUTOMATIC GENERATION MODELS METHOD FOR SIMULATION SYSTEMS	229
KRZYSTAŁA E., MEŻYK A. IDENTIFICATION OF EXPLOSION IMPACT ONTO THIER CREWS UNDER THE WHEELED MILITARY VEHICLES	235
MAJZNER M., BAIER A. APPLICATION OF THE ELEMENTARY OBJECT METHOD IN MODELING OF COMPOSITE STRUCTURAL ELEMENTS	239
MAKOWSKI R., PAWLICZEK P., WÓJCIK R. SEMI-AUTONOMOUS MOBILE ROBOT FOR OBJECTS DETECTION WITH ITS SPECIFIC GEOMETRIC AND MATERIAL FEATURES	245
MAREK M., BAIER A. THE COMPARISON OF PREPARING METHOD OF A MANIPULATOR FUNCTIONING SIMULATION IN DIFFERENT CAD ENVIRONMENTS	249
MATUSIK T., GWIAZDA A. ANALYSIS OF LOADS AND STABILITY OF MINNG SUPPORTS	255
MÎNDRU T., CIOFU C., NEDELCU D. FLOW SIMULATION OF THE TWO-COMPONENT PLASTIC INJECTION PROCESS WITH REINFORCED PARTS	261

MONICA Z. SIMULATION OF A MANUFACTURING PROCESS USING THE MACHINE TOOL MODEL CREATED IN UNIGRAPHICS SYSTEM	267
NEDELICU D., CHELARIU R., CIOFU C. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH SI-C PARTICLES	273
OCHMAN G. OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AS AN ELEMENT OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM. AN EXAMPLE OF KOMPANIA WĘGLOWA S.A.	281
OCIEPKA P. CBR SUPPORT OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION PROCESS	287
OCIEPKA P., HERBUŚ K., DYMAREK A., DZITKOWSKI T. CONCEPT OF A SIMULATOR FOR TEACHING HOW TO DRIVE A CAR FOR PEOPLE WITH DISABILITIES	293
PAKURA A. THE PROFESSIONAL TRAINING INFLUENCE ON SAFETY OF WORKERS WITH A SENIORITY LESS THAN 3 YEARS	299
PYPNO C. MULTI-STOREY AUTOMATED OVER GROUND GARAGE FOR CARS – SOLUTION FOR PARKING PROBLEMS IN BIG URBAN AREAS	305
RECLI D., KACZMARCZYK P. MECHATRONIC INTERFACE PROJECT OF ON-LINE ROBOT PROGRAMMING OF FANTOM TYPE ADJUSTED TO FANUC ROBOTICS APPLICATION- MECHANICAL PART	311
RECLI D., KACZMARCZYK P. PROJECT OF MECHATRONIC INTERFACE OF ON-LINE ROBOT PROGRAMMING FANTOM TYPE ADJUSTED TO FANUC ROBOTICS APPLICATION- ELECTRONIC PART	317
RZĄSIŃSKI R. VERIFICATION AND SIMULATION OF WELDING PROCESS FOR A TYPE SERIES OF PE PIPES	323
SASKA P., CZMOCHOWSKI J. THE CONCEPTION OF STATION FOR TESTS OF INFLUENCE OF BLAST WAVE ON DIFFERENT SHAPE PROTECTION ELEMENTS	329

SZCZYGIEL M. INDUCTION MOTOR WITH TWO DEGREES OF FREEDOM IN MOTION	333
ŚWIDER J., HETMAŃCZYK M. APPLICATION OF UML LANGUAGE FOR MODELLING OF COMPLEX COMPUTER SYSTEMS	339
ŚWIDER J., ZBIŁSKI A. VIRTUAL LABORATORY STATION FOR FORMULATION AND VERIFICATION OF NEW METHODS OF OBJECTS IDENTIFICATION	345
ŚWIĘTEK Ł., WIĘCKOWSKI I. THE PLACE OF QUALITY AMONG DETERMINE OF OUTSOURCING APPLICATION	351
SZNURA M., PRZYSTAŁKA P., MOCZULSKI W. GLOBAL LOCALIZATION SYSTEM FOR MOBILE ROBOT APPLICATIONS	357
TARGOSZ M., SKARKA W., WYLEŻOŁ M., KASZA P., MOCZULSKI W. DESIGN OF BASE PLATFORM OF MOBILE ROBOTS	363
WOSIK I. A PROBLEM OF PREDICTIVE SCHEDULING OF JOBS IN A PRODUCTION SYSTEM	369
WRÓBEL A., PŁOSKA Ł. STUDY OF INNOVATIVE SHEATHING CONSTRUCTION OF WAGON DOORS USING STRAIN GAUGE METHOD AND FINITE ELEMENTS METHOD	375
ZEMCZAK M. CASE STUDY: PRODUCTION ORDERS SCHEDULING IN MULTIVERSION AND MULTIASSORTMENT PRODUCTION SYSTEMS – PART I	379
INDEX OF AUTHORS	385

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Wacław BANAS^{*}, Gabriel KOST, Andrzej NIERYCHLOK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

^{*} waclaw.banas@polsl.pl

ALGORYTM STEROWANIA ADAPTACYJNEGO HYBRYDOWEGO POJAZDU KOŁOWEGO

Streszczenie: W pracy przedstawiono algorytm adaptacyjnego systemu sterowania pojazdu kołowego o napędzie hybrydowym. Algorytm adaptacyjnego sterowania pozwala na dobór parametrów regulacyjnych pochodzących od różnych wartości sygnałów zewnętrznych. Stosowanie algorytmu adaptacyjnego poprawia pracę układu napędowego, w szczególności hybrydowego układu napędowego, w którym wykorzystuje się zjawisko synergii energii jednostek napędowych. Sterowanie adaptacyjne umożliwia lepszy przepływ energii w systemie zarządzania energią pojazdu hybrydowego.

1. Wstęp

Sterowanie pojazdu kołowego z napędem hybrydowym jest niezwykle trudne w realizacji praktycznej. Z tego powodu wiele aspektów związanych z ruchem pojazdu (zadania zewnętrzne i wewnętrzne) należy uwzględnić w algorytmie sterowania.

Algorytm sterowania jest to opis (model matematyczny) urządzenia sterującego, czyli tzw. realizatora algorytmu sterowania. Obiekty sterowania dzieli się na dwie grupy [1,2,3]:

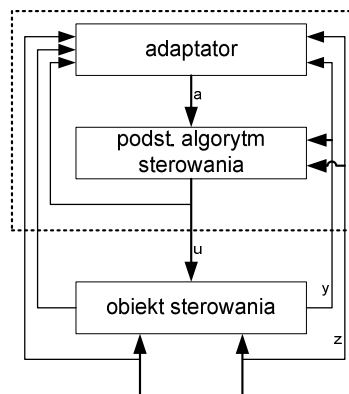
- pierwsza grupa zawiera obiekty sterowania z nieznanymi parametrami i z opisem niepewności, którą rozpatruje się za pomocą rozkładu prawdopodobieństwa lub rozkładu pewności - są to opisy informacji apriorycznej o nieznanach parametrach. Taka informacja znana jest już na etapie projektowania układu sterowania,
- druga grupa stanowi obiekty, w których informacja o nieznanym parametrze zdobywana jest w trakcie procesu sterowania. Informację tę wykorzystuje się do bieżących modyfikacji parametrów sterujących (decyzji sterujących). Zdobywanie informacji ma charakter bezpośredni, czyli polega na bezpośredniej obserwacji nieznanego parametru – na pomiarze tego parametru w obecności losowych zakłóceń. Zdobywanie informacji przebiega w sposób pośredni, jeżeli przeprowadza się obserwację rezultatów sterowania. Proces taki realizuje się w zamkniętym systemie sterowania. Projektowanie takiego systemu sterowania musi uwzględniać właściwe wykorzystanie obserwacji skutków wcześniejszych sterowań, które pomogą w wyznaczeniu następnych decyzji sterujących. Zadanie to realizowane może być także poprzez zaprojektowanie systemu zamkniętego, w taki sposób, aby sterowany proces był zbieżny do wartości zadanych.

Sterowanie odporne (system odporny) związane jest ze sterowaniem adaptacyjnym, gdyż w sterowaniu adaptacyjnym zakłada się, że podstawowy algorytm sterowania już istnieje, a dodatkowe informacje wykorzystywane są do stopniowego polepszania algorytmu podstawowego. Sterowanie adaptacyjne zalicza się do koncepcji parametrycznej, tzn. poprawianie algorytmu polega na zmianie wybranych parametrów ze zbioru możliwych wartości algorytmu podstawowego (systemu odpornego). Poprawę parametrów wprowadza się po to, aby algorytm podstawowy dostosował się do sterowanego obiektu. Stąd właśnie nazwa „sterowanie adaptacyjne” [1,2,3].

Adaptacja potrzebna jest wtedy, gdy z powodu niepewności zaprojektowanego algorytmu podstawowego, należałoby go polepszyć w taki sposób aby działał on optymalnie. Algorytm taki musi spełniać określone warunki dla konkretnego obiektu i zakłóceń działających na ten obiekt. W algorytmie należy także uwzględnić przypadek, gdy obiekt ciągle zmienia się, a przyjęte dane w procesie projektowania nie uwzględniają pewnych informacji lub po czasie przestają być aktualne.

Algorytm sterowania w systemie adaptacyjnym składa się z dwóch podstawowych części (rys. 1) [2,3]:

- algorytmu podstawowego,
- algorytmu adaptacji, tzn. algorytmu poprawiającego algorytm podstawowy.



Rys.1. Idea algorytmu regulacji adaptacyjnej [2]
Fig.1. The idea of adaptive control algorithm [2]

Z takiego punktu widzenia w systemie sterującym wyróżnia się dwa poziomy [2,3]:

- poziom niższy, na którym działa podstawowe urządzenie sterujące. Układ bezpośrednio przyjmuje dane z obiektu a i wyznacza decyzje sterujące u (z – sygnał zakłócający, y – sprzężenie zwrotne od obiektu sterowania),
- poziom wyższy, na którym działa układ adaptacyjny.

2. Model pojazdu kołowego

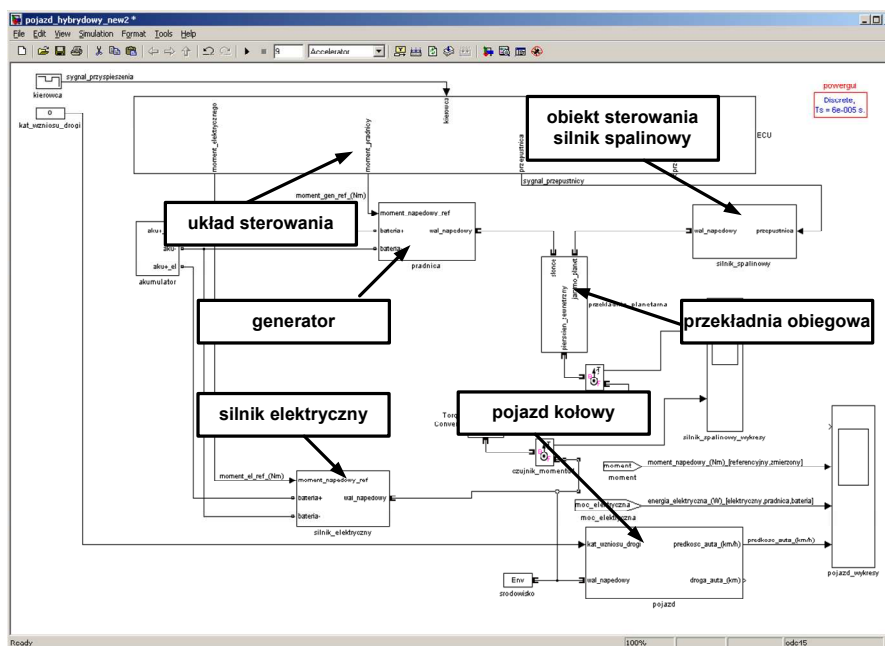
W przyjętym algorytmie sterowania uwzględniono założenie adaptacji sterowania silnikiem spalinowym pojazdu kołowego o napędzie hybrydowym. Zbudowany został model pojazdu kołowego w oprogramowaniu MATLAB/Simulink, w którym algorytm adaptacyjny steruje pracą silnika spalinowego poprzez odpowiednie otwieranie lub przemykanie

przepustnicy. Model symulacyjnego pojazdu kołowego z napędem hybrydowym zbudowano, przyjmując, że rzeczywisty pojazd porusza się głównie w aglomeracjach miejskich. Przyjęto, że silnik spalinowy to jednostka o pojemności 1.0L rozwijająca moc maksymalną 40kW oraz że silnik elektryczny to maszyna elektryczna typu PMSM (permanent magnet synchronius motor) o mocy 50kW, natomiast generator elektryczny to także konstrukcja zbudowana na bazie PMSM o mocy 30kW [4,5].

Zgodnie z założeniem algorytmu sterowania adaptacyjnego sterowanie silnikiem spalinowym podzielono na dwie części sterowania: *poziom adaptacji* oraz *poziom podstawowy – regulacji*, w którym w pracy wyróżniono trzy procedury regulacji:

- etap pracy silnika spalinowego napędzającego tylko i wyłącznie generator elektryczny,
- etap pracy silnika spalinowego wspomagającego silnik elektryczny (zapotrzebowanie na moc i moment),
- etap pracy silnika spalinowego napędzającego pojazd kołowy.

Na rys. 2. przedstawiono model badanego pojazdu hybrydowego w oprogramowaniu Simulink, w którym wyróżniono podstawowe elementy układu napędowego oraz układ sterujący. Silnik spalinowy połączony został z generatorem i silnikiem elektrycznym poprzez przekładnię obiegową. Połączenie takie odpowiada koncepcji połączenia równoległego napędu hybrydowego. W takim przypadku silnik spalinowy napędzać może zarówno pojazd kołowy jak i generator elektryczny.

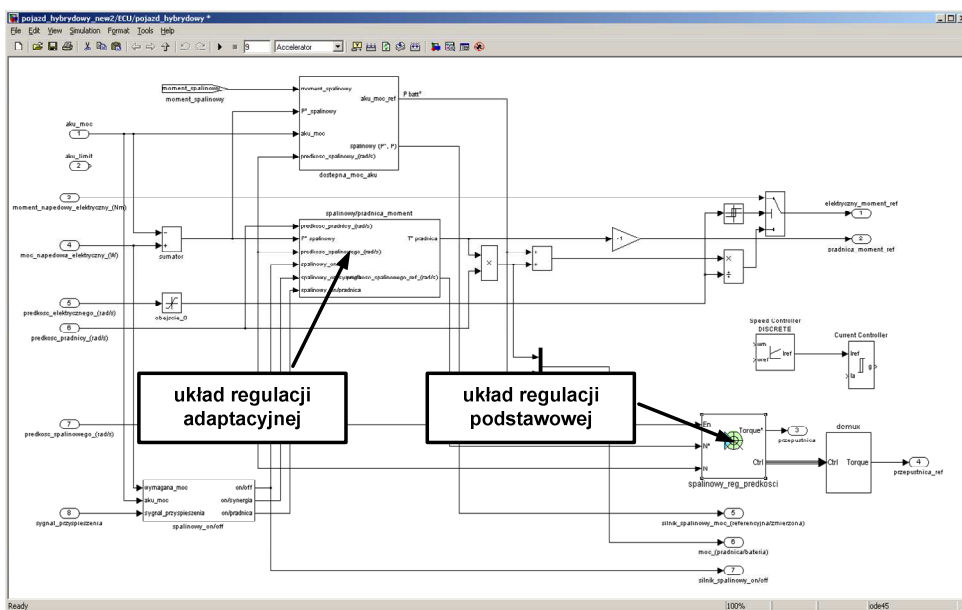


Rys.2. Model pojazdu kołowego w oprogramowaniu Simulink
Fig.2. The model of a wheeled vehicle in the Simulink

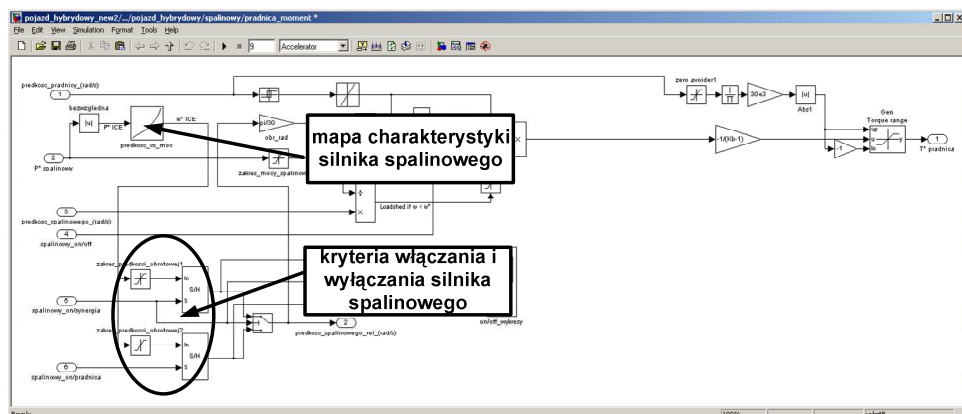
Na rys. 3 przedstawiono układ sterowania z zaimplementowanym układem regulacji adaptacyjnej oraz układem regulacji podstawowej. Regulacji silnika spalinowego dokonuje się poprzez odpowiednie otwieranie elektronicznie sterowanej przepustnicy, przy czym pomiar prędkości obrotowej silnika spalinowego w pętli sprzężenia zwrotnego jest dla układu sterowania sygnałem utrzymującym zadaną prędkość obrotową. Układ regulacji adaptacyjnej

nadzoruje pracę silnika spalinowego w zależności od zapotrzebowania na moc i moment napędowy. Zapotrzebowanie na moc i moment napędowy może być różne od obecnie przyjętych warunków zewnętrznych (warunki drogowe takie jak: kąt wzniosu drogi, opory ruchu pochodzące od sił aerodynamicznych, itp.) i wewnętrznych (przepływ energii pomiędzy układami i jednostkami napędowymi).

Rys. 4 przedstawia układ regulacji adaptacyjnej, w której zamieszczono mapę charakterystyki silnika spalinowego (z której można odczytać najmniejsze jednostkowe zużycie paliwa przy określonej prędkości obrotowej oraz ciśnieniu użytecznym). Adaptacja polega więc na takim doborze prędkości obrotowej, przy której osiąga się najmniejsze zużycie paliwa. Adaptator uwzględnia pracę silnika spalinowego tylko w przypadku napędu generatora elektrycznego.

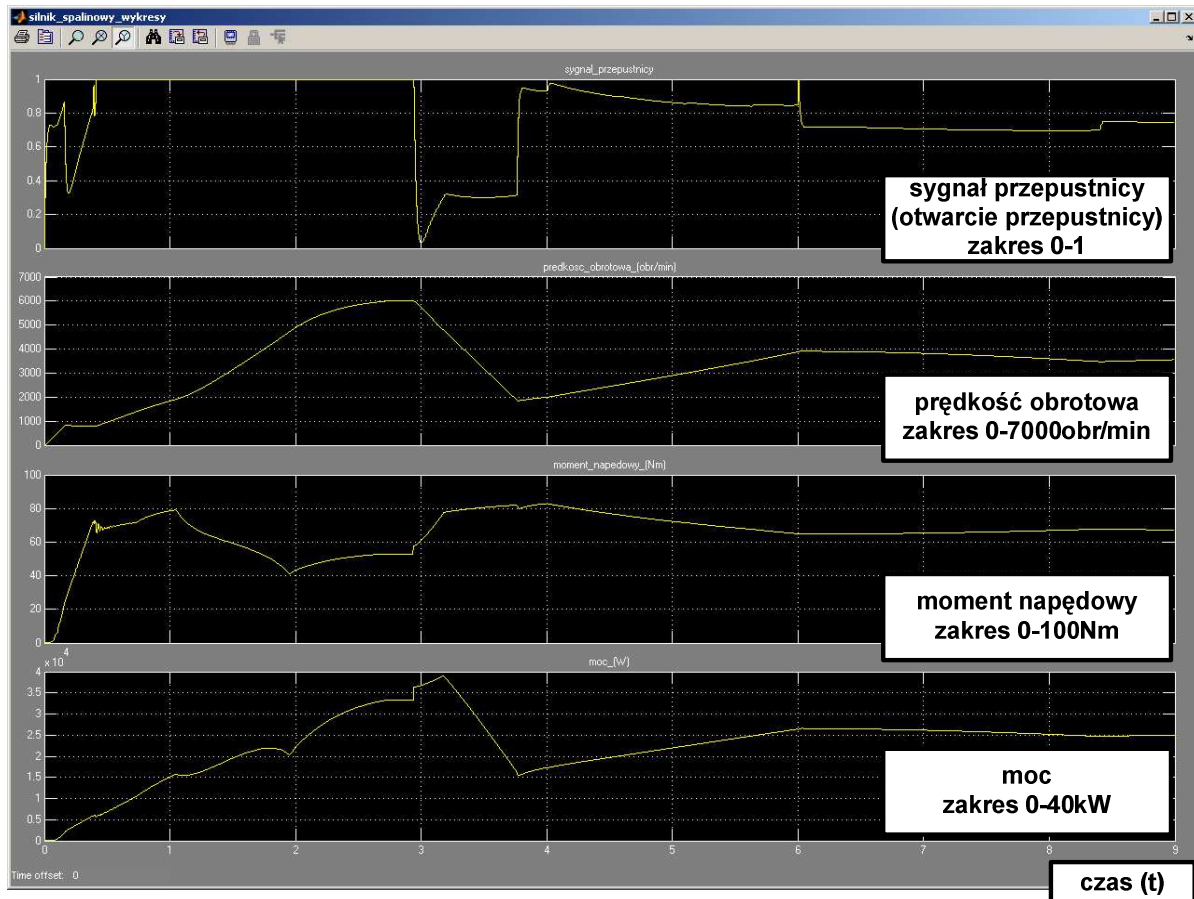


Rys.3. Układ sterowania pojazdem kołowym o napędzie hybrydowym
Fig.3. Control system of hybrid wheeled vehicle



Rys.4. Układ regulacji adaptacyjnej
Fig.4. Adaptive control system

Wykres trzeci i czwarty (rys. 5) przedstawia moment napędowy oraz moc silnika spalinowego. Podczas synergii momentu napędowego i mocy w trakcie przyspieszania pojazdu kołowego wymagany jest jak największy moment napędowy. W tym celu układ sterowania silnikiem spalinowym reguluje prędkość obrotową silnika spalinowego (po czasie 3s), dla którego uzyskuje się największy moment napędowy. Po 6s układ napędowy pojazdu hybrydowego wymaga większej mocy (wzrost oporu ruchu), dlatego układ sterowania zwiększa otwarcie przepustnicy i tym samym prędkość obrotową, bezpośrednio związaną ze zwiększeniem mocy silnika spalinowego.



Rys.5. Wyniki symulacji

Fig.5. Simulation results

3. Podsumowanie

Przedstawione w pracy wyniki badań pozwalają stwierdzić, że regulacja adaptacyjna w pojazdach kołowych o napędzie hybrydowym jest niezwykle przydatna i korzystnie wpływa na pracę układu napędowego, gdyż pozwala na dokładniejszą regulację silnika spalinowego. Silnik spalinowy w hybrydowym układzie napędowym sterowany jest tylko i wyłącznie na drodze elektronicznej. Kierowca nie ma bezpośredniej możliwości sterowania prędkością obrotową i momentem silnika spalinowego, przejmuje to układ sterowania, gdzie odpowiednio dobrany algorytm sterowania w znacznym stopniu pozwala na optymalizację

pracy jednostki spalinowej. Wykorzystując adaptator w regulacji silnikiem spalinowym, można ograniczyć zużycie paliwa i tym samym zredukować emisję substancji toksycznych.

Literatura

1. Kaczorek T.: Teoria sterowania i systemów. Warszawa: PWN, 1999.
2. Bubnicki Z.: Teoria i algorytmy sterowania. Warszawa: PWN, 2005.
3. Niederliński A., Mościński J., Ogonowski Z.: Regulacja adaptacyjna. Warszawa PWN 1995.
4. Kost G., Nierychłok A.: Napęd hybrydowy. Koncepcja sterowania. „Przegląd Mechaniczny”, marzec 2011.
5. Kost G., Nierychłok A.: Zastosowanie magistrali CAN w pojeździe kołowym z napędem hybrydowym. „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe”, w druku.

ADAPTIVE CONTROL ALGORITHM FOR HYBRID VEHICLE

Summary: The paper presents an algorithm of adaptive control system for a hybrid wheeled vehicle. Adaptive control algorithm allows for the selection of control parameters from different values of external signals/task. Application of the adaptive algorithm improves the functioning of the propulsion system, in particular the hybrid one that uses the phenomenon of synergy power of drive units. Adaptive control provides a better energy flow in the power management system in a hybrid vehicle.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Wacław BANAS^{*}, Gabriel KOST, Andrzej NIERYCHLOK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Politechnika Śląska, Gliwice

^{*} waclaw.banas@polsl.pl

BADANIE HYBRYDOWEGO UKŁADU NAPĘDOWEGO WG STABILNOŚCI LAPUNOWA

Streszczenie: W pracy przedstawiono model pojazdu kołowego o napędzie hybrydowym zbudowanym w oprogramowaniu MATLAB/Simulink. W modelu przyjęto założenia sterowania silnikiem spalinowym jako maszyną napędzającą pojazd kołowy i generator elektryczny. Takie podejście wymaga zbadania stabilności układu napędowego, w którym silnik spalinowy raz będzie napędzał tylko i wyłącznie generator elektryczny, zaś w innym przypadku tylko i wyłącznie pojazd kołowy. Sprawa komplikuje się jeszcze bardziej w chwili wspomagania silnika elektrycznego silnikiem spalinowym (synergia energii). Dlatego w pracy podjęto próbę opisu układu napędowego pojazdu kołowego równaniami różniczkowymi, a następnie zbadania stabilności takiego układu w sensie Lapunowa.

1. Wstęp

Samo pojęcie stateczności związane jest z zachowaniem się układu fizycznego w chwili gdy stan ustalony pracy tego układu zostaje w pewien sposób zaburzony. Stanem ustalonym układu przyjęto nazywać taki stan, w którym układ pozostaje w położeniu równowagi lub porusza się po przyjętych trajektoriach równowagi. W zależności od tego jaki skutek wywołany jest poprzez zaburzenie stanu ustalonego, można określić stan ustalony jako stateczny lub niestateczny. Skutek niewielkich zaburzeń stanu ustalonego powszechnie przyjmuje się jako kryterium stateczności lokalnej [1,2,4,6].

Za twórcę badania stabilności równań różniczkowych uważany jest Lapunow. W swojej pracy Lapunow przedstawił sposób rozpatrywania stabilności z wykorzystaniem dwóch odrębnych metod. Metoda pierwsza, pośrednia zakłada, że znana jest postać jawna rozwiązania, stosowana do nielicznych zagadnień. Metoda druga, bezpośrednia, odznacza się dużym stopniem ogólności i skuteczności. Najważniejszą zaletą metody bezpośredniej jest to, że nie wymaga się znajomości rozwiązania równania różniczkowego [1,2,4,6].

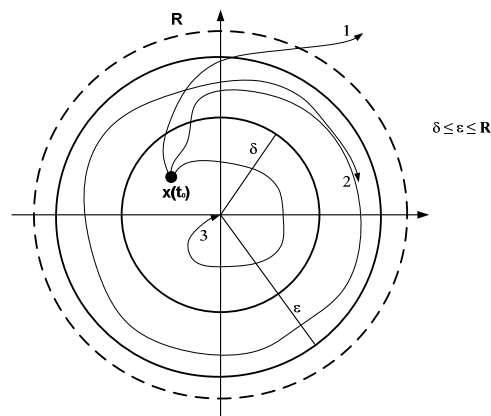
Druga metoda Lapunowa (bezpośrednia) bada stabilność układu za pomocą skalarnej funkcji stanu $V(x)$. Funkcja $V(x)$ nazywana jest funkcją Lapunowa jeżeli spełnia następujące warunki:

- $V(x)$ musi być dodatnia
- $V(x)$ przyjmuje tylko zero tylko w początku układu współrzędnych,

- $V(x)$ obliczana wzdłuż badanej trajektorii musi maleć w miarę posuwania się x wzdłuż tej trajektorii, czyli $\dot{V}(x)$ musi być ujemna.

Twierdzenie o stabilności wg Lapunowa można sformułować następująco (rys.1) [1,2,4,6]:

- stan równowagi jest stabilny jeżeli dla każdego promienia ε istnieje pewien promień δ , taki, że jeżeli pewna trajektoria startuje z punktu $x(t_0)$, znajdującego się wewnątrz obszaru hipersferycznego w promieniu δ , to będzie ona potem stale pozostawać w obszarze hipersferycznym ε ,
- stan równowagi jest asymptotycznie stabilny, jeżeli każda trajektoria startująca z wnętrza pewnego obszaru hipersferycznego jest zbieżna do punktu 0 dla $t \rightarrow \infty$,
- układ jest niestabilny, gdy dla dowolnie dużego ε wewnątrz obszaru R i pewnego dowolnie małego δ istnieje zawsze taki punkt początkowy $x(t_0)$, dla którego trajektoria wychodzi poza granice hipersfery o promieniu ε .



Rys.1. Ilustracja definicji stabilności w sensie Lapunowa: $x(t_0)$ - punkt początkowy (warunki początkowe), 0 - punkt równowagi, 1 - trajektoria układu niestabilnego, 2 - trajektoria układu stabilnego, 3 - trajektoria układu asymptotycznie stabilnego.

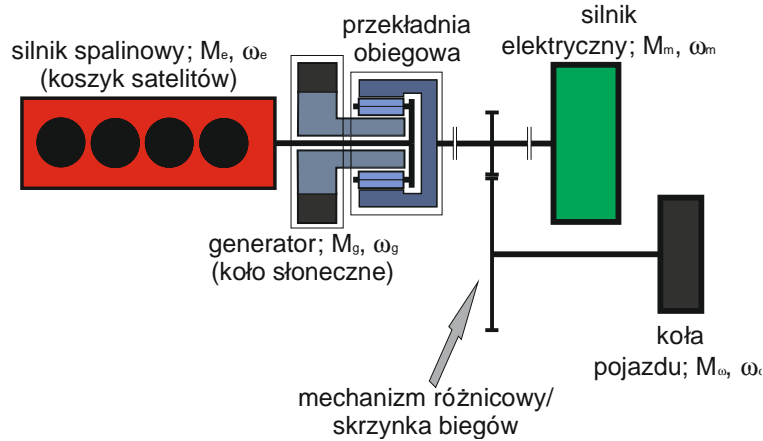
Fig. 1. Illustration of the definition of stability in the sense of Lapunov: $x(t_0)$ - starting point (initial conditions), 0 - point of balance, 1 - trajectory of an unstable system, 2 - trajectory of a stable system, 3 - trajectory of the system asymptotically stable system.

2. Badania własne

W pojazdach kołowych o napędzie hybrydowym jednostkami napędowymi są: silnik spalinowy i silnik elektryczny. Sterowanie pracą zarówno silnika elektrycznego jak i silnika spalinowego realizowane jest w sposób automatyczny. Dlatego w algorytmie sterowania napędem hybrydowym należy uwzględnić regulację automatyczną obu jednostek napędowych.

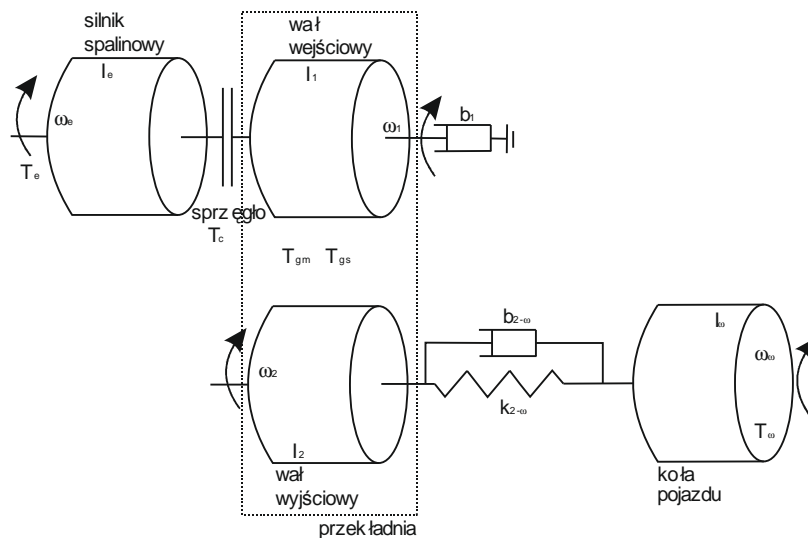
Na rys.2 przedstawiono schemat hybrydowego układu napędowego. Każdy hybrydowy układ napędowy składa się z źródła energii pierwotnej (w pracy jest to silnik spalinowy), silnika trakcyjnego napędzającego pojazd kołowy oraz przekładni mechanicznej. W razie stosowania silnika spalinowego i silnika elektrycznego wymaga się także zastosowania generatora elektrycznego napędzanego za pomocą silnika spalinowego. Stosowanie przekładni obiegowej pozwala na synergię mocy pochodzącej zarówno z silnika elektrycznego jak i silnika spalinowego.

W niniejszej pracy skupiono się na analizie badania stabilności układu kinematycznego złożonego z silnika spalinowego, przekładni mechanicznej, półosi napędowych oraz kół pojazdu (rys.3).



Rys.2. Schemat hybrydowego układu napędowego pojazdu kołowego.
Fig. 2. Diagram of the hybrid powertrain.

Model matematyczny układu kinematycznego pojazdu kołowego złożony jest z silnika napędowego, sprzęgła, układu przeniesienia napędu, oraz osi napędowych. Schemat (rys. 3) przedstawia poglądowy układ kinematyczny pojazdu kołowego.



Rys.3. Struktura blokowa układu kinematycznego napędu spalinowego.
Fig. 3. The structure of the kinematic system block of the drivetrain.

$$I_e \cdot \dot{\omega}_e = T_e - T_c \tag{1}$$

$$I_1 \cdot \dot{\omega}_1 = -b_1^2 \cdot \dot{\omega}_1 + T_c - T_{g(m)} \tag{2}$$

$$I_2 \cdot \dot{\omega}_2 = T_{g(s)} - T_{2\omega} \tag{3}$$

$$I_\omega \cdot \dot{\omega}_\omega = T_{2\omega} - T_\omega \tag{4}$$

$$\dot{\theta}_{2\omega} = \omega_2 - \omega_\omega \tag{5}$$

gdzie:

I_e - moment bezwładności silnika spalinowego, $\dot{\omega}_e$ - pochodna prędkości kątowej po czasie, T_e - wielkość oporów ruchu występujących w silniku spalinowym, T_c - opory ruchu związane ze sprzęgłem, $T_{g(m)}$, $T_{g(s)}$ - momenty oporów związane ze przekładnią,

W celu badania stabilności układu kinematycznego pojazdu kołowego należy utworzyć funkcję Lapunowa, która – w równaniach nieliniowych – wygląda następująco [2]:

$$V = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n A_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{k=1}^m B_k \cdot \int_0^{x_k} f_k(u) du \quad (6)$$

przy czym współczynniki A_{ij} i B_k dobiera się tak, by uzyskać V dodatnie określone.

W celu redukcji nieliniowości przyjęto pewne uproszczenia w równaniach (1-5). Do opisu równań ruchu posłużono się równaniem Lagrange'a:

$$L = \frac{1}{2} I_e \cdot \dot{\omega}_e^2 + \frac{1}{2} I_z \cdot \dot{\omega}_z^2 = 0 \quad (7)$$

gdzie:

I_z – zredukowany moment na wał silnika,

$\dot{\omega}_z$ – zredukowana pochodna prędkości na wał silnika.

Następnie zdefiniowano funkcję Lapunowa zgodnie z równaniem (6), podstawiając za $\dot{\omega}_e^2 = \dot{\omega}_z^2 = x_1$:

$$V = \frac{1}{2} x_1^2 \quad (8)$$

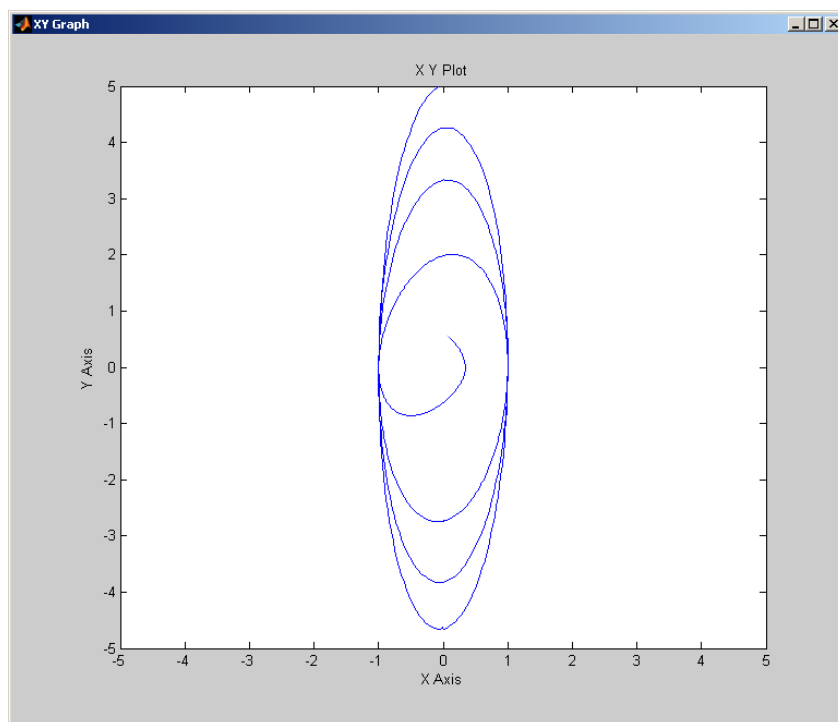
Funkcja jest dodatnio określona, a pochodna funkcji Lapunowa wynosi:

$$\dot{V} = x_1 \cdot \dot{x}_1 \quad (9)$$

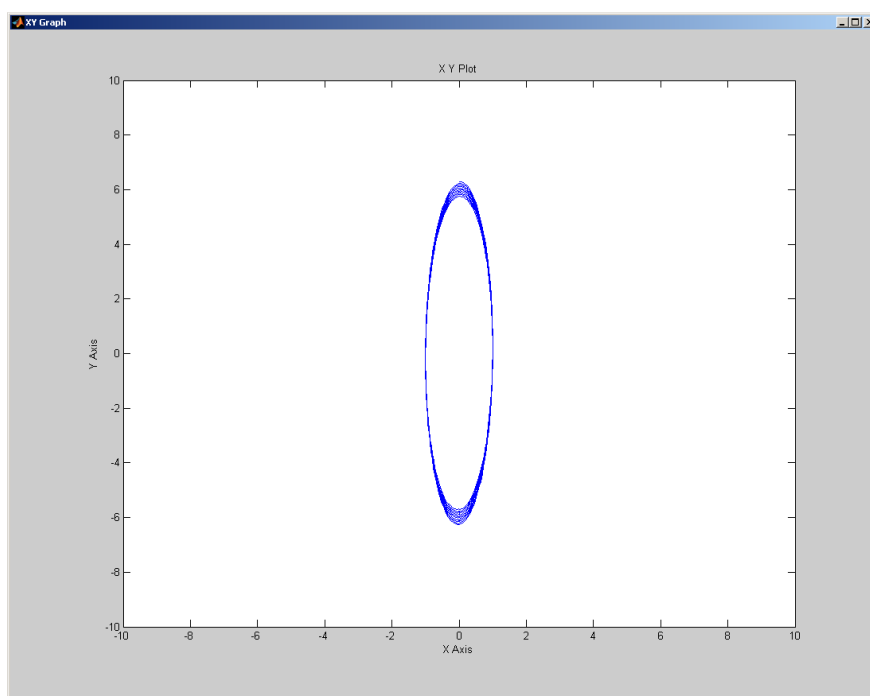
$$\dot{V} = x_1 \left(\frac{1}{2} I_e \cdot x_1 + \frac{1}{2} I_z \cdot x_1 \right) \quad (10)$$

Wyrażenie jest ciągłe, więc układ jest stabilny.

Na rys. 4 oraz rys. 5 przedstawiono badany układ zbudowany i zasymulowany w oprogramowaniu MATLAB/Simulink. Rys. 4 przedstawia układ regulacji silnika spalinowego, w którym pod wpływem działania sił zewnętrznych, układ nie powraca do punktu równowagi. Silnik spalinowy w takim przypadku pracuje niestabilnie, trajektoria funkcji wychodzi poza obszar stabilności (ciągłe narastając). W przypadku drugim (rys. 5) uwzględniono w badanym modelu funkcję Lapunowa. Układ pracuje stabilnie, nie wychodząc poza granicę przyjętego obszaru hipersferycznego ε .



Rys.4. Wyniki symulacji – system niestabilny (X Axis – przemieszczenie, Y Axis – prędkość).
Fig.4. Simulink results – unstable system (X Axis – displacement, Y Axis – velocity).



Rys.5. Wyniki symulacji – system stabilny (X Axis – przemieszczenie, Y Axis – prędkość).
Fig.6. Simulink results – stable system (X Axis – displacement, Y Axis – velocity).

3. Podsumowanie

W pracy przedstawiono badanie stabilności układu napędowego pojazdu kołowego. W układach napędowych do odtwarzania prędkości kątowej stosowane są odpowiednie obserwatory prędkości. W każdym układzie napędowym może zaistnieć wystąpienie pewnych punktów niestabilności w procesie sterowania. Dodatkowo sterowanie pojazdu kołowego uwzględnia rodzaj napędu i układ kinematyczny pojazdu. Czynniki te w pewnym stopniu przedstawiono w pracy. W obliczeniach uwzględniono tylko niektóre z nich, przyjmując pozostałe parametry jako stałe. Przedstawiono układ kinematyczny ruchu pojazdu kołowego oraz dokonano prostych przekształceń matematycznych w celu uproszczenia aparatu matematycznego. Wyznaczono funkcję Lapunowa. Stwierdzono, że przedstawione równanie różniczkowe ma rozwiązanie stabilne. Stabilność rozwiązania została potwierdzona poprzez symulację modelu układu kinematycznego napędu hybrydowego pojazdu kołowego w oprogramowaniu MATLAB/Simulink. Wynika z tego, że układ sterowania pracą silnika spalinowego i całego układu kinematycznego pojazdu kołowego został zaprojektowany prawidłowo.

Literatura

1. Bogusz W.: Stateczność techniczna. Warszawa: WNT, 1972.
2. Luft M., Łukasik Z.: Podstawy teorii sterowania. Radom: Politechnika Radomska, 2007.
3. Szklarski L.: Wybrane zagadnienia dynamiki układów napędowych. Kraków: AGH, 1973.
4. La Salle J.: Zarys teorii stabilności Lapunowa i jego metody bezpośredniej. Warszawa: WNT, 1966.
5. Busłowicz M.: Odporna stabilność układów dynamicznych liniowych stacjonarnych z opóźnieniami. Białystok: Politechnika Białostocka, 2000.
6. Demidowicz B.: Matematyczna teoria stabilności. Warszawa: WNT, 1972

TESTING THE HYBRID POWERTRAIN BY LYAPUNOV'S STABILITY THEORY

Summary: The paper presents a model of a hybrid wheeled vehicle built in the Matlab/Simulink software. In the model controlling by a combustion engine as a driving unit of wheeled vehicle and an electric generator were assumed. Such approach requires an examination of the stability of the propulsion system for which an internal combustion engine will power once and only an electric generator, while in other case only the wheeled vehicle. The case is more complicated when the electric motor is supported by the combustion engine (Synergy Energy). Therefore, the study attempts to describe the propulsion system of a wheeled vehicle by differential equations and then to examine the stability of such system in the sense of Lyapunov's theory were undertaken.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Edward BARBACHOWSKI*, Klaudiusz KLARECKI

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* Edward.barbachowski@polsl.pl

SPOSOBY KORYGOWANIA CHARAKTERYSTYK ZAWORÓW PROPORCJONALNYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości wpływania na charakterystykę statyczną zaworów sterowanych w technice proporcjonalnej na drodze programowej. Karty wzmacniaczy cyfrowych, dedykowane do sterowania zaworami proporcjonalnymi, umożliwiają użytkownikom dopasowanie charakterystyki statycznej zaworu poprzez zmianę nastaw wybranych parametrów. Zakres możliwości wpływania na charakterystykę statyczną zaworu zależy przede wszystkim od otwartości oprogramowania obsługującego kartę wzmacniacza i jest różny w zależności od producenta karty. Od strony eksploatacyjnej istotne są minimalizacja histerezy oraz linearyzacja charakterystyki zaworu.

1. Wstęp

Po dobraniu i zabudowaniu zaworu proporcjonalnego do hydraulicznego układu napędowego kolejną czynnością jest dopasowanie charakterystyki zaworu z uwagi na nastawiane ciśnienia lub natężenie przepływu oraz rodzaj i wartość sygnału sterującego. Czynności te realizuje się na drodze programowej. W artykule przedstawiono wyniki wpływania na charakterystyki statyczne zaworów firm Bosch Rexroth i Parker za pomocą oprogramowania odpowiednio BODIV i ProPxD. Badane zawory to proporcjonalny zawór ciśnienia DBE6 oraz rozdzielacz proporcjonalny D31FT. W zależności od producenta oprogramowania jak i rodzaju zaworu (np.: występowanie sprzężeń zwrotnych) w oprogramowaniu występują zróżnicowane opcje ustawień [1, 2].

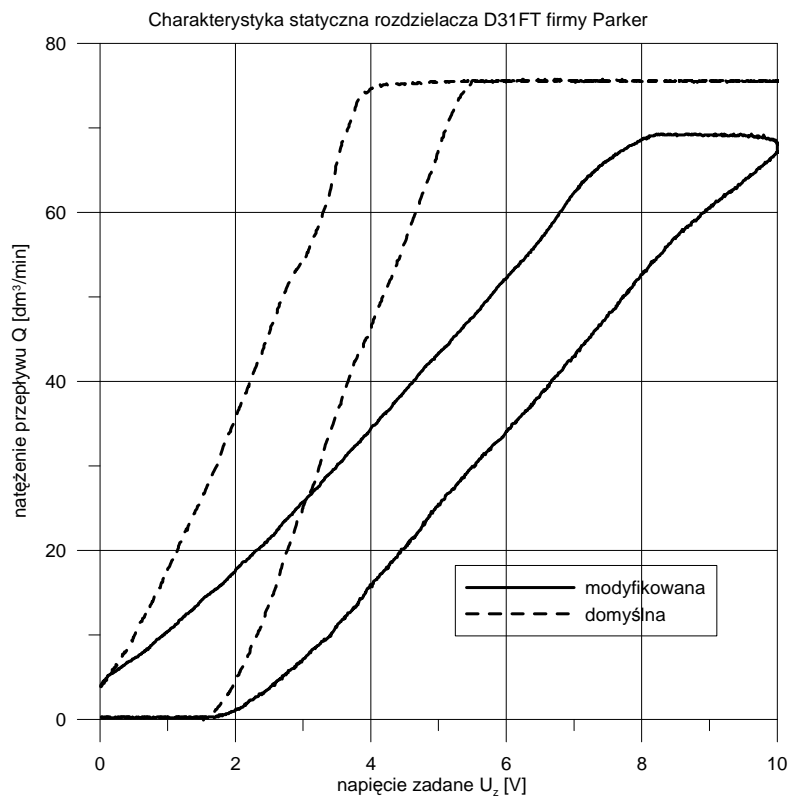
Wraz z zaworami sterowanymi w technice proporcjonalnej producenci dostarczają do ich obsługi dedykowane oprogramowanie, za pomocą którego użytkownik otrzymuje możliwość dopasowania charakterystyk statycznych i dynamicznych zaworu do danego układu napędowego. Podstawowe narzędzia służące do wpływania na charakterystyki zaworu to:

- ograniczenie dolnego i górnego zakresu charakterystyki,
- przesunięcie charakterystyki względem osi rzędnych (offset),
- generator funkcji skokowej, prąd wstępny wysterowania
- częstotliwość prądu podkładu (Dithera),
- amplituda prądu podkładu,
- linearyzacja charakterystyki.

2. Dopasowanie charakterystyki statycznej

Obydwa badane zawory można eksploatować na ustawieniach domyślnych skonfigurowanych przez producenta. Również w obydwóch programach występuje możliwość zmiany częstotliwości prądu podkładu oraz ograniczenie dolnego i górnego zakresu charakterystyki. Natomiast możliwość zmiany amplitudy prądu podkładu występuje tylko w oprogramowaniu ProPxD firmy Parker.

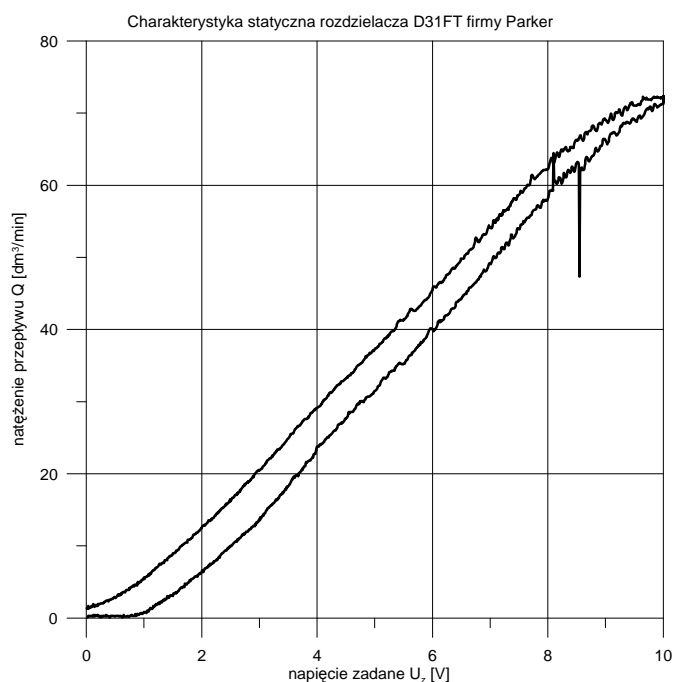
Na rys. 1 przedstawiono charakterystykę statyczną rozdzielacza proporcjonalnego D31FT zarejestrowaną przy domyślnych ustawieniach producenta zapisanych w karcie wzmacniacza



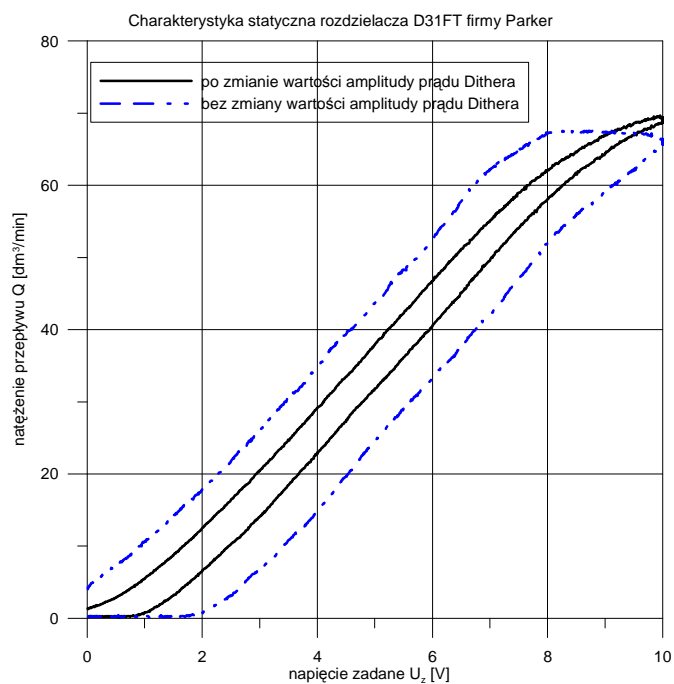
Rys.1. Charakterystyki statyczne zaworu D31FT przy ustawieniach domyślnych i po zmianie wartości nastaw ograniczenia dolnego i górnego zakresu charakterystyki i częstotliwości prądu podkładu

Fig.1. Static characteristics of the D31FT valve - using default settings and after changing the setting values of lower and upper limits and frequency background

oraz otrzymaną po zmianie minimalnej i maksymalnej wartości prądowego sygnału sterującego (I_{st}) i częstotliwości prądu podkładu z 70 Hz do 300 Hz. W wyniku wprowadzonych zmian uzyskano dopasowanie charakterystyki do występującego w układzie natężenia przepływu, natomiast zmiana częstotliwości prądu Dithera nie wpłynęła na zmniejszenie histerezy charakterystyki.



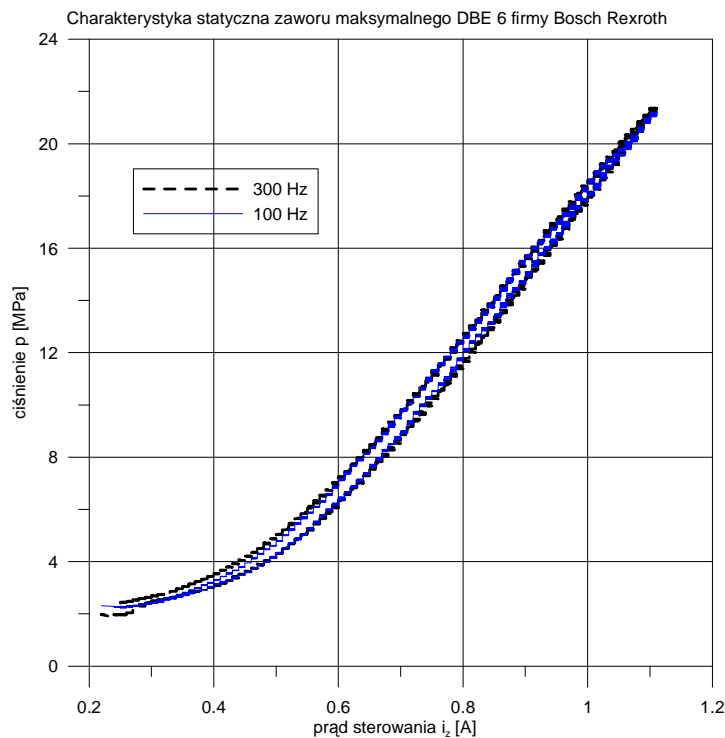
Rys.2. Charakterystyka statyczna zaworu D31FT - częstotliwość prądu podkładu 300 Hz, amplituda prądu Dithera 10 %
Fig.2. Static characteristics of the D31FT valve - background current frequency of 300 Hz, the amplitude of the Dither current 10%



Rys.3. Charakterystyki statyczne zaworu D31FT - częstotliwość prądu podkładu 300 Hz, amplituda prądu Dithera 3 %
Fig.3. Static characteristics of the D31FT valve - background current frequency of 300 Hz, the amplitude of the Dither current 3%

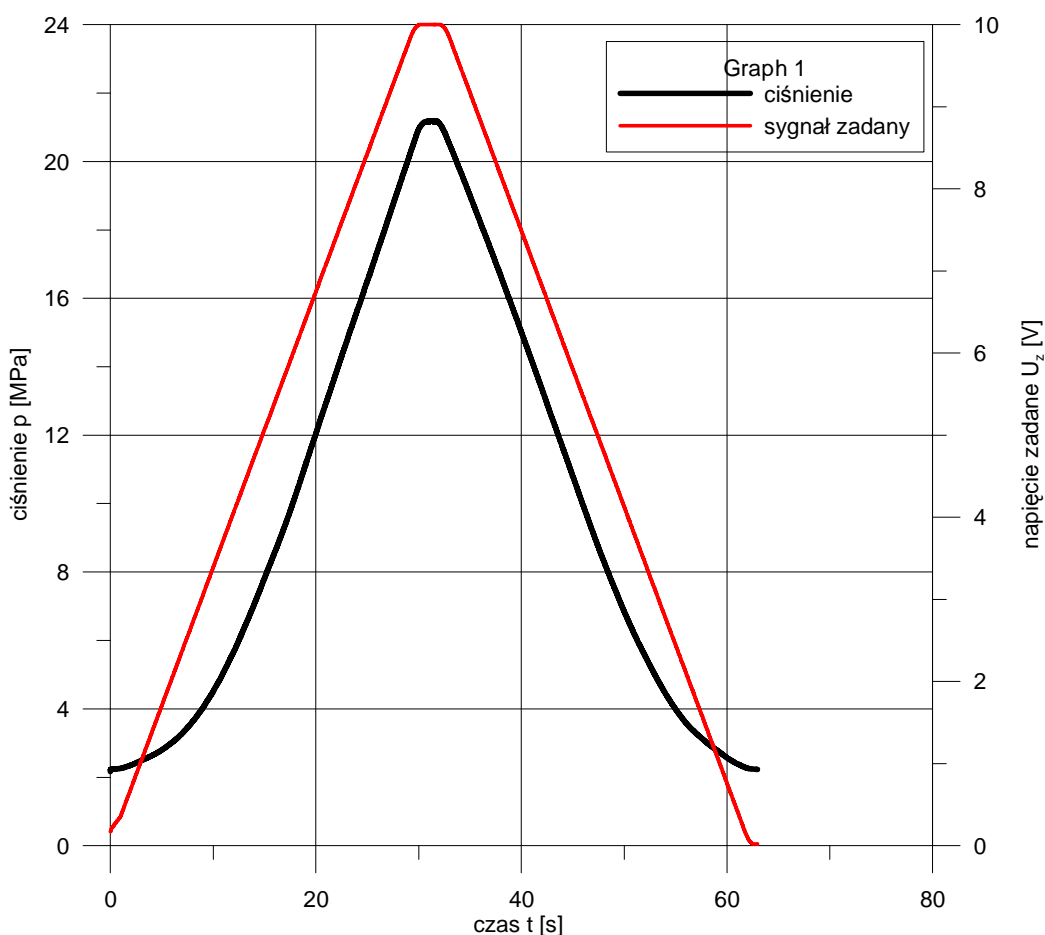
Na rys. 2 i 3 przedstawiono charakterystyki otrzymane po zmianie amplitudy prądu podkładu z 0,5% do 10% wartości zadanej (rys. 2) oraz z 0,5% do 3% wartości zadanej (rys. 3). Przy zmianie amplitudy prądu podkładu uzyskano znaczące zmniejszenie histerezy charakterystyki statycznej. W przypadku zbyt dużych wartości amplitudy prądu podkładu (rys. 2) w układzie dochodzi do pulsacji przepływu, co uwidacznia się w górnej części charakterystyki. Dopiero zmniejszenie wartości amplitudy prądu podkładu pozwala na prawidłowe dopasowanie charakterystyki statycznej zaworu do właściwości układu napędowego.

W oprogramowaniu BODIV firmy Bosch Rexroth występują trzy tryby ustawień karty wzmacniacza. Pierwszy, domyślny tryb, to ustawienia standardowe, przy których zawór pracuje poprawnie, jedynym utrudnieniem jest niedopasowanie wartości ciśnień nastawianych przez zawór przy 100% wartości sygnału zadanego do maksymalnych dopuszczalnych ciśnień w układzie. Drugi tryb ustawień pozwala na zmianę podstawowych ustawień takich jak; częstotliwość prądu podkładu, maksymalna wartość prądu, wartość prądu wstępnego wysterowania zaworu, wartość prądu skoku. Wprowadzenie wartości prądu wstępnego umożliwia wstępne „napięcie” elektryczne i hydrauliczne zaworu, co skutkuje krótszymi czasami reakcji na zmianę sygnału sterującego. Rys. 4 przedstawia charakterystyki statyczne przy następujących ustawieniach; częstotliwość prądu podkładu 300 Hz i 100 Hz, maksymalna wartość prądu przy 100% sygnału zadanego 1,1 A, wartość prądu wstępnego wysterowania zaworu przy 0% sygnału zadanego 0,25 A.



Rys.4. Charakterystyka statyczna zaworu DBE 6 - częstotliwość prądu podkładu 300 Hz i 100 Hz
 Fig.4. Static characteristics of the valve DBE 6 - background current frequency of 300 Hz and 100 Hz

W przypadku zaworu DBE 6 zwiększanie wartości częstotliwości prądu Dithera nie pociąga za sobą znaczącego pomniejszenia histerezy charakterystyki statycznej, a wręcz przeciwnie; mniejsza histereza występuje przy częstotliwości prądu podkładu wynoszącej 100 Hz (rys. 4).



Rys.6. Przebieg sygnału sterującego i ciśnienia w funkcji czasu po przeprowadzonej linearyzacji
Fig.6. Control signal and pressure as a function of time after linearization

Trzeci tryb ustawień (rys.6) pozwala dodatkowo na przeprowadzenie ośmiopunktowej linearyzacji charakterystyki statycznej w celu uzyskania wprost proporcjonalnej zależności pomiędzy sygnałem sterującym podawanym na kartę wzmacniacza a nastawianym ciśnieniem.

3. Podsumowanie

Współczesne cyfrowe karty wzmacniaczy umożliwiają dokładne dopasowanie charakterystyk zaworów proporcjonalnych do dowolnego układu hydraulicznego. Nastawy zaworu umożliwiają między innymi:

- skonfigurowanie rodzaju sygnału wejściowego; binarny lub analogowy napięciowy, analogowy prądowy,
- dopasowanie wartości prądu sterującego I_{st} do dysponowanego zewnętrznego sygnału sterującego,
- minimalizację histerezy.

Narzędzia te umożliwiają łatwą konfigurację zaworu proporcjonalnego w hydraulicznym układzie napędowym.

Literatura

1. <http://www.parker.com> 04.2011.
2. <http://www.boschrexroth.com> 04.2011.

THE CORRECTING METHODS OF PROPORTIONAL VALVES CHARACTERISTIC

Summary: The static characteristics correcting methods of the proportional valves are described in this paper. Presented methods are based on possibilities of the digital amplifiers for proportional valves. The possible range of changes of the valve static characteristics primarily depends on the usability of amplifier software. The important properties of the valves, for users, are: minimal hysteresis and linear dependence between input and hydraulic output signals.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof BOBA, Piotr MICHALSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice,

* piotr.michalski@polsl.pl

PROBLEM OBSŁUGI URZĄDZEŃ PRACUJĄCYCH W SIECI CAN NA PRZYKŁADZIE INKLINOMETRU

Streszczenie: Artykuł przedstawia ogólne właściwości sieci CAN, a także podstawową specyfikację protokołu CANopen. W opracowaniu wyszczególnione są cechy charakterystyczne tego protokołu oraz problemy jakie można napotkać podczas implementacji sieci tej klasy. Przedstawiono problem identyfikacji węzła i adresowania wiadomości procesowych, odczyt zawartych w nich informacji (tzw. PDO-mapping) na przykładzie inklinometru. Na koniec opisano sposób reprezentacji danych na wyświetlaczu pracującego w standardzie sieci CAN.

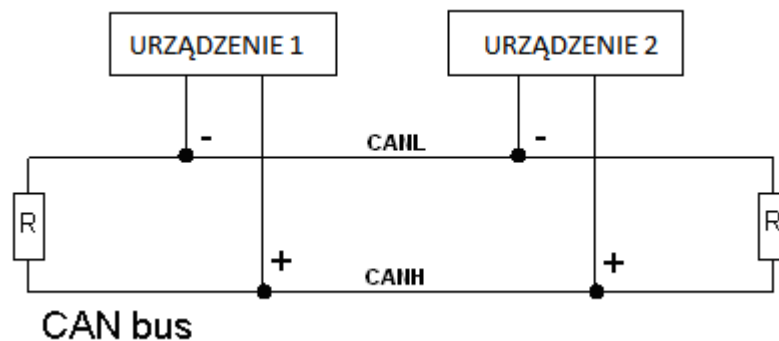
1. Wstęp

Opracowanie magistrali CAN ma swój początek w przemyśle samochodowym. Wraz z rozwojem pojazdów i elektroniki świat stanął przed dwoma problemami dotyczącymi rozwoju aut. Pierwszy dotyczył podniesienia komfortu użytkowników, poprzez zastosowanie np. elektrycznego podnoszenia szyb, elektrycznego sterowania lusterkami, podgrzewanych siedzeń, odbiorników GPS, klimatyzacji. Drugi dotyczył kwestii bezpieczeństwa wskutek zaostrzenia norm. Samochody zaczęto więc wyposażać w rozmaite układy elektroniczne: ABS, EBD, ESP, alarmy, czujniki ciśnienia w oponach [1]. Naturalnym skutkiem takich działań jest zwiększenie liczby urządzeń, jakie należy podłączyć do sieci, a więc elementów, które należy monitorować. Każdy obiekt musi posiadać swój unikalny identyfikator, pozwalający odróżnić go od innych obiektów. Zwiększenie liczby wysyłanych danych skutkuje koniecznością powstania coraz lepszych i bardziej niezawodnych mechanizmów ich skutecznej dystrybucji i adresowania. Nie może się zdarzyć, że wiadomość trafia do urządzenia, które nie potrafi jej zinterpretować, lub co gorsze, wprowadzić go w błąd i skutkować nieobliczalnym jego działaniem. W sieci CAN skonstruowano zasady, które niwelują te problemy.

2. Ogólna charakterystyka CAN i protokołu CANopen

W sieci CAN wszystkie urządzenia połączone są pojedynczą skrętką pary przewodów, zakończoną na końcach odpowiednimi impedancjami [1].

Podstawą standaryzacji każdej sieci komunikacyjnej jest siedmiowarstwowy model ISO/OSI (*ISO OSI Reference Model*) zapisany w standardzie ISO7498. Standard CAN używa tylko trzech warstw: fizycznej, łącza danych i warstwy aplikacji. Pozostałe warstwy są puste. Model ogólny CAN określa tylko w jaki sposób małe pakiety wiadomości są wysyłane.



Rys.1. Topologia magistrali CAN
Fig.1. Topology of CAN main line

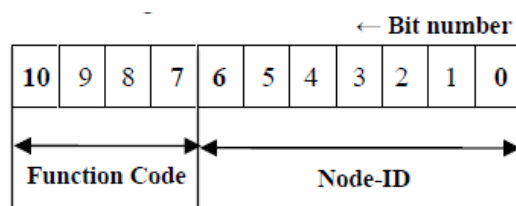
Nie rozwiązuje natomiast problemu przesyłania informacji, które np. są zbyt duże i nie mieszczą się w standardowym polu danych. Zagadnienia te pokrywane są przez protokoły, znajdujące się w siódmej warstwie modelu [2]. Najbardziej rozpowszechnione z nich to: CANopen, DeviceNet, CAN Kingom oraz CAL.

W Pracowni Sensoryki i Sieci Przemysłowych Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, w ramach pracy dyplomowej magisterskiej zaimplementowano sieć CAN. Oprogramowanie *CAN Studio* sterujące siecią, pracuje w protokole CANopen. Koncepcja tego protokołu opiera się na istnieniu słownika obiektu *OD (Object Dictionary)*, podobnie jak innych popularnych sieci, np. Profibus. *OD* protokołu CANopen jest zorganizowaną listą zawierającą informacje dotyczące urządzenia podłączonego do węzła sieci. Zawiera wszystkie parametry opisujące urządzenie i jego zachowanie w systemie. Każda pozycja tej listy jest adresowana za pomocą 16-bitowego indeksu i 8-bitowego podindeksu, zapisywanych najczęściej w kodzie heksadecymalnym. Każde urządzenie posiada własne *OD* [3]. Można je przeczytać w pliku z rozszerzeniem *.eds. Głównym zadaniem protokołu CANopen jest oczywiście wymiana danych. Wymiana ta odbywa się bez dodatkowego protokołu i przebiega zgodnie z zasadą nadawca-odbiorca. Oznacza to, że wiadomość transmitowana przez nadawcę może być otrzymana przez jeden lub kilka węzłów (tzw. broadcasting). Wiadomość protokołu CANopen, która zawiera dane procesowe (np. temperaturę, ciśnienie) jest nazywana *PDO (Process Data Object)*. Wysyłane *PDO* oznacza się TxPDO, odbierane jako RxPDO. Nie ma ono określonego formatu: pole danych w ramce może zawierać od jednego do ośmiu, różnie rozmieszczonych bitów (np: jeden *PDO* może przesłać maksymalnie 64 wartości I/O lub 4 16-bitowe wartości analogowe) [3]. Ze względu na to, że wiadomość zawarta w *PDO* nie jest w żaden sposób zestandaryzowana, nie każda stacja może potrafić odczytać zapisane w niej dane. Potrzebna

jest zatem zarówno metoda identyfikacji wiadomości przeznaczonych do konkretnego odbiorcy (stworzenie pewnego identyfikatora) oraz możliwość jej późniejszego odcodowania.

3. Identyfikacja wiadomości

Wymiana informacji może być przeprowadzona na dwa sposoby [1]. Pierwszy przez odwołanie się do określonej stacji, czyli tzw. adresowanie stacji – dzięki podaniu adresu odbiornika, nadawca adresuje wiadomość. Drugi przez podanie określonej wiadomości – w tym trybie, zamiast stacji numeruje się wiadomość. Każda ramka otrzymuje swój identyfikator, który definiuje zawartość oraz priorytet [2]. Taka wiadomość jest przeznaczona do kilku stacji odbiorczych dołączonych do magistrali. Każda stacja musi zdecydować, czy przekazywana informacja jest dla niej istotna, czy nie [1]. W protokole CANopen istnieją 3 rodzaje identyfikatorów: *Node ID*, indeksowanie *OD* oraz *COB-ID* [4]. **Node ID** używany przy identyfikacji węzła sieci, dostępny jest w trybie przedoperacyjnym. Każde urządzenie podłączone do systemu posiada swój własny numer. Dopuszczalny zakres wartości to 1-127. Sposób wykorzystywany w mało skomplikowanych systemach w celu ograniczenia czasu poświęcanego na konfigurację [3]. Numer ten jest bezpośrednio związany z 11-bitowym identyfikatorem ramki. Konkretnie na jego wartość składa się siedem pierwszych bitów, po których następują 4 bity zależne od rodzaju wiadomości (tab. 1).



Rys.2. Struktura 11-bitowego identyfikatora w protokole CANopen
Fig2. Structure of the 11-bit CAN-identifier in the CANopen

W standardzie ten predefiniowany system dystrybuje numery na m.in. cztery RxPDO, cztery TxPDO, jedno *SDO* oraz jeden *EMG* (sygnalizacja błędu) [3].

Tab. 1. Wartości Function Code w zależności od rodzaju wiadomości [5]
Tab. 1. The function Code values depending on the message type [5]

OBIEKT	FUNCTION CODE
NMT Module Control	0000
SYNC	0001
TIME STAMP	0010
EMERGENCY	0001
first TxPDO	0011
first RxPDO	0100
fourth TxPDO	1001
fourth RxPDO	1010
SDO (transmit)	1011
SDO (receive)	1100

Indeks i podindeks słownika obiektu służy do odszukiwania pożądaných zmienných, którymi mogą być dane procesowe lub dane konfiguracyjne, wewnątrz węzła. Identyfikatory **COB-ID** służą głównie do identyfikacji specyficznych wiadomości o wysokim priorytecie oraz obsługi usług np. NMT [4] oraz do wysłania *PDO*. W tym przypadku istnieją dwa sposoby nadania numeru: poprzez użycie predefiniowanych wartości (tab. 2.) lub skonfigurowanie połączenia poprzez *SDO* [3]. Predefiniowane wartości zależą od numeru węzła do jakiego podłączone jest urządzenie. COB-ID powstaje poprzez dodanie tego numeru do wartości zależnej od *PDO*, np. 180 dla pierwszego TxPDO.

Tab. 2. Wartości COB-ID dla różnych typów PDO[5]
Tab. 2. COB-ID values for different types of PDO [5]

USŁUGA	COB-ID	WIADOMOŚCI
PDO	180 + Node ID	first TxPDO
	200 + NodeID	first RxPDO
	280 + NodeID	second TxPDO
	300 + NodeID	second RxPDO
	380 + NodeID	third TxPDO
	400 + NodeID	third RxPDO
	480 + NodeID	fourth TxPDO
	500 + NodeID	fourth RxPDO

Takie rozwiązanie gwarantuje uzyskanie wystarczającej liczby unikalnych identyfikatorów, nawet w najbardziej złożonych systemach, przy dużej liczbie urządzeń.

4. PDO-mapping

Rozwiązanie problemu odkodowania wiadomości kryje się w tzw. *PDO-mappingu*. Opisuje on, jakie dane są wysyłane w danym *PDO*, w jaki sposób są rozmieszczone w wiadomości i jaki jest ich typ oraz długość. Instrukcje te są zapisane w słowniku obiektu (*OD*), dostępnym zarówno po stronie nadawcy jak i odbiorcy. W jaki sposób odczytywać mapowanie pokazano na przykładzie drugiego TxPDO. Zgodnie ze specyfikacją CANopen, PDO to znajduje się w indeksie 1A01.

Wydruk przedstawia fragment pliku *.eds inklinometru IFM CR 2101. Najważniejsze dane zebrano w tab. 3.

```
[1A01]
SubNumber=0x02
ParameterName=TPDO 2 Mapping
ObjectType=9
ObjFlags=0x00000000

[1A01sub0]
ParameterName=number of mapped objects
ObjectType=7
```

```

AccessType=RO
DataType=0x0005
PDOMapping=0
ObjFlags=0x00000000
DefaultValue=0x01

[1A01sub1]
ParameterName=1 mapped object
ObjectType=7
AccessType=RO
DataType=0x0007
PDOMapping=0
ObjFlags=0x00000000
DefaultValue=0x20200010
-----
[2020]
ParameterName=slope cross (Y)
ObjectType=7
AccessType=RO
DataType=0x0003
PDOMapping=1
ObjFlags=0x00000000

```

Tab. 3. Najważniejsze parametry indeksu 1A01

Tab. 3. The most important parameters of 1A01 index

1A01 – second TxPDO		
PODINDEKS	WARTOŚĆ	ZNACZENIE
0	1	PDO zawiera jedną wartość
1	0x20200010	Indeks 2020 podindeks 00, składa się z 16 bitów

Indeks 1A01 w nazwie parametru informuje, że tutaj znajduje się sposób zmapowania drugiego TxPDO. 1A01 posiada pod sobą dwa podindeksy. Wartość w podindeksie 0 określa, ile pojedynczych wartości zawiera PDO. W tym przypadku jest to jedna wartość (nachylenie w osi Y). Podindeks 1 zawiera informację o tym gdzie znajduje się ta wartość i w jaki sposób jest zorganizowana. Pierwsze cztery cyfry określają numer indeksu, następne dwie: numer podindeksu, ostatnie dwie definiują zawartość 16 bitów. W nich zapisana jest wartość nachylenia. Biblioteka zawiera także jej znak oraz odchylenie w drugiej osi. Zapisane są w innych indeksach, a ich odczytanie jest analogiczne.

5. Obsługa wyświetlacza

Po wysłaniu wiadomości w których znajdują się zmierzone przez czujnik wartości procesu, odpowiednim jej zaadresowaniu do węzła odbiorczego, a następnie odkodowaniu zawartych informacji, konieczne może być ich wyświetlenie, w celu poinformowania użytkownika o przebiegu obserwowanego procesu. Wyświetlacz pracujący w sieci CAN jest traktowany

jak każdy inny węzeł. Potrzebne jest określenie jego numeru identyfikacyjnego, a także wczytanie pliku *.eds, w którym znajdują się wszystkie parametry oraz opis jego zachowania. Każde urządzenie tego typu posiada własny język programowania (graficzny lub słowny) umożliwiający tworzenie tekstu, menu i podstron, a także grafiki i wykresów, które następnie pokazują się na ekranie. Urządzenie wykorzystywane w pracowni posiada środowisko graficzne *ecolog*. Niezależnie jednak od rodzaju języka, istnieją zawsze co najmniej 2 najważniejsze rodzaje zmiennych możliwych do wykorzystania: wewnętrzne i zewnętrzne. Zmiennymi wewnętrznymi są np. data lub godzina. Wprowadzenie ich do strony powoduje wyświetlenie np. aktualnego czasu. Drugi typ zmiennych oczekuje od urządzeń zewnętrznych podania wartości. Ten rodzaj jest wykorzystywany do reprezentacji danych przesyłanych w PDO. Zgodnie z tym co napisano powyżej, wartości są przechowywane pod odpowiednimi indeksami słownika obiektu. Jako zmienną wyświetlaną należy podać numer indeksu parametru, który chcemy przedstawić na ekranie.

6. Podsumowanie

Standard CANopen jest szeroko stosowany w automatyce przemysłowej. Pomysłowość jego działania w kwestiach tak fundamentalnych jak identyfikacja elementów czy sposób wysyłania danych wpływa na jego niezawodność. Jednocześnie w połączeniu z jego nadzwyczajną zdolnością wykrywania wielu błędów podczas transmisji danych i odpowiedniego reagowania na nie powodują, że uzyskano sieć bezpieczną przy jednocześnie dużej szybkości transmisji.

Literatura

1. Magistrala CAN. „Elektronika Praktyczna” 2000.
2. Komputerowa sieć przemysłowa typu CAN. Instytut Informatyki, Zespół Przemysłowych Zastosowań Informatyki. Gliwice, 2005
3. Boterenbrood H.: CANopen high-level protocol for CAN-bus. Amsterdam, 2000
4. <http://www.ars-informatica.com>, 15.03.2011
5. <http://www.can-cia.org/>, 05.04.2011

SERVICE OF DEVICES WORKING IN CAN NETWORK PROBLEM ON EXAMPLE OF INCLINOMETER

Summary: The article presents the general characteristics of the CAN network as well as the basic specification of the CANopen protocol. The paper lists the characteristics of this protocol and problems they may encounter during the implementation of this network. In the article a problem of node identification, addressing of processes message and read of contained information were presented. At the end authors described how to represent data on the display working in the CAN.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Rafał BOGUCKI, Aleksander GWIAZDA*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* aleksander.gwiazda@polsl.pl

MODELOWANIE SKRZYNI BIEGÓW W ZAAWANSOWANYM ŚRODOWISKU GRAFICZNYM

Streszczenie: Modelowanie złożonych obiektów technicznych w zaawansowanych środowiskach graficznych jest zadaniem wymagającym wykorzystania wielu specyficznych narzędzi projektowych. W przypadku tworzonego modelu skrzyni biegów wykorzystano zwłaszcza moduły służące modelowaniu kół zębatach, nakładaniu więzów oraz symulacji ruchu. Pozwoliło to na przeprowadzenie badań zamodelowanej skrzyni biegów.

1. Wstęp

Modelowanie złożonych obiektów technicznych, wymaga od projektanta nie tylko poznania jego struktury, ale też i zasady działania [1, 2, 3]. Obecnie można tworzyć modele złożonych obiektów technicznych w wielu programach CAD-owskich takich jak: Solid Edge, Unigraphics NX, Catia czy też Solid Works. Wybór odpowiedniego programu uzależniony jest między innymi od możliwości programu, czyli jego specjalizacji w danym zakresie konstrukcji. Do realizacji modelu przekładni zębataj wykorzystany został program Solid Edge. Program ten posiada kilka pomocnych funkcji, które wspomagają prace projektanta w zakresie modelowania tego typu konstrukcji. Podczas modelowania skrzyni biegów szczególnie pomocne okazały się następujące aplikacje: *Standard Parts* oraz *Engineering Reference*. Ich wykorzystanie pozwoliło zdecydowanie skrócić czas modelowania. Dzięki wspomnianym aplikacjom nie ma potrzeby modelowania wszystkich elementów tworzących dany model.

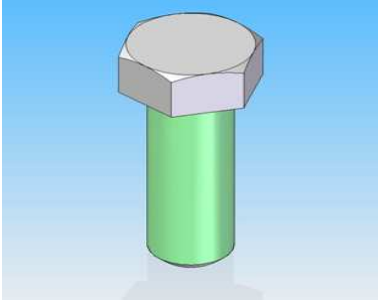
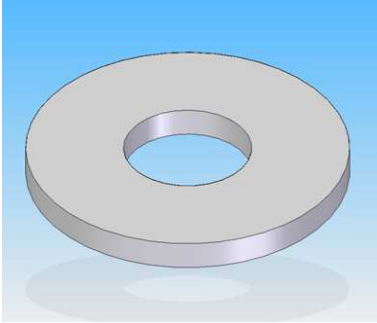
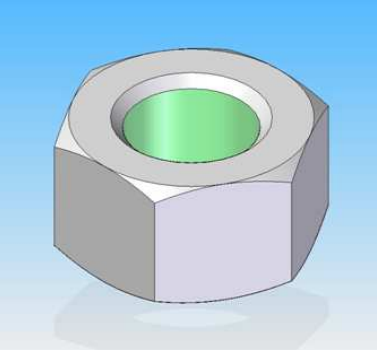
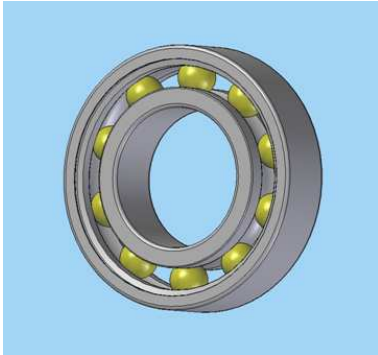
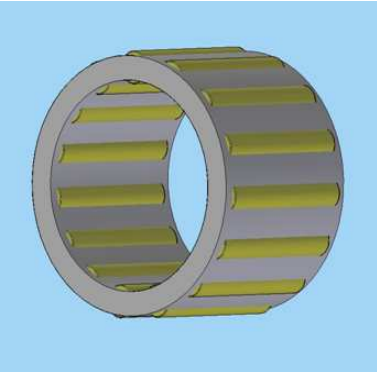
2. Modelowanie elementów standardowych

W celu zamodelowania elementów standardowych można skorzystać z przygotowanej bazy części znormalizowanych, czyli aplikacji *Standard Parts*. Ideą stworzenia takich baz danych było skrócenie czasu pracy konstruktora oraz zmniejszenie ewentualnych błędów wynikających z modelowania skomplikowanych, ale powtarzalnych elementów technicznych. Dzięki temu konstruktorzy mogą skoncentrować się na głównych zadaniach projektowych, a nie na czynnościach powtarzalnych. Bazy te zawierają elementy znormalizowane oraz zespoły i złożenia wcześniej zamodelowane przez projektanta. Zanim zatem przystąpi się do

modelowania, należy sprawdzić bazę elementów znormalizowanych, czy nie zawiera elementów, które można wykorzystać w danym projekcie. W tabeli 1 zestawiono elementy znormalizowane, które zostały wykorzystane z bazy *Standard Parts* do zamodelowania prezentowanej skrzyni biegów.

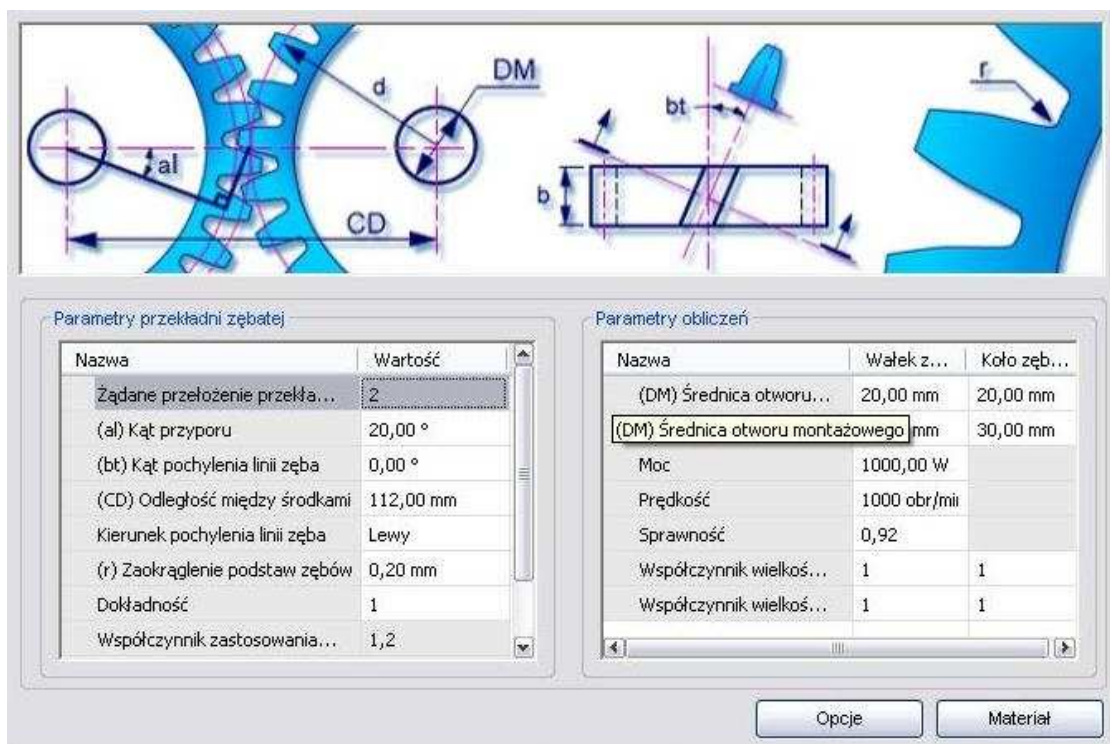
Tab. 1. Przykładowe elementy znormalizowane

Tab. 1. Exemplar normalized elements

<p>Śruba M12 x 35</p> 	<p>Podkładka dla śruby M12</p> 	<p>Nakrętka M12</p> 
<p>Łożysko kulkowe 30x47x9</p> 	<p>Łożysko igiełkowe 33x25x24</p> 	

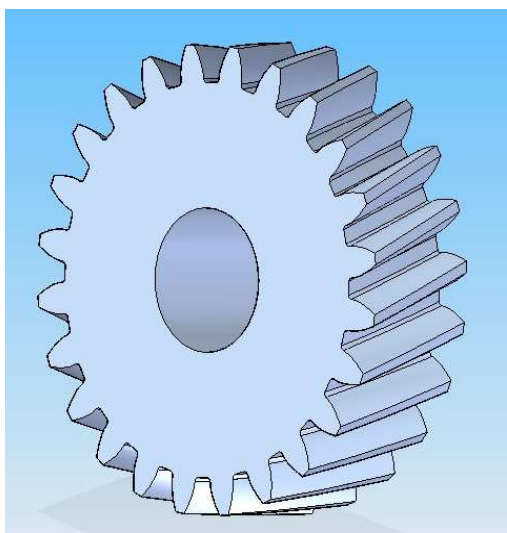
3. Modelowanie kół zębatach

W celu modelowania kół zębatach wykorzystano aplikację *Engineering Reference*. Była ona najbardziej przydatna podczas omawianego modelowania skrzyni biegów. Poprawne zamodelowanie pary kół zębatach jest bardzo trudne i pracochłonne, jeżeli nie korzysta się ze specjalizowanych narzędzi programistycznych. Podstawowym problemem jest takie zamodelowanie pary kół zębatach, aby prawidłowo współpracowały one ze sobą. Ten problem rozwiązuje właśnie ta aplikacja. Znając podstawowe parametry, takie jak żądane przełożenie przekładni, kąt przyporu, kąt pochylenia linii zęba, odległość międzyosiową czy też moc przekładni (rys. 1), można te informacje wykorzystać do zamodelowania pary kół zębatach. Aplikacja sama wykona obliczenia wytrzymałościowe, zestawie wyniki w końcowych tabelach i jeżeli będą poprawne, wygeneruje parę kół zębatach walcowych.

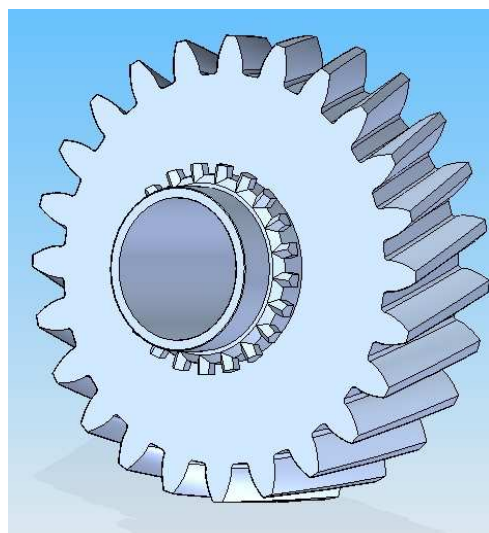


Rys.1. Okno aplikacji Engineering Reference
 Fig.1. The window of Engineering Reference application

Z uwagi na to, że Engineering Reference generuje od razu parę kół zębatach walcowych w najprostszej postaci, należy zamodelować na tych kołach jeszcze elementy prowadzące i synchronizator. Poniżej przedstawiono modele: koła zębatego wygenerowanego w aplikacji (rys. 2) oraz koła gotowego do wykorzystania w modelu skrzyni biegów (rys. 3).



Rys.2. Wygenerowane koło zębate
 Fig.2. Generated gear wheel



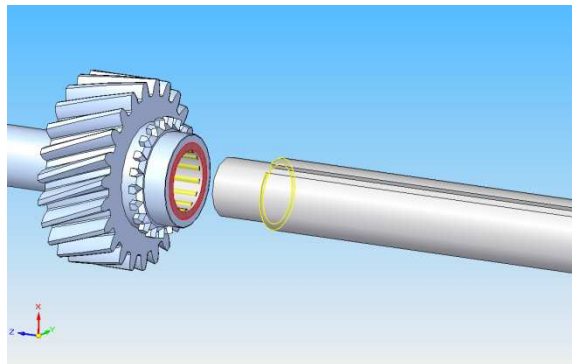
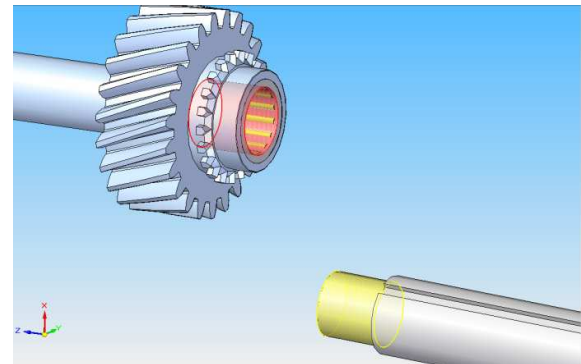
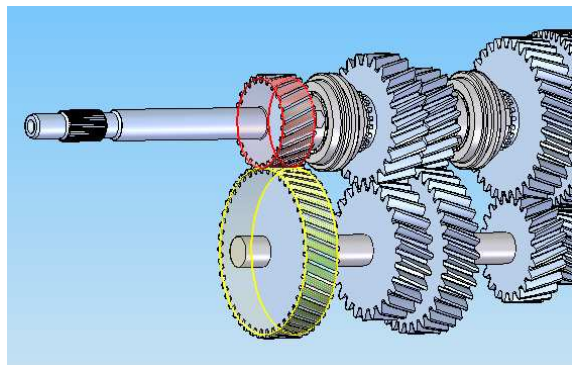
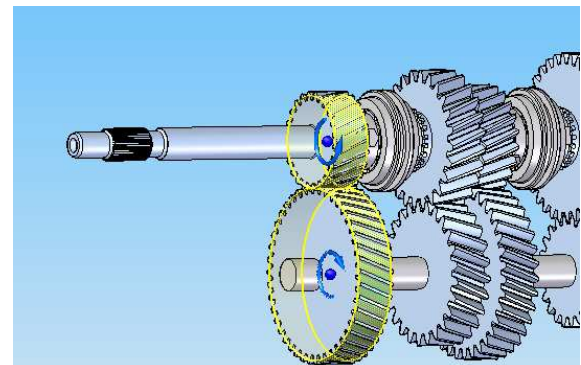
Rys.3. Koło zębate z synchronizatorem
 Fig.3. Gear wheel with a synchro-mesh gear

4. Nadawanie relacji elementom skrzyni biegów

Jednym z ważnych etapów procesu modelowania skrzyni biegów jest ustalenie relacji pomiędzy elementami ją tworzącymi. Pozwalają one na właściwe powiązanie ze sobą współpracujących elementów, co pozwala następnie wykonywać symulacje badanych środków technicznych.

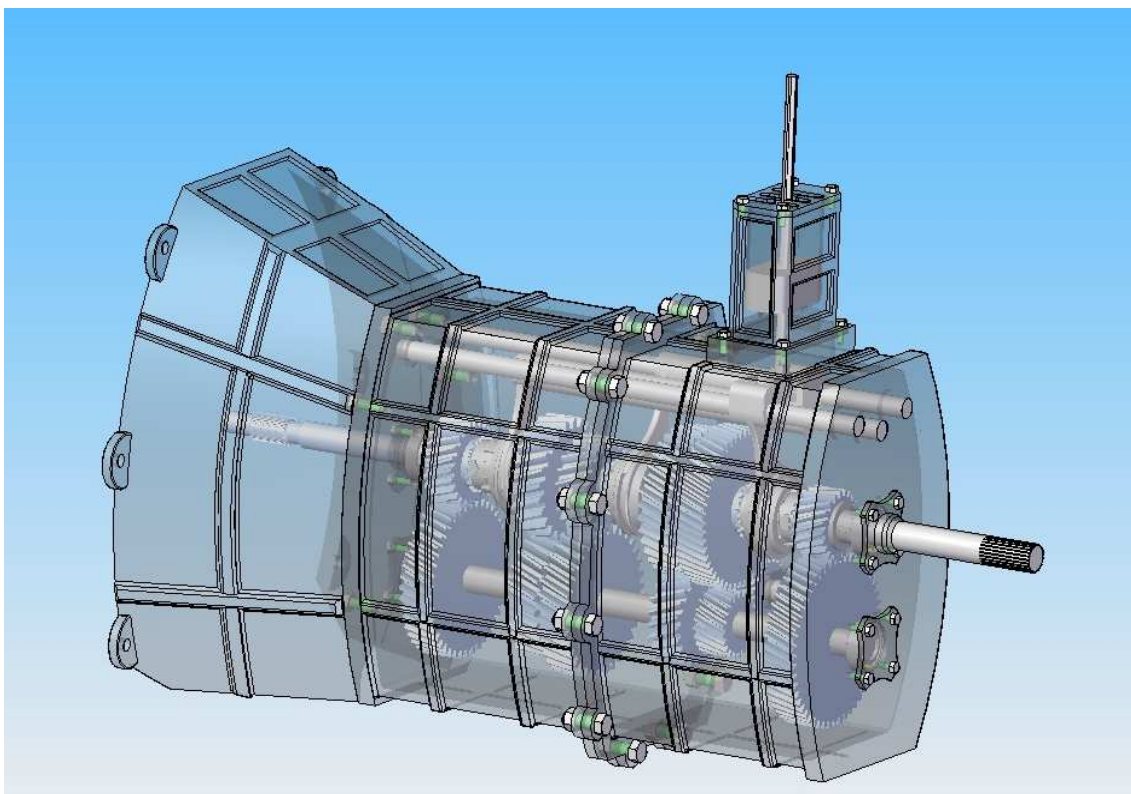
Podczas nadawania relacji dużą uwagę trzeba zwrócić na kolejne nadawane relacje tak, aby nie wykluczały się one wzajemnie. Jest to niezmiernie istotne podczas wykonywania symulacji ruchu, ponieważ złe nadanie relacji lub też nadmierna ich liczba uniemożliwi wprowadzenie całego zespołu w ruch (przeprowadzenie symulacji). Poniżej (tab. 2) przedstawiono przykładowe relacje uwzględnione w modelu skrzyni biegów.

Tab. 2. Przykładowe relacje elementów w modelu skrzyni biegów
Tab.2. Exemplar relations in the model of a gearbox

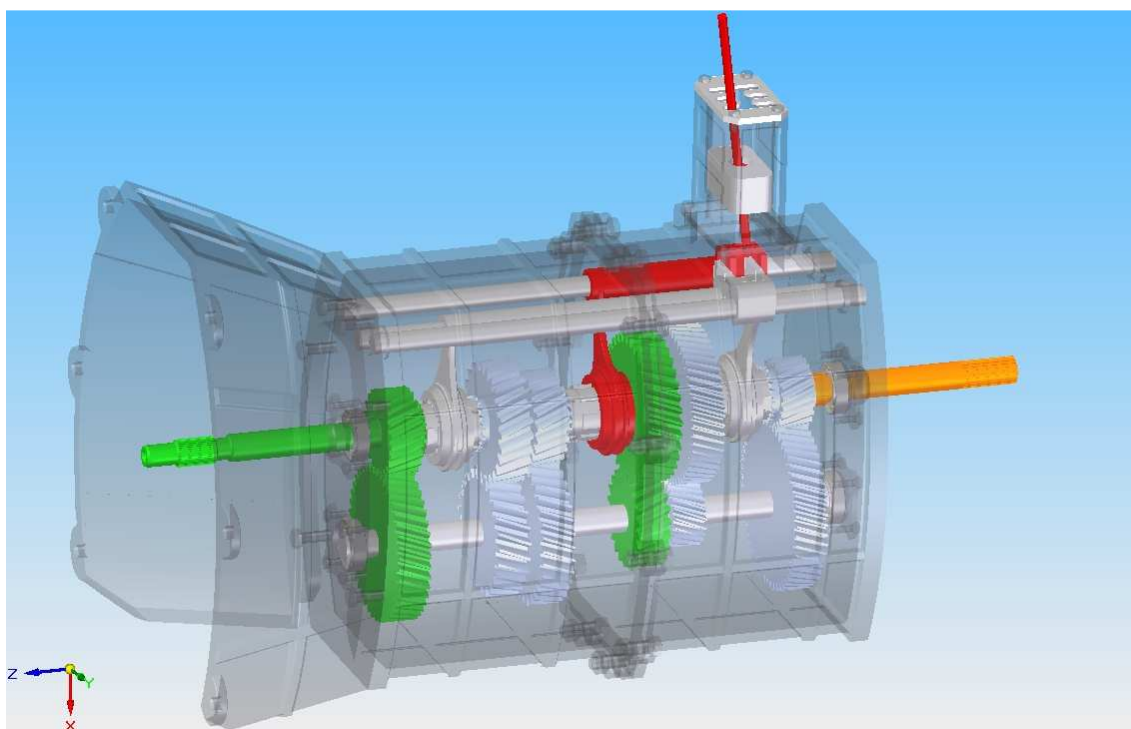
<p>Relacja: <i>Przyleganie</i></p> 	<p>Relacja: <i>Współosiowość</i></p> 
<p>Relacja: <i>Styczność</i></p> 	<p>Relacja: <i>Przekładnia</i></p> 

5. Badanie skrzyni biegów

Korzystając z przedstawionych narzędzi, opracowano model pięciobiegowej, współosiowej skrzyni biegów (rys. 4). Aby sprawdzić jej funkcjonowanie, przeprowadzono analizę pracy tej skrzyni biegów podczas realizacji każdego z pięciu biegów oraz biegu wstecznego. Na rys. 5 przedstawiono badania pracy skrzyni biegów w trakcie realizacji biegu pierwszego.



Rys.4. Gotowy model skrzyni biegów
Fig.4. Prepared model of a gearbox



Rys.5. Analiza pracy skrzyni biegów podczas realizacji biegu pierwszego
Fig.5. Analysis of work of the gearbox during realization of the first gear

6. Podsumowanie

Podsumowując analizę procesu modelowania skrzyni biegów, należy zwrócić uwagę, iż najbardziej złożonym zadaniem było określenie relacji pomiędzy elementami ją tworzącymi. Etap ten był decydujący, jeżeli brać pod uwagę możliwość prowadzenia badań symulacyjnych opracowanego modelu skrzyni biegów. Po drugie, istotna była kolejność nadawania relacji i ich wzajemne powiązanie, gdyż nieuwzględnienie tego zagadnienia powodowało błąd symulacji.

Istotne także jest, by w procesie modelowania dążyć do parametryzacji budowanego modelu. Pozwoli to na łatwe jego modyfikacje, które wynikać będą z konieczności uwzględnienia w nim wyników prowadzonych analiz [3].

Biorąc pod uwagę opracowany model skrzyni biegów, należy zaznaczyć, iż przykład ten potwierdza, że wykorzystanie zaawansowanego środowiska graficznego zdecydowanie ułatwia pracę i pomaga uniknąć niektórych błędów związanych z rutynowym działaniem projektanta.

Literatura

1. Brown D. A. G.: CAD for Model Engineers, Philadelphia: Trans-Atlantic Publications, Inc., 1999.
2. Lisowski E.: Automatyzacja i integracja zadań projektowania. Modelowanie geometrii maszyn i urządzeń w systemach CAD 3D, Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2007.
3. Shah J. J., Mäntylä M.: Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications, New York: Wiley-Interscience, 1995.
4. Wawer M.: Modelowanie 2Di 3D w praktycznych zastosowaniach, Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2005.

MODELLING OF A GEARBOX IN AN ADVANCED GRAPHICAL ENVIRONMENT

Summary: Modeling of complex technical objects in the advanced graphical environments is a task requiring the use of many specific design tools. In a case of the created gearbox model it have been especially applied modules for modeling gear wheels, imposing constraints and motion simulation. This allowed for a simulation study of the modeled gearbox.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Andrzej BUCHACZ, Marek PŁACZEK*

Institute of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems,
Faculty of Mechanical Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

*marek.placzek@polsl.pl

A SERIES OF MATHEMATICAL MODELS OF MECHATRONIC SYSTEM WITH PIEZOELECTRIC ACTUATOR

Abstract: Paper presents a process of modelling and investigation of a mechatronic system with piezoelectric transducer used as a vibration actuator – reverse piezoelectric effect is applied in considered system. A series of mathematical models of this system is presented. Characteristic that describes relation between amplitude of the system's vibration and parameters of harmonic voltage that supplied piezoelectric actuator is assigned on the basis of corrected approximate Galerkin method. Obtained results are juxtaposed and the most appropriate mathematical model of this system is chosen.

1. Introduction

Materials with piezoelectric properties called smart materials are widely used as sensors or actuators. It is possible because both the direct and reverse piezoelectric effect can be used. Piezoelectric transducer generates electric voltage when it is deformed or deforms when an electric voltage is applied [6]. In the first case it can be used as a sensor, while in the second case it is an actuator. Nowadays, there are a lot of commercial applications of direct and reverse piezoelectric effects [5,7,8].

It is very important to use precise mathematical model of system with piezoelectric transducer used as a sensor or an actuator in order to obtain required system's operation and dynamic characteristic. Therefore, a process of modelling and development of a mathematical model of system with piezoelectric transducer used as a passive vibration damper was presented in papers [1-3]. A series of mathematical models of this system was presented and approximate Galerkin method was used to analyze it. The approximate method was verified and corrected, so obtained result could be treated as very precise [4]. Now, a series of discrete – continuous mathematical models of system with PZT transducer used as an actuator is presented. Results obtained using each of mathematical models are juxtaposed to select the most appropriate model of this system. A possibility to determine the impact of properties of all system's components on its dynamic characteristic and minimal complexity of the mathematical model are established criteria.

2. Considered system and assumptions

The considered system with piezoelectric actuator is presented in Fig. 1. It is a cantilever beam with a PZT transducer glued on the beam's surface. The transducer is supplied by an external voltage source, so it works as an actuator of the beam's flexural vibration.

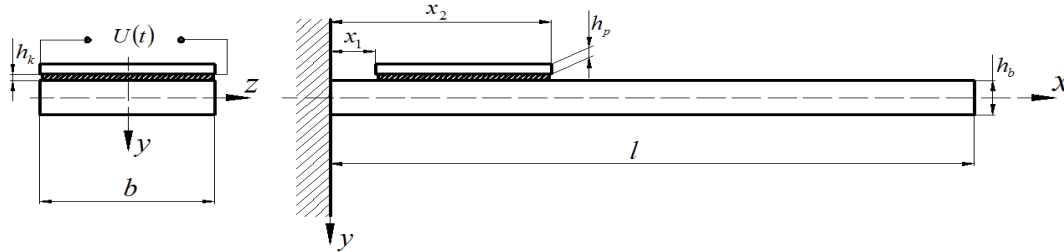


Fig.1. System with piezoelectric actuator

Dynamic characteristic α_v describes relation between deflection $y(x,t)$ of the beam's free end ($x=l$) and electric voltage that supply the actuator:

$$y(x,t) = \alpha_v \cdot U(t), \quad (1)$$

where:

$$U(t) = U_0 \cdot \cos \omega t. \quad (2)$$

In agreement with assumptions of the approximate Galerkin method the equation of the beam's deflection was assumed as [4]:

$$y(x,t) = A \cdot \sin \frac{(2n-1)\pi x}{2l} \cdot \cos \omega t, \quad n = 1,2,3... \quad (3)$$

A is amplitude of vibration.

Internal resistance and electric capacitance of the piezoelectric transducer were included so the actuator supplied by the external harmonic voltage was modelled as a linear RC series electric circuit and described by equation:

$$R_p C_p \frac{\partial U_c(t)}{\partial t} + U_c(t) = U(t), \quad (4)$$

where: R_p and C_p are electric resistance and capacitance of the transducer. $U_c(t)$ is an electric voltage on the capacitor.

Rheological properties of the beam and glue layer between the transducer and beam's surface were introduced using Kelvin – Voigt model of materials.

3. A series of mathematical models

A series of discrete – continuous mathematical models of the considered system was created using equation of the piezoelectric actuator (5) and equation of the beam's motion designated in accordance with d'Alembert's principle, taking into account arrangement of forces and bending moments acting on a part of the system. The cantilever beam was modelled as a Bernoulli-Euler beam.

In the first mathematical model the glue layer between the beam's surface and actuator was neglected. An equality of the beam and actuator's strains was assumed. Arrangement of forces and bending moments acting in this system is presented in Fig. 2.

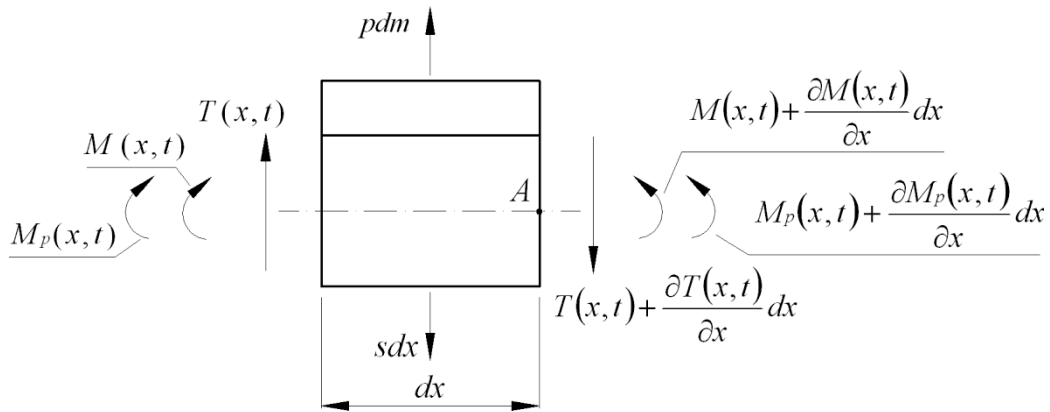


Fig.2. Arrangement of forces and bending moments acting in the system for the first model

$T(x, t)$ and $M(x, t)$ are transverse forces and bending moments that replace action of the cut-off part of the beam. $M_p(x, t)$ is the bending moment generated by the actuator as a result of applied voltage. Obtained equation of the beam's motion is:

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} = -\frac{E_b^* J_b}{\rho_b b h_b} \left(1 + \eta_b \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} + \frac{(h_b + h_p) c_{11}^E b h_p}{2 \rho_b b h_b} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} [H S_1(x, t) - H \lambda_1(t)], \quad (5)$$

where: $S_1(x, t)$ is the beam's surface strain, $\lambda_1(t)$ is a strain of the free actuator that occurs as a result of externally applied voltage. J_b , ρ_b and η_b are moment of inertia, density and structural damping coefficient and E_b^* is a substitute Young modulus of the beam [1]. c_{11}^E is Young modulus of the actuator measured under constant electric field. A Heaviside function:

$$H = H(x - x_1) - H(x - x_2), \quad (6)$$

was introduced to curb a working space of the actuator to partition from x_1 to x_2 .

In the second model influence of the glue layer between the beam and actuator was included. A pure shear of this layer was assumed. Arrangement of forces and bending moments acting in this system is presented in Fig. 3. Obtained equation of the beam's motion:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = -\frac{E_b^* J_b}{\rho_b b h_b} \left(1 + \eta_b \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \frac{G^* l_p}{2\rho_b h_k} \left(1 + \eta_k \frac{\partial}{\partial t}\right) \cdot \frac{\partial}{\partial x} [H(\varepsilon_k(x,t) - \lambda_1(t) - \varepsilon_b(x,t))], \quad (7)$$

where: G^* , η_k are a substitute shear modulus and structural damping coefficient of the glue layer. ε_k and ε_b are the glue layer and beam's strains.

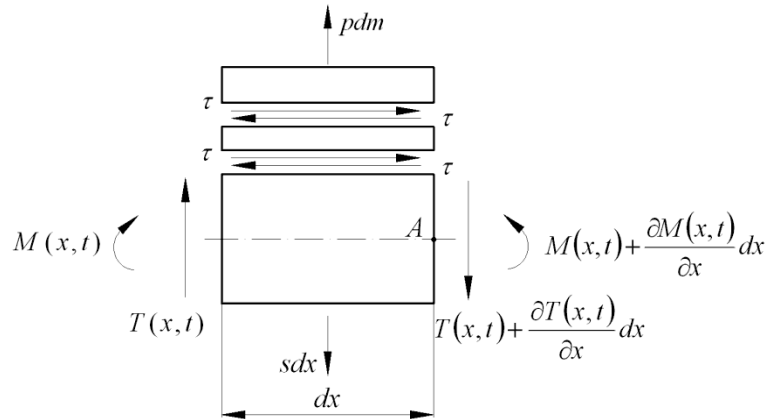


Fig.3. Arrangement of forces and bending moments acting in the system for the second model

In the third mathematical model the considered system was modelled as a combined beam and process of eccentric tension of the glue layer was considered [2]. A substitute cross-section of the composite beam was introduced and stress of the system's elements was designated. Obtained equation of the beam's motion is:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = -\frac{E_b^* J_b}{\rho_b b h_b} \left(1 + \eta_b \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \frac{T_7}{2\rho_b} \left(1 + \eta_k \frac{\partial}{\partial t}\right) \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} [HT_5 \varepsilon_b(x,t) - HT_6 \lambda_1(t)], \quad (8)$$

where:

$$T_5 = c_{11}^E b h_p T_1 (y_w - 0,5h_p) - E_b J_w z_b^{-1} - h_b T_1 c_{11}^E b h_p J_w z_b^{-1} [A_w^{-1} + J_w^{-1} z_b (0,5h_p - y_w)], \quad (9)$$

$$T_6 = c_{11}^E b h_p (T_2 + 1) (y_w - 0,5h_p) - (T_2 + 1) c_{11}^E b h_p J_w z_b^{-1} [A_w^{-1} + J_w^{-1} z_b (0,5h_p - y_w)], \quad (10)$$

$$T_7 = \frac{E_k b^{-1} [E_k^{-1} c_{11}^E h_p (y_w - 0,5h_p) + h_k (y_w - h_p - 0,5h_k)]}{E_b h_b \left[\frac{h_b^2}{12} + (h_p + h_k + 0,5h_b - y_w)^2 \right] + E_k h_k \left[\frac{h_k^2}{12} + (y_w - h_p - 0,5h_k)^2 \right] + c_{11}^E h_p \left[\frac{h_p^2}{12} + (y_w - 0,5h_p)^2 \right]}, \quad (11)$$

$$z_k = -y_w + h_p, \quad z_b = -y_w + h_p + h_k, \quad (12)$$

$$T_1 = \frac{z_k}{z_b [1 - (A_w E_b)^{-1} c_{11}^E b h_p (z_k z_b^{-1} - 1)]}, \quad T_2 = \frac{c_{11}^E b h_p A_w^{-1} (z_k z_b^{-1} - 1)}{E_b [1 - (E_b A_w)^{-1} c_{11}^E b h_p (z_k z_b^{-1} - 1)]}. \quad (13)$$

In the last mathematical model the considered system was also modelled as a combined beam but the impact of the actuator to the beam was described by the bending moment generated as a result of applied electric voltage. Obtained equation of the beam's motion is:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = -\frac{E_b^* J_b}{\rho_b b h_b} \left(1 + \eta_b \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \left(\frac{h_p + h_b}{2} + h_k\right) \frac{c_{11}^E h_p}{\rho_b h_b} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [T_1 \varepsilon_b(x,t)H - (T_2 + 1)\lambda_1(t)H]. \tag{15}$$

4. Obtained results

Using designated mathematical models modulus of the dynamic characteristic Y_V was calculated and presented in Fig. 4 for the first three natural frequencies of the mechanical subsystem ($n=1,2,3$). Parameters of the system are presented in Tab. 1.

Tab. 1. Geometrical and material parameters of the mechanical subsystem, actuator and glue layer

$l = 0,24[m]$	$b = 0,04[m]$	$h_b = 0,002[m]$	$h_k = 0,0001[m]$
$x_1 = 0,01[m]$	$h_p = 0,001[m]$	$x_2 = 0,09[m]$	$E_b = 210000[MPa]$
$\rho_b = 7850 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\eta_b = 8 \cdot 10^{-5}[s]$	$G = 1000 \cdot 10^6[Pa]$	$\eta_k = 10^{-3}[s]$
$d_{31} = -240 \cdot 10^{-12} \left[\frac{m}{V}\right]$	$e_{33}^T = 2900 \cdot \varepsilon_0 \left[\frac{F}{m}\right]$	$s_{11}^E = \frac{1}{c_{11}^E} = 17 \cdot 10^{-12} \left[\frac{m^2}{N}\right]$	$\rho_p = 7450 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$

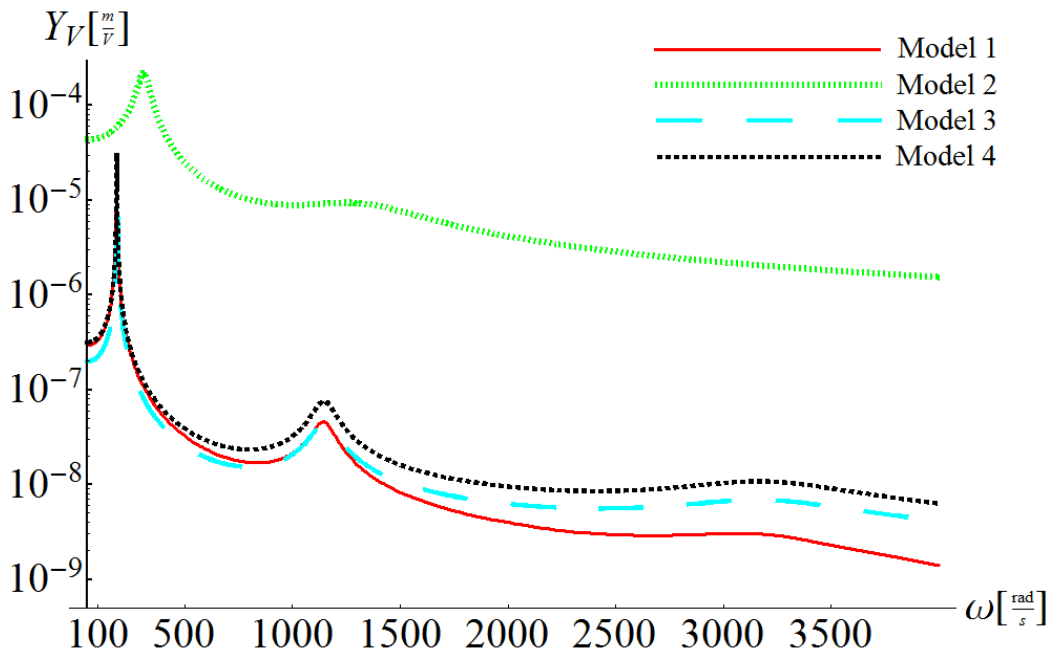


Fig.4. Dynamic characteristic of the considered mechatronic system, for $n=1,2,3$

The dynamic characteristic is presented in a half logarithmic scale in order to present obtained results precisely.

5. Conclusions

It was proved that after correction the approximate Galerkin method can be used to analyze mechatronic systems with piezoelectric actuators. Taking into account verification of the approximate method presented in the previous publication [4], obtained results can be treated as very precise. Mathematical model with bending moment and eccentric tension of the glue layer (model 4) can be treated as the most optimal model – properties of all system's components are taken into account (including influence of the glue layer), while this model is quite simple. Assumption about pure shear of the glue layer (model 2) leads to the idealization of the effectiveness of the system.

Acknowledgements: This work was supported by Polish Ministry of Science and Higher Education as a part of the Research Project No. N502 452139 (2010 – 2013).

Bibliography

1. Buchacz A., Płaczek M.: The discrete-continuous model of the one-dimension vibrating mechatronic system. PAMM - Proc. Appl. Math. Mech. 9, Issue 1, (2009), p. 395-396.
2. Buchacz A., Płaczek M.: The vibrating mechatronic system modeled as the combined beam, Dynamics, Proceedings of International Scientific and Technical Conference Reliability and Durability of Mechanic and Biomechanical Systems and Elements of their Constructions, 8-11 September 2009 – Sevastopol, 2009, p. 210-211.
3. Buchacz A., Płaczek M.: Development of Mathematical Model of a Mechatronic System, Solid State Phenomena Vol. 164 (2010), Trans Tech Publications, Switzerland, p. 319-322 (Online at: <http://www.scientific.net>).
4. Buchacz A., Płaczek M.: The approximate Galerkin's method in the vibrating mechatronic system's investigation, Proceedings of The 14th International Conference Modern Technologies, Quality and Innovation ModTech 2010, 20-22 May, 2010, Slanic Moldova, Romania 2010, p. 147-150.
5. Moheimani S.O.R., Fleming A.J.: Piezoelectric Transducers for Vibration control and Damping, Springer, London, 2006.
6. Preumont A.: Mechatronics: Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems, Springer, 2006.
7. Suleman A., Costa A.: Adaptive control of an aeroelastic flight vehicle using piezoelectric actuators, Computers and Structures 82 (2004), p. 1303-1314.
8. Yoshikawa S., Bogue A., Degon B.: Commercial Application of Passive and Active Piezoelectric Vibration Control, Applications of Ferroelectrics, 1998. ISAF 98. Proceedings of the Eleventh IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics p. 293-294.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Jarosław CHRUKIN, Piotr PRZYSTAŁKA, Wojciech MOCZULSKI*

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice,
* wojciech.moczulski@polsl.pl

INERCYJNO-ODOMETRYCZNY UKŁAD LOKALIZACJI MOBILNEGO ROBOTA KOŁOWEGO

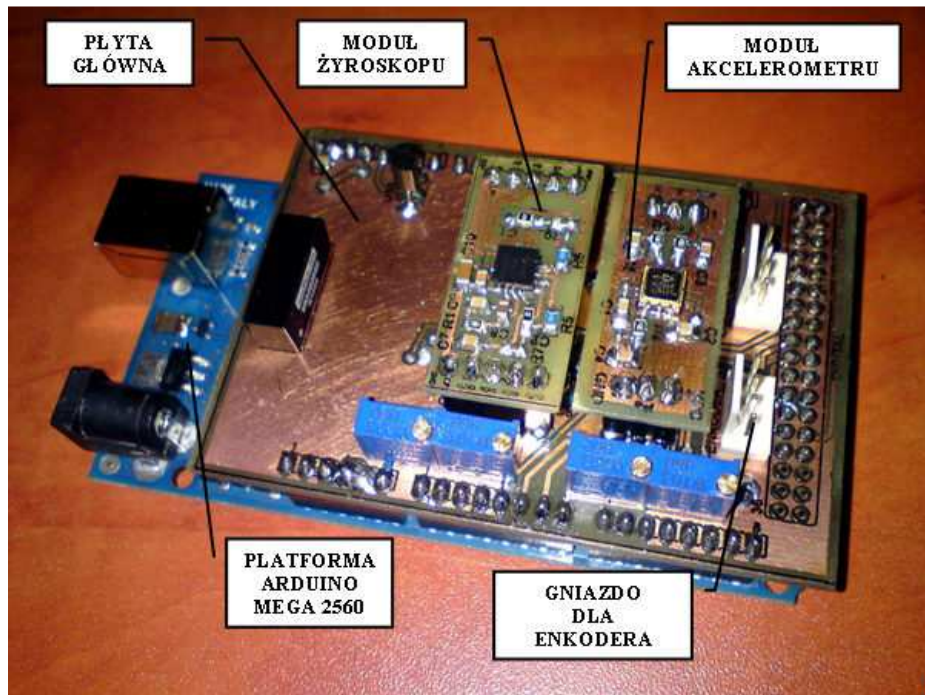
Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt i opisano prototyp układu do lokalizacji względnej kołowego robota mobilnego. Układ ten zaprojektowano tak, aby możliwe było jednoczesne wykorzystanie dwóch podstawowych technik lokalizacji względnej: inercyjnej i odometrycznej. Do wykonania prototypu użyto jednostki obliczeniowej opartej na architekturze otwartej, trójosiowego akcelerometru konwekcyjnego, oraz dwóch enkoderów działających na podstawie zjawiska Halla. Opisano także wstępne badania weryfikacyjne określające dokładność poszczególnych modułów urządzenia.

1. Wstęp

Pomiar drogi pokonywanej przez robota mobilnego poruszającego się w pomieszczeniu zamkniętym oraz wyznaczenie jego pozycji jest zagadnieniem trudnym i jak dotąd nie do końca rozwiązany. Istnieją dwa rodzaje układów pomiarowych: bezwzględne oraz względne [4]. Układy bazujące na pomiarze bezwzględnym oprócz układów pomiarowych zintegrowanych z robotem potrzebują również odpowiedniego przygotowania pomieszczenia, w którym robot będzie się poruszał. Przygotowanie to polega na rozmieszczeniu odpowiednich punktów bazowych, w odniesieniu do których robot będzie określał swoją pozycję. Jest to z reguły bardzo uciążliwe i ogranicza przestrzeń działania robota jedynie do pomieszczeń, w których zainstalowane są punkty referencyjne. Układ lokalizacji względnej jest wolny od tych wad. Cechuje go autonomiczność. Należy przez to rozumieć, że czujniki wchodzące w skład układu są zintegrowane z robotem i oprócz nich nie potrzeba żadnych dodatkowych urządzeń wspomagających lokalizację. Przedstawiony w artykule prototyp inercyjno-odometrycznego układu lokalizacji mobilnego robota kołowego jest w całości zintegrowany z robotem i nie wymaga do poprawnej pracy zewnętrznych elementów. W artykule omówiona została zasada działania układu, schemat blokowy oraz elementy, które w ramach projektu zaprojektowano i wykonano: płytę główną, moduł akcelerometru, moduł żyroskopu.

2. Ogólna charakterystyka układu

Jak pokazano na Rys. 1 układ charakteryzuje się modułową budową i składa się z następujących elementów: platformy Arduino MEGA 2560, płyty głównej montowanej za pomocą złącz kołkowych na platformie Arduino, modułów akcelerometru i żyroskopu umieszczonych na płycie głównej oraz enkoderów współpracujących z układem - zintegrowanych z silnikami.



Rys.1. Inercyjno-odometryczny układ lokalizacji mobilnego robota kołowego
 Fig.1. Inertial-odometric localization system of wheeled mobile robot

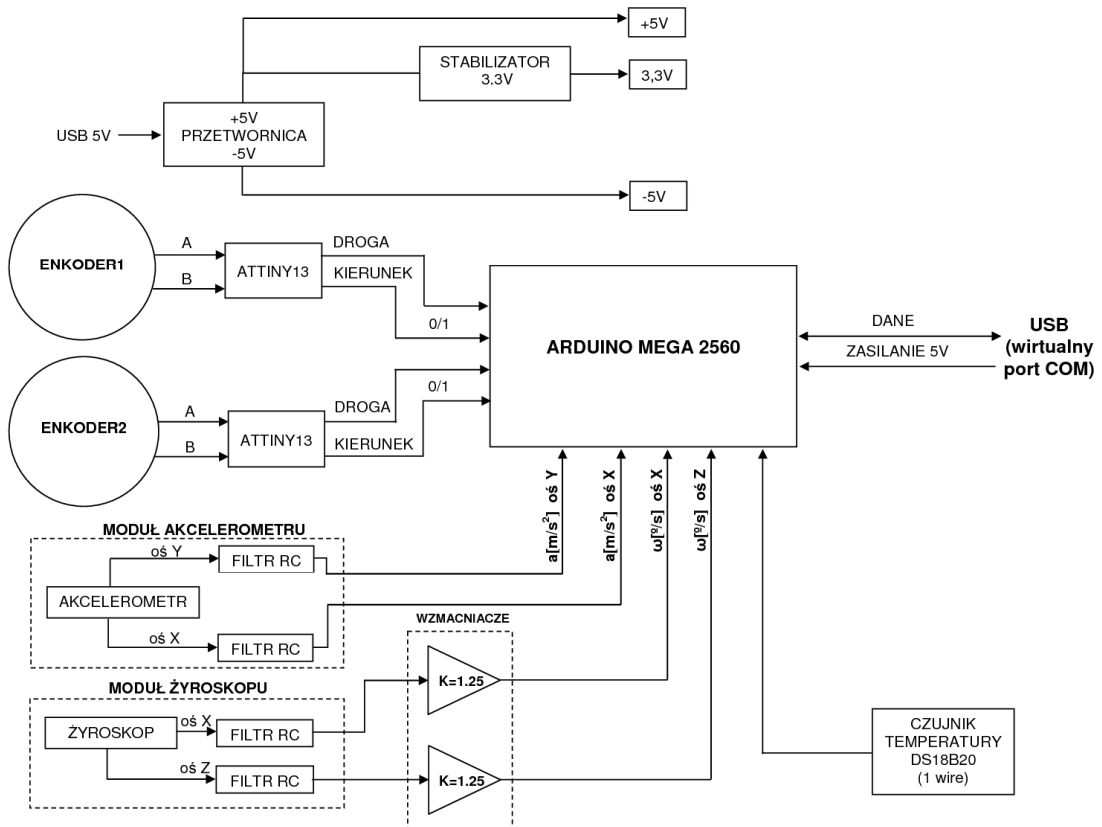
Całość stanowi zwartą konstrukcję, którą z powodzeniem można zamontować na lub w obudowie robota mobilnego. Układ jest bardzo łatwo przenośny z uwagi na zasilanie wyłącznie z portu USB.

3. Schemat blokowy i zasada działania

Ze schematu blokowego pokazanego na Rys. 2 można wywnioskować, że głównym elementem układu i jednocześnie jednostką obliczeniową jest platforma Arduino MEGA 2560. Platforma Arduino jest odpowiedzialna za przetwarzanie danych z wszystkich czujników i wysłanie ich poprzez port USB do komputera. Na samej górze schematu widnieje przetwornica DC/DC, której zadaniem jest wygenerowanie z pojedynczego napięcia 5V napięć symetrycznych -5V oraz 5V. Napięcia te potrzebne są do zasilania wzmacniaczy operacyjnych. Do gałęzi wyjściowej 5V przetwornicy dołączony jest precyzyjny stabilizator napięcia 3.3V, który zasilają moduły akcelerometru oraz żyroskopu.

Poniżej znajdują się dwa enkodery zamontowane na osiach silników robota. Posiadają one dwa wyjścia: A oraz B. Są to wyjścia sygnałów prostokątnych, przesuniętych w fazie o 90°. Na podstawie tych dwóch sygnałów można określić aktualny kierunek obrotu osi silnika.

Sygnaly te kierowane są do mikrokontrolera ATtiny13, którego zadanie polega na rozpoznaniu kierunku, w którym obraca się oś silnika i wygenerowaniu na linii o nazwie *kierunek* odpowiedniego stanu (0 lub 1). Z kolei na linii o nazwie *droga* transmitowany jest sygnał A lub B, który służy do określenia przebytej drogi.

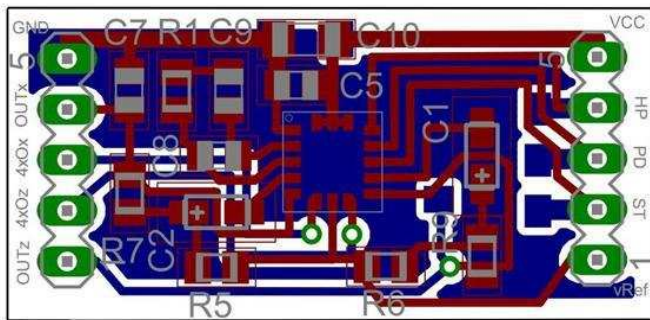


Rys.2. Schemat blokowy układu
Fig.2. Block diagram

Na samym dole schematu znajdują się symbole modułów akcelerometru i żyroskopu. Sygnał z akcelerometru jest doprowadzony bezpośrednio do układu Arduino, ponieważ jest dopasowany do poziomów przetwornika A/C. Zastosowano dziesięć - bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, pracujący przy napięciu odniesienia równym 2.56V. Daje to czułość równą 2.5mV na jedną działkę. Sygnał z żyroskopu wymaga zastosowania wzmacniaczy operacyjnych z dwóch powodów. Pierwszym powodem jest zbyt mały poziom sygnału wyjściowego, który wynosi 2mV na 1°/s. Jak wcześniej wspomniano, użyty przetwornik wymaga 2.5mV/działkę, więc sygnał z żyroskopu należało wzmacnić 1.25x, aby uzyskać optymalną rozdzielczość. Drugim zadaniem wzmacniaczy jest kompensowanie tzw. offsetu wewnętrznych wzmacniaczy operacyjnych żyroskopu.

4. Moduł żyroskopu

Moduł żyroskopu (rys. 3) powstał na bazie układu LPY550AL. Schemat zaczerpnięto ze strony internetowej www.robodudes.pl [3] i zoptymalizowano, korzystając z noty katalogowej układu [1]. Płytkę drukowaną zaprojektowano w programie Eagle i wykonano we własnym zakresie powszechnie znaną i praktykowaną metodą termotransferu.



Rys.3. Moduł żyroskopu
Fig.3. Gyroscope module

Moduł posiada cztery wyjścia sygnałowe. Są to dwa wyjścia sygnału osi X (OUTx) i Z (OUTz) bez wzmocnienia oraz dwa wyjścia tych samych osi wzmocnione 4x o nazwach 4xOx i 4xOz. Oprócz tego układ posiada trzy wejścia: HP, PD oraz ST. Wejście HP służy do resetowania filtra górnoprzepustowego, PD pozwala na wprowadzenie układu w tryb uśpienia (power down), a przez podanie logicznej 1 na wejście ST można przeprowadzić test działania żyroskopu. Moduł zasilany jest napięciem 3.3V i pobiera około 7mA podczas pracy.

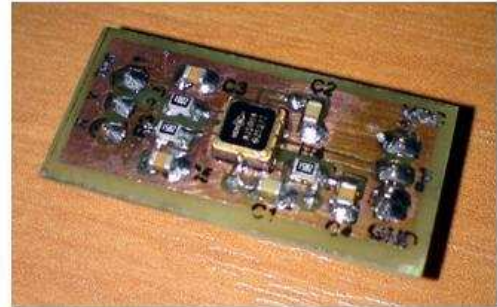
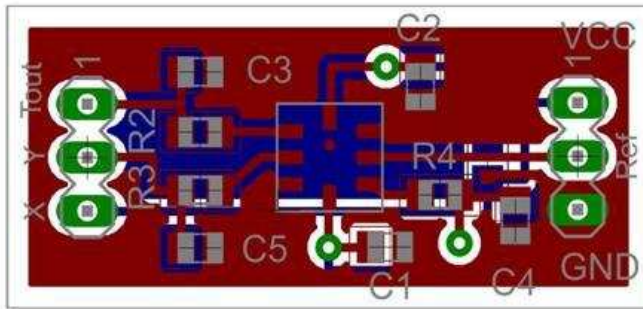
Tab. 1. Parametry modułu żyroskopu
Tab. 1. Parameters of gyroscope module

Zasilanie	3.3[V]
Pobór prądu	7-10[mA]
Zakres pomiarowy	± 500 [°/s]
Rozdzielczość	7-10[mA]
Poziom logicznej 1	$0.8 \cdot V_{dd}$

Montaż elementów na płycie drukowanej został wykonany w technologii SMD. Płytkę jest dwustronna, składa się z warstwy dolnej zaznaczonej na rys. 3 kolorem niebieskim oraz warstwy górnej, zaznaczonej kolorem czerwonym. Na warstwie dolnej puste miejsca między obwodami zostały wypełnione tzw. poligonem masy. Ma to na celu ekranowanie ewentualnych zakłóceń, które mogą wystąpić podczas pracy układu. Parametry modułu zostały umieszczone w tab. 1.

5. Moduł akcelerometru

Do budowy modułu przedstawionego na rys. 4 użyty został układ MXA2500A. Jest to akcelerometr wykorzystujący w swoim działaniu zjawisko konwekcji, stąd jego nazwa - akcelerometr konwekcyjny. Schemat modułu został opracowany i narysowany w programie Eagle na podstawie noty katalogowej układu akcelerometru [2]. Płytkę drukowaną, przedstawioną na rys. 4, wykonano metodą termotransferu.



Rys.4. Moduł akcelerometru

Fig. 4. Accelerometer module

Moduł posiada następujące wyprowadzenia: VCC - napięcie zasilające, GND - masa, Vref - wyjście napięcia referencyjnego, Tout - wyjście wewnętrznego czujnika temperatury, X - wyjście sygnału przyspieszenia osi X, Y - Wyjście sygnału przyspieszenia osi Y.

Tab. 2. Parametry modułu akcelerometru
Tab. 2. Parameters of accelerometer module

Zasilanie	2.7V-5.25[V]
Pobór prądu	3-6.3[mA]
Zakres pomiarowy	$\pm 4.9[m/s^2]$
Rozdzielczość	0.02[m/s ²]
Sygnal wyjściowy	500[mV/m/s ²]

Tak samo jak w przypadku modułu żyroskopu puste miejsca pomiędzy ścieżkami na płytce drukowanej wypełnione zostały poligonem masy, który ma zredukować ewentualne zakłócenia mogące wystąpić w układzie. Montaż wykonany jest również w technologii SMD. Parametry modułu przedstawiono w tab. 2.

6. Transmisja danych

Dane z układu transmitowane są poprzez interfejs USB (wirtualny port COM) do komputera z częstotliwością 100Hz w ramach zakończonych znakiem przejścia do następnej linii. Format danych został dobrany tak, aby można je było łatwo odbierać i odczytać na dowolnym terminalu pracującym w systemie Windows. Obecnie w trakcie tworzenia jest dedykowana aplikacja do obsługi urządzenia.

7. Podsumowanie

Prototyp inercyjno-odometrycznego układu lokalizacji mobilnego robota kołowego, będący przedmiotem artykułu, jest doskonałą platformą do badań nad algorytmami fuzji i filtracji danych z czujników. Wstępne badania weryfikacyjne pokazały duży potencjał zaprojektowanego układu. Implementując odpowiedni algorytm obróbki danych, można na jego bazie wykonać układ mierzący drogę przebytą przez robota i wyznaczający jego położenie we względnym układzie współrzędnych.

Literatura

1. Nota katalogowa układu LPY550AL, 2009.
2. Nota katalogowa układu MXA2500A, 2004.
3. Strona internetowa: www.robodudes.com, dn. 27.12.2010.
4. Szymczak J.: System wspomaganie położenia robota mobilnego za pomocą czujników odometrycznych. Praca magisterska. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, 2006/2007.

INERTIAL-ODOMETRIC LOCALIZATION SYSTEM OF A WHEELED MOBILE ROBOT

Summary: The main aim of the paper is to present the design and realization of a relative localization system for wheeled mobile robot applications. This prototype is designed in such way that can be simultaneously used in two well-known localization approaches: inertial and odometric ones. In order to create the developed device an open-source hardware was used. Also, a three-axis thermal accelerometer and two rotary magnetic encoders based on Hall effect were used for the prototype development. Some preliminary tests of the developed equipment to measure the accuracy of the modules were carried out.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Mateusz CIELNIAK*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* mateusz.cielniak@polsl.pl

WERYFIKACJA KONSTRUKCJI TWORZONYCH NA PODSTAWIE TEORII PODOBIEŃSTWA KONSTRUKCYJNEGO

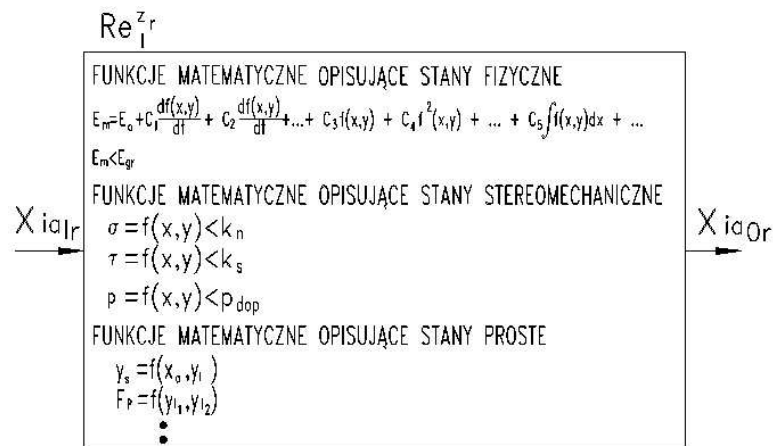
Streszczenie: Teoria podobieństwa konstrukcyjnego pozwala opracować typoszeregi konstrukcji, zachowując identyczne stany przy wykorzystaniu warunków podobieństwa konstrukcyjnego oraz zunifikowanych cech charakterystycznych. Tak wygenerowane wymiary nowych typowielkości są przyrównywane do wymiarów elementów katalogowych, znormalizowanych lub do szeregu liczb normalnych. W niniejszej pracy przedstawiono analizę wpływu zaokrąglania wartości wymiarów na uzyskany wynik. Przeanalizowano sposoby przyrównywania wymiaru oraz niedokładności w szeregu liczb normalnych pod względem podobieństwa liczb.

1. Wstęp

Teoria podobieństwa konstrukcyjnego zakłada, że, bazując na konstrukcji wzorcowej środka technicznego, istnieje możliwość opracowania typoszeregu konstrukcji, zachowując identyczne stany środków technicznych opisane przez system, przy wykorzystaniu warunków podobieństwa konstrukcyjnego oraz zunifikowanych cech charakterystycznych [2, 4].

System środka technicznego to układ relacji sprzężeń i przekształceń. Relacje te mogą być opisane przez funkcje matematyczne (rys. 1), które ujmują stany zjawisk fizycznych, stany stereomechaniczne oraz inne stany proste. Dąży się do tego, aby w całym typoszeregu stany te były w przybliżeniu stałe, stosownie do stanów odpowiadających konstrukcji wzorcowej.

Spełnienie teorii podobieństwa konstrukcyjnego w zakresie stanów stereomechanicznych, zwane zagadnieniem Cauchy'ego, zakłada zachowanie podobnego wyężenia materiału, odkształcenia i liczby bezpieczeństwa [2, 3].



Rys. 1. Matematyczny opis stanów przyszłego środka technicznego [1]
 Fig. 1. Future construction mathematical description [1]

Jednym z etapów generowania typoszeregów konstrukcji jest obliczenie wartości wymiarów poszczególnych typowości. Wartości te są wyznaczane poprzez przemnożenie wartości wymiarów konstrukcji wzorcowej przez liczbę podobieństwa. Następnie wynik jest przyrównywany do liczby z określonego zbioru. Wyróżnić można następujące zbiory: zbiory wymiarów elementów znormalizowanych, elementów katalogowych czy też szereg liczb normalnych. Proces przyrównywania powoduje odstępstwa od pełnego podobieństwa.

W niniejszej pracy poddano analizie szereg liczb normalnych. Sprawdzono różnice pomiędzy liczbami z szeregu a wartościami obliczonymi na podstawie warunku podobieństwa. Ponadto przeanalizowano sposoby przyrównywania wartości wymiarów do zbioru liczb.

2. Kryterium weryfikacji konstrukcji tworzonych na podstawie podobieństwa konstrukcyjnego

Szeregi liczb normalnych to uporządkowany zbiór liczb utworzonych według określonej reguły matematycznej. Reguła ta pozwala na zbudowanie ciągu geometrycznego spełniającego równanie:

$$a_n = a \frac{n}{R} \quad (1)$$

Szereg liczb normalnych zawarty w normach utworzony jest dla $a = 10$. Liczba R odpowiada za licznik zbioru. Np. dla $R = 20$ powstanie 20 liczb z zakresu od 1 do 10. Ten szereg oznaczony jest symbolem $R20$. Wartości spoza zakresu od 1 do 10 uzyskuje się, mnożąc lub dzieląc otrzymane wartości przez 10.

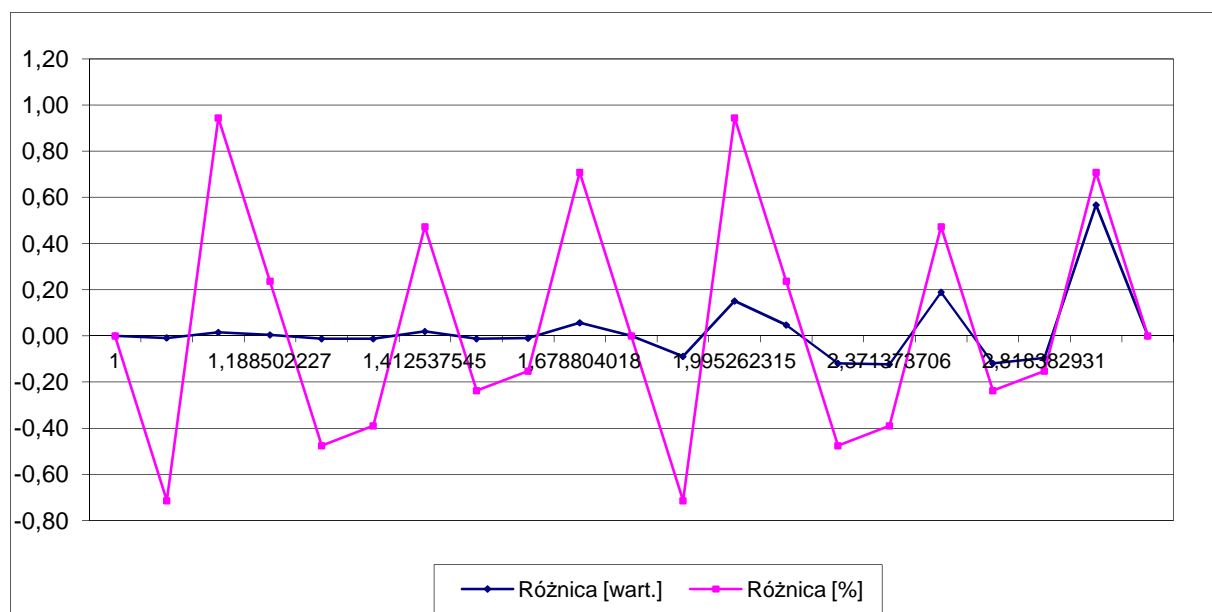
Szereg $R10$ wygenerowany na podstawie reguły matematycznej (1) składa się z liczb rzeczywistych o ułamkach nieskończonych. W normach przyjęto zaokrąglone wartości tych liczb.

Tablica 1 przedstawia szereg liczb normalnych $R10$ obliczonych za pomocą równania i przemnożonych przez 10 oraz wartości liczb szeregu liczb normalnych przyjętych w normie.

Tab. 1. Szereg R10
Fig. 1. R10 preferred numbers

n	a_n	$a_n \cdot 10$	Znorm. $a_n \cdot 10$	Różnica [wart.]	Różnica [%]
0	1	10	10	0,00	0
1	1,258925	12,58925	12,5	-0,09	-0,71403
2	1,584893	15,84893	16	0,15	0,944175
3	1,995262	19,95262	20	0,05	0,236884
4	2,511886	25,11886	25	-0,12	-0,47546
5	3,162278	31,62278	31,5	-0,12	-0,38977
6	3,981072	39,81072	40	0,19	0,473207
7	5,011872	50,11872	50	-0,12	-0,23745
8	6,309573	63,09573	63	-0,10	-0,15196
9	7,943282	79,43282	80	0,57	0,708971
10	10	100	100	0,00	0

Dwie ostatnie kolumny ilustrują różnice pomiędzy wartościami obliczonymi a przyjętymi w normach. Przebieg wartości zaokrągleń dla szeregu R10 zawierających wartości od 1 do 100 przedstawia wykres (rys. 2):



Rys. 2. Zaokrąglenia w szeregu R10
Fig. 2. Rounding in R10 preferred numbers

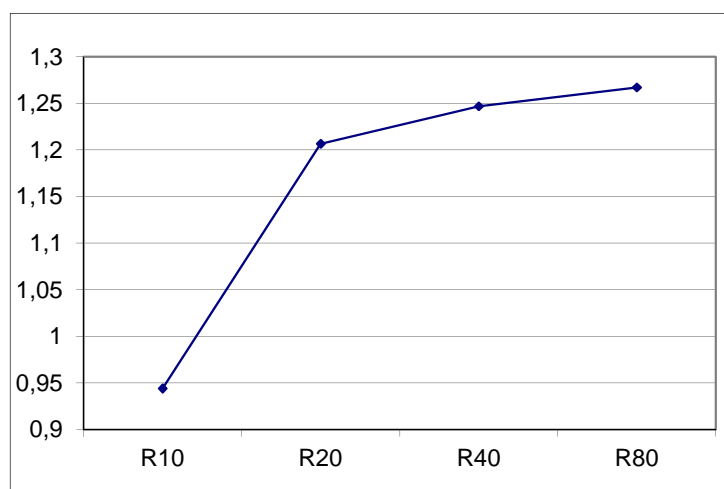
Zaobserwowano ten sam przebieg procentowego wahania wartości zaokrągleń od 0 do 10 i od 10 do 100. Ta okresowość wynika ze sposobu generowania liczb. Reguła (1) pozwala na obliczanie wartości od 1 do 10. Wartości od 10 do 100 powstają przez pomnożenie tych wartości przez 10, wartości od 100 do 1000 przez pomnożenie przez 100 itd. Ponadto maksymalna wartość zaokrągleń sięga 0,94% niezależnie od wartości liczby. Powyższe kroki wykonano w przypadku szeregów R20, R40 oraz R80.

Zestawienie wartości maksymalnych zaokrągleń szeregów R10, R20, R40, R80 zawiera tablica 2:

Tab. 2. Zaokrąglenia w szeregach
Tab. 2. Rounding in preferred numbers

Szereg	Liczba	Różnica [%]	Przyrost różnicy
R10	16	0,9442	-
R20	18	1,2067	0,2625
R40	17	1,2468	0,0401
R80	17,5	1,2671	0,0203

Wartości z tablicy 2 zestawiono na wykresie (rys. 3).



Rys. 3. Zaokrąglenia w szeregach R10 – R80
Fig. 3. Rounding in R10 – R80 preferred numbers

Z powyższego wykresu wynika, że wraz ze wzrostem liczności szeregu wzrasta wartość zaokrąglania. Narastanie ma charakter wykładniczy. Zauważono także, że największe wartości zaokrągleń przypadają na liczby z zakresu od 17 do 18. Przebieg krzywej zaokrąglania pozwala założyć, że zaokrąglenie nie przekroczy 1,3%.

3. Teoretyczna analiza zaokrąglania wymiarów zewnętrznych i wewnętrznych

Wartości wymiarów wyznaczone na podstawie teorii podobieństwa konstrukcyjnego muszą zostać przyrównane do szeregu liczb normalnych. Można wyróżnić kilka sposobów przyrównywania.

Przyrównanie do liczby mniejszej – ten sposób przyrównywania polega na przyrównywaniu zawsze „w dół”, nawet jeśli wymiar jest mniejszy od następnego w typoszeregu o setne części. W przypadku wymiarów wewnętrznych będzie to skutkowało mniejszymi naprężeniami oraz gorszym wykorzystaniem materiału, w przypadku wymiarów zewnętrznych – wzrostem naprężeń i zmniejszeniem ilości zużytego materiału.

Podczas przyrównania do liczby większej sytuacja będzie odwrotna – zaokrąglenie „w górę” wymiarów zewnętrznych to mniejsze naprężenia i więcej zużytego materiału.

Przyrównanie do najbliższej liczby to kompromis pomiędzy dwiema pierwszymi. Ma tutaj miejsce i przekroczenie naprężeń dopuszczalnych i przewymiarowanie, natomiast na mniejszą skalę. Należy wziąć pod uwagę, że niewielkie przekroczenie naprężeń dopuszczalnych nie musi być naprężeniem niszczącym. Zarówno weryfikacja analityczna jak i MES charakteryzuje się pewnym odstępstwem od stanu faktycznego. Wynika to z zaokrągleń i uproszczeń w obliczeniach, struktury materiału odbiegającej od idealnej itd.

Przy przyrównywaniu wymiarów zewnętrznych w górę, a wewnętrznych w dół, ma miejsce najgorsze wykorzystanie materiału, ale naprężenia nie zostaną przekroczone.

Proces przyrównywania zostanie przedstawiony podczas obliczania pola powierzchni przekroju poprzecznego rury. Wartości średnic to 48 oraz 102 mm. Dla każdego ze sposobów przyrównywania obliczono pole powierzchni (tab. 3). Zależność pomiędzy polem powierzchni a naprężeniami obliczeniowymi jest liniowa.

Tab. 3. Wynik zaokrągleń

Tab. 3. Rounding results

	d1	d2	S	%
Bez przyrównania	48,00	102,00	6361,73	0,00
Przyrównanie w dół	45,00	100,00	6263,55	-1,54
Przyrównanie w górę	50,00	110,00	7539,82	18,52
Przyrównanie do najbliższej liczby	50,00	100,00	5890,49	-7,41
Przyrównanie wym. zew. w górę, wew. w dół	48,00	110,00	7693,76	20,94

Istnieją odstępstwa od powyższych zasad. Nie zawsze zaokrąglanie wymiarów zewnętrznych w górę spowoduje uzyskanie mniejszych naprężeń. Przykładem może być stan naprężeń podczas zginania belki. Jeśli rozważyć belkę o wymiarach przekroju 20x27 mm i długości 91 mm, wówczas naprężenia zginające wywołane siłą 1000 N wyniosą:

$$\frac{Mg}{W_x} = \frac{F \cdot l}{\frac{bh^2}{12}} = \frac{12 \cdot 1000 \cdot 91}{20 \cdot 27^2} = 74,9 [MPa] \quad (2)$$

Po zaokrągleniu wymiary belki: 20x28x100. Analogicznie naprężenia ujęto w równaniu:

$$\frac{Mg}{W_x} = \frac{F \cdot l}{\frac{bh^2}{12}} = \frac{12 \cdot 1000 \cdot 100}{20 \cdot 28^2} = 76,5 [MPa] \quad (3)$$

Jak można zauważyć, pomimo iż zaokrąglano w górę wymiary zewnętrzne, uzyskano większe naprężenia. Wynika to z faktu, że wymiary przekroju zostały zaokrąglone o mniejszą wartość niż długość belki.

4. Podsumowanie

Pomimo iż wraz ze wzrostem wartości liczb należących do szeregu i towarzyszących im wzrostom wartości zaokrągleń procentowa wartość zaokrągleń sięga maksymalnie 1,27% (R80) dla całego typoszeregu, niezależnie od wielokrotności zaokrąglanej liczby. Na tej podstawie można założyć, że zaokrąglanie wartości do szeregu znormalizowanego ma pomijalny wpływ na wyniki uzyskiwane przy wykorzystaniu znormalizowanych szeregów liczb normalnych.

Sposób zaokrąglania zależy od analizowanego przypadku. Jeżeli dopuszczalny jest pewny wzrost naprężeń, można zastosować przyrównanie do najbliższej liczby. Jeżeli przekroczenie naprężeń dopuszczalnych nie może mieć miejsca, wówczas konieczne jest przyrównywanie wymiarów wewnętrznych w dół, a zewnętrznych w górę. Jednakże te zasady nie zawsze mają zastosowanie. Jak pokazano na przykładzie belki, istnieją sytuacje, w których zaokrąglanie w górę powoduje zwiększenie naprężeń. Dlatego też w bardziej skomplikowanych przypadkach konieczna jest dokładna analiza wpływu danego rodzaju zaokrąglenia na wynik.

Praca była współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Projektu „Aktywizacja społeczności akademickiej jako element realizacji Regionalnej Strategii Innowacji” POKL.08.02.01-24-019/08

Literatura

1. Gendarz P.: Aplikacje programów graficznych w uporządkowanych rodzinach konstrukcji. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
2. Gendarz P.: Metodologia tworzenia uporządkowanych zbiorów konstrukcji maszyn. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
3. Pahl G., Beitz W.: Nauka konstruowania. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1984.
4. Gendarz P. Cielniak M.: Models of construction attributes selection process in ordered construction families, AMME Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering; Volume 43, Issue 1, November 2010, p.280-287

VERIFICATION OF CONSTRUCTIONS CREATED ON THE BASIS OF THE CONSTRUCTION SIMILARITY THEORY

Summary: The construction similarity theory allows to elaborate a series of construction types while maintaining the same states, using construction similarity conditions and unified construction attributes. Generated in such way new construction dimensions are compared to the dimensions of catalogue elements, normalized elements or preferred numbers. This paper presents an analysis of the impact on the result of rounding the dimensions. Methods of the comparison of dimension and inaccuracy in the normal numbers series in terms of numbers similarity were analyzed. The dimensions comparison process and similarity of preferred normal numbers were analyzed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Ciprian CIOFU^{1*}, Uvel PINTILIE², Dumitru NEDELICU¹

¹“Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi-Romania, Department of Machine
Manufacturing Technology

²SC Termoform SRL Iasi

* ciprian.ciofu@gmail.com

QUALITY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN FIELD OF MACHINE MANUFACTURING

Abstract: In the current economic situation, the diversification and competitive of the products offer, globalization of the markets, a continued growth of customers' requirements, improve a product quality, increasing the technical level and improving manufacturing technologies. For all of companies it is a priority to satisfy those customers and market requirements. In the article the main issues related with the evolution of ways of ensuring products quality like: availability-reliability-maintenance relationship, measuring quality aspects through quality characteristics, quality economy in terms of quality costs and quality control, were considered and analyzed. Recommendations for improving of production quality process such as: continuous improvement of product technological conception and constructive one using advanced processes, increasing concerns for quality assurance embodied in the increasing of production prevention costs in total, in parallel with decreasing the latter and continuous training of staff were presented.

1. Introduction

Nowadays, the diversification and fast renewal of offered goods, the continuous growth of customers' requirements, product quality: improve in all of economic sectors, raise of technical culture. An improvement of manufacturing technologies is a priority for all industrial enterprises.

In a last period the quality has evolved from a simple accessory to a defined element of the product. This evolution explained major changes in the global economy, [Stanciu, R., 2006]. The process of increasing the importance of quality, shown in the organization of technological process and providing quality control of industrial production was determined both, by intensifying competition and a continuous growth of customers' requirements. Increasing complexity of industrial products and processes of production is determined by revolutionizing production systems by introducing large-scale computing, development and flexible manufacturing systems using leading worldwide technologies, [Sava, O., 2010].

In order to keep the control of industrial processes, more complex integrated systems have been developed for production. It is obvious that the success of a company is based on the

adaptability requirements of fast growing companies in diverse market, providing quality products with a competitive price.

The quality of industrial products has a complex and dynamic character; this is a consequence of increasing number of properties and enriching the substance of their quality. Product quality is the quality of the final form of industrial production processes. It summarizes the technical performance, availability, economy and social determinant.

Classification of features to an appropriate function as parts of quality is shown in Figure 1, [Ceausu, I, 2003].

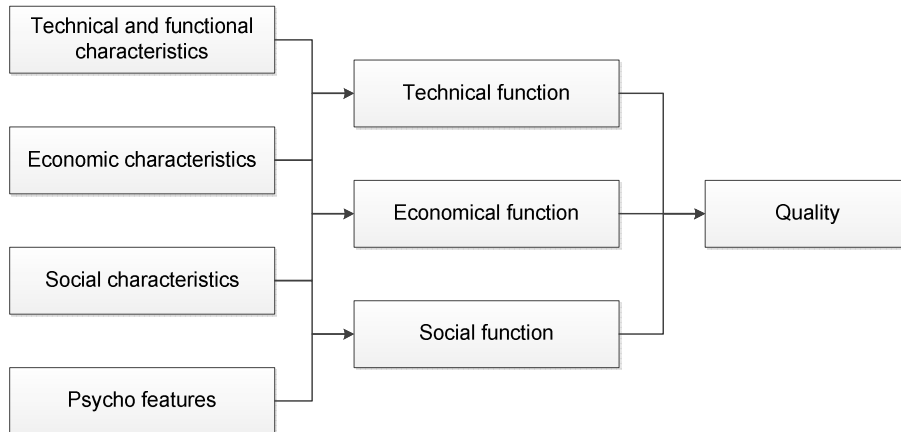


Fig.1. Classification of quality characteristics

The functions of the quality are determined by the features and show its complex character, Figure 2, [Ceausu, I., 2003].

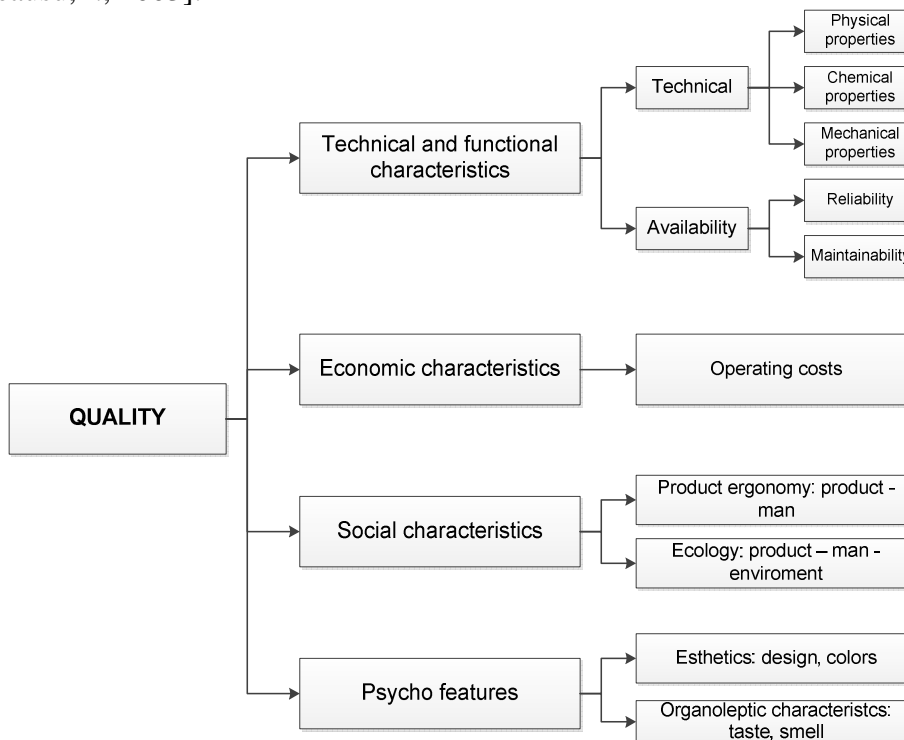


Fig.2. Relations between features, functions and quality

Quality has a dynamic and evolving aspect because it is connected closely with the practical needs in terms of both, intensification and extensivity. Dynamism of the quality is influenced by scientific and technical progress, increasing consumer demands and competitiveness of technology. An economic unit involves all departments, from research one up to process control and sales, and represents a key to obtain high quality products. Quality management is based on the quality policy. Moreover, its activities refer to planning, keeping under control, quality assurance and improvement.

1. How to ensure product quality? Indicators and measuring methods

The main stages in the evolution of the methods of quality products can be as follows:

- Quality assurance through the control to the ultimate product and compliance with specifications;
- Quality assurance through the statistical methods, which is based on statistical rules and a given priority to technical field;
- Quality assurance through a staff motivation, which is based on teamwork and on a program called “zero defects”.

Additionally, in recent years methods of quality assurance for the products have been developed, by integrating concepts of quality, which are based on both, customer approach and training of all employees in every department. The evolutions of these methods of ensure product quality have been achieved. Promotion of excellence in quality concepts with emphasis on total control expert, total quality and involvement of all stakeholders as well as production of an economic unit has been reached. Mostly used indicators for products quality measurement are presented in Table 1.

Table 1. Indicators of the products quality

No.	Name of indicators	Related equations
1	Partial indicators	Express a set of measurable characteristics of the product. For appropriate determination, units of measurement parameters were used.
2	Indicators that express this part of high quality of the products is in total number of products. <i>For homogeneous production the medium quality coefficient (\bar{c}), quality factors (K_{c0}, K_{c1}) and quality index factor calculated on the basis of unit price of the highest quality products are used. (I_{kc}). The process of improving the quality of the products is determined by subtracting 100 from the value I_{kc}.</i>	$\bar{c} = \frac{\sum c \cdot q}{\sum q}; K_{c0} = \frac{\sum q_0 p}{\sum q_1 p}$ $K_{c1} = \frac{\sum q_1 p}{\sum q_1 p}$ $I_{kc} = \frac{K_{c0}}{K_{c1}} \cdot 100$ <p>where: c express quality of classes or sorts, q - an amount of products corresponding to each class or sort; K_{c0}, K_{c1} the quality factors which represent the actual unit cost calculated on base of the best product quality; q_0, q_1 - factors of a production amount of different qualities, p - the unit price of the products with different quality, P - the unit price of the highest quality products.</p>

3	<p>Indicators scraps</p> <ul style="list-style-type: none"> - scrapped production value (R_v); - scrapped production rate (r_p); - recorded loss of enterprise value of the casting of the production (P_r); - The percentage of scrapped production losses (p_r) 	<p>Indirectly characterized product quality, reflecting the organization and progress of the production process.</p> $R_v = \sum q_{rd} \cdot c + \sum q_m \cdot c_m$ $r_p = \frac{R_v}{\sum q \cdot c} \cdot 100$ $P_r = R_v - S_{rec}$ $p_r = \frac{P_{rat}}{\sum q \cdot c} \cdot 100$ <p>where: q_{rd} is a definitely scrapped production quantity, c represents the unit cost of product; q_m - the amount of a solved scrap; c_m - a unit cost of remediation; q - the quantity of good of manufactured products; S_{rec} amounts recovered by the company; q - the output produced by enterprise ; c represents unit cost of product.</p>
4	<p>Indicators of consumer complaints</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>quantity of the products or advertisements refused to receptive during the warranty period and their value;</i> - <i>share of quantity or value of the products in total output refused or complained;</i> - <i>costs for refused or reclaimed remediation of the products.</i>

The main, practical methods for measuring the quality: experimental method, expertise method, sociological and statistical methods.

If the bases of assessments of the products are tests or mechanical or physical-chemical measurements, experimental method were used. The method used for the assessment for expertise of the quality characteristics cannot be measured. Sociological methods are based on results obtained from investigations carried out in a critical number of beneficiaries. Statistical method is the most complex and widely used in mass production. It is based on probability theory and mathematical statistics.

3. Analysis of quality indicators in the industrial production SC Thermoformed SRL Iasi

Company Thermoformed SRL Iasi, is Romanian industrial partner of the Technical University "Gheorghe Asachi" of Iasi, Faculty of Machine Building and Industrial Management, Department of Machine Building in these research projects.

Due to position of Thermoformed SRL Iasi on the market and complex activities, product quality is one of the fundamental objectives of management and organization of this business unit. Virtually all departments and all levels of the organizational structure of the enterprise are involved in the process to ensure product quality.

General Director of the Company has established the following strategic objectives of quality:

- Compliance with the manufacturing requirements and national regulations and international standards in the production area;
- Ensuring full and consistent permanence between customer needs and requirements, technical level and the quality for manufactured products, through maintaining a continuous relationship with customers and subcontractors of the company;
- Implementing a quality system;
- Providing resources;
- Ensuring an adequate level of qualification and training of all the staff in the unit.

Analysis of quality indicators of industrial production in the SC Thermoformed SRL Iași was performed in theoretical and practical examples. The following indicators were used: technical equivalence ratio and generalized weighted average, indicators of production and finally, scrapped indicators of refusals beneficiaries [Dumitrean, E., 2002, Verboncu, I., 2001].

If the products are divided into quality classes, for quality analysis and quality weighted average in case where differentiated products are not graded, technique of equivalent coefficient should be used.

In the SC Thermoform-SRL Iași manufactured products are not differentiated by quality classes, the analysis was made with quality coefficient given by an equivalent technique, Equation 1:

$$K_c = \frac{\sum q_i \cdot I_e}{\sum q_i} = \frac{Q_e}{\sum q_i} \tag{1}$$

where: q_i is the quantity of products in each grade, I_e represents equivalent index and Q_e is the equivalent of the production. Production can be transformed into production of first quality by using Equation 2.

$$I_e = \frac{P_i}{P_I} \cdot 100, \tag{2}$$

where: P_i is the price of product I , and P_I represents the price high quality product "I". In order to achieve product analysis, a representative unit was chosen. Necessary values of calculations are presented in Table 2 and Table 3.

Table 2. Quality, quantity and value of the products

Quality	Quantity [thousands pieces]		Selling price, [RON/piece]	Products values, [thousands RON]	
	2009	2010		2009	2010
I	5234	6543	23	120382	150489
II	4355	6567	21	91455	137907
III	2356	1233	19	44764	23427
Total	11945	14343	-	256601	311823

Table 3. Equivalent index and equivalent production

Production value index , [%]	Production Structure, [%]		Equivalent index	Production equivalent [thousands RON]	
	2009	2010		2009	2010
122,8	41	52	1	120382	150489
102,56	32	36	0,91	83224	125495
67,1	27	12	0,90	40287	21084
	100	100	-	243893	297068

In the presented tables increasing amounts of manufactured product production structure considered representative of the quality I and II were collected. The final quality is a reduction of the quantity produced due to diminished market demand, especially the foreign one. Analysis of production quality in whole unit by taking into account the first three products with substantial production volume was presented in Table 4.

Table 4. Analysis of the quality of production unit

Product	Production structure, [%]		Product Quality Coefficient K_i		Generalized weighted average K_G		
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	recalculate
1	39	37	1,6	1,4	0,624	0,523	0,610
2	27	25	1,5	1,6	0,421	0,401	0,402
3	34	38	2	1,9	0,467	0,507	0,523
Total	100	100	-	-	1,512	1,431	1,535

Table 4 presents a noticeable change in the weighted average due to widespread production structure which means that the share of the product has an average unit shoddy quality; the "3" product with production structure from 34% to 38% has a quality inferior average 1,512. Analyzing influence of product quality coefficient is concluded that more effort is required from the unit in scope of supplies high quality raw materials, in use of a highly qualified workforce, fixed assets with a higher yield and a good operation state.

Scrapped production indicators reflect the level of the production processes organization and development. In case of using these indicators, production and scrap received in manufacturing good are shared. Table 5 shows the corresponding output values of production, scrapped and solved. Also the product unit costs and cost of the unit remediation are here presented.

Table 5. A made, scrapped and solved production

Indicators	2009	2010
Produced with [thousands pcs]	9829,500	7650,300
Production finally scrapped, [thousand pcs]	635,900	425,800
Production remedied [thousand pcs]	234,500	244,600
Unit cost of product, [Lei]	21	23
Unit cost of remediation, [Lei]	19	20

For two years period of research, taking into account the following parameters, were calculated: production value scrapped, scrapped production rate, the losses recorded in the casting of the production unit and the percentage of loss for production scrapped. All calculated parameters are presented in Table 1. The calculated values are presented in Tab. 6.

Table 6. The calculated values

Indicators	2009	2010
Scrapped production value, Rv [thousand]	17809,4	14685,4
Percentage rp scrapped production [%]	9,46	9,14
Amounts recovered Srec unit, [thousand]	8012,3	8223,1
Losses of production scrapped, Pr [thousand]	9797,1	6462,3
The failure rate of production scrapped pr [%]	4,7	3,6

In Table 6 is a noticeable drop in scrapped production value in 2010 compared to 2009, and compared with a decrease in the value of manufactured products. This causes an increase in the percentage of scrapped production. Reduce of losses in scrapped production in 2010 compared to 2009 due to increasing amounts was recovered by the unit.

In category of claims indicators are: the amount of the products rejected by the beneficiaries, the share of rejected products in the total quantity of production, costs of remediation of the products rejected by the beneficiaries. The values of these indicators are presented in Table 6.

Table 7. Indicators of values refusals by beneficiaries

Indicators	Period		Dynamics, [%], 2010/2009
	2009	2010	
Production delivered, [thousand pcs]	9428,1	7469,1	79,22
The amount of products rejected by the recipient, [thousand pcs]	160,277	106,974	66,74
Share of total production declined, delivered [%]	1,69	1,43	84,61

Table 7 presents a decrease of the products declined in 2010 and compared to 2009. This decrease can be explained both, by increasing quality and production within the unit and by increasing the availability of equipment within the unit.

4. Conclusions

The made analysis was very useful. After analysis of achieved results, conclusions were made and implemented into economic unity. It will focus on gaining new market segments with ensure a proper level of production from qualitatively as well as quantitatively. Also requires a greater effort from the unit in scope of supplies high quality raw materials, in use of a highly qualified workforce, fixed assets with a higher yield and a very good working order. Special attention will be given to lowering production scrapped, which will decrease the unit price of the product. The technical endowment of Quality Implementation Unit and increase the unit's priorities will be implemented in the next period.

Bibliography

1. Ceausu, I., (2003). *Enciclopedie manageriala*, Vol. 4, Editura Academica de Management, ISBN 973-99772-0-0, pp. 1017-1051, Bucharest
2. Dumitrean, E., s.a., (2002). *Contabilitate financiara*, Sedcom Libris Publishing House, pp. 34-38, Iasi
3. Sava, O., Dascalu, C., (2010). *The advantages and risks of using an ERP system in the context globalization*, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, Vol. II, No. 2/2010, ISSN 2067-3604, pp. 83-89
4. Stanciu, R., (2006). *Adaptarea companiilor la un mediu in schimbare*, Review of Management and Economical Engineering, Todesco Publishing House, ISSN 1583-624X, pp. 27-37, Cluj-Napoca, Romania
5. Verboncu, I., Popa, I., (2001). *Diagnosticarea firmei – teorie si aplicatii*, Editura Tehnica, pp. 23-29, Bucharest.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Robert CZABANOWSKI*

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Wrocławska

* robert.czabanowski@pwr.wroc.pl

SYSTEM STEROWANIA SUWNICY POMOSTOWEJ NATOROWEJ Z WYKORZYSTANIEM WZMACNIACZA SPIDER8

Streszczenie: W artykule przedstawiono interaktywny system sterowania pracą laboratoryjnej suwnicy pomostowej natorowej wykorzystujący wzmacniacz pomiarowy firmy Hottinger Baldwin Messtechnik Spider8. Do sterowania pracą elektronapędów z przemiennikami częstotliwości wykorzystano wejścia i wyjścia cyfrowe wzmacniacza, natomiast wejścia analogowe wykorzystano do monitorowania wybranych obciążeń suwnicy pomostowej natorowej. Do wizualizacji, rejestracji wielkości mierzonych oraz sterowania i demonstracji stanu elektronapędów suwnicy pomostowej wykorzystano program Catman.

1. Wstęp

Suwnice pomostowe należą do powszechnie używanych urządzeń transportu bliskiego. W zależności od aplikacji oraz stawianych im wymagań są wyposażane w różne systemy sterowania: począwszy od manualnego przewodowego aż po automatyczne wykorzystujące sterowniki (np.: PLC) często będące elementami bardziej złożonych systemów kontrolujących pracę przedsiębiorstwa lub jego części. Najprostsze systemy sterowania nie przewidują możliwości wizualizacji stanu obiektów, realizowane jest to w bardziej złożonych systemach, często za pomocą systemów typu SCADA, gdzie w zależności od potrzeb umożliwia się podgląd najważniejszych parametrów charakteryzujących stan urządzenia, a także zapewnia możliwość monitorowania i sterowania pracą poszczególnych podzespołów, np. napędów.

2. Zmodyfikowany układ sterowania suwnicy pomostowej

Jednodźwigarowa lekka suwnica pomostowa natorowa wykorzystywana w laboratorium jest typowym urządzeniem transportu bliskiego wyposażonym w motoreduktory zasilane falownikami. Wyposażona jest w system sterowania umożliwiający manualne operowanie ładunkiem (transmisja sygnałów drogą radiową lub przewodem) lub też pracę w trybie automatycznym, z wykorzystaniem sterownika PLC. Suwnica wyposażona jest w układ pomiarowy umożliwiający identyfikację:

- położenia i prędkości przemieszczanego ładunku (enkodery inkrementalne),
- wybranych obciążeń elementów suwnicy (przetworniki tensometryczne).

Sygnaly z enkoderów inkrementalnych są wykorzystywane przez programy sterujące implementowane w sterowniku PLC, natomiast do współpracy z czujnikami tensometrycznymi wykorzystywany jest wzmacniacz pomiarowy Spider8 [1] pracujący pod kontrolą komputera osobistego i programu Catman [2].

Wzmacniacz pomiarowy firmy Hottinger Baldwin Messtechnik Spider8 jest urządzeniem, które umożliwia akwizycję sygnałów analogowych oraz cyfrowych. Uniwersalne moduły analogowe (SR55) umożliwiają: współpracę z układami mostkowymi (np. tensometrycznymi), akwizycję sygnałów analogowych napięciowych lub prądowych (z wykorzystaniem modułu SR01 lub dodatkowego rezystora), akwizycję sygnałów z potencjometrów oraz enkoderów inkrementalnych (dwa pierwsze kanały można wykorzystywać, jak typowe liczniki, do zliczania impulsów lub pomiaru częstotliwości). Pewnym ograniczeniem możliwości wzmacniacza Spider8 jest częstotliwość nośna równa 4,8 kHz, która ogranicza częstotliwość próbkowania sygnałów. Należy podkreślić, że każdy kanał analogowy ma własny przetwornik A/C. Do akwizycji sygnałów cyfrowych (poziom TTL) urządzenie jest wyposażone w 16 wejść cyfrowych, z których 8 można używać zarówno jako wejść jak i jako wyjść cyfrowych (TTL). Spider8 wymaga kontrolera, którego rolę spełnia najczęściej komputer klasy PC wyposażony w program do obsługi. Najczęściej stosowany jest program Catman, ale jest też możliwe używanie innych programów (np. LabVIEW).

Obok realizacji typowych zadań towarzyszących akwizycji sygnałów pomiarowych, takich jak:

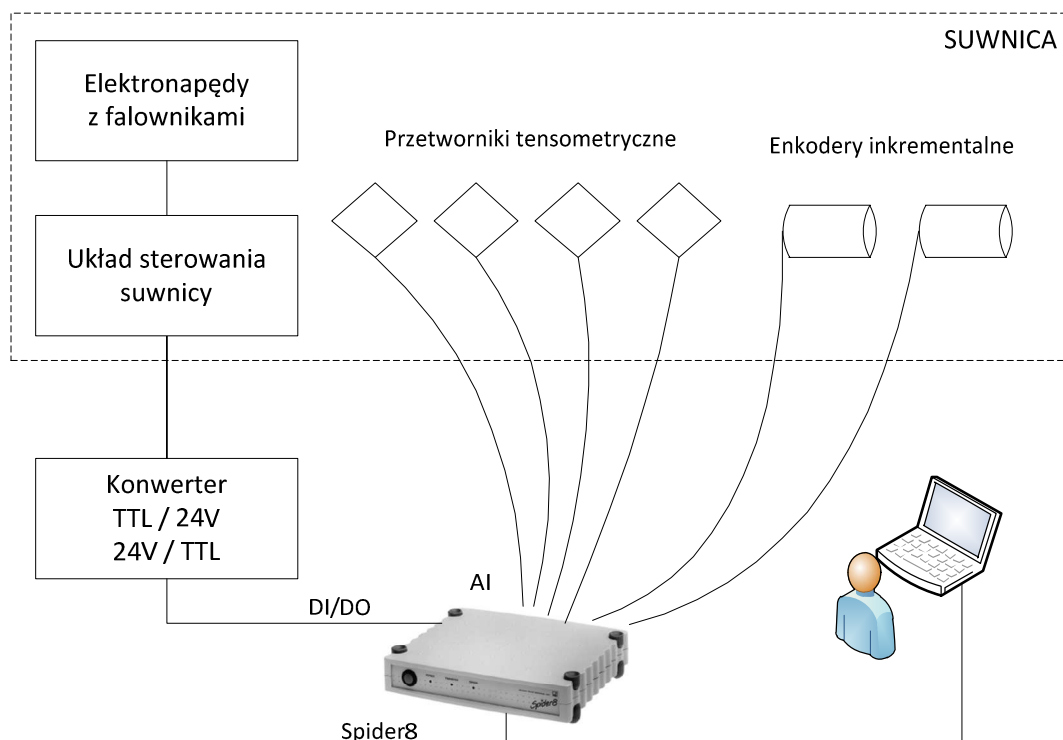
- konfiguracja przetworników,
- dobór zakresów pomiarowych,
- określanie częstotliwości próbkowania,
- wizualizacja,
- rejestracja,

program Catman umożliwia tworzenie paneli, które pozwalają w różny sposób wizualizować wielkości mierzone oraz sterować pracą elektronapędów suwnicy.

Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 1. Przetworniki pomiarowe (tensometryczne i enkodery inkrementalne) są podłączone do wejść analogowych wzmacniacza, natomiast wejścia i wyjścia cyfrowe wzmacniacza są podłączone za pośrednictwem modułu konwertującego do istniejącego systemu sterowania elektronapędów suwnicy. Konieczność zastosowania modułu konwertującego wynika z potrzeby dostosowania sygnałów cyfrowych wzmacniacza pomiarowego Spider8 (poziom TTL) do poziomu 24V (sygnaly cyfrowe systemu sterowania elektronapędami: falowniki, sterownik PLC). Ograniczona liczba wejść i wyjść cyfrowych urządzenia Spider8 zdecydowała o przyjętym sposobie sterowania pracą elektronapędów. Do poszczególnych bitów przypisano stany pracy napędu (np.: jazda do przodu, do tyłu), co odzwierciedla stan przycisków panelu operatorskiego, używanego przy obsłudze manualnej. Wzmacniacz pomiarowy jest za pośrednictwem portu równoległego (Centronics), podłączony do komputera osobistego, na którym jest uruchomiony program Catman. Stworzony w tym programie projekt umożliwia:

- ustawienie parametrów akwizycji i rejestracji wielkości mierzonych (np.: częstotliwość próbkowania, lokalizację i format pliku z danymi itd.),

- wybór sposobu wizualizacji stanu pracy poszczególnych elektronapędów suwnicy i wielkości mierzonych przez przetworniki pomiarowe (przykłady paneli pokazują rysunki 2 i 3).

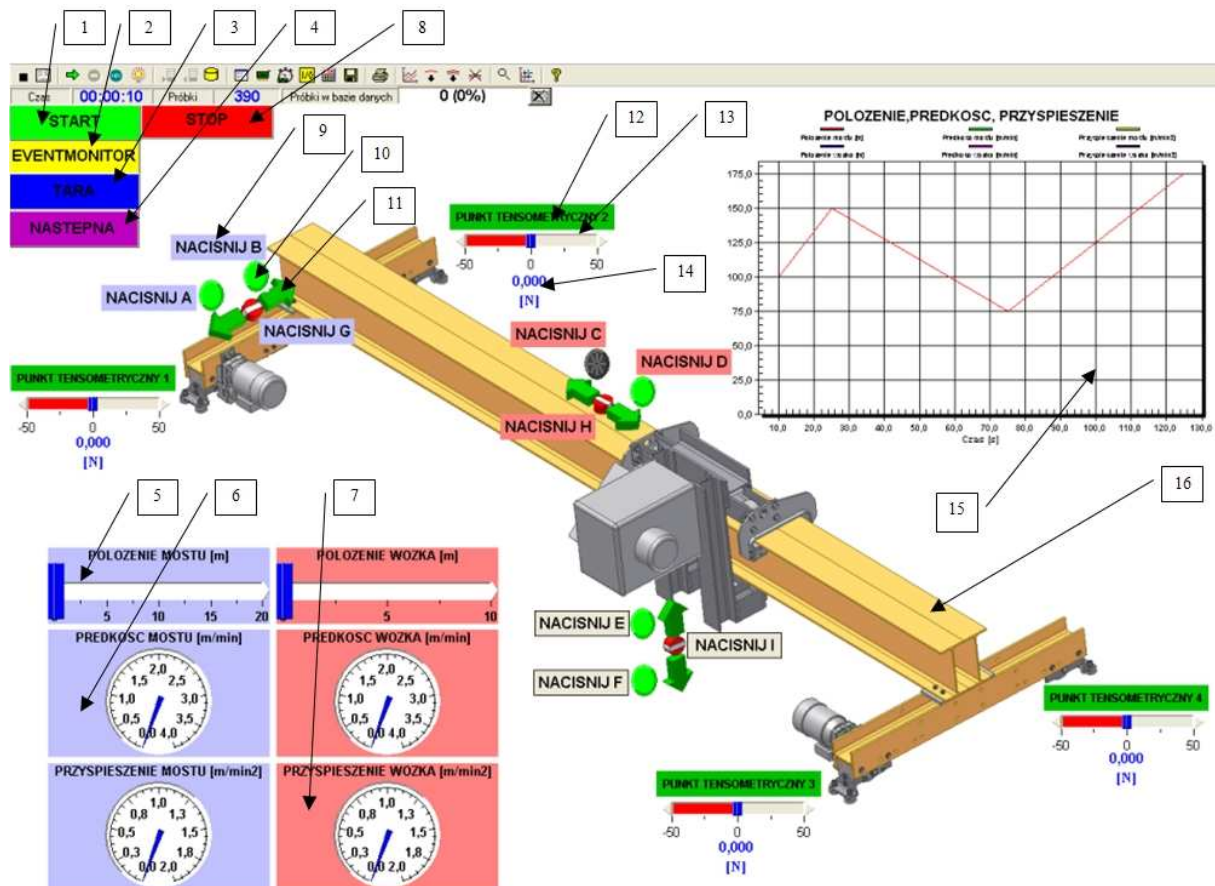


Rys.1. Schemat układu sterowania
Fig.1. The scheme of control system

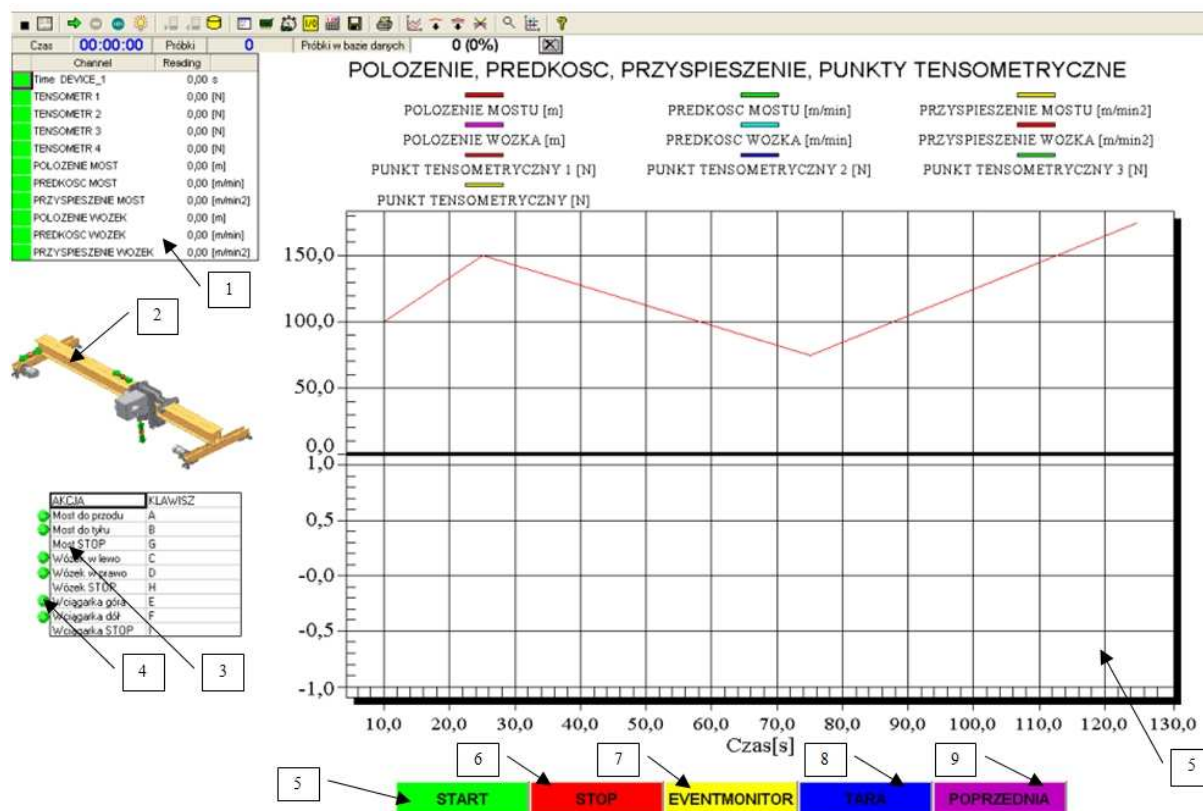
Na potrzeby realizowanych zadań stworzono kilka paneli do wizualizacji stanu suwnicy, wykorzystując możliwości modułu „Online documents” programu Catman. Główne okno wizualizacji, przedstawione na rysunku 2, służy do kontrolowania i wizualizacji parametrów pracy suwnicy. W oknie tym za pomocą wykresów, wskaźników oraz wyświetlaczy przedstawione są dane pomiarowe zbierane z dwóch enkoderów, czterech punktów tensometrycznych oraz wejść/wyjść cyfrowych. Dane pomiarowe pobierane z enkoderów przedstawiane są po przeliczeniu na położenie, prędkość oraz przyspieszenie za pomocą dwóch wskaźników kolumnowych (5) oraz czterech wskaźników zegarowych (6, 7). Na wskaźnikach kolumnowych (5) przedstawione jest symbolicznie położenie mostu oraz wózka wciągarki. Wskaźniki zegarowe przedstawiają prędkość (6) oraz przyspieszenie (7). Dane pomiarowe pochodzące z czterech punktów tensometrycznych przedstawione zostały za pomocą wskaźników (13) oraz wskaźników cyfrowych (14). Za pomocą wskaźników kolumnowych istnieje możliwość pokazania, w jakim kierunku działają siły mierzone za pomocą tensometrów. W oknie wizualizacyjnym został przedstawiony symboliczny sposób sterowania pracą suwnicy. Za pomocą diod (10) mamy możliwość sprawdzenia, w jakim kierunku aktualnie pracuje konkretny napęd. W celu zmiany kierunku, który zobrazowany jest poprzez elementy graficzne (11), należy nacisnąć klawisz klawiatury odpowiedzialny za ten kierunek (9). Na rejestratorze (15) przedstawione są przebiegi położenia, prędkości oraz

przyspieszeń dla mostu oraz wózka suwnicy. W obszarze okna są do dyspozycji dodatkowe 4 przyciski odpowiedzialne za pomiary. Przycisk „Start” (1), za pomocą którego rozpoczynane są pomiary, „Stop” (2), po którego naciśnięciu pomiary są przerywane, „Eventmonitor” (3), którego naciśnięcie przed rozpoczęciem pomiarów powoduje otwarcie okna monitora zdarzeń, „Tara” (4), za pomocą którego można przeprowadzić zerowanie kanałów pomiarowych oraz przycisk „Następna”, po którego naciśnięciu istnieje możliwość przejścia do kolejnego panelu wizualizacyjnego (rys. 3), do którego można przejść bezpośrednio z panelu konfiguracji pomiarów lub z panelu głównego (rys. 2). W oknie tym znajduje się rejestrator (5), na którym wyświetlane są przebiegi położenia, prędkości i przyspieszeń dla mostu oraz wózka suwnicy oraz przebiegi pochodzące z 4 punktów tensometrycznych. W lewej części okna są liczniki cyfrowe (1) wszystkich wartości zbieranych podczas pomiarów. Standardowe przyciski „Start” (5), „Stop” (6), „Eventmonitor” (7), „Tara” (8), „Poprzednia” (9) zostały omówione wcześniej. Za pomocą klawiatury, tak jak we wcześniejszym oknie, jest możliwość sterowania pracą napędów suwnicy. Wizualizacja stanu pracy napędów przedstawiona została za pomocą diod (4).

Zaprezentowane pokrótce dwa najczęściej używane panele nie wyczerpują możliwości systemu. Bazując na tylko jednym wzmacniaczu pomiarowym, opracowano jeszcze kilka innych paneli (np. pozwalające wizualizować wskazania 8 przetworników tensometrycznych).



Rys.2. Główny panel wizualizacyjny w oknie programu CATMAN
 Fig.2. The main panel of visualization in the CATMAN program window



Rys.3. Przykładowy panel wizualizacyjny w oknie programu CATMAN
 Fig.3. The sample panel of visualization in the CATMAN program window

Wzmacniacz pomiarowy Spider8 nie umożliwia podłączenia więcej niż dwóch enkoderów inkrementalnych do wejść licznikowych (analogowe kanały 0 i 1). W przypadku suwnicy, która realizuje przemieszczanie jednostek ładunkowych w trzech kierunkach, poradzić sobie z tym można na co najmniej dwa sposoby (oczywiście przy zastosowaniu przedstawionej koncepcji układu sterowania):

- użyć kolejnego wzmacniacza Spider8, podłączonego (jako tzw. „slave”) do pierwszego lub jako drugie urządzenie za pośrednictwem innego interfejsu komunikacyjnego (RS232C lub USB),
- zastosować przetwornik pomiarowy przemieszczenia (np.: ultradźwiękowy lub potencjometryczny) z analogowym sygnałem napięciowym (np.: 0 ÷ 10V).

3. Podsumowanie

Uzyskany system sterowania suwnicą pomostową pozwala w alternatywny sposób sterować pracą suwnicy z jednoczesnym monitoringiem wybranych parametrów dynamicznych i kinematycznych suwnicy oraz sterowaniem i wizualizacją pracy elektronapędów wyposażonych w falowniki. Wykorzystując możliwości uniwersalnych urządzeń pomiarowych (Spider8) oraz oprogramowania (Catman, LabVIEW) do współpracy z nimi, można tworzyć proste (i złożone) systemy umożliwiające, obok sterowania i wizualizacji stanu obiektu, również rejestrację wielkości mierzonych oraz konfigurowanie

elementów systemu pomiarowego. Ze względu na inne standardy sygnałów cyfrowych: TTL (większość uniwersalnych urządzeń pomiarowych) i 24V (najczęściej stosowany standard w aplikacjach przemysłowych, np.: sterowniki PLC) wymiana sygnałów sterujących wymaga urządzeń dodatkowych do konwersji sygnałów cyfrowych (TTL/24V).

Literatura

1. Catman User's Manual, Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt.
2. Spider8 Operating Manual, Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt.

BRIDGE CRANE CONTROL SYSTEM WITH APPLICATION OF AMPLIFIER SPIDER8

Summary: The paper presents an interactive system for controlling the operation of the laboratory bridge crane using a measurement amplifier of the Hottinger Baldwin Messtechnik Company - SPIDER8. To control the operation of electric drives with frequency converters digital input and output of this amplifier were used. Analog inputs were used to monitor selected loads of bridge crane. For visualization, registration and control of the measured values as well as demonstration of the electric drive of bridge crane the Catman program was used.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Grzegorz ĆWIKŁA*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* grzegorz.cwikla@polsl.pl

AUTOMATYCZNA AKWIZYCJA DANYCH Z SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH DLA POTRZEB SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH ZARZĄDZANIE PRZEDSIĘBIORSTWEM

Streszczenie: W pracy przedstawiono opis metod zbierania danych w systemach produkcyjnych w celu kontroli i raportowania przepływu produkcji. Zastosowane metody zbierania danych to technologie rozpoznawania obrazów, RFiD oraz kodów paskowych. Zbierane są także dane z sensorów aparatury automatyki przemysłowej. Zaprezentowano opis stanowiska do monitoringu systemów produkcyjnych, integrującego te technologie. Komunikacja z systemami warstwy biznesowej jest realizowana na pośrednictwie technologii OPC. Zebrane dane są analizowane i prezentowane w systemie klasy MES (Manufacturing Execution Systems), skąd mogą być dalej wysyłane do zintegrowanych systemów wspomagających działanie przedsiębiorstwa ERP, co pozwala na sprawne zarządzanie przedsiębiorstwem na podstawie aktualnych danych.

1. Wstęp

Przedsiębiorstwo chcące zachować konkurencyjność na rynku jest zmuszone do ciągłego usprawniania organizacji pracy. Upowszechnienie systemów klasy ERP sprawiło, że trzeba szukać dalszych możliwości doskonalenia procesów przebiegających w przedsiębiorstwie. Systemy ERP potrzebują dobrego połączenia z systemem produkcyjnym, a kierownictwo firmy chce mieć dokładniejszy obraz sytuacji. Potrzebne są więc łączniki między warstwą biznesową a procesem produkcyjnym, które zapewnią transfer danych z produkcji do ERP oraz wizualizację procesu produkcyjnego.

Dostosowywanie przedsiębiorstw do wymogów norm ISO serii 9000 także wymusza pojawienie się pewnych rozwiązań. Śledzenie przepływu materiałów, półproduktów oraz produktów gotowych w trakcie realizacji procesu produkcyjnego to podstawowe wymagania stawiane firmom produkcyjnym. Normy ISO9000 wymuszają między innymi jednoznaczność identyfikację operacji technologicznych, podzespołów, wyrobów i osób odpowiedzialnych za dany etap produkcji.

Aby umożliwić sprawny przepływ danych z systemu produkcyjnego do ERP, konieczne jest stosowanie różnych technologii identyfikacji stanu procesu. W zbadania możliwości zastosowań różnych systemów identyfikacji stanu systemu produkcyjnego oraz

przetestowania współpracy oprogramowania pracującego w różnych częściach przedsiębiorstwa zbudowano zautomatyzowane stanowisko, wyposażone w różne podsystemy zbierania danych (system wizyjny, kody paskowe i znaczniki RFID). W skład stanowiska wchodzi ponadto komputer z oprogramowaniem klas HMI/SCADA i MES oraz niezbędne systemy klasy OPC i Historian.

2. Metody akwizycji danych z systemu produkcyjnego

Istnieje wiele metod zbierania danych procesowych z systemu produkcyjnego. Wybór właściwej zależy od stopnia automatyzacji procesu produkcyjnego. W pełni zautomatyzowane systemy produkcyjne są najczęściej wyposażone w dużą liczbę czujników monitorujących stan procesu, dzięki czemu nie ma większych problemów z pozyskaniem danych do systemów HMI/SCADA, a następnie MES. Czujniki odpowiadają za pomiary temperatury, ciśnienia, stosowane są także czujniki indukcyjne, pojemnościowe, optyczne i wiele innych. Dane pobierane z czujników wymagają analizy i interpretacji

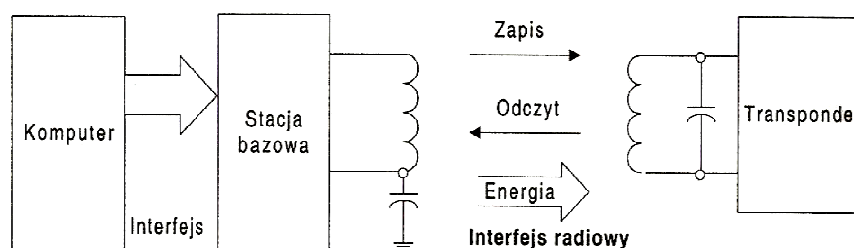
Pobieranie danych z systemów zautomatyzowanych w mniejszym stopniu lub niezautomatyzowanych stanowi większy problem, ponieważ w tej sytuacji często niezbędne jest wykorzystanie danych dostarczanych werbalnie lub za pośrednictwem prostych systemów przez samych pracowników. Rozwiązanie to jest zawodne, a dane pojawiają się ze znacznym opóźnieniem. Prowadzone są więc prace nad różnymi metodami zautomatyzowanego pobierania danych, eliminującymi bądź ograniczającymi udział człowieka.

Pierwszą chronologicznie technologią, zastosowaną w celu ułatwienia przekazywania danych jest technologia **kodów paskowych** (barcodes). W systemie automatycznej identyfikacji opartym na kodach kreskowych każda operacja technologiczna, półprodukt, wyrób finalny jak również osoba realizująca proces produkcyjny jest identyfikowana za pomocą kodu kreskowego. Jest to technologia optyczna, odczytanie informacji z etykiety wymaga zazwyczaj udziału człowieka. Kody kreskowe nie dają możliwości dopisywania informacji o danym produkcie, drukowane najczęściej na nośnikach papierowych nie są też odporne na działanie takich czynników, jak wilgoć bądź wysokie temperatury, mogące powodować uszkodzenie etykiety, co uniemożliwia odczyt informacji [1].

Technologia kodów paskowych jest obecnie szeroko stosowana ze względu na niewielki koszt – etykiety można drukować na dowolnej drukarce, na różnych nośnikach bądź bezpośrednio na samym znakowanym obiekcie. Rozwijana jest technologia kodów paskowych dwuwymiarowych, które pozwalają na upakowanie znacznie większej ilości danych na podobnej powierzchni w porównaniu z klasycznymi. Udoskonalono również techniki korekcji błędów, pozwalające na poprawny odczyt kodów z uszkodzonych nośników [2].

Kody kreskowe będą prawdopodobnie wypierane przez technologię **RFID** (Radio Frequency Identification). Nośnikami danych są transpondery, nazywane też tagami. Zbudowane są one z miniaturowego obwodu scalonego z anteną, a aktywowane za pomocą fal radiowych (rys. 1). Podstawową zaletą technologii **RFID** jest możliwość zapisu dużo większej liczby informacji o obiekcie, ważna jest również możliwość edycji danych i ponownego zapisania (zależna od zastosowanych tagów). Odczyt i zapis danych następuje drogą radiową, bezprzewodowo i bez konieczności „widzialności” transpondera przez czytnik. Wystarczy, aby oznakowany przedmiot znalazł się w zasięgu działania anteny czytnika, a transponder zostanie aktywowany i komunikacja nawiązana [3]. Technologia ta

jest obecnie rozwijana, ponieważ wciąż nie są całkowicie rozwiązane pewne problemy, na przykład w sytuacji, gdy w zasięgu głowicy czytnika znajdzie się większa liczba transponderów. Najważniejszą przeszkodą powszechnego stosowania technologii RFID jest fakt, że cena taga znacznie przekracza koszt wydrukowania kodu paskowego. Cena jednak będzie spadać wraz z upowszechnianiem się technologii RFID i masową produkcją tagów. W pewnych zastosowaniach RFID wypiera kody paskowe ze względu na większą odporność tagów na różne czynniki zewnętrzne, takie jak wilgoć lub wysoka temperatura.



Rys.1. Zasada działania układu RFID [4]

Fig.1. RFID - operating principle

Kolejną metodą identyfikacji obiektów są **systemy wizyjne**. W tej metodzie obraz przekazywany z kamery jest zamieniany na postać cyfrową i poddawany analizie przez algorytm rozpoznawania obrazów. Identyfikacja produktu następuje na podstawie jego rzeczywistego kształtu lub bieżących właściwości (temperatura obiektu, struktura wewnętrzna materiału), a nie informacji zawartych w dodatkowych elementach, takich jak etykiety, które mogłyby ulec zniszczeniu w trakcie przepływu produktu w łańcuchu dostaw [4].

Główne zastosowania systemów wizyjnych to: kontrola jakości, kontrola procesu montażu lub parametrów wytwarzania, wykrywanie obecności oraz identyfikacja obiektów, pomiar temperatury, sterowanie oraz wizualizacja procesów przemysłowych.

System wizyjnej identyfikacji obiektów składa się z: kamery cyfrowej, źródła światła oraz komputera, często zintegrowanego z kamerą we wspólnej obudowie. Najczęściej analizowany jest obraz uzyskany w świetle widzialnym, obiekt badany jest oświetlany światłem czerwonym.

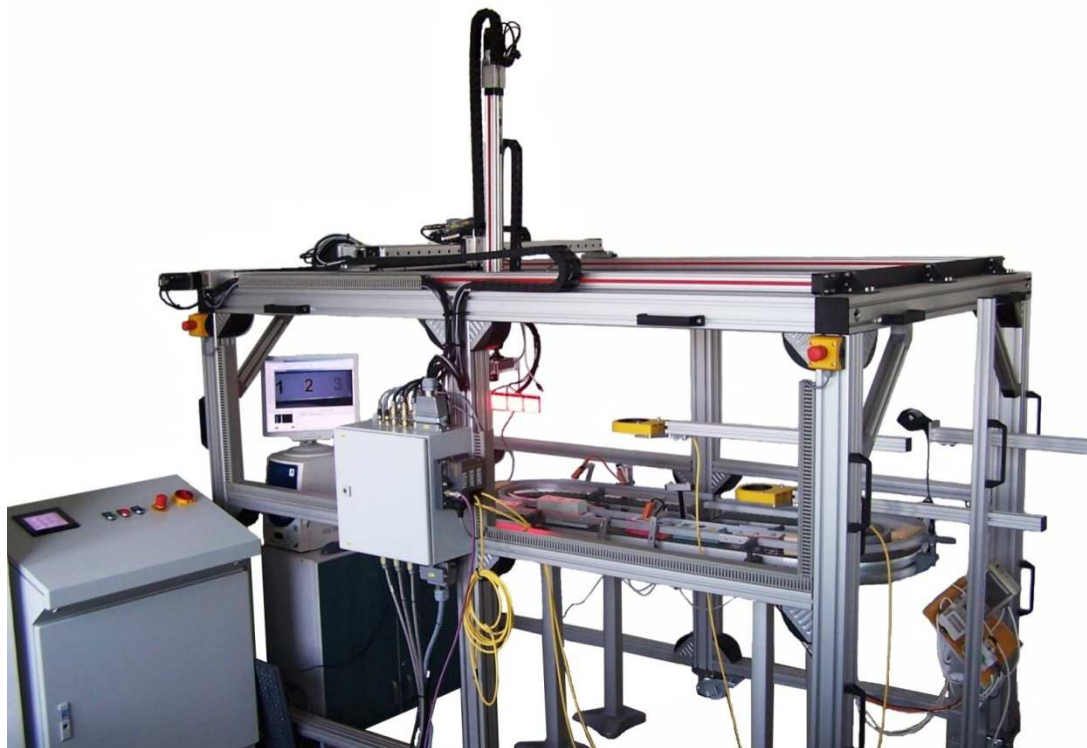
Skuteczność rozpoznania obiektów tą metodą jest uzależniona od ich pozycji w polu widzenia kamery oraz oświetlenia. Najlepsze efekty są uzyskiwane przy wykrywaniu różnic w kształcie obiektów produkowanych seryjnie.

Dokładność metody jest zależna od skuteczności algorytmu do rozpoznania obiektów w sytuacji, gdy bieżąca orientacja produktu jest inna niż zapisana w pamięci sensora lub gdy w zasięgu kamery znajdują się też inne objekty. System wizyjny może być także stosowany do odczytu kodów kreskowych, zarówno standardowych, jak i dwuwymiarowych.

3. Stanowisko do monitoringu systemów produkcyjnych „In-line”

W celu rozwijania metod akwizycji danych z systemów produkcyjnych zbudowano stanowisko, pozwalające na kontrolę przebiegu procesu produkcyjnego z zastosowaniem kamery, znaczników RFID oraz kodów paskowych. Układ umożliwia współpracę z istniejącymi stanowiskami laboratoryjnymi oraz sieciami przesyłania danych. Konstrukcja

mechaniczna daje możliwość jego przemieszczania i zainstalowania nad różnymi modelami systemów produkcyjnych (rys. 2).



*Rys.2. Widok stanowiska „In-line” do monitoringu systemu produkcyjnego
Fig.2. Overview of the „In-line” production monitoring station*

System składa się z podsystemów akwizycji danych, części mechanicznej, pełniącej zadanie ustroju nośnego dla pozostałych elementów i układu sterowania. Część stanowiska odpowiadająca za rozpoznawanie stanu systemów produkcyjnych składa się z systemu wizyjnego, urządzeń zapisujących i odczytujących RFID oraz kody paskowe. Kamera zainstalowana na końcówce 3-osiowego manipulatora może przemieszczać się nad obserwowanym systemem produkcyjnym. Układ sterowania umożliwia kierowanie ruchami manipulatora oraz integruje w jedną całość wszystkie podsystemy automatyki, jest wyposażony w interfejsy do różnych typów sieci przesyłania danych. Sterowanie systemem jest możliwe zarówno z poziomu pulpitu operatora, jak również poprzez sieć komputerową (HMI/SCADA iFix i Citect SCADA). Stanowisko posiada interfejsy, umożliwiające wymianę danych i sterowanie z poziomu oprogramowania.

4. Oprogramowanie do akwizycji i obróbki danych

W celu akwizycji danych ze stanowiska należy wykorzystać oprogramowanie należące do kilku klas: sterowniki do przekazywania danych w standardzie OPC, przemysłowy system archiwizacji danych (historian) i oprogramowanie klasy MES.

Standard OPC pozwala na komunikację komponentów takich jak sterowniki PLC czy DCS z niższą warstwą programową (klientem OPC). Pierwotnie skrót OPC oznaczał „OLE

for Process Control”, lecz technologia OLE (Object Linking and Embedding) została zarzucona przez Microsoft na rzecz ActiveX. Obecnie skrót ten ma rozwinięcie „Open connectivity” [5]. Architektura systemu OPC została przedstawiona na rys. 3. Podstawowy poziom specyfikacji OPC to OPC DA (Data Access) – służy do akwizycji w czasie rzeczywistym danych ze sterowników PLC, DCS i innych oraz ich transferu na panele HMI czy też w inne lokalizacje. Przy pomocy OPC DA do serwera OPC są kierowane zapytania o aktualne wartości zmiennych procesowych. Pozwala to na dostęp do wartości zmiennych stanu sterowników.



Rys.3. Zasada działania OPC
Fig.3. OPC - operating principle

Systemy typu „historian” służą do archiwizacji danych pochodzących z układów automatyki przemysłowej. Zostały zaprojektowane w taki sposób, by zapewnić wysoką wydajność obsługi centralnej bazy danych, mogącej zawierać bardzo dużą ilość informacji, pozwalając równocześnie na kompresję tych danych. Baza taka zwykle jest wyposażona w system kolektorów służących do zbierania danych z różnych źródeł oraz pozwala na agregację, koncentrację i dostawę danych zgodnie z konfiguracją określoną przez użytkownika końcowego [6]. Ponadto możliwe jest też generowanie danych symulacyjnych.

MES – z angielskiego „**Manufacturing Execution Systems**” (systemy realizacji produkcji, systemy kontroli wykonania) plasują się w przedsiębiorstwie pomiędzy oprogramowaniem ERP a systemami produkcyjnymi. Systemy MES opierają swoje działanie na danych pobieranych z systemów produkcyjnych za pośrednictwem oprogramowania klasy Historian i OPC. Umożliwiają wydajne zbieranie informacji w czasie rzeczywistym ze stanowisk produkcyjnych oraz ich transfer bezpośrednio na obszar biznesowy. Dzięki systemom MES można błyskawicznie uzyskać informacje o stopniu wykonania produkcji, podejmować decyzje na podstawie bieżących danych oraz reagować na problemy pojawiające się w procesie produkcyjnym. Informacje uzyskane z produkcji pozwalają na analizę wcześniej zdefiniowanych wskaźników wydajności i uzyskanie realnego obrazu wykorzystania zdolności produkcyjnych [7].

5. Podsumowanie

Systemy MRP działające bez wsparcia HMI/SCADA oraz MES nie sprawdzają się najlepiej w zarządzaniu systemami produkcyjnymi, co w skrajnym wypadku może doprowadzić do zablokowania produkcji. Wprowadzenie rozwiązań pozwalających na automatyczną akwizycję, obróbkę i prezentację danych produkcyjnych pozwala na otrzymanie pełnego obrazu procesów odbywających się na hali produkcyjnej. Istnienie luki między systemami zarządzania przedsiębiorstwem od strony biznesowej a halą produkcyjną zostało dostrzeżone, co w efekcie spowodowało dynamiczny rozwój systemów MES oraz oprogramowania pomocniczego i służącego jako interfejs. Systemy MES opierają się na

danych z procesu wytwarzania, w ich zasięgu mogą znajdować się nawet pracownicy obsługujący poszczególne maszyny.

Literatura

1. Chartier P.: Systemy kodu kreskowego. Poznań: 1990, Scan-Poland.
2. Górny Z.: Analiza możliwości zastosowania kodów dwuwymiarowych. Poznań: 1995, ILiM.
3. Okulewicz J.: Warunki wykorzystania identyfikacji radiowej w systemach logistycznych, „Logistyka” 2006, nr 6.
4. Aftewicz M.: Metodyka projektowania przemysłowych systemów wizyjnych. <http://www.systemywizyjne.pl/pliki/metody-projektowania-psw.pdf>.
5. The OPC Foundation - The Interoperability Standard for a Connected World. http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_what_is.asp?MID=AboutOPC#open. Dostęp 4.04.2011.
6. Coetzee D.: Historian software extending the capabilities of HMI/scada. <http://www.instrumentation.co.za/article.aspx?pkarticleid=3413>. Dostęp 4.04.2011.
7. Inne klasy systemów, portal Decyzje-it.pl. <http://decyzje-it.pl/centrum-wiedzy/inne-klasy.html#mes>. Dostęp 1.10.2010.

AUTOMATIC ACQUISITION OF DATA FROM PRODUCTION PROCESS SYSTEMS FOR ENTERPRISE MANAGEMENT SUPPORT SYSTEMS

Summary: This paper presents methods of automatic data acquisition from production systems for control and reporting of it. Vision systems, RFID technology and bar codes technology are here used, as well as collecting data from sensors of manufacturing control devices and built-in sensors. Automatic post designed for production systems in-line monitoring, integrating these technologies was presented. Communication with business – layer systems is realized by OPC technology. Collected information is analyzed and presented in MES (Manufacturing Execution Systems) and can be relayed to integrated enterprise management systems ERP. This connection allows for reliable and efficient enterprise management basing on up-to-date information.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Amadeusz DIENST, Andrzej BAIER*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice.

* andrzej.baier@polsl.pl

ANIMACJA WIĄZAŃ W ZAAWANSOWANYM PROGRAMIE GRAFICZNYM ONESPACE DESIGNER

Streszczenie: Zawansowane programy graficzne stanowią przykład zintegrowanego systemu CAD. Pozwalają one na badanie teoretyczne modeli, które dostarczają informacji, umożliwiając ocenę jakościową i ilościową występujących zjawisk. W artykule przedstawiono sposoby nadawania więzów i ich animację. Przedstawiono problemy występujące w nadanych więzach.

1. Wstęp

Przy projektowaniu linii produkcyjnych konieczne jest wizualne przedstawienie tego, jak będzie ona działać lub pokazanie w akcji wybranych mechanizmów maszyn [2, 3]. Wielu klientów zamawiających urządzenia chce zobaczyć na wizualizacji zaproponowane rozwiązanie, projektowane specjalnie do wykonywania konkretnych zadań i przedyskutować różne możliwości. Wizualne przedstawienie projektu może być istotnym elementem dla klienta, często decydującym o wybraniu firmy projektowej. Szybko i dobrze wykonana wizualizacja lub animacja pozwala zdobyć klienta. Większość zawansowanych programów graficznych zawiera moduł, który pozwala na tworzenie wizualizacji lub animacji. W tym module można dokonać animacji wprowadzonych wcześniej wiązań i zbadać model, uzyskując informacje umożliwiające ocenę jakościową i ilościową występujących zjawisk.

2. Nadawanie wiązań

Pierwszym zadaniem po zamodelowaniu i złożeniu modelu jest nadanie wiązań [4, 5]. Nadawanie wiązań jest bardzo ważnym aspektem, ponieważ od niego zależy poprawne działanie wizualizacji. Źle nadane wiązania mogą uniemożliwić działanie animacji lub mogą spowodować nieprawidłowe działanie animacji [1].

Przy nadawaniu wiązań należy się zastanowić, by nie nadać ich zbyt dużo, co uniemożliwi ruch lub za mało, co spowoduje „rozsypanie” się modelu i w efekcie nieprawidłową wizualizację. Nadając wiązania, odbiera się stopnie swobody, tym samym tworząc klasy par kinematycznych. Należy to robić zgodnie z teorią maszyn i mechanizmów [1]. Dzięki temu

można utworzyć poprawnie działający mechanizm, który podczas symulacji będzie zachowywał się naturalnie. Oprócz nadawania więzów i odbierania tym samym stopni swobody można nadać pewne relacje takie jak dystans i kąt. Relacje te zwykle odbierają ostatni stopień swobody i służą do pozycjonowania. Relacje stosowane są w animowaniu połączeń. Pozwala to na ocenę działania danego połączenia.

3. Animacja i wizualizacja

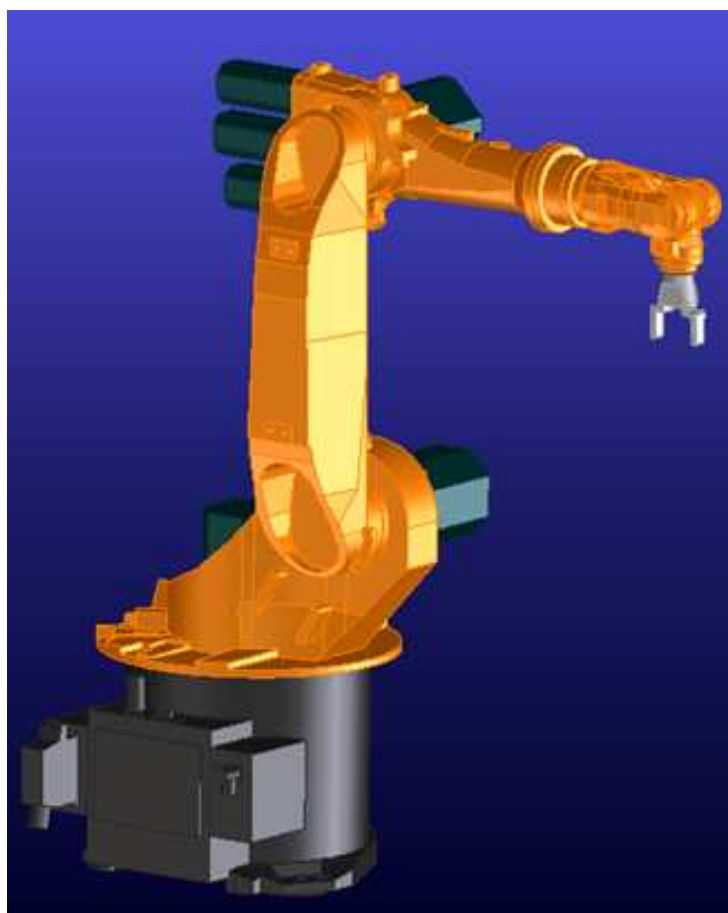
Animacja, czy też wizualizacja, pozwala na zbadanie modelu pod różnymi względami. Pozwala określić zakresy ruchów, pokazać błędy, takie jak kolizja brył, można również określić czas wykonania danego procesu.

Animację łańcucha kinematycznego należy rozpocząć od utwierdzenia podstawy łańcucha kinematycznego, np.: podstawa robota, korpus przekładni. Animację można przeprowadzić na dwa podstawowe sposoby. Pierwszy sposób polega na sterowaniu ostatnim elementem łańcucha. Sposób ten umożliwia manipulowanie ostatnim elementem łańcucha kinematycznego a pozostałe połączenia poruszają się zgodnie z zasadami kinematyki. Zaletą tej metody jest to, iż steruje się tylko jednym elementem i orientuje się go w przestrzeni, wadą natomiast jest to, że nie ma się wpływu na pozostałe człony łańcucha, co może być istotne do uniknięcia kolizji brył. Drugi sposób polega na sterowaniu każdym członem z osobna. Sposób ten pozwala na sterowanie każdym członem w sposób kontrolowany, co pozwala zaplanować ruch wszystkimi elementami. Zaletą tej metody jest kontrolowany zakres ruchów, co pozwala uniknąć kolizji brył, wadą jest to, iż określenie ostatniego członu jest skomplikowane.

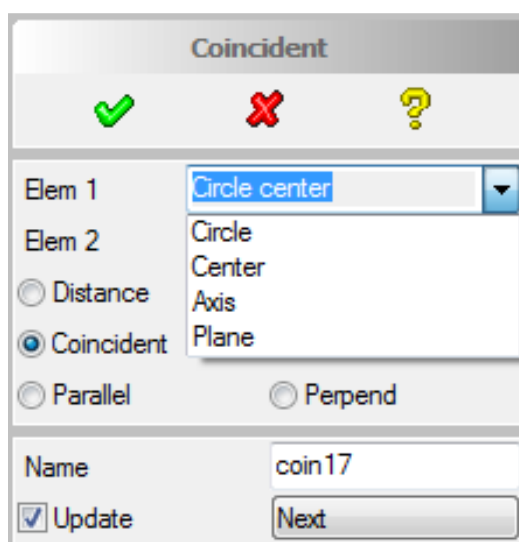
4. Przykład nadawania wiązań i ich animacji

Na rynku znajduje się wiele programów klasy CAD umożliwiające tworzenia animacji, np. I-DEAS, NX, CATIA, INVENTOR, ONESPACE DESIGNER. W przedstawionym przykładzie użyto programu OneSpace Designer. Po zaimportowaniu modelu (rys. 1.) należy wybrać z *Assembly Relations* w oknie *Create* do wyboru *Fixed*, co unieruchamia wybrany element, *Rigid* powoduje, że wybrane elementy względem siebie są nieruchome, *Relation* nadaje relacje między wybranymi geometriami dwóch elementów np. linią, punktem płaszczyzną czy osią (rys. 2, 4). Można zadać różne relacje takie jak dystans, czy kąt oraz równoległe, styczne czy też pokrywające się (rys. 3).

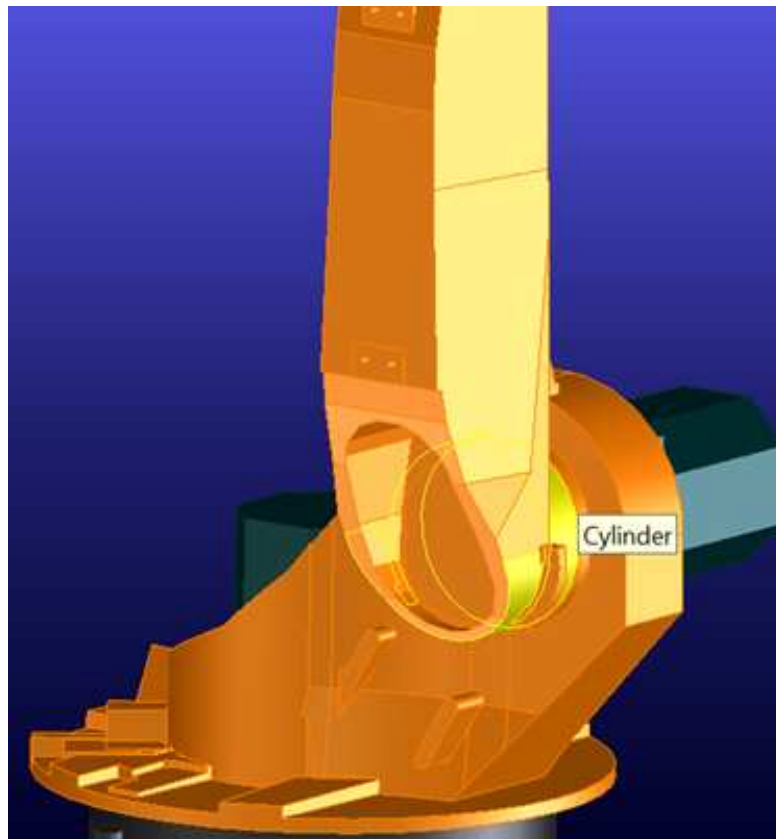
OneSpace Designer umożliwia dwie metody animacji. Jedną z nich jest dynamiczne przemieszczanie elementów i zapisywanie klatek kluczowych. Metoda ta jest prosta, ale przy użyciu przemieszczeń dużej liczby elementów może być kłopotliwa.



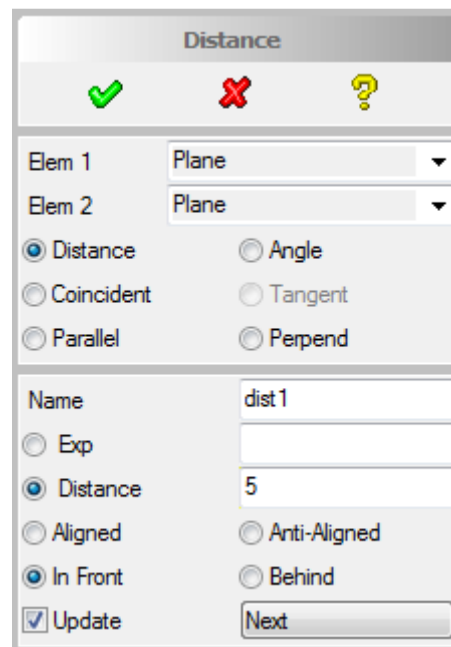
Rys. 1. Zaimportowany model
Fig.1. Imported Model



Rys 2. Okno wyboru rodzaju geometrii zaznaczonych elementów
Fig.2. Window to choose the type of geometry selected items



Rys. 3. Wybór geometrii elementów
 Fig.3. The choice of geometry elements



Rys 4. Okno wyboru rodzaju relacji
 Fig.4. Window to choose the type of relationship

Drugą metodą animowania wiązań jest wpisywanie wyrażeń w relacjach kontowych i dystansowych i ich parametryczne sterowanie.

Podczas wprowadzania wartości dla wiązań można wprowadzić sztywną wartość lub wyrażenie matematyczne. Korzystanie z wyrażeń matematycznych pozwala na powiązanie relacji razem, ponieważ nazwa innej relacji może być podana jako zmienna w wyrażeniu. Jest to przydatne podczas modelowania systemów połączonych z komponentów[5].

Wyrażenie może zawierać operatory matematyczne +, -, *, /, sin, asin, cos, acos, atan, sqrt, exp, x^y (gdzie y jest liczbą całkowitą). Dodatkowo nazwa innej relacji może być użyta jako zmienna, dla której wartość tej relacji zostanie przypisana zmiennej. Instrukcja if/then/else może być wprowadzona w postaci:

```
(if) w przypadku spełnienia warunku
(then) wykonaj wyrażenie 1
(else) niespełniony warunek wykonaj wyrażenie 2
```

Wyrażenia *then/else* powinno wyrażać wartości lub zmienne, które można przypisać do relacji. Warunki operatorowe, jakie można użyć przy tworzeniu wyrażenia to: ==, !=, <, <=.

Formuła if/then/else może być również zagnieżdżone, np:

```
(if) w przypadku spełnienia warunku 1
(then) wykonaj wyrażenie 1
(else) niespełniony warunek wykonaj wyrażenie
(if) w przypadku spełnienia warunku 2
(then) wykonaj wyrażenie 2
(else) niespełniony warunek wykonaj wyrażenie 3
```

Poniżej przykład formuły wprowadzonej do relacji dystansu dist1, która zawiera zapis równania drogi określonej pomiędzy chwilami A i D.

```
if t<B
then (((a1)/2)*((t-A)^2)) // równanie drogi przyspieszania
else
  if t<(Ta1+A)
  then ((v1*(t-A))-sa1) // równanie drogi ze stałą prędkością
  else
    if t<(Tv1+Ta1+A)
    then (((-a1)/2)*((t-B)^2))+s1 // równane drogi hamowania
    else
      if t<E ....
```

Odpowiednio każda zmienna ma przypisaną wartość relacji. Może być ona zależna od innej relacji i zdefiniowana pewnym wyrażeniem matematycznym. Powyższy przykład można przedstawić, zastępując parametry wartościami liczbowymi, pozostawiając tylko jedną zmienną t.

```

if t<600
then  $((t-300)^2)/900$  // równanie drogi przyspieszania
else
  if t<900
  then  $((t-600)/3)$  // równanie drogi ze stałą prędkością
  else
    if t<1200
    then  $((t-600)^{1/2}*(100/(300^{1/2})))$  // równane drogi hamowania
    else
      if t<1500 ....

```

5. Podsumowanie

Tworzenie symulacji pozwala na wizualizację, obrazującą działanie modelu. Animacja dostarcza informacji, które podczas projektowania mogły być niezauważone, np. kolizje. Pozwala określić wiele parametrów, takich jak potrzebna przestrzeń, czas itp. Stosowanie animacji może znaleźć szerokie zastosowanie w modernizacji istniejącego modelu czy usprawnić jego montaż.

Nadawanie relacji powinno odbywać się w sposób systematyczny i przemyślany. Taki sposób pozwala na zastosowanie wielu parametrów oraz nadawanie rozbudowanych wyrażeń matematycznych. Parametry te pozwalają na sterowanie animacją, umożliwiają ustawienie prędkości, przyspieszeń oraz istotnych parametrów procesu. Podczas zmiany parametru wyrażenie matematyczne wprowadzone parametrycznie nie wymaga modyfikacji.

Literatura

1. Morecki A., Oderfeld J.: Teoria maszyn i mechanizmów. Warszawa: PWN, 1987.
2. Zdanowicz R.: Podstawy robotyki. Gliwice: Wyd. Politechniki Śląskiej, 2009.
3. Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych: układy pneumatyczne i elektropneumatyczne ze sterowaniem logicznym (PLC). Pod red. J. Świdra. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2008.
4. Laboratorium z CAD-CAM. Pod red. R. Knosali. Opole: Oficyna Wyd. Politechniki Opolskiej: 2001.
5. Dokumentacja pomocy programu OneSpace Designer.

BONDS ANIMATION IN THE ADVANCED GRAPHIC PROGRAM ONESPACE DESIGNER

Summary: Advanced graphic programs are an example of an integrated CAD system. Allow for the study of theoretical models that provide information enabling the assessment of qualitative and quantitative occurrences. The article presents ways of bonds giving and their animation. Furthermore, shows problems appearing in a giving bonds.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Artur DUCHACZEK^{1*}, Zbigniew MAŃKO²

¹ Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. Tadeusza Kościuszki, Wrocław

² Instytut Budownictwa, Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław

* aduchaczek@poczta.wp.pl

BADANIA DOŚWIADCZALNE W ZAKRESIE OBCIĄŻEŃ ZMĘCZENIOWYCH STALOWEGO DŹWIGARA MOSTU WOJSKOWEGO MAJĄCEGO SZCZELINĘ

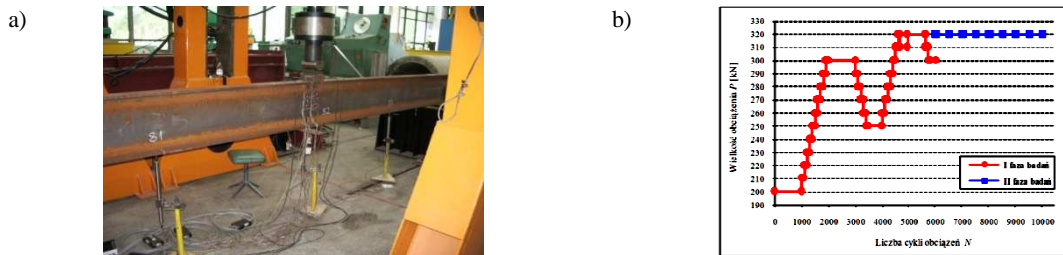
Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych stalowego dźwigara mostu wojskowego w zakresie obciążeń zmęczeniowych. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi otworów montażowych i wykonanego pęknięcia zmęczeniowego na rozkład naprężeń w obrębie otworów montażowych usytuowanych w środku dźwigara głównego, które porównano z rezultatami otrzymanymi z przeprowadzonych analiz numerycznych.

1. Wstęp

Od kilku lat teoretyczne i doświadczalne zależności zmęczeniowe sformułowane dla wytrzymałości niskocyklowej są z powodzeniem przystosowywane również do obliczeń wytrzymałości wysokocyklowej. W praktyce obliczeniowej często zachodzi konieczność uwzględniania amplitudy odkształcenia całkowitego $\varepsilon_{a,c}$ o składowych amplitudach odkształcenia sprężystego $\varepsilon_{a,s}$ i plastycznego $\varepsilon_{a,pl}$ [1]. Znajomość tych wielkości oraz zastosowanie znanej metody Palmgren-Minera o sumowaniu uszkodzeń zmęczeniowych [2] umożliwia obliczanie trwałości zmęczeniowej konstrukcji mostowej określoną liczbą cykli koniecznych do jej zniszczenia N_f [3].

Badania doświadczalne dźwigara stalowego przeprowadzono w Pracowni Konstrukcji Budowlanych Laboratorium Badawczego Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej (rys. 1a). Do realizacji obciążenia użyto siłownika firmy *Instron* o maksymalnej sile wymuszającej równej 500 kN. Pomiary odkształceń w miejscach naklejonych czujników tensometrycznych w dźwigarze zrealizowano za pomocą wzmacniacza firmy *Hottinger* typu UPM 100.

Dźwigarem stalowym poddanym badaniom był dwuteownik normalny INP 400 o długości całkowitej 5,60 m, wykonany ze stali gatunku S235JRG2. W celu ustalenia wielkości odkształceń jednostkowych dźwigara podczas badań doświadczalnych użyto tensometrów elektrooporowych typu TFs-5/120 i TFs-15/120 produkcji Pracowni Tensometrii Elektrooporowej TENMEX w Łodzi (rys. 2). Ponadto w środku dźwigara stalowego wykonano cztery otwory montażowe o średnicy 20 mm oraz koncentrator naprężeń (szczelinę) o długości 85 mm.



Rys. 1. Badania zmęczeniowe dźwigara stalowego: a) widok stanowiska badawczego, b) zakres obciążania elementu konstrukcyjnego podczas badań doświadczalnych.

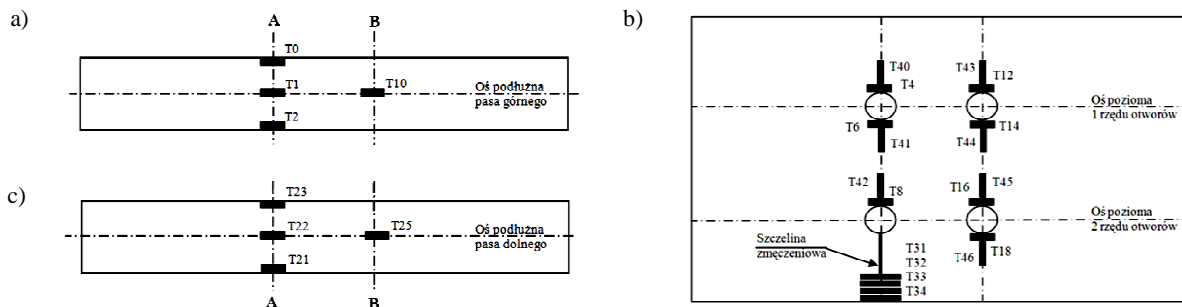
Fig. 1. Fatigue tests of a steel girder: a) a view of the test stand, b) a load range of a structure element during experimental tests.

W trakcie badań dźwigara głównego w laboratorium przyjęto obciążenie graniczne w postaci pojedynczej siły skupionej o wielkości $P_1 = 320$ kN. Zakres obciążania stalowego dźwigara podzielono na dwie podstawowe fazy. Faza I to wstępne testowanie dźwigara i wywołanie początkowej inicjacji pęknięcia w jego środku, natomiast faza II to zasadnicza część badań tego dwuteownika, a więc szczegółowa obserwacja rozwoju uszkodzenia (pęknięcia) powstałego w jego środku.

Wykres zakresu obciążania dźwigara zaprezentowano na rys. 1b. Przyjęto sinusoidalny przebieg obciążenia o częstotliwości 0,20 Hz, o wartości minimalnej równej 10 kN oraz maksymalnej w zakresie 200–320 kN. Przyjęte obciążenia wywoływały w dźwigarze zakres zmienności naprężeń normalnych o wartości $\Delta\sigma = 275$ MPa, co było zgodne zarówno z polską stalową normą ogólnobudowlaną PN-90/B-03200, jak i Eurocodem ENV 1993-1-9.

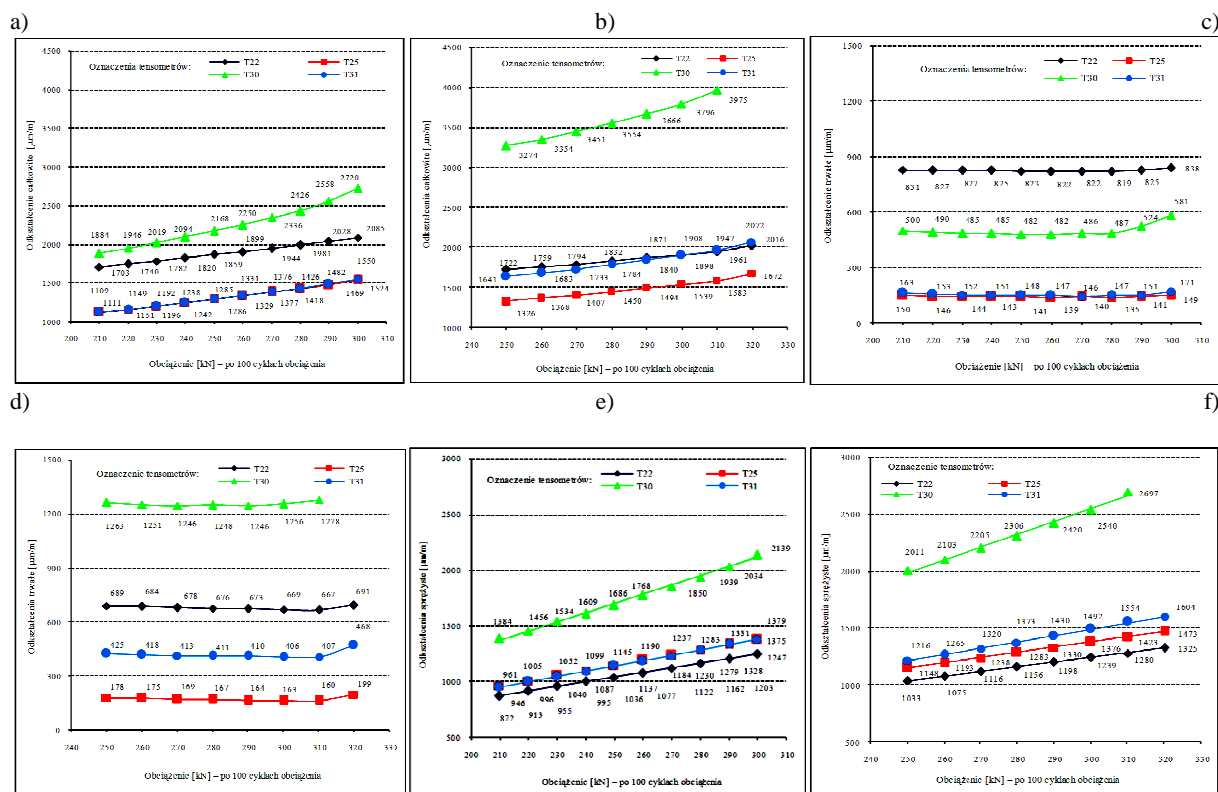
2. Analiza odkształceń podczas inicjacji pęknięcia (I faza)

Pierwsze odczyty odkształceń dokonano po 1000 cyklach obciążenia. Na rys. 3a,c,e zaprezentowano wpływ wielkości obciążenia na wartości odkształceń jednostkowych w wybranych miejscach badanego dźwigara stalowego. Do analizy wybrano tensometry T22 i T25 zlokalizowane na pasie rozciągającym, oraz T30 i T31 usytuowane bezpośrednio pod wykonanym nacięciem. Z wykresów przedstawionych na rys. 3a wynika, że maksymalne wartości odkształceń całkowitych zarejestrowano na tensometrze T30, co było zasadniczo



Rys. 2. Rozmieszczenie oraz numeracja tensometrów elektrooporowych w przekrojach A–A i B–B w osiach pionowych otworów montażowych w dźwigarze głównym w zasadniczej fazie badań w zakresie obciążeń zmęczeniowych na: a) górnym pasie, b) środku, c) dolnym pasie.

Fig. 2. The distribution and numbering of electric resistance wire strain gauges in A–A and B–B sections in the vertical axes of assembly holes in the main girder during the principal phase of tests related to fatigue loads: a) on the top flange, b) in the web, c) on the bottom flange.



Rys. 3. Wykresy wartości odkształceń jednostkowych: całkowitych (a,b), trwałych (c,d) i sprężystych (e,f) uzyskanych na wybranych tensometrach T22, T25, T30 i T31 umieszczonych na dźwigarze stalowym po każdym 100. cyklach obciążenia po zrealizowaniu 1000. (a,c,e) oraz 4000. (b,d,f) cykli obciążenia.
 Fig. 3. The graph showing the values of unit strains: total ones (a,b), plastic ones (c,d) and elastic ones (e,f) from the selected strain gauges T22, T25, T30 and T31 placed on a steel girder after every 100 stress cycles after completing 1,000 (a,c,e) and 4,000 (b,d,f) stress cycles.

zgodne z przyjętymi wcześniej założeniami. Z analizy wykresów zaprezentowanych na rys. 3c wynika z kolei, że wartości odkształceń trwałych zarejestrowanych na tym tensometrze zaczęły znacząco się zwiększać po przekroczeniu obciążenia o wartości 290 kN. Na pozostałych tensometrach nie zaobserwowano jeszcze zdecydowanego przyrostu odkształceń trwałych występujących w rozważanych punktach pomiarowych.

Z wykresów zaprezentowanych na rys. 3e wynika, że największe wartości odkształceń sprężystych otrzymywano na tensometrze T30, co oznacza, że w tym punkcie dźwigara nastąpił największy przyrost odkształceń sprężystych lub mogło to być już spowodowane rozpoczęciem się efektu propagacji powstałej szczeliny.

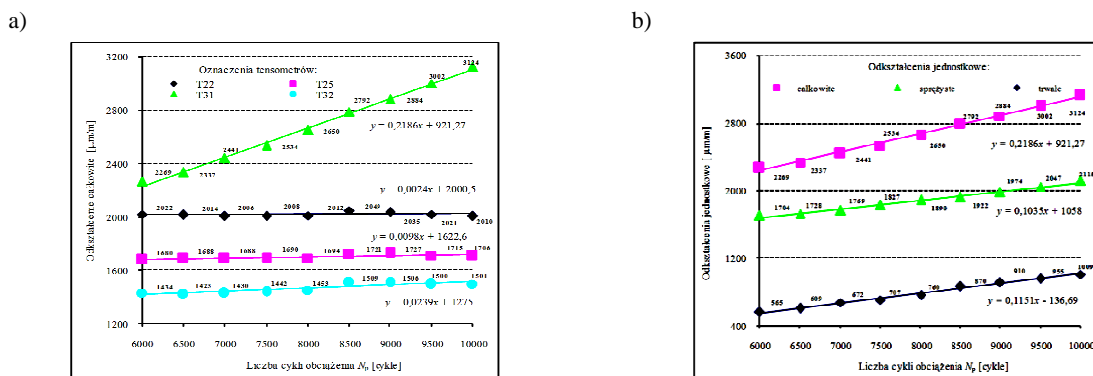
Kolejny blok odczytów odkształceń zrealizowano po 4000. cyklach obciążenia. Na rys. 3b,d,f zaprezentowano wykresy wartości odkształceń jednostkowych również wskazane przez tensometry T22, T25, T30 i T31. Analizując wykresy podane na rys. 3b, zaobserwowano wzrost całkowitych odkształceń jednostkowych wskazywanych przez tensometr T31, które przy obciążeniu skupionym o wielkości 320 kN przekroczyły wartość podobnych odkształceń uzyskanych na tensometrze T22. Świadczyło to o wzroście odkształceń w wierzchołku szczeliny zlokalizowanej w środniku, a może nawet o rozpoczęciu już procesu jej propagacji.

Z kolei, z analizy wykresów zaprezentowanych na rys. 3d wynika, że przy wystąpieniu obciążenia o wartości 320 kN znacznie wzrosły wielkości odkształceń trwałych na wszystkich rozpatrywanych tensometrach. Analizując natomiast wykresy przyrostów sprężystych odkształceń jednostkowych zaprezentowane na rys. 3f, stwierdzono nadal liniowe ich przebiegi, co jest w pełni uzasadnione charakterem przyjętego programu badań doświadczalnych tego dźwigara w zakresie obciążeń zmęczeniowych.

Z analizy wykresów pokazanych na rys. 3a,b wynika jednoznacznie, że wartości całkowitych odkształceń jednostkowych rejestrowane na tensometrze T22 zmniejszyły się, natomiast na tensometrze T25 nieznacznie tylko się zwiększyły. Taka sytuacja mogła być spowodowana zmianą kształtu badanego dźwigara (a więc zwiększeniem się krzywizny jego linii ugięcia) pod wpływem przyłożonego obciążenia, a przez to zwiększeniem się wartości odkształceń rejestrowanych przez tensometr T22. Natomiast wartości odkształceń jednostkowych całkowitych rejestrowanych na tensometrach T30 i T31 znacznie się zwiększyły (rys. 3a,b), przy czym zaobserwowano, że były one odwrotnie proporcjonalne w stosunku do odległości położenia danego tensometru od wierzchołka szczeliny, tzn., że im tensometr położony był bliżej tego wierzchołka to przyrost odkształceń jednostkowych był większy.

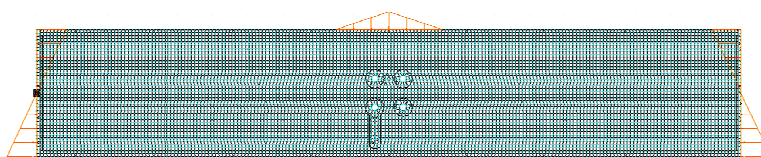
W II fazie przeprowadzonych badań doświadczalnych pomiary odkształceń jednostkowych wykonane zostały przy stałym obciążeniu, w postaci pojedynczej siły skupionej o maksymalnej wartości 320 kN. Pozostałe parametry obciążenia nie uległy zmianie w porównaniu z badaniami wykonanymi w I fazie. Wybrana do dalszych badań doświadczalnych końcowa wartość obciążenia powodowała widoczny już przyrost wartości pęknięcia (szczeliny) w środku, a jednocześnie nie spowodowała jeszcze wystąpienia „płynięcia” całego dźwigara.

Na rys. 4a przedstawiono wykresy całkowitych odkształceń jednostkowych w zależności od liczby cykli obciążenia. W analizie wzięto pod uwagę tensometry T22 i T25 znajdujące się na dolnym pasie dwuteownika oraz tensometry T31 i T32 położone bezpośrednio pod wykonanym nacięciem (rys. 2). Wzrost wartości odkształceń jednostkowych występujących na krawędzi dolnej pasa dwuteownika rejestrowany na tensometrach T22 i T25 w porównaniu do wskazań tensometru T31 umieszczonego pod wierzchołkiem szczeliny był nieznaczny. Zauważa się przy tym również, że wraz ze wzrostem liczby cykli obciążenia zaczynały już wzrastać także wartości odkształceń występujących na wysokości położenia tensometru T32, co świadczyło jednoznacznie o wzroście szczeliny zmęczeniowej.



Rys. 4. Wykresy odkształceń jednostkowych na tensometrach: a) T22, T25, T31 i T32, b) T31, w zależności od liczby cykli obciążenia w przedziale 6 000–10 000.

Fig. 4. The graphs of unit strains on strain gauges: a) T22, T25, T31 and T32, b) T31, depending on the number of stress cycles within the 6 000–10 000 range.



Rys. 5. Model obliczeniowy MES badanego dźwigara dla przyjętego schematu obciążenia.
Fig. 5. The FEM model of the researched girder for the adopted stress pattern.

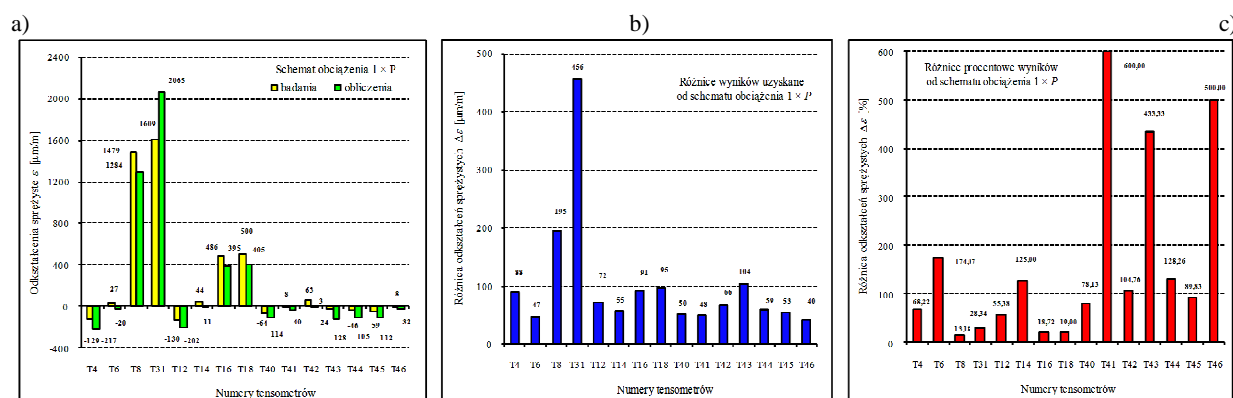
Na rys. 4b przedstawiono przebiegi odkształceń jednostkowych rejestrowanych przez tensometr T31 w zależności od liczby cykli obciążenia w przedziale 6000–10000. Po przeprowadzonej analizie otrzymanych wyników stwierdzono, że na całkowitą wielkość odkształceń jednostkowych wskazywanych na tym tensometrze zdecydowanie większy wpływ miały odkształcenia sprężyste (co było zgodne z oczekiwaniami), jednak wielkość odkształceń trwałych była na tyle duża, że nie powinna być pominięta w analizach zmęczeniowych.

3. Porównanie wyników badań doświadczalnych i analiz numerycznych

W celu zmniejszenia czasochłonności obliczeń przeprowadzono analizę rozkładu naprężeń tylko w samym środku badanego kształtownika, przyjmując do analiz model dźwigara o długości 2,00 m (rys. 5). Zaproponowano, aby analizowany środek poddać obciążeniu liniowemu nierównomiernie rozłożonemu, tj. w kształcie trójkąta równoramiennego o długości 300 mm i wysokości odpowiadającej wartości 2,13 kN/mm. Zastosowano także obciążenie nierównomiernie rozłożone – o kształcie trójkątym, które korygowało wartość momentu zginającego w połowie rozpiętości teoretycznej analizowanego elementu w jego modelu obliczeniowym. Wysokość *trójkąta obciążenia* przyjmowała wartość $\pm 3,55$ kN/mm.

Na rys. 6a przedstawiono wartości odkształceń jednostkowych sprężystych w miejscach występowania wybranych tensometrów w zależności od przyjętego schematu obciążenia P_1 uzyskanych z badań doświadczalnych i analiz przy użyciu MES, natomiast na rys. 6b,c różnice pomiędzy tymi wielkościami, przy czym na rys. 6c różnice wartości odkształceń wyrażono w procentach, przyjmując jako wartość równą 100% wielkość odkształceń jednostkowych odczytaną bezpośrednio z tensometrów umieszczonych w wybranych punktach pomiarowych.

Analizując wykresy zaprezentowane na rys. 6a stwierdzono na tensometrach T6, T14, T41



Rys. 6. Zestawienie wartości odkształceń sprężystych na tensometrach zlokalizowanych na dźwigarze uzyskane z: a) badań i obliczeń MES, b) ich bezpośrednie różnice, oraz c) różnice procentowe.

Fig. 6. The list of the values of elastic strains on the strain gauges placed in the girder obtained from: a) FEM and calculations tests, b) their directly differences and also c) percentage differences.

i T42 występowanie odkształceń o różnych znakach, co świadczyło niestety o niezadawalającym odwzorowaniu rzeczywistych warunków pracy badanej konstrukcji.

Analiza wykresów przedstawionych na rys. 6c pokazuje wyraźnie, że największe procentowe różnice w wartościach odkształceń jednostkowych wskazywały tensometry umieszczone prostopadle do osi głównej dźwigara, co świadczyło o tym, że zastosowany model obliczeniowy dźwigara nie oddawał w sposób zadowalający charakteru pracy tej konstrukcji na tym kierunku rozważań. Wykresy pokazane na rys. 6a wykazują jednak, że wartości odkształceń jednostkowych występujących na kierunku prostopadłym do osi głównej dźwigara były znacznie mniejsze niż na kierunku do niej równoległym, przez co ich wpływ na wartość trwałości zmęczeniowej elementu konstrukcyjnego mostu nie był tak bardzo znaczący.

4. Podsumowanie

Analizy przedstawione w pracy wykazały dość istotny wpływ wykonanych otworów i nacięcia (szczeliny) w środku dźwigara na rozkład naprężeń normalnych w jego przekroju poprzecznym. Zaprezentowane rozważania potwierdziły przyjętą hipotezę, że uszkodzenie środnika dwuteownika w strefie rozciąganej powinno dyskwalifikować go z dalszej bezpiecznej eksploatacji, a przez to nie jest już konieczne przeprowadzanie dalszej analizy rozwoju powstałego pęknięcia w głąb dolnego (rozciąganego) pasa dwuteownika.

Analizując wyniki uzyskane z badań doświadczalnych, należy mieć na uwadze pewne niedoskonałości narzędzi i urządzeń badawczych użytych do pomiarów odkształceń jednostkowych, jakimi były m.in. tensometry elektrooporowe. Jak wiadomo, odczyty z tensometrów uśredniają bowiem wartości odkształceń na długości ścieżki pomiarowej (w tym przypadku z 5 mm lub 15 mm), a zatem nawet bardzo duże wartości odkształceń występujące w wierzchołku szczeliny zmęczeniowej (lub na krawędzi otworu montażowego) podczas odczytu z zastosowaniem tensometrów były automatycznie uśredniane, a przez to otrzymane wyniki w punktach były mniejsze niż w rzeczywistości.

Literatura

1. Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczeniowych. Warszawa: PWN, 1997.
2. Rykaluk K.: Pęknięcia w konstrukcjach stalowych. Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne (DWE), 2000.
3. Kłysz S.: Szacowanie trwałości wybranych materiałów i elementów konstrukcji lotniczych w zakresie rozwoju pęknięć zmęczeniowych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Z-5, Warszawa 1999.

EXPERIMENTAL TESTS IN THE FATIGUE LOADS RANGE OF MILITARY BRIDGE STEEL GIRDER WITH CRACK

Summary: In the paper results of experimental tests on a military bridge steel girder with respect to the fatigue loads were presented. A special attention was paid to the influence of mounting holes and the fatigue crack made on the stress pattern within assembling holes located in the girder web. The results of experimental tests, conducted in lab conditions using an strain gauges, were compared to the results of numerical analyses.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr DUDZIŃSKI, Aleksander SKURJAT*

Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Wrocławska.

* aleksander.skurjat@pwr.wroc.pl

WPŁYW PODATNOŚCI ELASTYCZNYCH PRZEWODÓW HYDRAULICZNYCH NA ZJAWISKO WĘŻYKOWANIA POJAZDÓW PRZEGUBOWYCH

Streszczenie: W ciągu ostatnich lat można zaobserwować wzrost zainteresowania takimi pojazdami z przegubowymi układami skrętu, które będą miały zdolność poruszania się z prędkościami powyżej 50-60 km/h. Aktualnie osiągnięcie takich prędkości nie jest możliwe ze względu na liczne problemy związane z utrzymaniem pojazdu w zadanym i określonym przez europejską normę, pasie ruchu. Eksperymentalne i symulacyjne badania wykazały, że przyczynami takiego stanu są: typ i rodzaj napędu, podatność wielkogabarytowych opon, trudności w postrzeganiu zadanego pasa ruchu przez operatora znajdującego się na istotnej wysokości w galopującym, kołyszającym i wężykującym pojeździe. Szczególną uwagę należy jednak zwrócić na sztywność hydraulicznego układu skrętu, na którą wpływają głównie podatność cieczy roboczej oraz rozszerzalność objętościowa (puchnięcie) przewodów hydraulicznych. Te dwa ostatnie zagadnienia odgrywają istotną rolę w precyzyjnym sterowaniu pracą maszyn i urządzeń i bezpośrednio wpływają na dokładność pozycjonowania elementów wykonawczych. W niniejszej pracy przedstawione i porównane zostały wyniki badań eksperymentalnych różnych typów elastycznych przewodów hydraulicznych. Przeanalizowano wpływ takich parametrów jak: długości, średnicy wewnętrznej i liczby warstw osnowy węża hydraulicznego.

1. Wstęp

Przegubowe pojazdy robocze, ze względu na swoje liczne zalety, są chętnie stosowane w niemal wszystkich gałęziach przemysłu. Aktualnie tej grupie pojazdów stawiane są coraz wyższe wymagania odnośnie zwiększenia prędkości jazdy, co pozwala na zwiększenie wydajności eksploatacyjnej maszyny, a w zastosowaniach w wojskowych maszynach inżynierskich umożliwia spełnienie kryteriów przemieszczania się kolumny wojskowej z minimalną prędkością 60 km/h. Aktualnie maksymalne prędkości poruszania się pojazdów przegubowych nie przekraczają 50-60 km/h, co związane jest min. z podatnością hydraulicznego układu skrętu oraz wieloma innymi czynnikami: inercyjnością opon wielkogabarytowych, trybem napędu czy też zdolnością postrzegania poprzez operatora zadanego pasa ruchu oraz inercją układu skrętu. Badania eksperymentalne przeprowadzone

w [1] wykazały, że istotną rolę w zmniejszeniu sztywności układu skrętu odgrywa: sprężystość cieczy roboczej oraz podatność („puchnięcie”) przewodów hydraulicznych.

2. Badania podatności przewodów hydraulicznych

Przewody hydrauliczne dobiera się przede wszystkim określając ich średnicę w celu zapewnienia właściwego przepływu oraz pod kątem ciśnień dynamicznych panujących w układzie, a także innych parametrów, np. środowiskowych czy rodzaju cieczy. Taki podstawowy dobór parametrów przewodów hydraulicznych nie jest wystarczający w przypadku układów precyzyjnych, w których należy uwzględnić całkowite zmiany objętości cieczy w celu utrzymania np. tłoka siłownika hydraulicznego układu skrętu w zadanym położeniu w przypadku działania na niego zmiennych sił generowanych w procesie współpracy opon z podłożem. Każda zmiana co do objętości zawartej cieczy roboczej w układzie rozdzielacz – przewód hydrauliczny – komora siłownika będzie skutkowałą przesunięciem tłoka, zmianą położenia członów przedniego i tylnego pojazdu przegubowego i w efekcie skrętem pojazdu. Norma PN-EN 12643+A1:2009 określa maksymalny możliwy uchyb trajektorii względem założonego prostoliniowego ruchu pojazdu i w przypadku, gdy przekracza normatywną wartość maksymalna prędkość musi zostać ograniczona tak, aby operator był w stanie prowadzić maszynę w zadanym pasie ruchu.

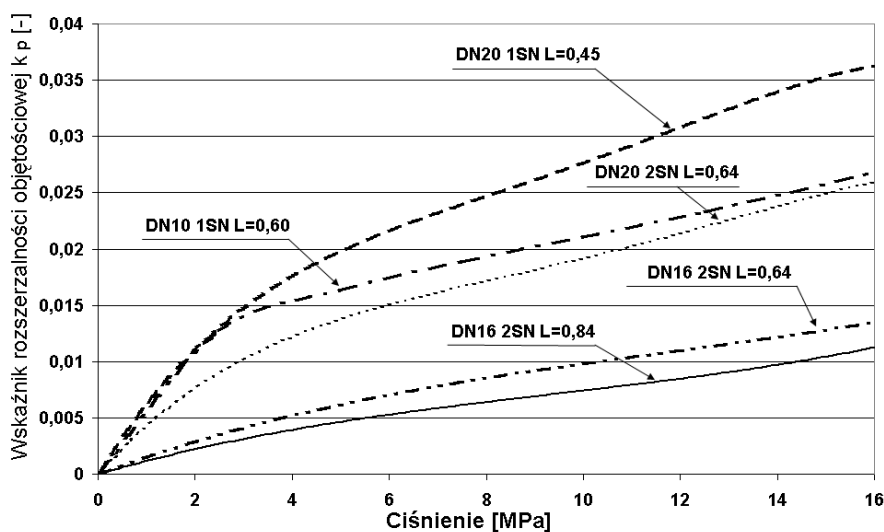
Niestety, w dostępnej literaturze i katalogach przewodów hydraulicznych brakuje informacji dotyczących zmian ich objętości („puchnięcia”) w funkcji ciśnienia. Parametr ten musi zostać określony doświadczalnie w celu zapobiegnięcia ruchom tłoka siłownika poprzez zastosowanie układów kompensujących niedobór lub nadmiar cieczy roboczej. Na rys. 1. pokazany został wpływ ciśnienia na wskaźnik rozszerzalności objętościowej k_p zdefiniowanej jako:

$$k_p = \frac{V_{zm} - V_{cr}}{V_0}, \text{ gdzie } V_{zm} - \text{zmiana objętości cieczy w skutek „puchnięcia” przewodu; } V_{cr} - \text{zmiana objętości}$$

cieczy roboczej w wyniku jej sprężystości; V_0 – nominalna objętość przewodu hydraulicznego

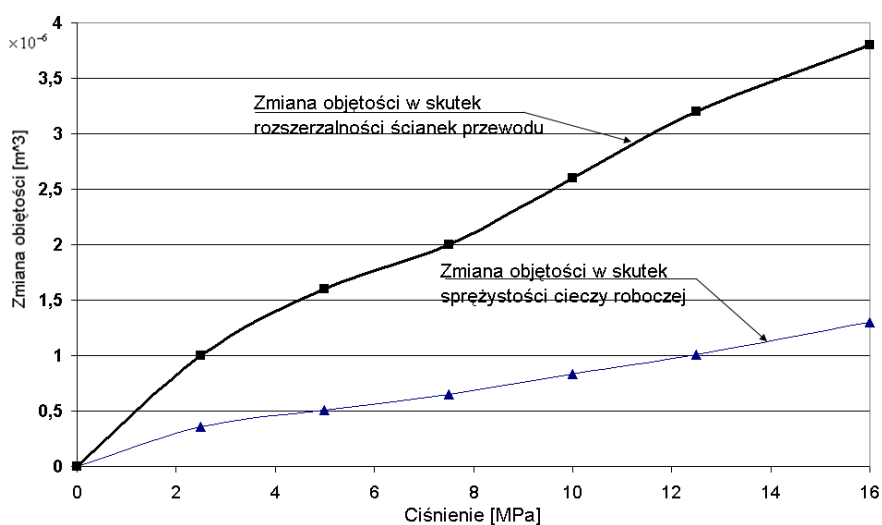
Z wykresu wynika, że osnowa dla różnych typów przewodów odkształca się nieliniowo i wartość wskaźnika rozszerzalności osiąga różne wartości. Przykładowo dla przewodów o jednej warstwie osnowy (1SN) i średnicach DN10 i DN20 do ciśnienia 3MPa odkształcają się w podobny sposób, natomiast dla wyższych ciśnień przewodów o mniejszej średnicy wewnętrznej osiąga mniejsze wartości odkształceń. Porównując odkształcalność przewodów tego samego typu, lecz o różnych długościach (DN16; 2SN; $L=0,64$ oraz $L=0,84$), można zauważyć, że rozszerzalność ścianek przewodów długich jest mniejsza.

Na rys. 2 pokazany został wpływ zmian objętości w skutek istnienia sprężystości cieczy roboczej oraz zmian objętościowych wynikających z „puchnięcia” przewodów. Łatwo zauważyć, że dla typowej zawartości nierozpuszczonego gazu w cieczy, zmiany wynikające z odkształcenia osnowy są kilkukrotnie większe. Jest to powód, dla którego współczynnik rozszerzalności objętościowej nie może zostać pominięty w obliczeniach niektórych typów układów hydraulicznych np. hydraulicznych układów skrętu pojazdów przegubowych. Podczas pomiarów badano przewody proste oraz zakrzywione normatywnym promieniem, przy czym wyniki pomiarów nieznacznie się od siebie różniły.



Rys.1 Wpływ ciśnienia wewnątrz przewodu na wskaźnik rozszerzalności objętościowej k_p wybranych typów przewodów hydraulicznych

Fig. 1. Inertial pressure influence on the volume expanding coefficient of the chosen types of hydraulic pipes



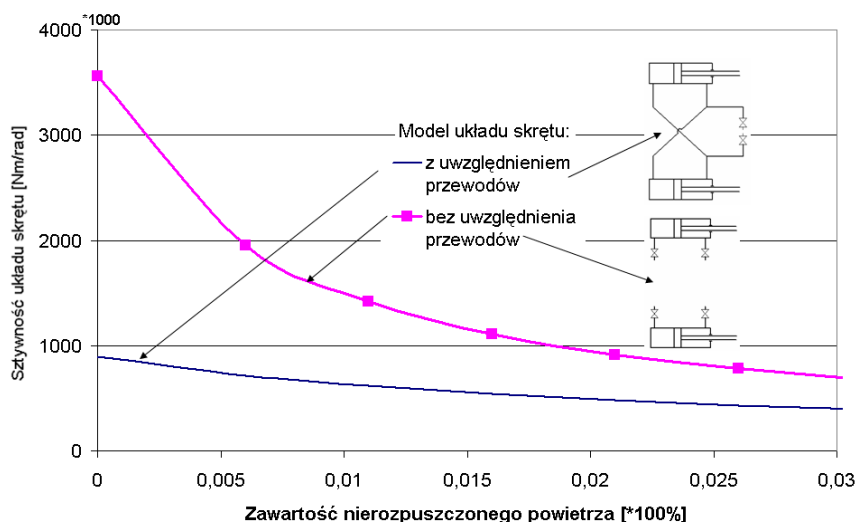
Rys. 2. Udział zmian objętości w skutek sprężystości cieczy roboczej oraz rozszerzalności objętościowej osnowy przewodu hydraulicznego DN16; 2SN; L=0,64

Fig 2. Changing volume partial influence of the liquid and wall expanding material of the hydraulic pipes DN16; 2SN; L=0,64

Na rys. 3. przedstawiony został wpływ podatności przewodów (zarówno osnowy i cieczy roboczej) na sztywność układu skrętu pojazdu przegubowego w funkcji zawartości nierozpuszczonego powietrza. Model obliczeniowy przedstawiono w [1], [2].

Z wykresu wynika, że sprężystość cieczy oraz rozszerzalność objętościowa przewodów ma istotny wpływ na całkowitą sztywność układu. Dla małych zawartości powietrza wpływ ten jest szczególnie istotny. Przeprowadzone badania [1] wykazały, że wzrost sztywności prowadzi do możliwości zwiększenia prędkości maksymalnej pojazdów.

Przeprowadzone badania wykazały konieczność uwzględnienia parametrów przewodów hydraulicznych przy projektowaniu układów hydraulicznych cechujących się dużą sztywnością oraz precyzją działania.



Rys. 3. Wpływ przewodów hydraulicznych na sztywność układu skrętu pojazdu przegubowego
Fig. 3. Influence of the hydraulic pipes on a articulated rigid frame steering system stiffness

Literatura

1. Skurjat A.: Modelowanie procesu stabilizowania ruchu pojazdu przegubowego na podwoziu kołowym, Wrocław. praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 2009.
2. Dudziński P.: Lenksysteme für Nutzfahrzeuge. Berlin ; Springer-Verlag, 2005.
3. Kudźma Z.: Właściwości dynamiczne przewodów hydraulicznych, „Hydraulika i Pneumatyka” R. 25, nr 6, 2005.

ELASTIC HYDRAULIC PIPES FLEXIBILITY INFLUENCE ON SNAKING FENOMENA OF ARTICULATED JOINT BODY VEHICLES

Summary: In the last few years an interest in high speed articulated vehicles is observed. Actually the maximum velocity of this type of vehicles can not exceed more than 50-60 km/h due to the problems with keeping the machine in given European normative path. Both experimental and simulation examination show that the source of problems are as follows: type of driving system, lateral tires characteristics, difficulties with the way of observing the road by driver because of porposing, snaking and longitudinal oscillations of the vehicle. The main problem source seems to be laid in steering system stiffness as it strongly depends on the compressibility of hydraulic fluid and expansion of hydraulic pipes. This two last take an important role in precise steering (adjusting) of machines and actuators in hydraulic systems. In this work a comparison of different types of hydraulic pipes are presented. The influence of diameter, length, number of cord plates of pipes is discussed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Cezary GRABOWIK*, Krzysztof KALINOWSKI

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*cezary.grabowik@polsl.pl

AUTOMATYZACJA KONSTRUKCYJNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI W SYSTEMIE NX Z ZASTOSOWANIEM JĘZYKA NX GRIP

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodykę komputerowego wspomaganie konstrukcyjnego przygotowania produkcji ze szczególnym uwzględnieniem aspektów modelowania geometrycznego. Proponowana w pracy metodyka bazuje na zastosowaniu techniki konstrukcyjnych obiektów elementarnych. W pracy przedstawiono kolejne etapy implementacji proponowanej metodyki, tj.: od etapu tworzenia otwartej struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych po etap implementacji programowej. Ponadto przedstawiono model formalny MF_{CAD} stanowiący bazę do podjęcia prac związanych z implementacją programową proponowanej metodyki. Zaprezentowano architekturę aplikacji komputerowej działającej w środowisku systemu klasy CAD/CAM – systemu SIEMENS NX 7.5. Aplikacja napisana została z zastosowaniem języka wewnętrznego systemu NX – języka GRIP. Na obecnym etapie rozwoju metodyki oraz oprogramowania możliwe jest modelowanie geometrii elementów obrotowo symetrycznych, planowany jest jej rozwój w celu rozszerzenia pola aplikacji na inne klasy produktów.

1. Wstęp

Techniczne przygotowanie produkcji TPP obejmuje całokształt działań w przedsiębiorstwie zmierzających do określenia: cech technicznych zarówno w odniesieniu do produktów nowych jak i modernizowanych, technologii wytwarzania oraz środków technicznych niezbędnych do sprawnego przeprowadzenia procesu produkcyjnego, warunków technicznych oraz typowego procesu eksploatacji danego środka technicznego. Techniczne przygotowanie produkcji składa się z dwóch etapów: konstrukcyjnego przygotowania produkcji oraz technologicznego przygotowania produkcji. Zasadnicza część technicznego przygotowania produkcji kończy się na etapie emisji dokumentacji techniczno-ruchowej oraz technologicznej, przy czym stopień złożoności emitowanej dokumentacji zależy od rodzaju (skali) produkcji. Przyjmuje się, iż wraz ze wzrostem skali produkcji rośnie liczba oraz zakres czynności do wykonania na etapie technicznego przygotowania produkcji [1,2,3].

Postęp w dziedzinie technicznego przygotowania produkcji jest najczęściej implikowany następującymi czynnikami zewnętrznymi:

- skracanie się cyklu życia produktów wskutek ich przyspieszonego zużycia „moralnego”, starzenia się koncepcji konstrukcyjnej,
- wzrost liczby nowo wdrażanych produktów,
- wzrost wymagań klientów wpływających na parametry techniczne oraz cenę zbytu produktów,
- konieczność skrócenia czasu cyklu technicznego przygotowania produkcji,
- ciągła konieczność doskonalenia jakości zarówno nowych jak i modernizowanych produktów,
- ściślejsza integracja systemów TPP z innymi systemami wspomagania działalności przedsiębiorstwa, a w szczególności z systemami planowania i zarządzania produkcją przemysłową.

Efekt skrócenia czasu cyklu technicznego przygotowania produkcji można generalnie osiągnąć poprzez:

- po pierwsze, wprowadzanie zmian w organizacji procesu produkcyjnego, tj. przejście od sekwencyjnego układu działań, w którym warunkiem koniecznym rozpoczęcia działań na kolejnym etapie procesu produkcyjnego jest ukończenie działań na etapie poprzednim do układu działań równoległych, w którym pewne etapy procesu produkcyjnego nakładają się na siebie – concurrent engineering bądź poprzez zastosowanie filozofii LM – lean manufacturing;
- po drugie, zastosowanie wysoko zaawansowanych narzędzi komputerowych.

W artykule przedstawiona zostanie metoda automatyzacji działań w obszarze konstrukcyjnego przygotowania produkcji ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia automatyzacji modelowania geometrycznego jako odpowiedź na drugi postulat powyżej.

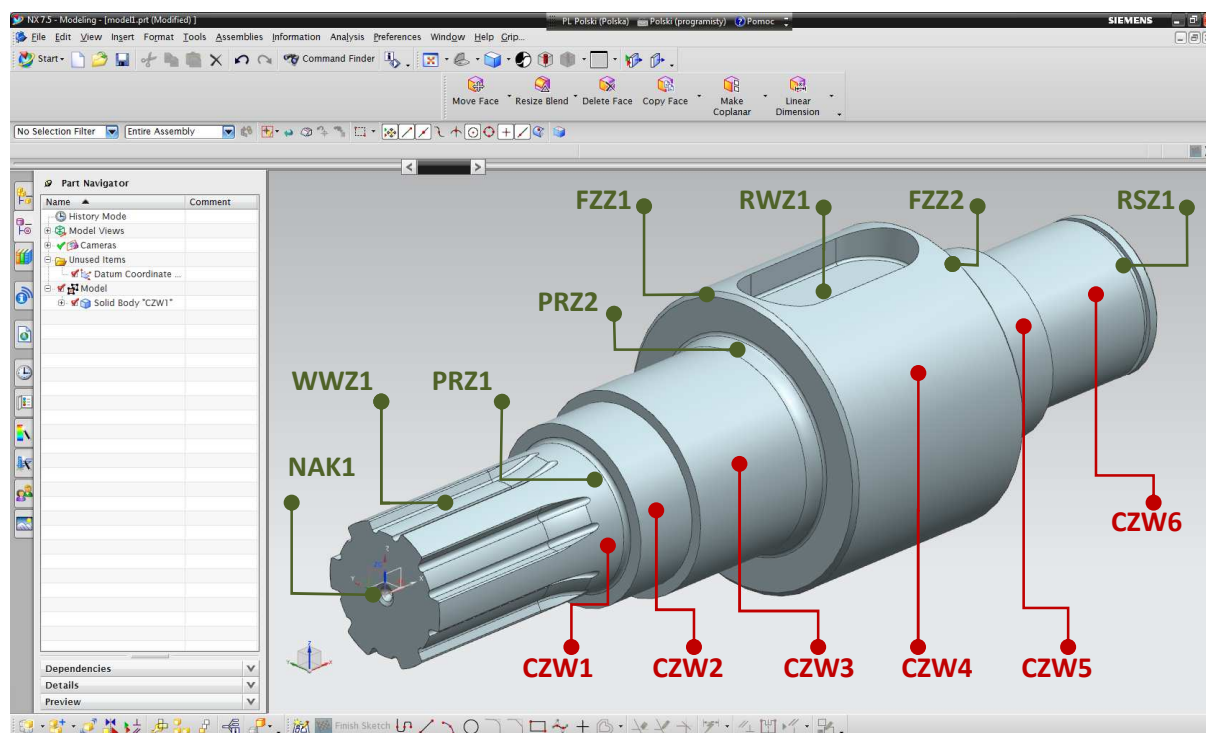
2. Autorska metoda identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych

Na potrzeby identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych opracowana została autorska metoda ich identyfikacji. W metodzie manualnej arbitralnej identyfikacji obiektów elementarnych (MAIKOE) obiekty elementarne identyfikowane są w modelach 2D lub 3D przez ekspertów na podstawie ich wiedzy i doświadczenia. Metoda ma następujące zalety:

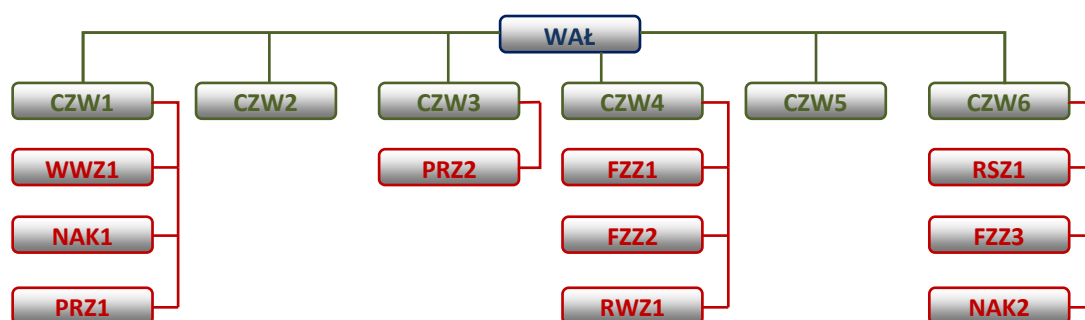
- dużą reprezentatywność otrzymanych wyników (zbioru obiektów elementarnych) dzięki udziałowi w procesie identyfikacji obiektów elementarnych doświadczonych ekspertów (podział modelu na obiekty elementarne o strukturze odpowiednio zorientowanej na potrzeby użytkownika oraz przeznaczenie narzędzia komputerowego),
- większa szybkość procesu identyfikacji w porównaniu do innych metod wynikająca z faktu braku konieczności tworzenia algorytmów wyszukiwania oraz tworzenia narzędzi programowych, odpowiednio dobrany ekspert posiada wymaganą wiedzę a priori,
- brak ryzyka wystąpienia redundancji w zbiorze konstrukcyjnych elementarnych obiektów.

Na rys. 1 przedstawiono model wału poddanego procesowi manualnej arbitralnej identyfikacji obiektów elementarnych wraz z wynikami tego procesu. Podczas procesu identyfikacji w modelu wału wyróżniono następujące obiekty elementarne: czopy walcowe CZW1÷CZW6 – przyrostowe konstrukcyjne obiekty elementarne oraz ubytkowe obiekty elementarne, tj.:

wielowypust zewnętrzny WWZ1, przejścia po promieniu pomiędzy czopami walcowymi PRZ1÷PRZ2, sfazowania krawędzi czopów walcowych FZZ1÷FZZ3, nakiełki NAK1÷NAK2, rowek wpustowy RWZ1 oraz rowek pod pierścien osadczy RSZ1. Na rysunku 2 zaprezentowano model topologiczny wału opracowany na podstawie zidentyfikowanego zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych.



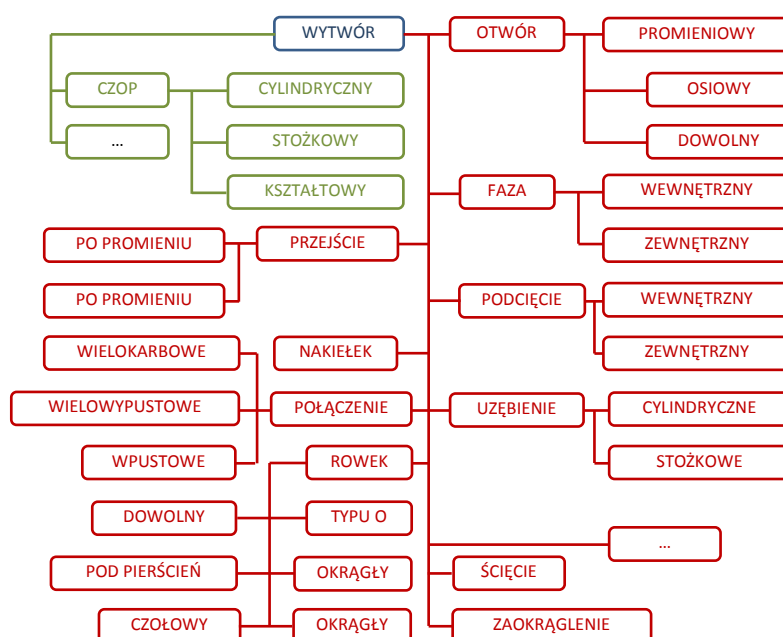
Rys.1. Model wału poddanego procesowi wyszukiwania konstrukcyjnych obiektów elementarnych
Fig.1. The shaft model in which design features were searched



Rys.2. Model topologiczny wału z rysunku 1
Fig.2. The topological model of the shaft from the figure 1

Na rys. 3 przedstawiono opracowaną podczas badań otwartą strukturę konstrukcyjnych obiektów elementarnych. W trakcie badań grupę analizowanych elementów ograniczono do grupy elementów obrotowo-symetrycznych. Wynikało to z faktu, że w przypadku tej grupy przedmiotów proces identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych jest znacznie uproszczony. W odróżnieniu od grupy produktowej, np. korpusów, w której tylko część powierzchni przedmiotu poddawana jest obróbce skrawaniem, a pozostała część powierzchni

pozostaje w stanie wynikającym z poprzednich etapów procesu produkcyjnego (nie jest obrabiana), dla rozważanej grupy przedmiotów, w zasadzie niezależnie od rodzaju półfabrykatu, wszystkie powierzchnie elementu są obrabiane. Proces identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych w metodzie MAIKOE prowadzony jest w ten sposób, iż danemu wyróżnionemu obiektowi konstrukcyjnemu powinien odpowiadać pojedynczy zabieg technologiczny, alternatywne zabiegi technologiczne lub grupa zabiegów technologicznych, grupa alternatywnych zabiegów technologicznych. Takie podejście do identyfikacji elementów zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych upraszcza znacznie proces projektowania systemu CAPP. System CAPP jako informację wejściową w procesie projektowania procesu technologicznego wykorzystuje wówczas informację o konstrukcji elementu zapisaną w postaci zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych wraz z opisem relacji występujących pomiędzy poszczególnymi obiektami [4].



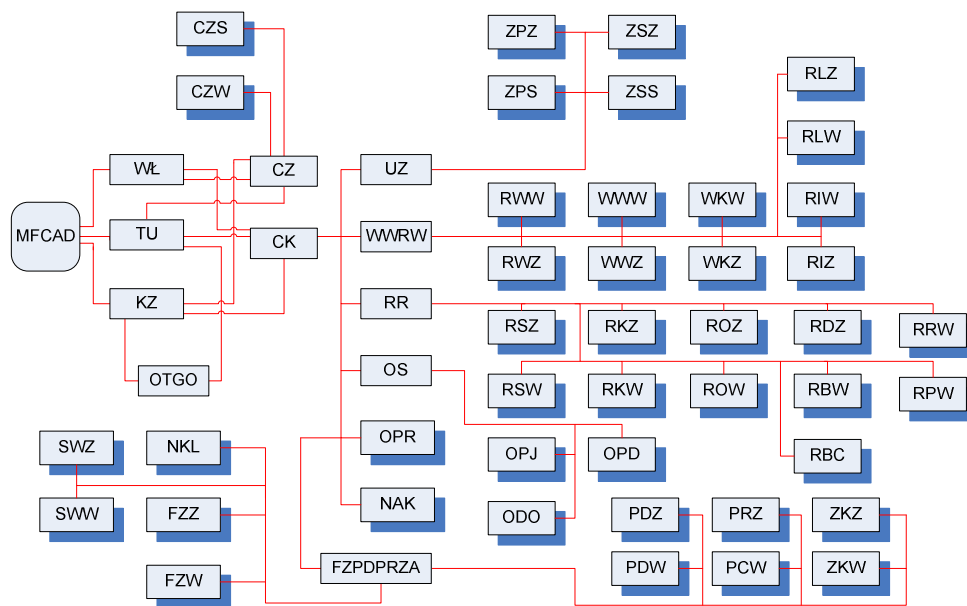
Rys.3. Otwarta struktura konstrukcyjnych obiektów elementarnych
Fig.3. An open structure of design features 1

3. Implementacja programowa z zastosowaniem języka GRIP – aplikacja AXI-CAD

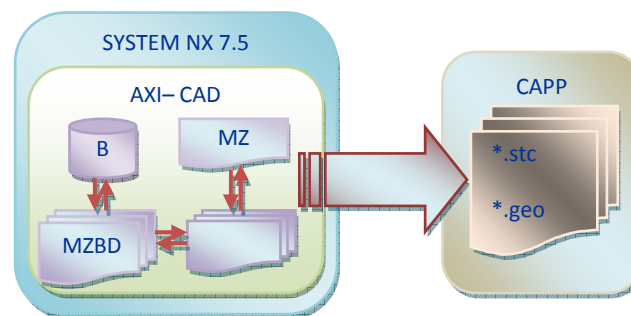
W odróżnieniu od innych systemów CAD/CAM system NX umożliwia programowanie z zastosowaniem języka wewnętrznego wysokiego poziomu nazwanego od pierwszych liter słów Graphics Interactive Programming – GRIP. Z zastosowaniem komend języka GRIP możliwe jest m.in. tworzenie modeli geometrycznych 2D, 3D, modyfikacja uprzednio opracowanych modeli konstrukcji, przygotowanie dokumentacji konstrukcyjnej na podstawie opracowanych modeli konstrukcji, zarządzanie parametrami systemu odnośnie do parametrów określających preferencje użytkownika oraz zarządzanie plikami z poziomu systemu NX.

W celu utworzenia aplikacji automatyzującej zadania konstrukcyjnego przygotowania w systemie NX konieczne było: opracowanie struktury aplikacji działającej w środowisku

systemu CAD/CAM NX, opracowanie na podstawie otwartej struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych prezentowanej na rys. 4 modelu formalnego opisu konstrukcji, zapis aplikacji z zastosowaniem języka GRIP. Struktura aplikacji AXI-CAD przedstawiona została na rys. 5. W jej strukturze wyróżniono: PZ – program zarządzający, BOK – biblioteka obiektów konstrukcyjnych, BPOBN – biblioteka programów obsługujących bazę danych, BDN – baza danych normowych. Użytkownik aplikacji stosujący w modelu konstrukcyjny obiekt elementarny, którego wartości wymiarów są znormalizowane, wspomagany jest przez system poprzez automatyczny dobór wartości wymiarów. Gdy niemożliwy jest prawidłowy dobór wartości wymiarów, wówczas system proponuje pewne wartości, natomiast użytkownik podejmuje decyzje odnośnie do ich przyjęcia bądź odrzucenia.



Rys.4. Struktura modelu formalnego FM_{CAD} zastosowanego w aplikacji AXI-CAD
 Fig.4. Structure of the FM_{CAD} formal model used in the AXI-CAD application



Rys.5. Struktura aplikacji AXI-CAD
 Fig.5. The AXI-CAD application structure

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono metodę automatyzacji konstrukcyjnego przygotowania produkcji w systemie NX z zastosowaniem języka GRIP. Podstawą procesu automatyzacji była opracowana w trakcie badań nad metodami identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych otwarta struktura klas oraz opracowany na jej podstawie model formalny MF_{CAD} . Model formalny zaimplementowano w aplikacji AXI-CAD. Zaproponowane rozwiązanie cechuje się dużą efektywnością działania mierzoną skróceniem czasu koniecznego do przygotowania modelu w porównaniu do tradycyjnego podejścia, w którym model produktu przygotowywany jest z zastosowaniem standardowych narzędzi systemu CAD. Efekt ten uzyskano poprzez wprowadzenie do struktury aplikacji AXI-CAD bazy danych normowych oraz mechanizmu automatycznego doboru wartości wymiarów poszczególnych obiektów elementarnych.

Literatura

1. Grabowik C., Knosala R.: The method of knowledge representation for a CAPP system. „Journal of Materials Processing Technology” 2003, Vol. 133, p. 90–98.
2. Grabowik C., Kalinowski K., Monica Z.: Integration of the CAD/CAPP/PPC. „Journal of Materials Processing Technology” 2005, Vol. 164–165, p. 1358–1368.
3. Integration of Rule-based Process Selection with Virtual Machining for Distributed Manufacturing Planning. Aut.: Sormaz D., Ganduri J. London : Springer, 2007.
4. Grabowik C., Kalinowski K.: Object-oriented models in an integration of CAD/CAPP/CAP systems. Lectures Notes in Artificial Intelligence, LNAI 6678, 2011. Springer, vol. II, p. 405–412.

AN AUTOMATION OF THE DESIGN PRODUCTION PREPARATION IN THE NX SYSTEM WITH APPLICATION OF THE NX GRIP LANGUAGE

Summary: In this paper a methodology of the design production preparation process taking geometric modelling aspects under special consideration is presented. The proposed methodology is based on application of the design feature technique. In the paper the methodology implementation stages, from the stage of an open structure preparation to the stage of programming implementation, are shown. Moreover, the formal model MF_{CAD} which is a base for undertaking works connected with programming implementation of the proposed methodology is also presented. In the paper the architecture of a computer application working in the CAD/CAM system environment – NX 7.5 system environment is shown. This computer application was written in the internal NX system programming language – GRIP. At the current methodology development stage it is possible to model geometry of the rotational parts but further, development of the methodology in order to expand the application field to other products classes is planned.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Aleksander GWIAZDA*, Marek SZAFRANIEC

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* aleksander.gwiazda@polsl.pl

PORÓWNANIE OBCIĄŻEŃ UKŁADÓW KORBOWYCH W RÓŻNYCH TYPACH SILNIKÓW TŁOKOWYCH

Streszczenie: Układy korbowe stanowią zasadniczy element silników tłokowych. Charakterystyka ich pracy decyduje bezpośrednio o charakterystyce pracy całego silnika. W związku z tym w niniejszym opracowaniu przedstawiono analizę obciążeń układów korbowych w różnych typach silników. Wskazano także na wady i zalety każdego z omawianych rozwiązań, które należy ocenić gdyż wpływają na zakres jego wykorzystania.

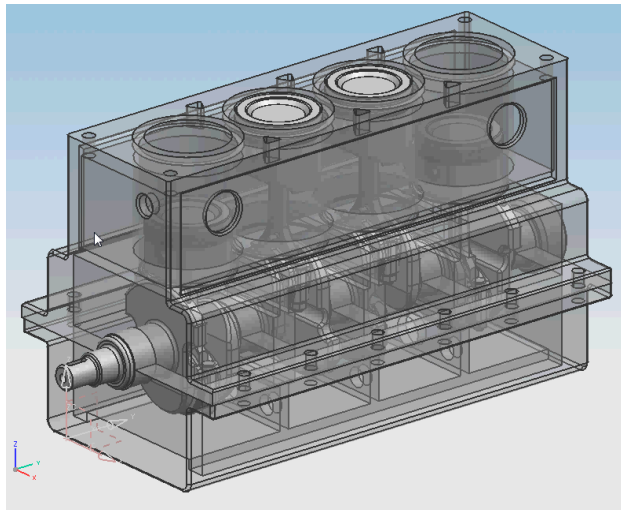
1. Wstęp

Analiza obciążeń układów korbowych prowadzona była z wykorzystaniem zaawansowanego środowiska graficznego NX Unigraphics. W tym celu zamodelowano wybrane typy silników tłokowych i przeprowadzono analizę MES odnośnie do obciążeń poszczególnych węzłów konstrukcyjnych badanych układów korbowych oraz analizę kinematyczną w celu określenia przebiegu prędkości i przyspieszeń ruchu tłoka. Najbardziej pożądanym układem jest taki, w którym różnice wektorów przyspieszeń oraz prędkości są jak najmniejsze [1]. Z drugiej strony konstruktorzy dążą do zmiany powiązania pomiędzy położeniem tłoka a położeniem wykorbienia korbowodu [2]. Element ten także brano pod uwagę w trakcie badań.

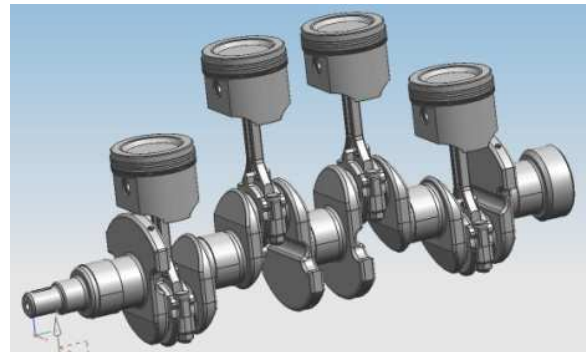
Analizując różne typy silników tłokowych, do analizy wybrano następujące ich rodzaje: silnik rzędowy, silnik w układzie bokser, silnik widlasty oraz silnik w układzie MDI. Odpowiadają one podstawowym typom stosowanym w pojazdach samochodowych. Silniki te różnią się między sobą przede wszystkim charakterystyką pracy układu korbowego.

2. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku rzędowym

Silnik rzędowy jest najczęściej wykorzystywany jako napęd pojazdów samochodowych [3]. Poniżej przedstawiono model czterocylindrowego silnika rzędowego (rys. 1). Układ korbowy tego silnika prezentuje rys. 2. Cechą charakterystyczną tego typu silnika jest powstawanie znacznych naprężeń na korbowodach wskutek zbiegu punktu zapłonu z punktem przeszywnienia układu korbowego (oś korbowodu i wykorbienia wału korbowego położone są w jednej linii). Tym samym największa siła działa przy zerowym ramieniu momentu.

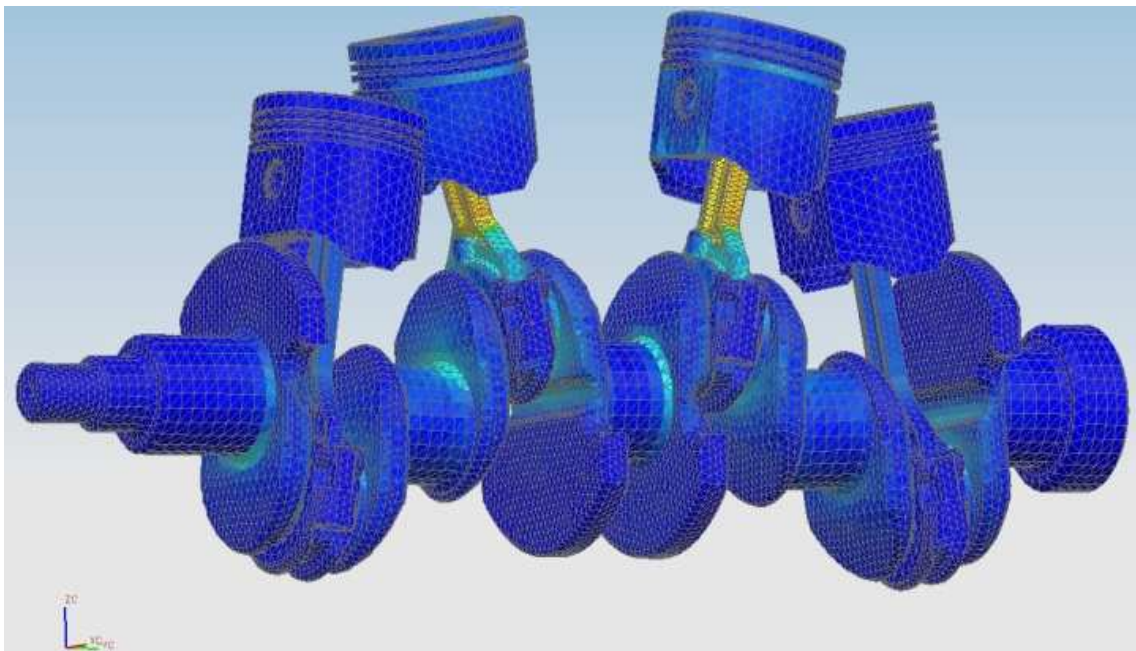


Rys.1. Wirtualny model silnika rzędownego
Fig.1. Virtual model of a line engine



Rys.2. Wirtualny model układu korbownego
Fig.2. Virtual model of a crank system

Poniżej przedstawiono (rys. 3) wynik analizy MES badanego silnika rzędownego. Najwyższe naprężenia, o czym wspomniano uprzednio, wystąpiły w obrębie korbownodu.

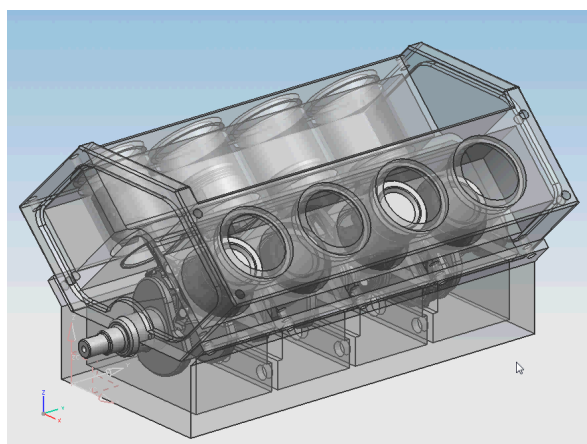


Rys.3. Analiza MES układu korbownego silnika rzędownego
Fig.3. MES analysis of the crank system of line engine

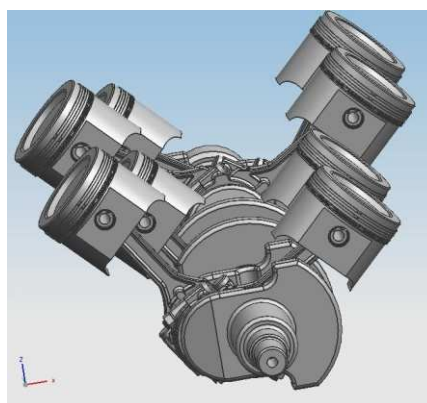
Przeprowadzona analiza potwierdziła wspomniane wady silnika rzędownego. Stąd, aby uniknąć problemu przeszywnienia, wprowadzono koło zamachowe, którego moment pozwala układowi korbownemu minąć martwy punkt.

3. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie V

Silnik w układzie V wykazuje kilka zalet w porównaniu z silnikiem rzędownym. Po pierwsze jest to bardziej zwarta konstrukcja (rys. 4), gdyż tłoki znajdują się obok siebie [4]. Współpracują one z tym samym wykorbieniem parami (rys. 5). Po drugie, w przypadku tego silnika, inne jest usytuowanie tłoka w stosunku do położenia korbowodu w chwili zapłonu.

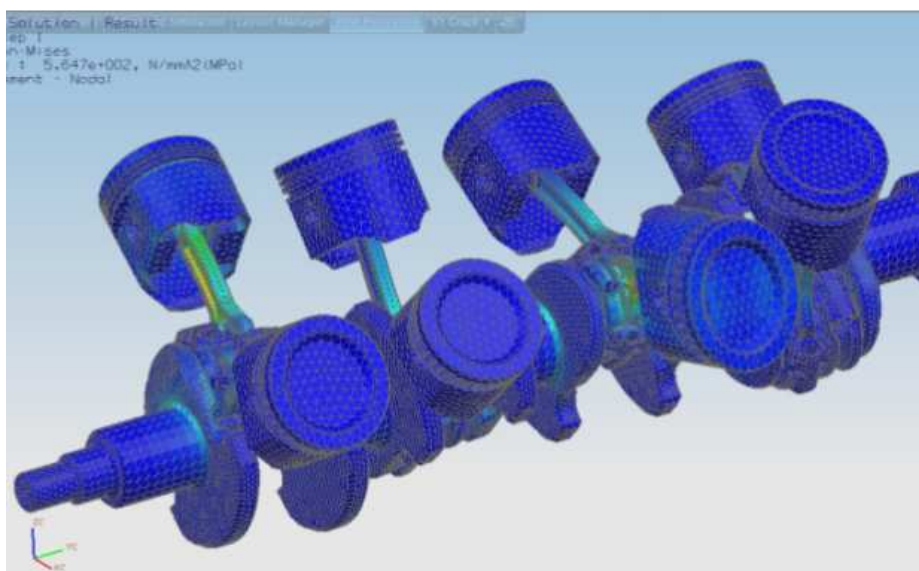


Rys.4. Wirtualny model silnika w układzie V
Fig.4. Virtual model of a V engine



Rys.5. Wirtualny model układu korbowego
Fig.5. Virtual model of a crank system

Poniżej (rys. 6) przedstawiono wyniki analizy MES układu korbowego tego silnika. Badania wskazały, iż uzyskiwane w korbowodach naprężenia są zdecydowanie niższe.

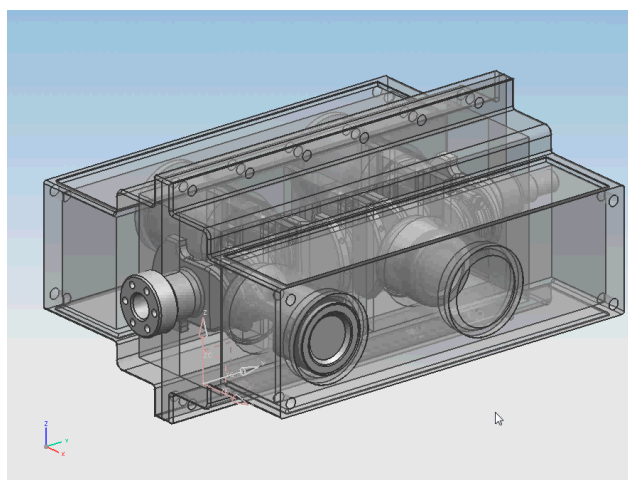


Rys.6. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie V
Fig.6. MES analysis of the crank system of V engine

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że ze względów wytrzymałościowych oraz charakterystyki pracy silnik widlasty jest zdecydowanie lepszym rozwiązaniem niż silnik rzędowny. Wadą tego rozwiązania są wyższe koszty wytwarzania.

4. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie bokser

Silnik typu bokser można określić jako rozwinięcie silnika typu V. W silniku tym tłoki położone są naprzeciw siebie (rys. 7). Jednakże tłoki połączone są z oddzielnymi wykorbieniami tłoka (rys. 8). Silnik ten charakteryzuje się dobrą kulturą pracy, jednakże w nim także występuje problem przesztynienia układu korbowego [4].

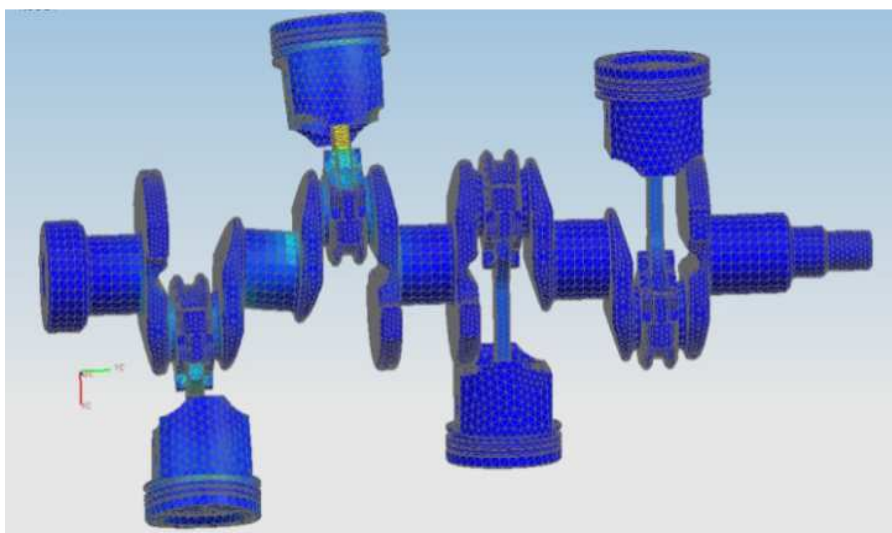


Rys.7. Wirtualny model silnika typu bokser
Fig.7. Virtual model of a boxer engine



Rys.8. Wirtualny model układu korbowego
Fig.8. Virtual model of a crank system

Analiza wytrzymałościowa korbowodów wskazała, iż podobnie jak w przypadku silnika rzędowego, również w tym występują duże naprężenia w punkcie martwym (rys. 9).

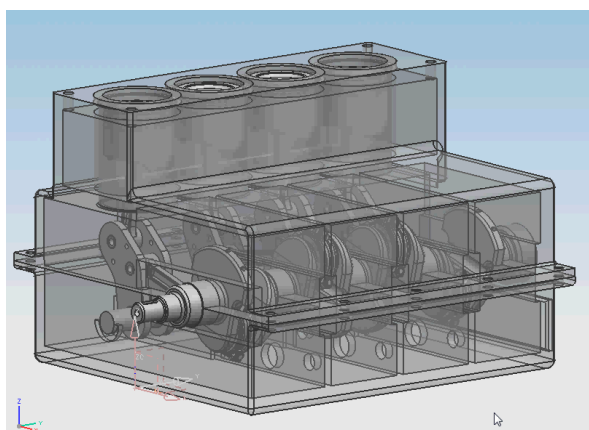


Rys.9. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie bokser
Fig.9. MES analysis of the crank system of boxer engine

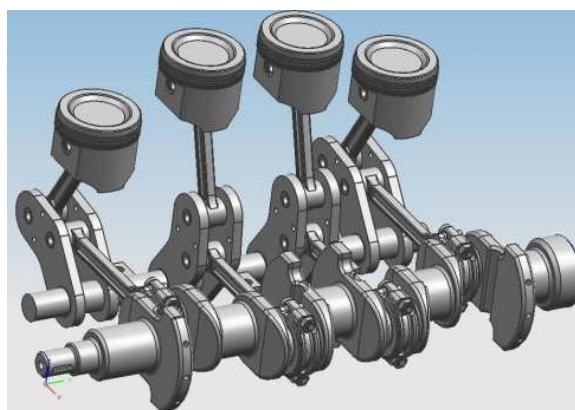
Podsumowując stwierdzić należy, że silnik typu bokser wykazuje typowe wady silnika rzędowego, będąc jednocześnie bardziej złożonym pod względem konstrukcyjnym (na przykład w silniku tym występuje konieczność stosowania dwóch głowic).

5. Modelowanie i analiza układu korbowego w silniku w układzie MDI

Silnik w układzie MDI jest oryginalnym rozwiązaniem francuskiego przedsiębiorstwa Motor Development International, przeznaczonym do zasilania sprężonym powietrzem [5, 6]. Stąd poszukiwanie rozwiązań konstrukcyjnych gwarantujących jak najlepsze charakterystyki pracy. Silnik ten przedstawiono na rys. 10, a jego układ korbowy na rys. 11.

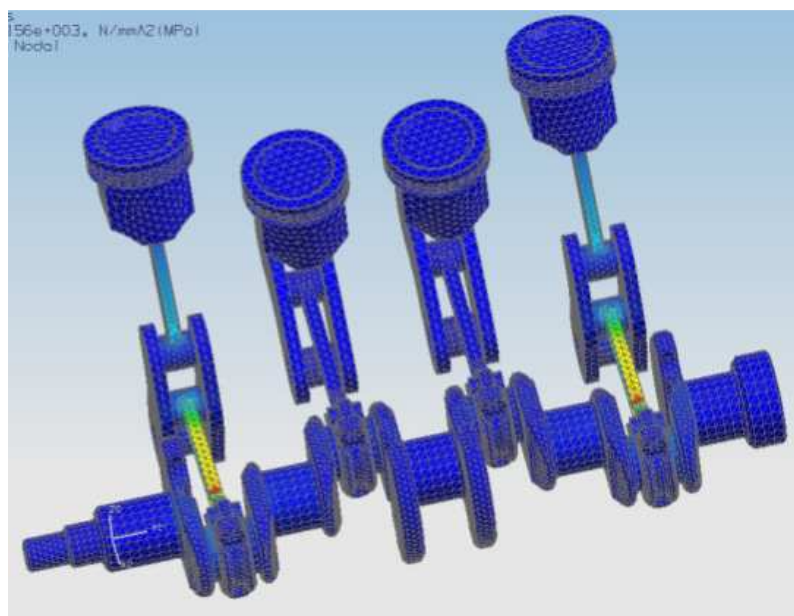


Rys.10. Wirtualny model silnika typu MDI
Fig.10. Virtual model of a MDI engine



Rys.11. Wirtualny model układu korbowego
Fig.11. Virtual model of a crank system

W układzie tym wystąpiły mniejsze naprężenia na korbowodach, jednakże kosztem wzrostu naprężeń dźwigni pośredniczących, które przenoszą siłę wybuchu mieszanki na wał korbowy. Z drugiej strony wprowadzenie tych dźwigni wyeliminowało problem przeszywania układu korbowego.



Rys.12. Analiza MES układu korbowego silnika w układzie MDI
Fig.12. MES analysis of the crank system of MDI engine

Analizując wyniki badań odnoszące się do silnika typu MDI, należy zwrócić uwagę na wyższą kulturę pracy i bardziej korzystny układ przenoszenia siły wybuchu mieszanki na wał korbowy silnika. Jednakże złożoność tej konstrukcji powoduje generowanie wyższych kosztów wytwarzania [7].

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania porównawcze pozwoliły na wskazanie, iż pod względem rozkładu naprężeń najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest silnik widlasty. Jest on też rozwiązaniem konstrukcyjnym najbardziej zwartym. Natomiast ze względu na charakterystykę pracy, a zwłaszcza charakterystykę przenoszenia siły generowanej przez czynnik roboczy, najlepiej wypada silnik typu MDI.

Biorąc pod uwagę maksymalne prędkości tłoków, najlepszy okazał się również silnik widlasty wykazujący się ich najmniejszą wartością przy tej samej prędkości wału korbowego. Najgorzej w tym zakresie wypadły: silnik rzędowy i silnik typu MDI. Natomiast pod względem przyspieszeń tłoka najkorzystniejszy układ charakteryzuje silnik widlasty oraz silnik typu MDI.

Prowadzona analiza pokazała, że konstrukcja silników tłokowych podlega ciągle ewolucji. Nowe rozwiązania, które pojawiają się w tym zakresie, pozwalają wyeliminować istotne wady obecnie stosowanych rozwiązań.

Literatura

1. Luft S.: Podstawy budowy silników. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2006.
2. Rychter T., Teodorczyk A.: Teoria silników tłokowych. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 2006.
3. Ubysz A.: Współczesne silniki spalinowe. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2003.
4. Wajand J., Wajand J.: Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2005.
5. www.mdi.lu/moteurs.php. (stan na: 23.05.2011).
6. www.greencar.com/articles/trends-air-powered-cars.php. (stan na: 23.05.2011).
7. <http://spectrum.ieee.org/energy/environment/deflating-the-air-car/0>. (stan na: 23.05.2011).

COMPARISON OF LOADS OF CRANK SYSTEMS OF DIFFERENT TYPES OF PISTON ENGINES

Summary: Crank systems are the essential part of piston engines. Their operating characteristics directly determine the characteristics of work of the whole engine. Therefore, this study presents an analysis of crankshaft system loads in different types of engines. It also shows the advantages and disadvantages of each of these solutions that should be assessed, because they affect the extent of its use.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Aleksander GWIAZDA*, Tomasz MATUSIK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

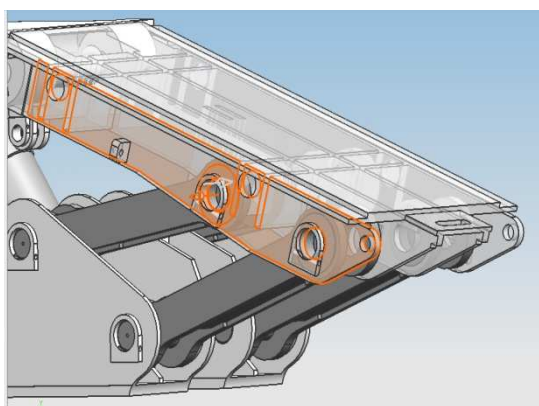
* aleksander.gwiazda@polsl.pl

MODELOWANIE I WIRTUALNA ANALIZA PROSTOWODOWEJ OBUDOWY GÓRNICZEJ

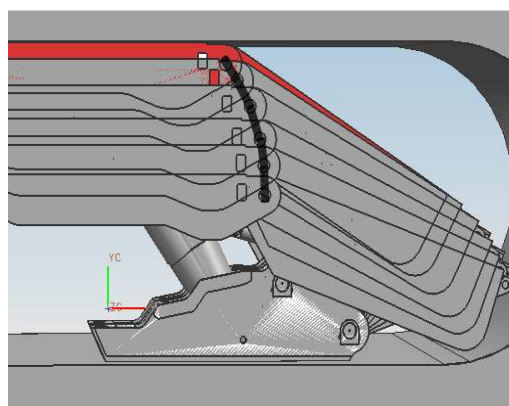
Streszczenie: Jednym z istotnych elementów funkcjonowania obudowy górniczej jest trajektoria ruchu stropnicy w trakcie procesu jej rozpierania bądź rabowania. Jej przebieg wymuszony jest przez stosowany w klasycznych obudowach mechanizm lemniskatowy. W niniejszym opracowaniu przedstawiono obudowę, w której prostoliniowy ruch stropnicy wymuszany jest przez mechanizm prostowodowy. Przedstawiono także badania wirtualnego modelu wspomnianej obudowy górniczej.

1. Wstęp

Jednym z podstawowych mechanizmów prowadzących, który wykorzystuje się w obudowach górniczych, jest mechanizm lemniskatowy (rys. 1). Składa się on z czterech części: dwóch łączników oraz elementów osłony odzawałowej i spągnicy [1]. Mechanizm ten wymusza lemniskatową trajektorię ruchu spągnicy (rys. 2). Wymusza on nie tylko ruch pionowy stropnicy, który jest celem w procesie jej rabowania i rozpierania, ale też ruch poziomy, który powinien zostać maksymalnie zminimalizowany.



Rys.1. Mechanizm lemniskatowy
Fig.1. Lemniscate mechanism



Rys.2. Trajektoria lemniskatowa stropnicy
Fig.2. Roof-bar lemniscate trajectory

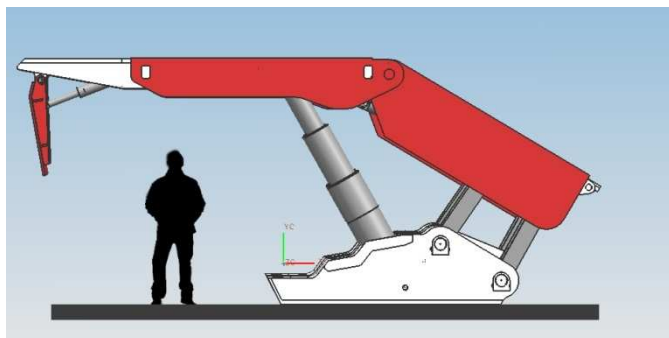
Rozpatrując przedstawione wymagania, odnośnie do mechanizmu funkcjonowania klasycznej obudowy górniczej, należy wskazać, iż celem projektu nowej obudowy powinno być takie jej działanie, w którym ruch stropnicy będzie pionowy. Rozwiązanie tego typu przedstawione zostanie poniżej. Jednakże wcześniej należy zwrócić uwagę także na inne negatywne aspekty związane z funkcjonowaniem klasycznej obudowy górniczej.

2. Klasyczna obudowa górnicza

W kopalniach głębinowych węgla kamiennego stosuje się najczęściej obudowy górnicze dwustojakowe [1]. Na rys. 3 przedstawiono przykładową obudowę górniczą Glinik 21/45-poz. Obudowa dwustojakowa jako elementy podporowe wykorzystuje tylko dwa, ustawione skośnie, stojaki hydrauliczne. To rozwiązanie powoduje generowanie spiętrzenia naprężeń w okolicach punktów mocowania stojaków. Ponadto siły generowane w stojakach nie są w całości skierowane do podpierania stropu. Jedynie składowa pionowa siła podpory skierowana jest w kierunku stropu. Natomiast składowa pozioma generuje dodatkowe obciążenie w węzłach mocowania stojaków [6]. Po drugie, wykorzystanie jedynie dwóch stojaków hydraulicznych ustawionych w rzędzie powoduje, iż od strony ociosu pracownik nie jest niczym chroniony (rys. 4). Te wady klasycznej obudowy górniczej spowodowały podjęcie prac badawczych nad opracowaniem nowego rozwiązania, które będzie ich pozbawione.



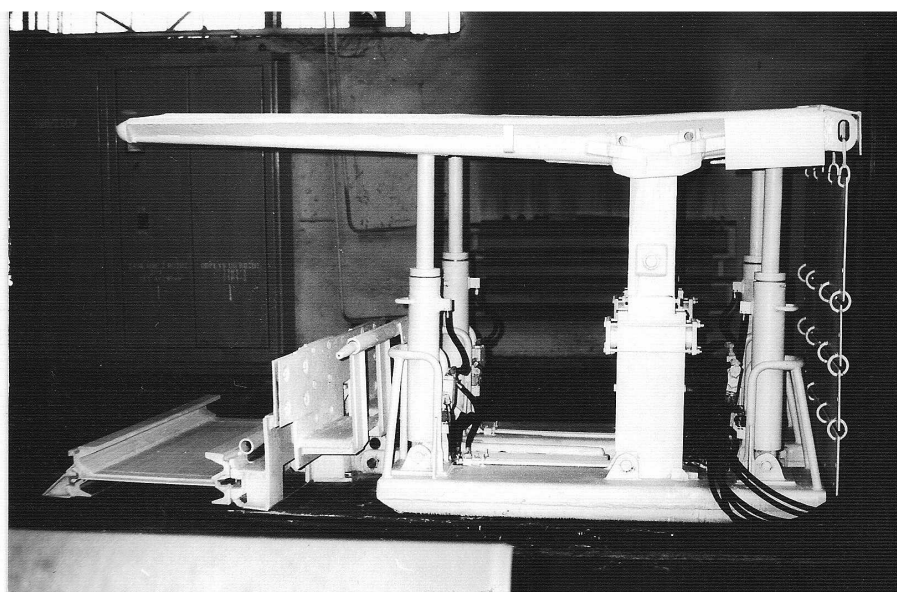
Rys.3. Obudowa Glinik 21/45-poz [7]
Fig.3. Support Glinik 21/45-poz [7]



Rys.4. Przestrzeń komunikacyjna pod obudową
Fig.4. Communication space under a support

3. Obudowa prostowodowa

Bazując na wskazanych wadach, zaproponowano konstrukcję obudowy wykorzystującą mechanizm prostowodowy [5]. Mechanizm ten bazuje na dwóch prowadnicach teleskopowych o przekroju prostokątnym (rys. 5). Prowadnica zewnętrzna zamocowana jest sztywno do spągnicy, natomiast prowadnica wewnętrzna połączona jest sztywno ze stropnicą. W czasie rozpierania i rabowania obudowy wzajemne powiązanie prowadnic wymusza pionowy ruch stropnicy. Należy zaznaczyć, iż w celu wyeliminowania przenoszenia przez mechanizm prostowodowy sił poziomych (wynikających na przykład z poziomego przesunięcia się stropnicy pod wpływem górotworu) wyposażano go w specjalnie zaprojektowany układ amortyzatora pneumatycznego. Należało między innymi rozwiązać problem uszczelnienia zbiornika azotu [4].

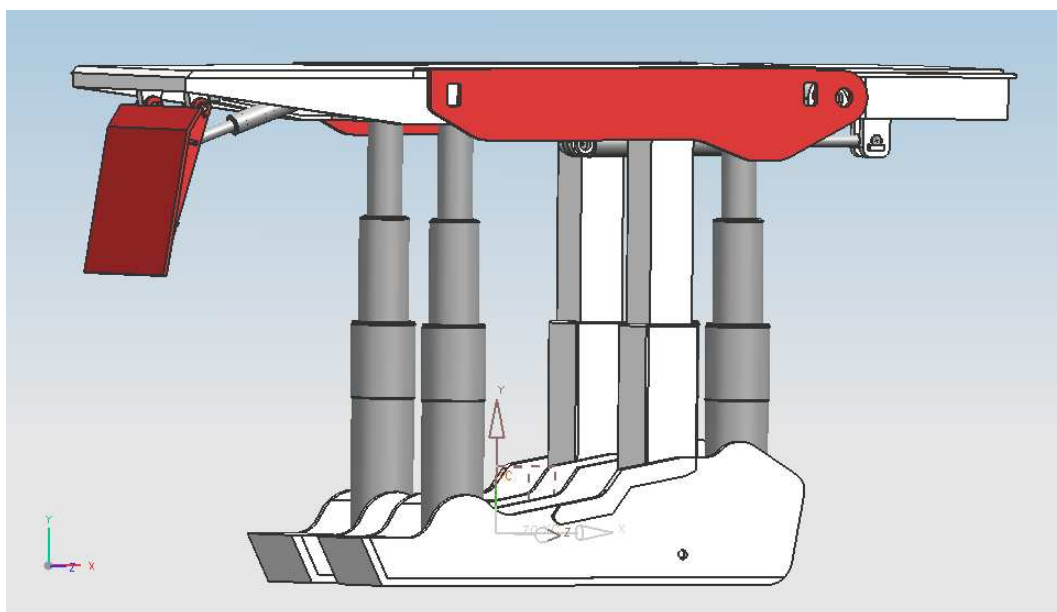


Rys.5. Prototyp obudowy prostowodowej
Fig.5. Prototype of a support with the strait-line mechanism

Drugim elementem jaki zmieniono w konstrukcji obudowy jest zastosowanie czterech stojaków, które zawsze ustawione są pionowo. Powoduje to, iż cała generowana w nich siła wykorzystywana jest do podpierania stropu. Ponadto większa liczba stojaków powoduje, że rozkład naprężeń w stropnicy jest bardziej równomierny.

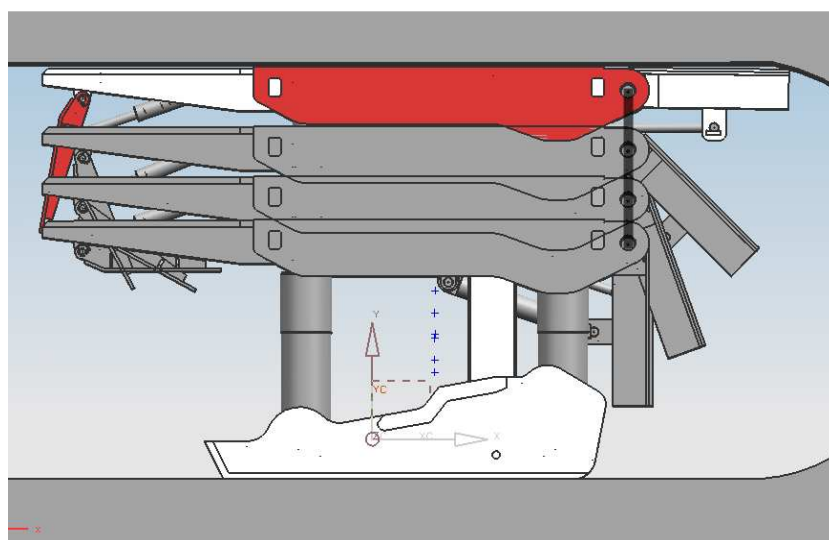
4. Badania wirtualnego modelu obudowy prostowodowej

W celu sprawdzenia funkcjonowania opracowanej koncepcji przeprowadzono badania wirtualnego modelu obudowy prostowodowej (rys. 6). W stosunku do wcześniej opracowanego prototypu w modelu wirtualnym dokonano kilku uproszczeń, które jednak nie wpłynęły na funkcjonalność samego modelu. Badania wirtualne prowadzono między innymi ze względu na koszty i konieczne procedury związane z badaniami *in situ*. Model obudowy opracowano w zaawansowanym środowisku graficznym NX Unigraphics.



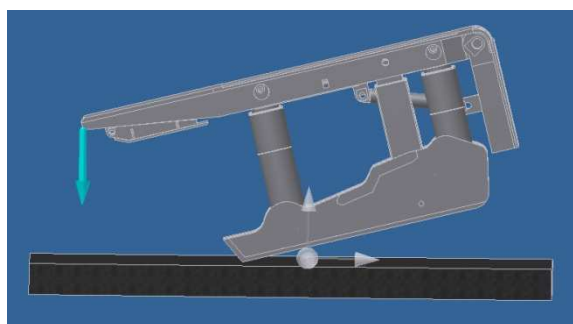
Rys.6. Wirtualny model obudowy prostowodowej
Fig.6. Virtual model of a support with the strait-line mechanism

Poniżej przedstawiono wyznaczoną w trakcie badań trajektorię ruchu stropnicy wymuszoną przez mechanizm prostowodowy (rys. 7).



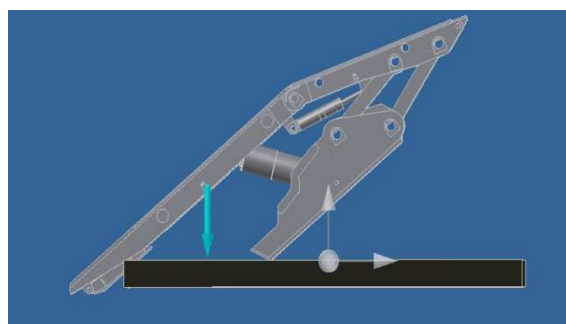
Rys.7. Prototyp obudowy prostowodowej
Fig.7. Prototype of a support with the strait-line mechanism

Dalsze badania odnosiły się do analizy stabilności obudowy prostowodowej (rys. 8) w stosunku do stabilności klasycznej obudowy dwustojakowej (rys. 9). Na rysunkach tych uwidoczniło różnice w położeniu tej samej siły, która powodowała wywrócenie się obudowy. Po drugie, przeanalizowano rozkład naprężeń pod wpływem obciążenia stropnicy (rys. 10). Badania pokazały, iż uzyskano w miarę równomierny rozkład naprężeń w obszarze stropnicy. Także przebadano przestrzeń komunikacyjną pod obudową (rys. 11).



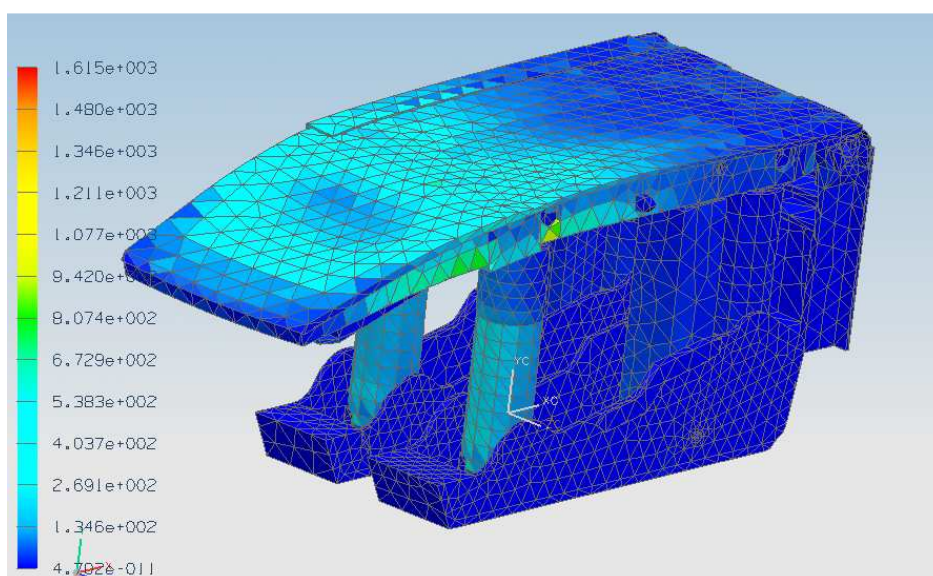
Rys.8. Analiza stabilności obudowy prostowodowej

Fig.8. Stability analysis of a support with the strait-line mechanism



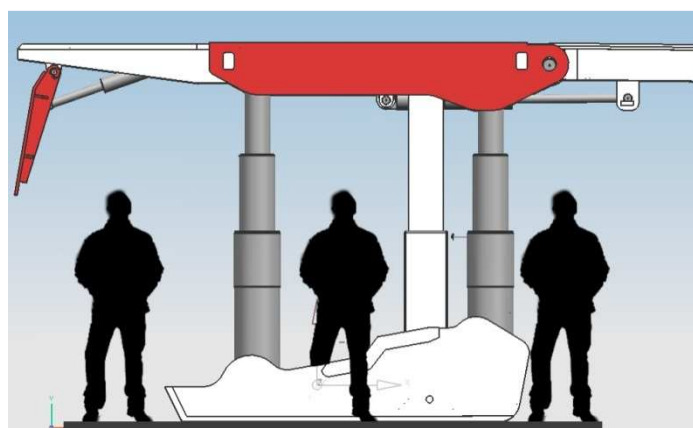
Rys.9. Analiza stabilności obudowy dwu-stojakowej

Fig.9. Stability analysis of a two-cylinder support



Rys.10. Prototyp obudowy prostowodowej

Fig.10. Prototype of a support with the strait-line mechanism



Rys.11. Przestrzeń komunikacyjna pod obudową

Fig.11. Communication space under a support

5. Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań pokazały, że w zakresie konstrukcji obudów górniczych istnieje ciągle możliwość wprowadzenia znaczących usprawnień. Jednym z ważniejszych jest zastąpienie mechanizmu lemniskatowego przez inny, który prowadziłby stropnicę jedynie w kierunku pionowym, tym samym nie wymuszałyby przemieszczeń poziomych, które generują dodatkowe naprężenia w układzie ruchu obudowy. Prowadzi to między innymi do pęknięcia łączników lemniskatowych [6]. Drugim ze sprawdzonych rozwiązań jest zastosowanie czterech stojaków hydraulicznych zamiast dwóch. Pomimo większej złożoności takiej konstrukcji jej zalety są bezsporne. Po pierwsze uzyskuje się bardziej równomierny rozkład naprężeń w obszarze stropnicy. Po drugie, dodatkowo przednia para stojaków pełni rolę bariery chroniącej od strony ociosu osprzęt obudowy oraz ewentualnie załogę. Przy czym należy dążyć do tego, by ustawienie stojaków było jak najbardziej zbliżone do pionowego.

Wreszcie należy wspomnieć, iż można chronić elementy obudowy górniczej, stosując odpowiedni układ regulacji ciśnienia [2] lub też stosować, w przypadku obciążeń dynamicznych, hydrauliczne zawory bezpieczeństwa [3]. Wszystkie te działania prowadzą do lepszego wykorzystania tego środka technicznego i zwiększenia jego rezerwy.

Literatura

1. Antoniuk J., Opolski T.: Maszyny do eksploatacji podziemnej, Seria: Maszyny górnicze cz. 2, Katowice: Wydawnictwo Śląsk, 1979.
2. Gwiazda J., Gwiazda A.: Układ podpórnościowy górniczej obudowy zmechanizowanej z zastosowaniem regulacji podpórności wstępnej, patent polski nr 163498 z dnia 29.04.1994.
3. Gwiazda J., Gwiazda A.: Wysokociśnieniowy zawór bezpieczeństwa dla urządzeń hydraulicznych narażonych na udary, patent polski nr 164823 z dnia 31.10.1994.
4. Gwiazda J., Gwiazda A.: Układ do uszczelniania elementu zamykającego pojemnik ze sprężonym gazem, patent polski nr 166031 z dnia 31.03.1995.
5. Gwiazda J., Gwiazda A.: Zmechanizowana obudowa prostowodowa, patent polski nr 166872 z dnia 30.06.1995.
6. Gwiazda J.: Górnicza obudowa hydrauliczna odporna na tąpnięcia, Katowice: Wydawnictwo Śląsk, 1997.
7. www.teberia.pl/galeria/displayimage.php?album=197&pos=64 (stan na 24.05.2011).

MODELING AND ANALYSIS OF A VIRTUAL MODEL OF THE MINING SUPPORT WITH A STRAIT-LINE MECHANISM

Summary: One of important elements of the functioning of a mining support is the trajectory of a roof-bar in the process of spragging or withdrawing it. Its course is forced by the use, in conventional supports, the lemniscate mechanism. This paper describes the support in which the straight movement of a roof-bar is forced through the strait-line mechanism. Moreover, the study presents the investigations of the virtual model of that support.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Aleksander GWIAZDA*, Adrian ZBILSKI

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* aleksander.gwiazda@polsl.pl

WIRTUALNE MODELOWANIE ŁAŃCUCHÓW KINEMATYCZNYCH ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie: Jednym z elementów modelowania i badania przestrzeni produkcji jest modelowanie urządzeń, które ją tworzą. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki pierwszego etapu prac związanych z modelowaniem ramion robotów przemysłowych na bazie schematów w postaci łańcuchów kinematycznych. W ramach tego etapu opracowano koncepcję i modele pozwalające na wirtualne modelowanie ramion robotów z obrotowymi parami kinematycznymi. Przedstawiono również opracowania pokazujące powstałe gotowe przestrzenie produkcji w postaci gniazd zrobotyzowanych.

1. Wstęp

Wirtualne modelowanie łańcuchów kinematycznych robotów przemysłowych wymaga kilku faz przygotowawczych. Po pierwsze istotne jest utworzenie bazy elementów, z których tworzone będą modele ramion robotów przemysłowych. Modele te można określić jako prymitywy funkcjonalne, reprezentujące elementy pośrednie pomiędzy częściami składowymi schematów kinematycznych a członami strukturalnymi robotów przemysłowych. W ramach realizowanego zadania utworzono następujące bazy elementów:

- bazę par kinematycznych,
- bazę członów mechanizmów,
- bazę scen.

Pierwsza ze wspomnianych baz obejmuje pary kinematyczne mające stanowić główny element ruchomego połączenia poszczególnych członów sztywnych. Zgodnie z tym co wspomniano obejmuje ona w pierwszym etapie pary obrotowe (piątego stopnia). Ten typ par kinematycznych wybrano ze względu na fakt, iż występuje on najczęściej w strukturach robotów przemysłowych [3].

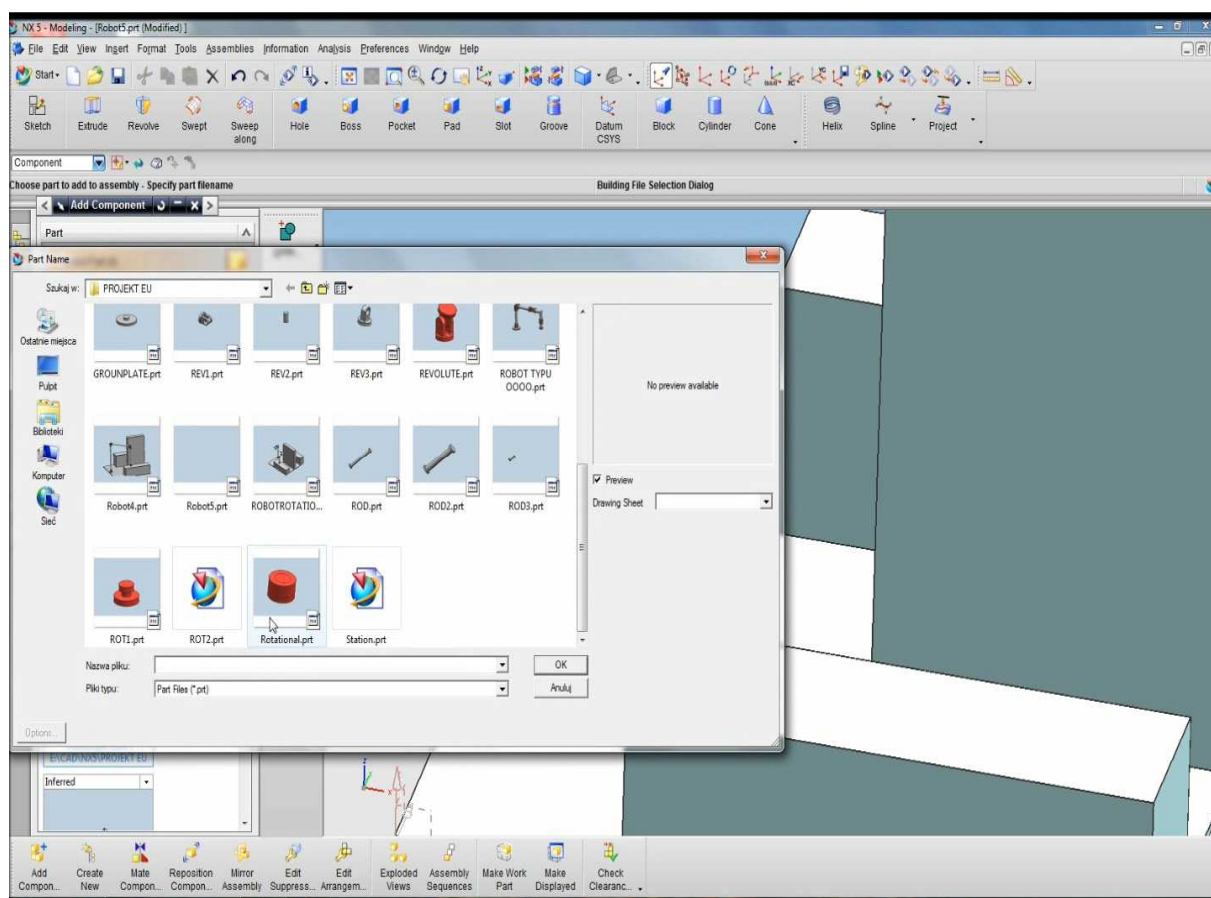
Druga baza obejmuje człony mechanizmów, pozwala zatem na przekształcenie schematycznych struktur łańcuchów kinematycznych w elementy strukturalne ramienia robotów przemysłowych. Zawarto w niej między innymi takie elementy strukturalne jak: podstawa, człony sztywne – proste czy też człony kątowe. Pozwalają one przekształcać zapis schematyczny w elementy trójwymiarowe.

Ostatnia baza to baza scen (przestrzeni produkcji). Obejmuje ona zarówno elementy proste, jak i złożone: proste modele urządzeń technologicznych, modele przenośników,

modele przeszkód i tym podobne. Korzystając z tych elementów, można tworzyć dowolne konfiguracje przestrzeni produkcyjnej (gniazda zrobotyzowanego), w której możliwe jest śledzenie funkcjonowania zamodelowanego ramienia robota przemysłowego.

Należy wspomnieć, iż wszystkie opracowane elementy mają charakter parametryczny, istnieje zatem możliwość ich dostosowania do konkretnej konfiguracji przestrzeni roboczej, co dodatkowo uelastycznia funkcjonalność proponowanej metody [1, 2].

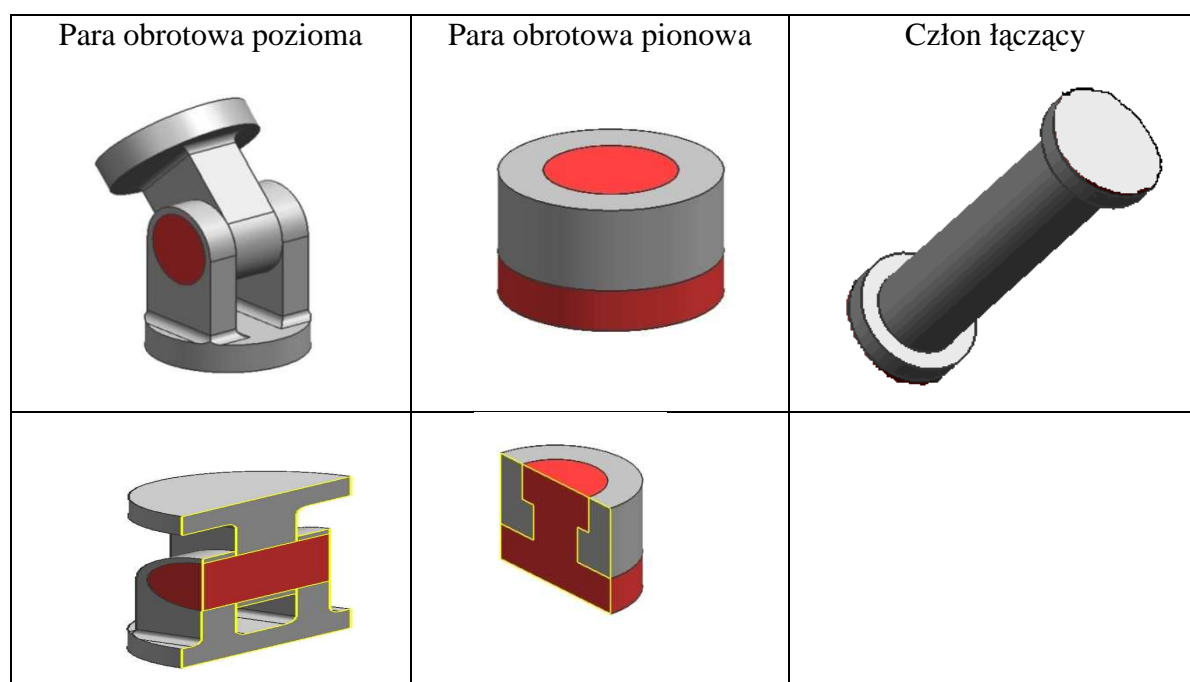
Jako narzędzie modelowania wykorzystano zaawansowany system graficzny Unigraphics firmy Siemens. Poniżej (rys. 1) przedstawiono okno programu pokazujące wykorzystanie bazy elementów do tworzenia wirtualnego modelu robota. Tworzenie modelu odbywa się poprzez sekwencyjne wstawianie komponentów z bazy, które łączy się z elementami wstawionymi poprzednio. Odbywa się to zgodnie z sekwencją wskazaną przez schemat kinematyczny ramienia modelowanego robota przemysłowego.



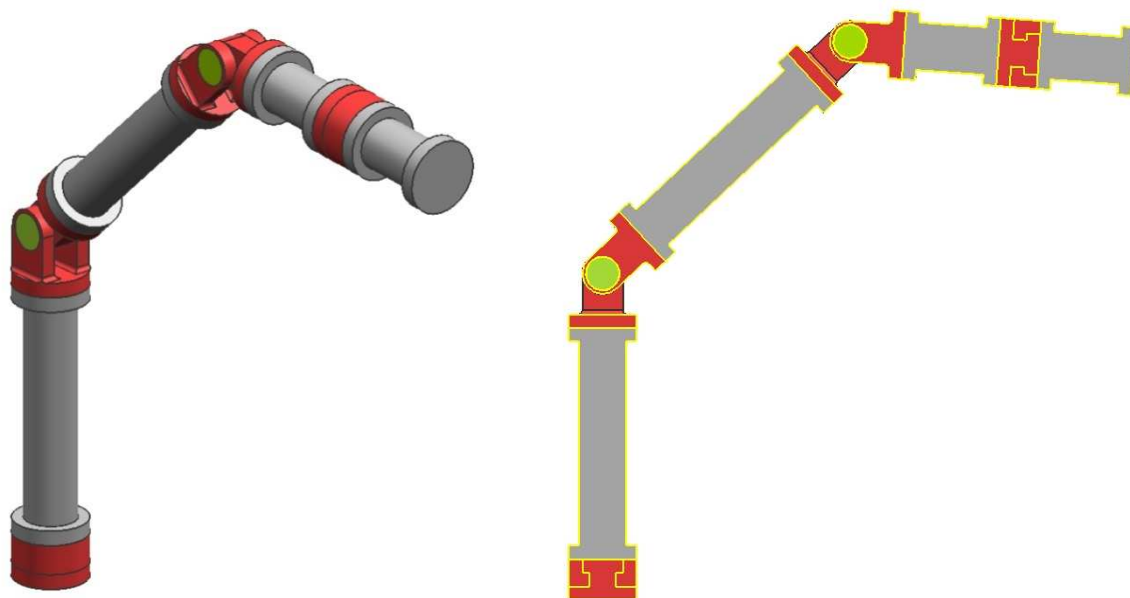
*Rys.1. Tworzenie wirtualnego modelu ramienia robota z wykorzystaniem bazy elementów
Fig.1. Creating of virtual model of an arm of an industrial robot using the base of elements*

Zgodnie z tym co wspomniano, podstawowymi elementami tworzonych baz danych były pary kinematyczne. W pierwszym etapie zamodelowano pary obrotowe piątego stopnia. Ich modele przedstawiono w Tab. 1. Pokazano także model członu łączącego.

*Tab. 1. Przykładowe elementy strukturalne modeli wirtualnych i ich przekroje
Tab. 1.Exemplar structural elements of virtual models and their cross-sections*



Poniżej (rys. 2) przedstawiono gotowy model wirtualnego ramienia robota wraz z przekrojem, który powstał poprzez wstawianie do przestrzeni wirtualnej elementów z bazy danych, ich odpowiednie pozycjonowanie i nadawanie odpowiednich więzów między pozycjonowanymi elementami.



Rys.2. Utworzony wirtualny model ramienia i jego przekrój

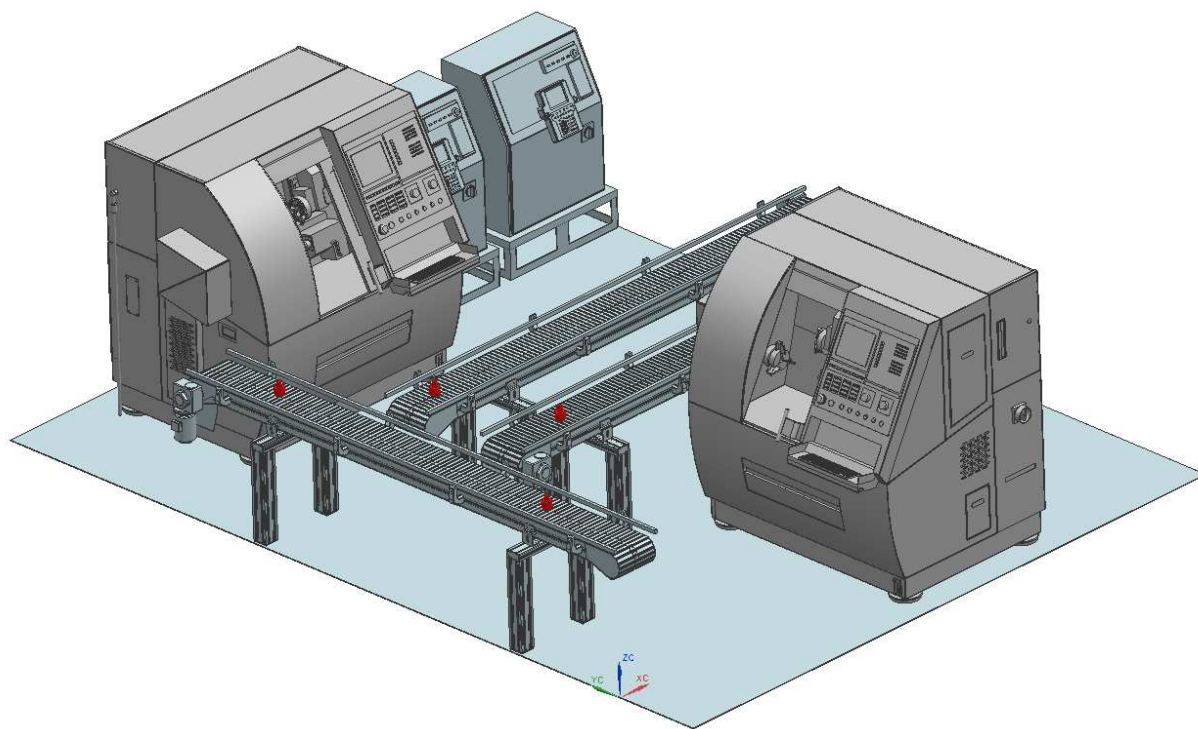
Fig.2. Created virtual model of an arm and its cross-section

Utworzone modele ramion robotów można zapisać w bazie jako osobne projekty. Tym samym mogą one zostać wstawione w utworzoną później wirtualną przestrzeń produkcyjną

jako gotowe elementy. Pozwala to między innymi dzielić proces modelowania ramienia robota na dwa główne etapy. Po pierwsze modelowany jest łańcuch kinematyczny. Po drugie, na bazie modelu sceny, tworzona jest ostateczna postać konstrukcyjna opracowywanego modelu ramienia robota przemysłowego.

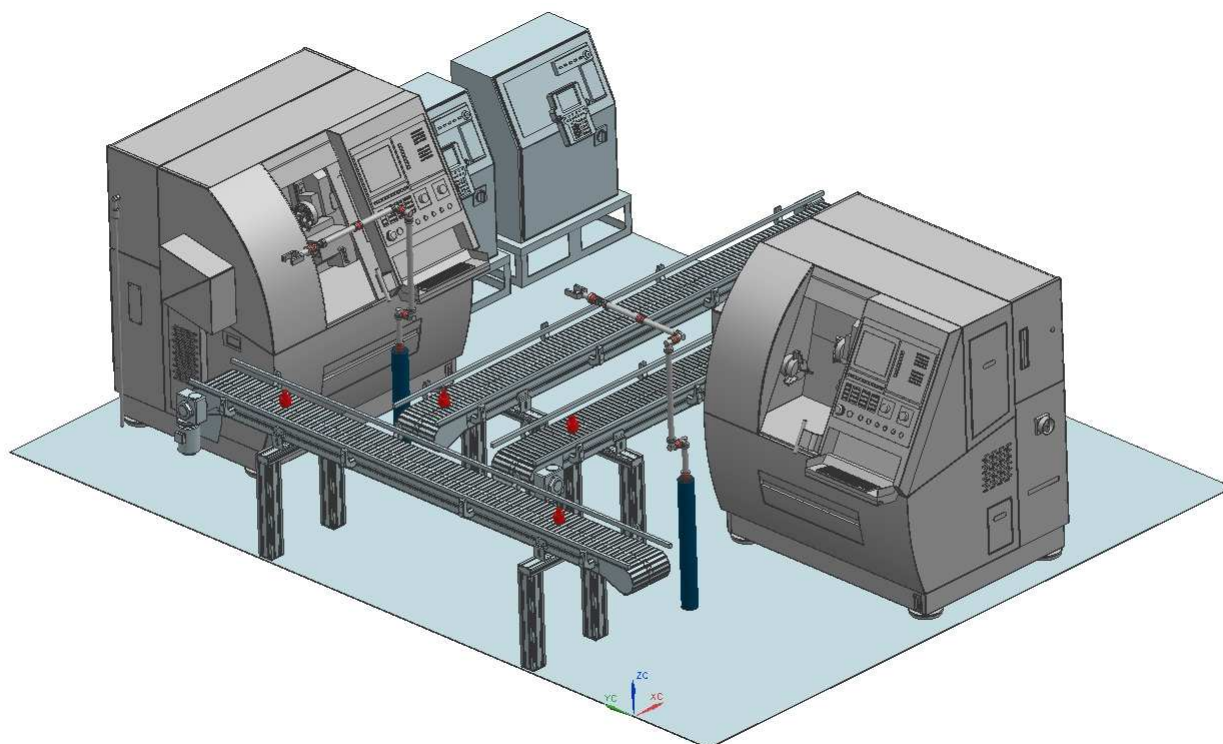
2. Modelowanie sceny

Modelowanie przestrzeni produkcji czyli gniazda zrobotyzowanego, odbywa się z wykorzystaniem gotowych modeli poszczególnych elementów zapisanych w odpowiedniej bazie danych. Standardowe elementy zawarte w tej bazie danych to: modele obrabiarek, modele przenośników, modele magazynów i modele osłon gniazda. Reprezentują one rzeczywiste elementy wykorzystywane w gniazdach zrobotyzowanych [5]. Poniżej (rys. 3) przedstawiono przykładowy model złożonego gniazda produkcyjnego opracowany na bazie wspomnianych elementów.

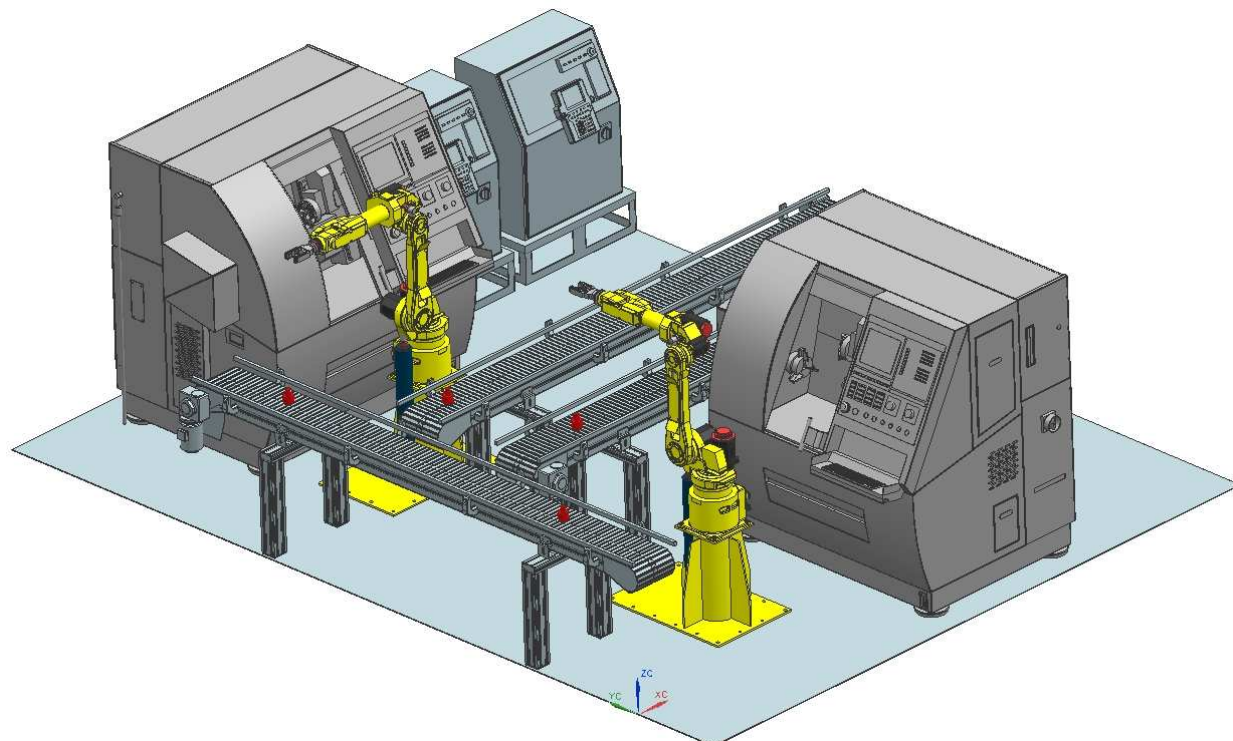


*Rys.3. Wirtualny model gniazda zrobotyzowanego
Fig.3. Virtual model of a robotized cell*

Przestrzeń produkcyjna w zaprezentowanym gnieździe obejmuje dwie tokarki sterowane numerycznie wraz z szafami sterowniczymi oraz trzy przenośniki. Dwa z nich stanowią jednocześnie magazyny wejścia/wyjścia. Do tak zamodelowanego gniazda wstawić można uprzednio zamodelowane ramię robota (dwukrotnie) jako urządzenie manipulacyjne do obsługi obrabiarek (rys. 4).



Rys.4. Gniazdo wraz z modelami robotów przemysłowych
Fig.4. Cell with models of industrial robots



Rys.5. Gniazdo z rzeczywistymi modelami robotów
Fig.5. Cell with real models of robots

Korzystając z elementów standardowych robotów przemysłowych, uproszczony model wirtualny można przekształcić w model rzeczywisty, co pokazano na rys. 5. Pozwala to bardziej wiernie oddać obraz prawdziwej przestrzeni produkcji, w której funkcjonują roboty przemysłowe.

3. Podsumowanie

Utworzone opracowanie można szeroko wykorzystać, zarówno w zakresie projektowania technicznego, projektowania procesów pracy czy też w zakresie edukacji inżynierskiej. W tym pierwszym zakresie istnieje możliwość wirtualnej analizy pracy zaprojektowanego układu kinematycznego ramienia robota przemysłowego w celu określenia szczegółowych parametrów konstrukcyjnych związanych z jego postacią geometryczną. W zakresie projektowania procesu pracy opracowane rozwiązanie pozwala sprawdzić warunki pracy związane z robotem jako urządzeniem manipulacyjnym. Wreszcie w zakresie edukacji rozwiązanie to daje możliwość tworzenia podstaw wirtualnej zdalnej edukacji.

Dodatkowo należy wskazać, że zaprezentowana propozycja rozwija idee współczesnego projektowania i konstruowania, jakie łączą się z komputerowym wspomaganie modelowania [4]. Pozwala to wykorzystać możliwości tkwiące w informatycznych narzędziach modelowania przestrzeni wirtualnej.

Literatura

1. Brown D. A. G.: CAD for Model Engineers, Philadelphia: Trans-Atlantic Publications, Inc., 1999.
2. Shah J. J., Mäntylä M.: Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications, New York: Wiley-Interscience, 1995.
3. Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G.: Robotics: Modelling, Planning and Control, Berlin: Springer, 2011.
4. Snyder J. M.: Generative Modeling for Computer Graphics and CAD: Symbolic Shape Design Using Interval Analysis, New York: Academic Press, 1992.
5. Zdanowicz R.: Robotyzacja dyskretnych procesów produkcyjnych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011.

VIRTUAL MODELLING OF KINEMTICS CHAINS OF INDUSTRIAL ROBOTS

Summary: One of the elements of modeling and testing of production space is to model the devices that compose it. This paper describes the results of the first phase of work associated with the modeling of industrial robot arms basing on patterns in the form of kinematics chains. During this stage of work the concept of virtual models that allow modeling robot arms with rotational kinematics pairs has been developed. Also this paper presents studies showing the resulted production spaces in the form of robot cells.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof HERBUŚ*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* krzysztof.herbus@polsl.pl

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA OBIEKTÓW FUNKCYJNYCH DO SFORMALIZOWANEGO OPISU SYSTEMU

Streszczenie: Praca przedstawia propozycję zapisu systemu działania środka technicznego za pomocą obiektów funkcyjnych. W pierwszej kolejności zaprezentowano modele opisu obiektu w procesie projektowo – konstrukcyjno – wytwórczym, wśród których wyróżniono: model w aspekcie projektowania, konstruowania, planowania i wytwarzania. Na potrzeby sformalizowanego opisu systemu zostały zdefiniowane obiekty funkcyjne jako zbiory zawierające w sobie informacje na temat: odwzorowywanej postaci geometrycznej, połączeń, w jakie mogą one wchodzić oraz z jakimi obiektami. Podstawowym problemem zastosowania obiektów funkcyjnych do opisu systemu jest wyodrębnienie zbiorów jednoznacznie odwzorowujących ich postać geometryczną, a mianowicie zbioru obiektów geometrycznych i zbioru relacji sprzężeń pomiędzy obiektami funkcyjnymi oraz zbioru relacji przekształceń z nimi związanych. W pracy zaproponowano również strukturę zapisu systemu z zastosowaniem obiektów funkcyjnych.

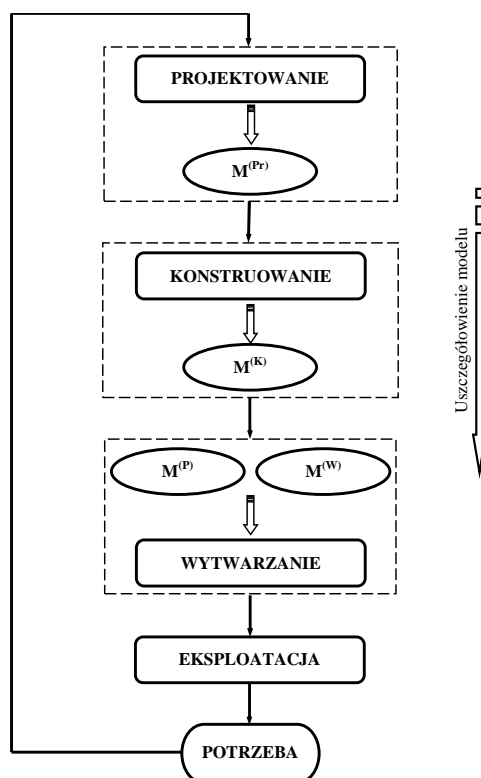
1. Wstęp

W procesie projektowo–konstrukcyjno–wytwórczym można wyróżnić modele związane z poszczególnymi jego fazami, a mianowicie:

- model w aspekcie projektowania $M^{(Pr)}$ (koncepcja),
- model w aspekcie konstruowania $M^{(K)}$ (konstrukcja),
- model w aspekcie planowania $M^{(P)}$,
- model w aspekcie wytwarzania $M^{(W)}$.

W wyniku procesu projektowania (rys. 1) otrzymuje się model przyszłego środka technicznego w aspekcie projektowania $M^{(Pr)}$. Model ten staje się podstawowym źródłem informacji wejściowych do etapu konstruowania, którego wynikiem jest model w aspekcie konstruowania $M^{(K)}$, on z kolei stanowi podstawę do prowadzenia procesu planowania procesu technologicznego $M^{(P)}$ przyszłego wytworu. Opierając się na zaplanowanym procesie technologicznym, tworzy się model $M^{(W)}$, na podstawie którego następuje wytwarzanie. Należy zauważyć, że modele $M^{(Pr)}$ oraz $M^{(K)}$ wynikają odpowiednio z procesu projektowania i konstruowania, natomiast modele $M^{(P)}$ oraz $M^{(W)}$ są podstawą w odniesieniu do procesu wytwarzania. Można powiedzieć, że wraz z przechodzeniem do kolejnych faz procesu

projektowo–konstrukcyjno–wytwórczego model ulega uszczegółowieniu. Przez uszczegółowienie rozumie się tu wzrost liczby cech i parametrów opisujących dany model. W związku z wzrastającą liczbą cech i parametrów opisujących dany model istotne jest prawidłowe zidentyfikowanie systemu działania środka technicznego i jego jednoznacznego sformalizowanego zapisu. Powinno to pozwolić na zminimalizowanie liczby błędów przy stopniowym uszczegóławianiu danej koncepcji rozwiązania projektowego.

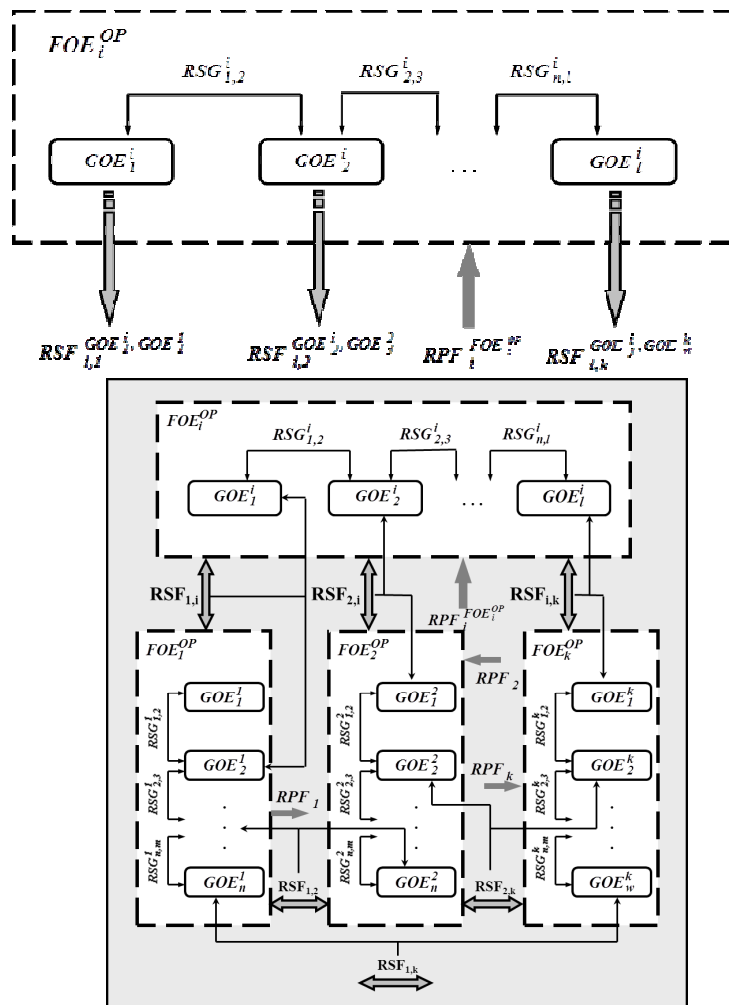


Rys.1. Podstawowe fazy procesu projektowo–konstrukcyjno–wytwórczego i odpowiadające im modele (por. [1])

Fig.1. Fundamental phases of the design-constructional-manufacturing process and models related to them (comp. [1])

2. Sformalizowany opis obiektu funkcyjnego

Funkcyjne obiekty elementarne wyodrębniane są ze względu na funkcję, jaką pełnią w obrębie obiektu podstawowego, natomiast geometryczne obiekty elementarne wyodrębniane są ze względu na zapewnienie współpracy danemu funkcyjnemu obiektowi elementarnemu z drugim, tak aby mógł on realizować założoną funkcję w obrębie obiektu podstawowego.



Rys.2. Sformalizowany opis obiektu funkcyjnego i reprezentacja graficzna zapisu systemu (2)

Fig.2. Formalized description of a functional object and graphical representation of a system notation (2)

Definicję funkcyjnego obiektu elementarnego, jako zbioru GOE, RSG, RSF i RPF, przedstawia zależność 1.

$$FOE_i^{OP} = \left\{ \begin{array}{l} (GOE_1^i, GOE_2^i, \dots, GOE_l^i); \\ (RSG_{1,2}^i, RSG_{2,3}^i, \dots, RSG_{n,l}^i); \\ (RSF_{i,1}^{GOE_1^i, GOE_1^1}, RSF_{i,2}^{GOE_2^i, GOE_2^2}, \dots, RSF_{i,k}^{GOE_j^i, GOE_w^k}); \\ RPF_i^{FOE_i^{OP}} \end{array} \right\} \quad (1)$$

gdzie:

FOE_i^{OP} – funkcyjny obiekt elementarny i wchodzący w skład obiektu podstawowego OP ,

GOE_l^i – geometryczny obiekt elementarny l wchodzący w skład funkcyjnego obiektu elementarnego i ,

$RSG_{n,l}^i$ – relacja sprzężenia pomiędzy geometrycznymi obiektami elementarnymi n i l , wchodzącymi w skład funkcyjnego obiektu elementarnego i ,

$RSF_{i,k}^{GOE_j^i, GOE_w^k}$ – relacja sprzężenia pomiędzy funkcyjnymi obiektami elementarnymi i oraz k , w odniesieniu do geometrycznych obiektów elementarnych GOE_j^i oraz GOE_w^k ,

$RPF_i^{FOE_i^{op}}$ – relacja przekształcenia związana z funkcyjnym obiektem elementarnym i ,
 $i, j, k, l, m, n, w = 1, 2, \dots, p; p \in \mathbb{N}$.

3. Podsumowanie

Podstawowym problemem zastosowania obiektów funkcyjnych do opisu systemu jest wyodrębnienie zbiorów jednoznacznie odwzorowujących ich postać geometryczną, a mianowicie zbioru obiektów geometrycznych i zbioru relacji sprzężeń pomiędzy obiektami funkcyjnymi oraz zbioru relacji przekształceń z nimi związanych.

Literatura

1. Dietrych J.: System i konstrukcja. Warszawa: WNT, 1978.
2. Świder J., Herbuś K.: Zastosowanie funkcyjnych obiektów elementarnych do wspomaganie modelowania maszyn zorientowanego na analizę ruchu. Monografia. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.

THE CONCEPT OF FUNCTIONAL OBJECTS APPLICATION FOR FORMALIZED SYSTEM DESCRIPTION

Summary: This paper presents a proposal of notation of the system of functioning a technical mean using function objects. In the first place the models of object notation in the design - construction - manufacturing process have been presented. In it were distinguished models in the terms of designing, constructing, planning and manufacturing. For the purpose of formalized description of a system the functional object have been designed and contain information about: reproduced geometric form, connections they may enter and objects they can connect with. The main problem of application the functional objects for description of a system of a technical mean is to distinguish the sets which clearly reproduce their geometric form, and namely the set of geometric objects and the set of connection relations between functional objects and the set of transformation relations associated with them. The paper proposes also the structure of the notation system with the use of functional objects.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof HERBUŚ, Piotr OCIEPKA

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
* piotr.ocieпка@polsl.pl

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI DO INTERAKTYWNEGO PROGRAMOWANIA RUCHU MANIPULATORA ROBOTA

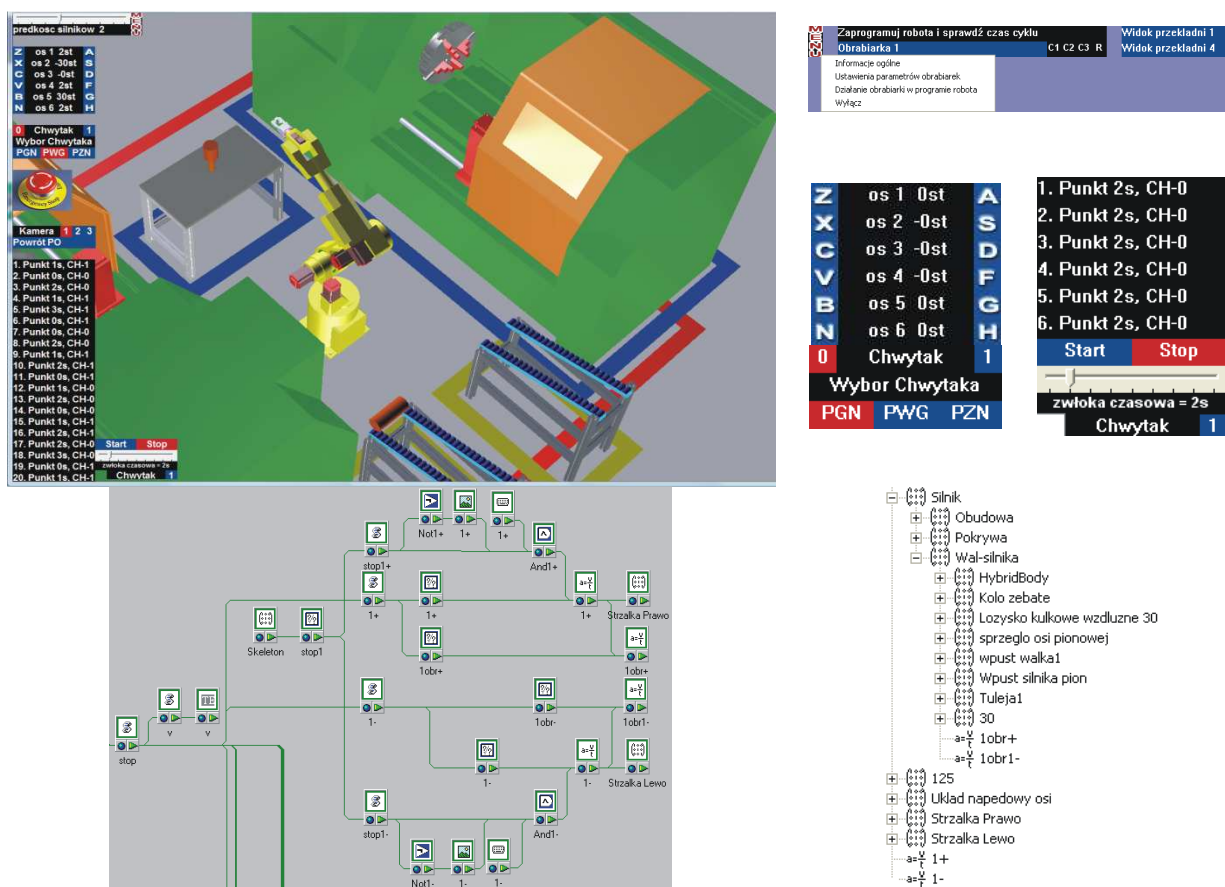
Streszczenie: Koncepcja zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości do interaktywnego modelowania ruchu manipulatora robota została oparta na idei, która polega na tym, że dane środowisko pracy wraz z robotem tworzone jest w postaci trójwymiarowych obiektów, w nowoczesnych systemach CAD [1, 2]. Natomiast proces odwzorowania działania danego układu odbywa się w środowisku wirtualnej rzeczywistości (EON Studio). W pracy przedstawiono koncepcję algorytmu reprezentującego proces interaktywnego programowania robotów z zastosowaniem technologii wirtualnej rzeczywistości. Modelowanie i odwzorowywanie działania danego układu zilustrowano na przykładzie elastycznego gniazda produkcyjnego, składającego się z robota, dwóch obrabiarek sterowanych numerycznie, stanowiska reorientacji, magazynu wejściowego i wyjściowego.

1. Wstęp

Programowanie robotów umiejscowionych w danym środowisku pracy może odbywać się z poziomu panelu sterowania (Teachpendant) lub z poziomu programów wspomagających programowanie robotów (np. RobCAD). Koncepcję zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości do interaktywnego modelowania ruchu manipulatora robota oparto na przekonaniu, że dane środowisko pracy wraz z robotem tworzone jest w postaci trójwymiarowych obiektów, w systemach klasy CAD. Proces odwzorowania działania danego układu odbywa się natomiast w środowisku wirtualnej rzeczywistości (EON Studio). Stosowane środowisko VR pozwala na zaimportowanie postaci geometrycznej dowolnego układu technicznego utworzonego w dowolnym programie klasy CAD. „Przechwyceniu” podlega tylko informacja o geometrii modelu i wzajemnym położeniu poszczególnych jego komponentów, dlatego też model układu pozyskany z programu CAD powinien zostać poszerzony o funkcje i procedury niezbędne do jego prawidłowego działania. Ponadto założono, że w celu uzyskania efektu programowania układu wirtualnego, jak najbardziej zbliżonego do programowania układu rzeczywistego, należy utworzyć materialny model panelu sterowania robotem.

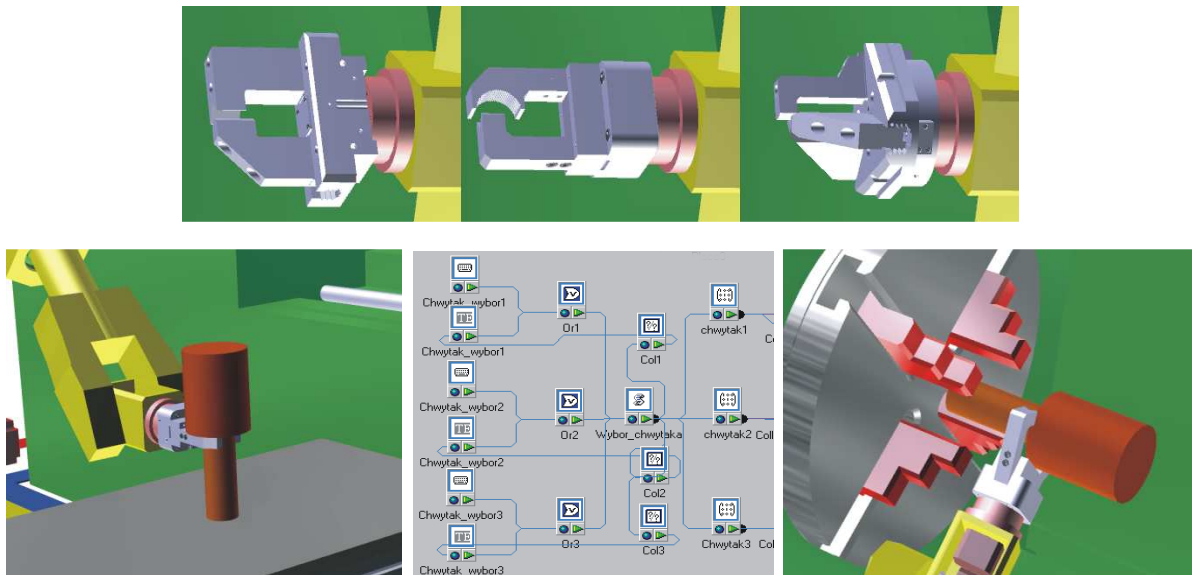
2. Odzworowanie działania układu w środowisku wirtualnej rzeczywistości

Pierwszym etapem odzworowania układu rzeczywistego jest import jego modelu do środowiska VR. Następnie należy uporządkować i posegregować poszczególne komponenty modelu widoczne w drzewie struktury modelu (rys. 1), w kontekście tworzenia przyszłych procedur działania układu. W kolejnym kroku należy opracować funkcje sterujące poszczególnymi komponentami wirtualnego układu (np.: sterowanie członami modelu manipulatora robota, sterowanie pracą obrabiarek). Z punktu widzenia prawidłowej współpracy pomiędzy elementami wirtualnego gniazda niezbędne jest również opracowanie procedur (rys. 2), określających sposób wzajemnego zachowania się jego komponentów (np.: procedury kolizji, wymiany oprzyrządowania technologicznego robota, procedury zapewniające komunikację pomiędzy robotem a obrabiarkami).



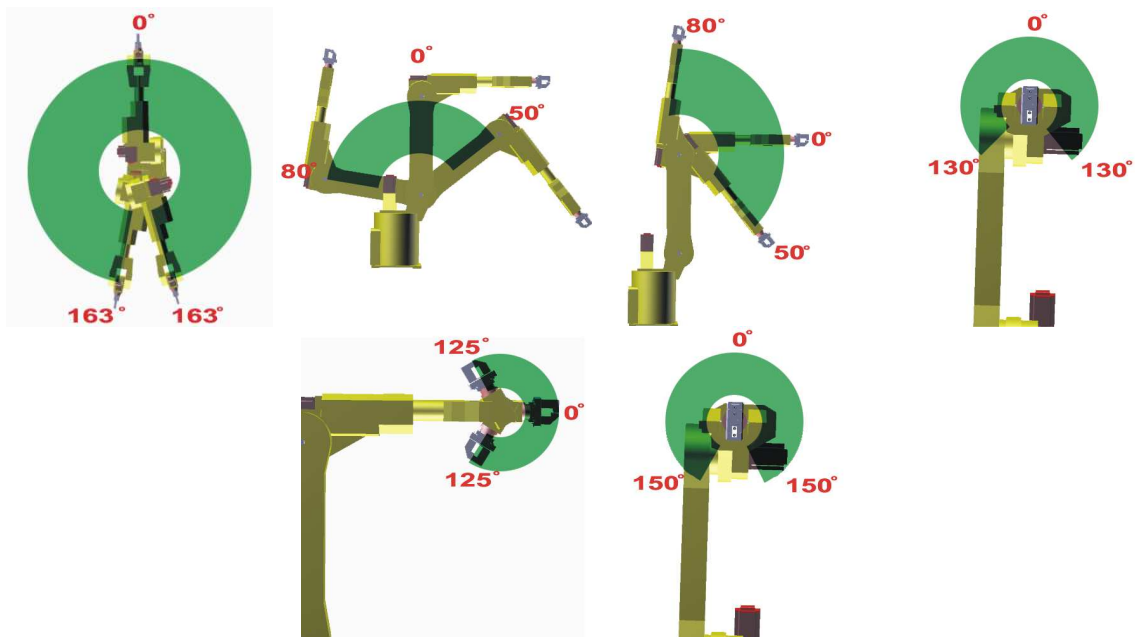
Rys.1. Odzworowanie działania układu w środowisku wirtualnej rzeczywistości (tworzenie procedur sterowania i programowania manipulatora robota)[3]

Fig.1. The representation of system functioning in the virtual reality environment (creating procedures of controlling and programming a robot) [3]



Rys.2. Tworzenie procedur: zmiany chwytaka, uchwytu i kolizji [3]
 Fig.2. Creating procedures: gripper change, handle and collision [3]

Do prawidłowego programowania robota w wirtualnym świecie niezbędne jest określenie jego podstawowej cechy związanej z ruchem, a mianowicie przestrzeni roboczej (rys. 3). Równie istotne jest założenie odpowiednich prędkości poruszania się członów manipulatora robota.



Rys.3. Określenie zakresu ruchu na poszczególnych osiach manipulatora robota [3]
 Fig.3. Determination of the range of motion for particular axes of a robot [3]

Sterowanie manipulatorem robota w VR powinno się odbywać za pomocą wirtualnego (rys. 1) lub rzeczywistego panelu sterowania. Natomiast sterowanie manipulatorem poprzez „uchwycenie” jego kiści i umiejscowienie w żądanym położeniu, a następnie zapisanie tego położenia, powinno pozwolić na interaktywne programowanie ruchu manipulatora robota.

3. Podsumowanie

Istotnym problemem w zastosowaniu technologii wirtualnej rzeczywistości do interaktywnego programowania ruchu manipulatora robota jest prawidłowe odwzorowanie działania układu w środowisku wirtualnej rzeczywistości (tworzenie procedur sterowania i programowania manipulatora robota). Dodatkowo ważnym zagadnieniem jest kwestia rodzaju sterowania robotem (wirtualny czy rzeczywisty panel sterowania, lub sterowanie poprzez „uchwycenie” kiści manipulatora robota). Kolejnym problemem, który trzeba rozwiązać, jest kwestia konwersji danych o położeniu poszczególnych członów manipulatora robota w wirtualnym świecie na dane „zrozumiałe” przez rzeczywisty układ sterowania.

Literatura

1. Gomułka A., Herbuś K.: Wirtualne prototypowanie na przykładzie fotela ambulansu. Wybrane Problemy Inżynierskie. Zeszyt numer 1, Gliwice, 2010, s. 25-29.
2. Herbuś K., Świder J.: Zastosowanie technologii wirtualnej rzeczywistości w projektowaniu maszyn. W: XLVIII sympozjon „Modelowanie w Mechanice”. Wisła 2009 (na CD).
3. Herbuś K., Ocieпка P., Świder J.: Koncepcja zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości do interaktywnego modelowania ruchu manipulatora robota. W: XLIX sympozjon „Modelowanie w Mechanice”. Wisła 2010 (na CD).
4. Szmer R: Wirtualny model elastycznego gniazda produkcyjnego. Gliwice: Politechnika Śląska, 2009. Praca dyplomowa magisterska (opracowanie niepublikowane).

THE CONCEPT OF APPLICATION THE VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY FOR MOTION INTERACTIVE PROGRAMMING OF ROBOT MANIPULATORS

Summary: The concept of applying the virtual reality technology for interactive modeling of a motion of robot manipulators was based on the implementation of three-dimensional objects created using modern CAD systems. However, the process of representing the operation of a given system is executed in the virtual reality environment (EON Studio). The concept of an algorithm describing the process of interactive programming of robots on the ground of the virtual reality technology is presented in the paper. The modeling and representation of the operation of a given system are illustrated on the base of a flexible manufacturing center, consisting of a robot, two numerically controlled machine tools, a reorientation stand and input/output store.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Weronika HUSS*

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Politechnika Wrocławska, Wrocław
*weronika.huss@pwr.wroc.pl

CYFROWY REJESTRATOR DANYCH JAKO ELEMENT SIECI POMIAROWEJ DO MONITORINGU DYNAMIKI KONSTRUKCJI MASZYN GÓRNICHTWA ODKRYWKOWEGO

Streszczenie: Artykuł prezentuje budowę i funkcje rejestratora danych zaprojektowanego i skonstruowanego w Zakładzie Inżynierii Niezawodności i Diagnostyki Politechniki Wrocławskiej. Nosi on nazwę *cyfrowy rejestrator danych* i działa w układzie sieciowym wraz innymi rejestratorami tego typu oraz (opcjonalnie) z komputerem. Taki sposób akwizycji danych pomiarowych został zaprojektowany z myślą o monitorowaniu kilku rodzajów wielkości informujących o stanie eksploatacyjnym maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego, w szczególności koparek kołowych. Takie warunki pracy charakteryzują się dużym rozrzuceniem przestrzennym punktów pomiarowych, a najczęściej mierzone sygnały pochodzą z przetworników tensometrycznych. Mimo to system ten nadaje się również do współpracy z innymi czujnikami i w odmiennych warunkach pracy.

1. Wstęp

Ustroje nośne maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego z racji swych gabarytów i charakteru pracy stanowią interesujące wyzwanie nie tylko z punktu widzenia ich konstruowania i eksploatacji, ale również w zakresie techniki pomiarowej. Pomiarowi podlegają wielkości pochodzące z kilku punktów diagnostycznych, rozmieszczonych w znacznej odległości i niejednokrotnie przemieszczających się względem siebie. W tej sytuacji standardowe połączenia kablowe bywają trudne do zainstalowania, co skutkuje komplikowaniem torów pomiarowych. Taka sytuacja utrudnia konserwację układu pomiarowego, a co za tym idzie, sprzyja awariom. Wzrastają również zakłócenia pomiarowe.

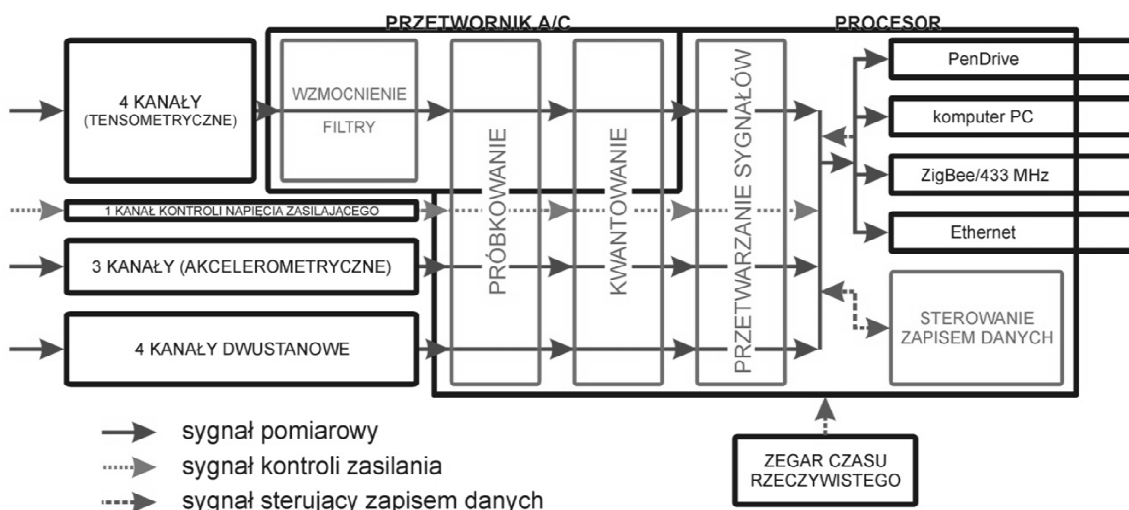
Wymaga się, by układ pomiarowy pracujący na konstrukcjach koparek dokonywał ciągłej rejestracji danych przez okres od tygodnia do kilku miesięcy. Wiąże się to z dodatkowymi warunkami dotyczącymi urządzeń rejestrujących. Powinny mieć niewielkie rozmiary i nie muszą być stale połączone z komputerem.

Brak w ofercie rynkowej rejestratora spełniającego powyższe wymagania, dodatkowo przy możliwie najniższym koszcie, było bodźcem do zaprojektowania układu pomiarowego, który pozwalałby na prowadzenie monitoringu konstrukcji w dowolnym jej miejscu, a jednocześnie charakteryzowałby się łatwością obsługi, wysoką jakością rejestrowanego sygnału i niskim

kosztem wykonania i użytkowania. Zaproponowano więc układ diagnostyczny w postaci sieci dowolnej liczby lokalnych rejestratorów – cyfrowych rejestratorów danych. Poszczególne rejestratory mogą skupiać jedynie najbliższe znajdujące się czujniki, dzięki czemu pozostają tylko przewody doprowadzające sygnał z czujników do rejestratora. Dostępna obecnie technologia umożliwi przesłanie sygnału z czujników bezpośrednio do jednego, centralnego rejestratora poprzez łącze radiowe. Jednakże w przypadku omawianego systemu pozostawienie tych połączeń przewodowych jest celowe ze względu na konieczność zasilania przetworników tensometrycznych. W takiej sytuacji połączenia te można wykorzystać również do przesyłania sygnału pomiarowego. Upraszcza to budowę całego systemu i zmniejsza jego energochłonność.

2. Budowa i funkcje rejestratora

Podstawowym elementem opisanego systemu pomiarowego jest wspomniany cyfrowy rejestrator danych. Ma on swoje początki w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia [1] i w miarę zwiększania się dostępności nowych technologii rozwijany jest nadal. Jego podzespoły i ich funkcje w obecnym kształcie ilustruje schemat na rys. 1.



Rys.1. Podzespoły, ich funkcje oraz przepływ sygnałów w CRD
Fig.1. Parts, their functions and flow of signals in CRD

Cyfrowy rejestrator danych wyposażono w dwanaście wejść:

- cztery wejścia analogowe różnicowe (rys. 1, pierwsze 4 kanały), połączone są bezpośrednio z przetwornikami A/C zapewniającymi 250-krotne wzmocnienie i 24-bitową rozdzielczość oraz częstotliwość próbkowania do 400 Hz. Następnie sygnały trafiają do procesora, gdzie otrzymują etykietę (czas rozpoczęcia zapisu i opis jego parametrów), następuje ich ewentualna obróbka matematyczna (np. widmo częstotliwościowe), przekazanie do zapisu na wybrany przez użytkownika sposób, mogą również zostać wykorzystane do sterowania zapisem (rys. 1, linia przerywana). Oryginalnie wejścia przeznaczono do współpracy z mostkami tensometrycznymi;

- pojedynczy 10-bitowy kanał, do którego doprowadzone jest napięcie ze źródła zewnętrznego zasilającego Rejestrator służy do kontroli stanu zasilania. Procesor porównuje wartość podaną przez wejście z określoną wartością dopuszczalną i w razie konieczności w kontrolowany sposób wyłącza urządzenie (rys. 1, pojedynczy kanał, linia kropkowana);
- następne trzy wejścia analogowe (bez możliwości regulacji wzmocnienia) sterowane są multiplekserem. Mają one rozdzielczość dziesięciu bitów i zakres pomiarowy od 0 do 3 V. Sygnał z nich pochodzący zostaje przetworzony na cyfrowy przez procesor. Podobnie jak w poprzednich przypadkach procesor dokonuje również etykietowania, obróbki matematycznej i przekazania sygnałów do zapisu. Są to wejścia ogólnego przeznaczenia, np. czujniki przyspieszeń, potencjometry drogi, kąta obrotu itp.;
- kolejne cztery wejścia zostały zaprojektowane jako wejścia dwustanowe. Wejścia te są optycznie separowane, co zabezpiecza urządzenie przed przepięciami do 1,5 kV.

Zegar czasu rzeczywistego pobiera aktualną datę i godzinę po uzyskaniu połączenia z komputerem. Funkcja zegara w CRD polega na synchronizacji w czasie sygnałów pochodzących z kilku rejestratorów i umożliwia umieszczenie pomiaru w przestrzeni czasowej (przydatne np. podczas monitorowania zmian w dynamice maszyny lub w analizie jej zachowania w odniesieniu do konkretnych zjawisk).

Wówczas gdy rejestrator ma pozostać samodzielnie na stanowisku pomiarowym, wybiera się zapis danych na pamięć pendrive'a. Istnieje również możliwość posługiwania się nią do programowania rejestratora, choć standardowo stosowane jest połączenie z komputerem poprzez złącze USB. Rejestracja sygnałów pomiarowych oraz sterowanie pracą rejestratorów może się również odbywać poprzez zainstalowane złącze ethernetowe. Podłączenie do Internetu umożliwia przesył danych na dowolne odległości, jednakże w tym celu konieczne jest istnienie stałego połączenia. Do zmiany nastaw rejestracji i odbioru niewielkiej ilości danych (np. możliwe są do odbioru informacje głosowe, jednak nie w przypadku szybko próbkowanych sygnałów z kilku kanałów) stosować można również łącze radiowe w technologii ZigBee. Wykorzystywany przez nie protokół IEEE 802.15.4 charakteryzuje się wysoką niezawodnością. Umożliwia on również zmianę częstotliwości przesyłu (dla uniknięcia interferencji) i daje możliwość wyboru poziomu bezpieczeństwa.

Zasilanie CRD realizowane jest w dwojaki sposób – przez zasilacz z gniazda sieciowego lub z zewnętrznego akumulatora. Akumulator ten, zależnie od dobranego napięcia, może służyć do zasilania pracy rejestratora przez ograniczony czas lub jako zabezpieczenie w razie chwilowych spadków napięcia w sieci. Oba źródła zasilania zapewniają napięcie w zakresie 3,5 – 15 V. Do utrzymania stałego napięcia 5 V służy zainstalowana w rejestratorze przetwornica, nadzorowana przez procesor za pomocą kanału kontroli zasilania (rys. 1, linia kropkowana). Istotną oszczędność energii (w zależności od częstotliwości próbkowania sygnału – do 60%) można osiągnąć przez impulsowe zasilanie mostków tensometrycznych. Jest ono załączane tylko na czas pomiaru. Proces ten kontrolowany jest przez procesor, który steruje przetwornikiem w taki sposób, aby przekazywał on napięcie na mostki tylko na czas pobierania próbki.

3. Funkcje CRD

Do obsługi CRD napisano specjalistyczny program, do którego dostęp można uzyskać poprzez bezpośrednie połączenie z komputerem (USB), pamięć pendrive, złącze ethernetowe lub połączenie radiowe ZigBee.

Oprogramowanie umożliwia:

- regulację nastaw rejestracji i przetwarzania sygnałów,
- uaktywnianie dowolnych kanałów pomiarowych,
- jednoczesne zarządzanie pracą wielu rejestratorów (komunikacja radiowa i internetowa),
- przypisanie każdemu rejestratorowi indywidualnego identyfikatora (potrzebnego w przypadku zarządzania kilkoma rejestratorami),
- wybór sposobu wyzwiania rejestratora (ręcznie, po określonym czasie lub po osiągnięciu przez sygnał określonej wartości),
- zaprogramowanie opóźnienia startu rejestracji,
- wybór miejsca zapisu próbek,
- podgląd stanu naładowania akumulatora,
- podgląd przebiegów zarówno on-line, jak i uprzednio zapisanych – w formie wykresu i wartości liczbowych,
- przeglądanie plików z próbkami w trybach małej i dużej rozdzielczości.

Możliwości regulacji zapisywanego sygnału obejmują:

- częstotliwość próbkowania,
- wzmocnienie toru pomiarowego,
- zerowanie (regulację położenia zera sygnału pomiarowego),
- dobór filtrowania sygnału w zależności od częstotliwości próbkowania

Nowością w zakresie funkcjonalności rejestratora jest wprowadzenie możliwości sterowania zapisem poprzez monitorowanie poziomu sygnałów w kanałach analogowych. Poprzez ustawienie konkretnej wartości można uruchomić rejestrację, np. w momencie przekroczenia maksymalnych wartości charakterystycznych dla spokojnej pracy maszyny. Wykorzystując kanał dwustanowy możliwe jest zaprogramowanie uruchamiania rejestracji np. wraz z rozpoczęciem ruchu koła czerpakowego lub przenośnika taśmowego. W ten sam sposób możliwe jest sterowanie momentem zatrzymania rejestracji. Takie zdefiniowanie wartości progowej może również zostać zastosowane do wyzwolenia sygnału alarmowego i przesłanie tej informacji do użytkownika.

Istnieje również szereg operacji wykonywanych automatycznie przez procesor. Należą do nich:

- przetwarzanie akcelerometrycznych i dwustanowych sygnałów analogowych na wartości cyfrowe,
- kontrola stanu zasilania urządzenia,
- kontrola wypełnienia pamięci pendrive,
- przesyłanie danych w postaci zbiorów do pamięci pendrive lub do komputera (złącze USB, ethernetowe, ZigBee),

- sterowanie zapisem danych – z wykorzystaniem warunków nałożonych na sygnały:
 - w wyniku zmiany wartości wejścia dwustanowego,
 - po zaprogramowaniu określonych wartości progowych – dla kanałów tensometrycznych i akcelerometrycznych.
- dzielenie danych na zbiory o zadanej długości (czasie trwania),
- etykietowanie każdego zbioru (informacja o częstotliwości próbkowania, data i godzina pomiaru).

Szybkość pracy użytego procesora pozwala również na wykonywanie wstępnych, prostych obliczeń w trybie on-line na danych pochodzących z wybranych kanałów. Powoduje to utratę surowych danych, ale umożliwia zapoznanie się ze wstępnymi wynikami już w trakcie pomiarów, co może być przydatne przy krótkotrwałych pomiarach kontrolnych lub podczas pomiaru wstępnego, poprzedzającego długoterminowe.

4. Badanie poprawności pracy rejestratora

Jako wzorca przy weryfikacji poprawności działania CRD użyto rejestratora Spider8-30 oraz panelowego wzmacniacza pomiarowego MVD2510 firmy Hottinger (wraz z oprogramowaniem catman®). Sygnał emitowany był z generatora wzorcowego. Przeprowadzone testy dotyczyły stabilności pomiaru, dokładności mierzonych wielkości oraz prawidłowości filtrowania cyfrowego.

Do testu stabilności temperaturowej (wpływ temperatury otoczenia i wzrostu temperatury wewnętrznej podczas pracy) użyto kalibratora złożonego z mostków tensometrycznych w obudowie termicznej. Rejestrator umieszczano w komorze grzejnej (temperatura do 50 °C) oraz w zamrażarce (temperatura do -24 °C). Użyto częstotliwości próbkowania 10 Hz dla każdego kanału. Wybór taki podyktowany był wolno zmieniającymi się sygnałami emitowanymi przez układy wejściowe wymuszone zmianami temperatury i czasem pomiaru.

Test dokładności pomiaru polegał na wprowadzaniu zmian rezystancji na jednej z gałęzi mostka tensometrycznego i każdorazowym pomiarze wynikowego napięcia przy pomocy zarówno rejestratora, jak i wzmacniacza MVD2510. Różnica wskazań Rejestratora względem wzorcowego wzmacniacza nie przekraczała 0,1%.

W ostatnim kroku sprawdzono poprawność funkcjonowania filtra cyfrowego ograniczającego pasmo pomiarowe. Zastosowane częstotliwości próbkowania ustalono arbitralnie na poziomie dziesięciokrotnie wyższym od maksymalnej częstotliwości podawanego (z generatora wzorcowego) sygnału sinusoidalnego. Sprawdzając na zarejestrowanych przebiegach częstotliwość, przy której następuje spadek amplitudy o 3 dB określono rzeczywiste pasmo sygnału rejestrowanego przez CRD.

Czas pracy rejestratora – do zapełnienia pamięci pendrive o pojemności 8 GB – przy pomiarach ciągłych, przy założeniu, że w użyciu znajdują się cztery kanały tensometryczne o częstotliwości próbkowania 400 Hz, będzie wynosił ok. miesiąca.

5. Podsumowanie

Podsumowując warto podkreślić, że zastosowanie cyfrowych rejestratorów danych w postaci systemu rozproszonego, umożliwiających monitorowanie zachowania maszyn, wspomaga zarówno prowadzenie prac naukowych z nimi związanych, jak i nadzorowanie ich eksploatacji. Pod względem bezpośrednich korzyści, w szczególności dla użytkowników

maszyn, możliwość określania stanów przedawaryjnych, za pomocą rozproszonego systemu opartego na CRD, pozwala zapobiegać uszkodzeniom, a nawet katastrofom. Wspomaga również optymalizowanie ich pracy i obniża koszty eksploatacji. Rozproszenie konstrukcji systemu diagnostycznego usprawnia jego eksploatację i konserwację. Dzięki zastosowaniu pamięci pendrive, złącz USB i sieci bezprzewodowej mniejszy jest również koszt bezpośrednio związany z instalacją całego systemu pomiarowego, przy jednoczesnym usprawnieniu procesu akwizycji. Wraz z możliwością wyboru między podłączeniem do laptopów w warunkach polowych a przesyłem danych drogą internetową wpływa to również na uelastycznienie systemu pod kątem użytkowania.

Literatura

1. Dudek D., Kwaśniak M., Prus L.: Automatyczny wielokanałowy system akwizycji i analizy widm obciążeń eksploatacyjnych, W: Bezpieczeństwo oraz degradacja maszyn. W: Trzecie Konwersatorium BDM. Wrocław, Szklarska Poręba, 6-8 listopada 1997, Ofic. Wyd. Pol. Wrocł., 1998, s. 69-78.

DIGITAL DATA LOGGER AS AN ELEMENT OF MEASUREMENT NET FOR MONITORING OF DYNAMICS OF OPEN-CAST MINING MACHINES CONSTRUCTIONS

Summary: This article presents a structure and functions of a data logger that was developed in Reliability Engineering and Diagnostics Division in Wrocław University of Technology. The device was named Digital Data Logger and cooperates with similar loggers (or PC computer) in one diagnostic net. This particular way of acquisition was designed to gather several kinds of quantities and provide information about operational state of open-cast mining machines. This specific circumstances are characterized by widely spread measurement points, which mostly are strain gauges. Discussed measurement system can also be applied to working with other kinds of sensors and in different working conditions.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof JAMROZIAK*

Wydział Nauk o Bezpieczeństwie, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu

* krzysztof.jamroziak@interia.pl

WPŁYW TARCIA SUCHEGO NA DYSSYPACJĘ ENERGII UDERZENIA

Streszczenie: W pracy omówiono znaczenie tarcia suchego w rozpraszaniu energii uderzenia balistycznego. Proces przebijania kompozytowych osłon balistycznych kinetycznymi pociskami uzależnia się od wpływu tłumienia i rozpraszania energii uderzającego pocisku w przebijaną osłonę. Skoncentrowano się na badaniach symulacyjnych, w których obok tłumienia typu wiskotycznego występuje parametr opisujący tarcie suche.

1. Wstęp

Mechanizmy rozpraszania energii najczęściej postrzega się jako tłumienie drgań w układach mechanicznych. Zjawisko to związane jest z rozpraszaniem energii mechanicznej generowanej ruchem układów mechanicznych. Generalnie w takich układach wyróżnia się trzy rodzaje tłumienia, a mianowicie:

- a. tłumienie wiskotyczne;
- b. tarcie suche;
- c. tarcie wewnętrzne.

W analizie dynamiki ruchu drgającego tłumienie wiskotyczne i tarcie suche odgrywają istotne znaczenie. W mechanice stosowane procedury [1, 2, 3, 4] identyfikacji dyssypacji energii mechanicznej opierają się na wykorzystaniu modeli liniowych lub nieliniowych w różnej konfiguracji. Procedury identyfikacji, w których siła oddziaływania elementu sprężysto-tłumiącego na masę m zależy jedynie od przemieszczenia x i prędkości \dot{x} , sprowadza się do określenia postaci funkcji $F(x, \dot{x})$, którą można podzielić na część sprężystą $F_s(x)$ zależną liniowo od przemieszczenia i część dyssypatywną (tłumienie wiskotyczne) zależną liniowo od prędkości $F_l(\dot{x})$. Jednakże liniowa postać funkcji oddziaływania siły elementu sprężysto-tłumiącego $F(x, \dot{x}) = c\dot{x} + kx$ nie opisuje np. zjawiska histerezy. Najprostszy opis tego zjawiska wymaga wprowadzenia modelu tarcia suchego, oprócz liniowego tłumienia wiskotycznego.

Praca poświęcona została analizie pewnego układu zdegenerowanego modelującego proces dyssypacji energii w materiale z uwzględnieniem wpływu tarcia suchego. Na przykładzie wybranego modelu przeprowadzono analizę dyssypacji energii w uderzaną osłonę balistyczną i wpływ siły oporu materiału na deformację osłona-masa uderzająca.

2. Tarcie suche, definicja i charakterystyka

W analizie układu mechanicznego z tarcieniem suchym zakłada się, że siła tarcia ma wartość stałą. Zjawisko to zachodzi na styku poruszających się względem siebie ciał. Siła tarcia F skierowana jest przeciwnie do prędkości względnej ciała, a jej wartość jest proporcjonalna do nacisku N i jest opisana wzorem:

$$F = \mu N \operatorname{sgn}(\dot{x}), \quad (1)$$

gdzie μ to współczynnik tarcia suchego, signum – funkcja znaku definiowana w postaci:

$$\operatorname{sgn}(\dot{x}) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } \dot{x} > 0 \\ 0, & \text{gdy } \dot{x} = 0 \\ -1, & \text{gdy } \dot{x} < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Na przykładzie swobodnego ruchu układu z tarcieniem suchym z pominięciem tarcia wiskotycznego równanie różniczkowe ruchu przyjmie postać:

$$m\ddot{x} + F \operatorname{sgn}(\dot{x}) + kx = 0. \quad (3)$$

Przyjmując warunki początkowe

$$x(0) = x_0, \quad \dot{x}(0) = \dot{x}_0, \quad (4)$$

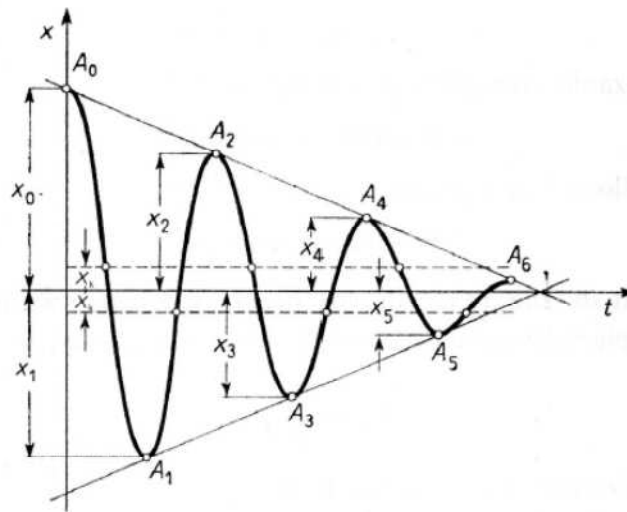
zakłada się, że siła sprężystości musi być większa od oporu tarcia, czyli musi być spełniony warunek:

$$x_0 > \frac{\mu N}{k} = x_k. \quad (5)$$

Równanie ruchu przyjmuje postać:

$$m\ddot{x} = -kx + \mu N = -k \left(x - \frac{\mu N}{k} \right) = -k(x - x_k). \quad (6)$$

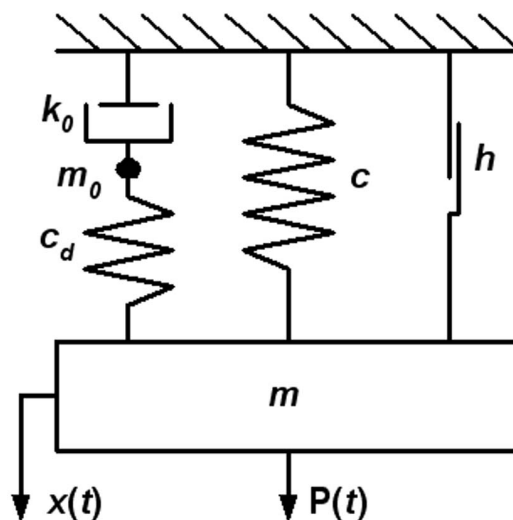
Dalsza analiza sprowadza się do rozwiązania równań różniczkowych zwyczajnych prezentowanych w pracy [5]. Rozwiązanie można przedstawić w postaci graficznej (rys. 1). Zauważa się, że amplituda maleje z każdym wahaniami o określoną wartość $2x_k$ aż do ustania ruchu układu, gdyż siła sprężyny będzie mniejsza od siły tarcia.



Rys. 1. Ruch układu tłumionego tarciem suchym
Fig. 1. A damping motion of system with the dry friction

3. Analiza układu wybranego z tarciem suchym

We wstępie określono, że tłumienie i rozpraszanie energii odgrywa pierwszoplanową rolę w procesie niszczenia uderzanych elementów konstrukcji. Przedmiotem niniejszej analizy jest określenie wpływu tarcia suchego opisanego parametrem h . Ocenie poddano przede wszystkim wpływ tego parametru na charakterystyki czasowe, a także częstotliwościowe układu przy obciążeniach uderzowych. Zakłada się, że w zjawisku przebijania materiałów tarcie suche odgrywa decydującą rolę w procesie wytracania energii mechanicznej. Identyfikacji poddano model zdegenerowany typu Zenera (rys. 2).



Rys. 2. Model zdegenerowany typu Zenera z tarciem suchym
Fig. 2. Zener type degenerated model with dry friction

Założono, że ruch masy uderzającej w osłonie sprowadza się do ruchu pojedynczej masy skupionej m , na którą działa siła oporu przebijanego materiału S , zależna od jej położenia x oraz prędkości v . Siła ta zależy od przyjętego typu modelu. W przypadku modelu Zenera z tarciem suchym siła ta wyraża się w postaci:

$$S(x, v) = cx + c_d(x - \xi) + hSgn(v), \quad (7)$$

gdzie zmienna ξ opisuje ruch masy fikcyjnej $m_0=0$ i spełnia równanie:

$$c_d = (x - \xi) = -k_0 \dot{\xi}. \quad (8)$$

Zgodnie z zasadami dynamiki równanie różniczkowe ruchu przyjmie postać:

$$m\ddot{x} + cx + c_d(x - \xi) + hSgn\dot{x} = P. \quad (9)$$

Rugując zmienną ξ z równań (8) i (9), obydwa równania można zastąpić pojedynczym równaniem w postaci:

$$m\ddot{x} + hSgn(\dot{x}) + cx + \frac{k_0}{c_d} [(c_d + c)\dot{x} + h\delta(\dot{x})\ddot{x} + m\ddot{x} - \dot{P}] = P, \quad (10)$$

gdzie $\delta(\dot{x})$ jest funkcją Diraca z prędkości i znika dla prędkości różnych od zera. Siłę oporu ruchu w układzie zdegenerowanym opisuje więc złożone wyrażenie:

$$S = hSgn(\dot{x}) + cx + \frac{k_0}{c_d} [(c_d + c)\dot{x} + h\delta(\dot{x})\ddot{x} + m\ddot{x} - \dot{P}] \quad (11)$$

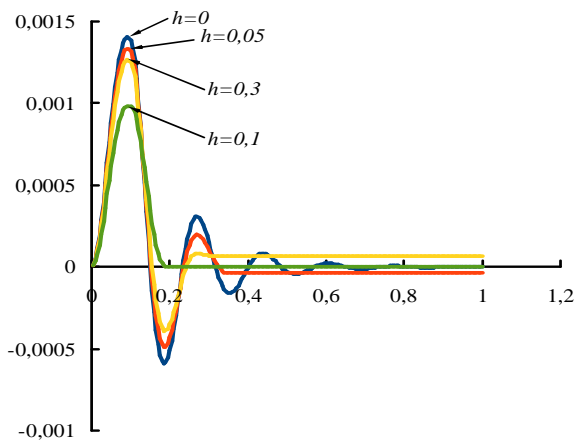
Ostatecznie na podstawie pracy [6] rozwiązaniem równania jest funkcja $P(x)$ opisana zależnością:

$$P(x) = h + cx + k_0 v_z \left(1 - e^{\frac{-c_d x}{k_0 v_z}} \right). \quad (12)$$

Ze względu na złożoną postać równania dla modelu zdegenerowanego dalsze analizy zostały przeprowadzone techniką numeryczną. Badania symulacji charakterystyk czasowych i częstotliwościowych, w których parametrem zmiennym (analizowanym) był parametr tarcia suchego h , przeprowadzono dla różnych jego wartości. Rozwiązania uzyskano, stosując oprogramowanie *Mathematica*, zakładając, że w każdym przypadku symulowano wymuszenie impulsowe w postaci:

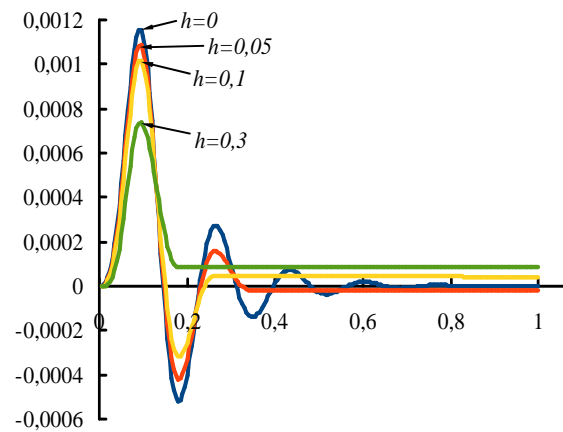
- dla $t < 0.01$;
- gdzie siła jest równa $P(t) = 100Sgn(Pi t / 0.01)$, w pozostałym zakresie 0.

Przebiegi czasowe i charakterystyki częstotliwościowe odpowiedzi układu zobrazowano na poniższych rysunkach.



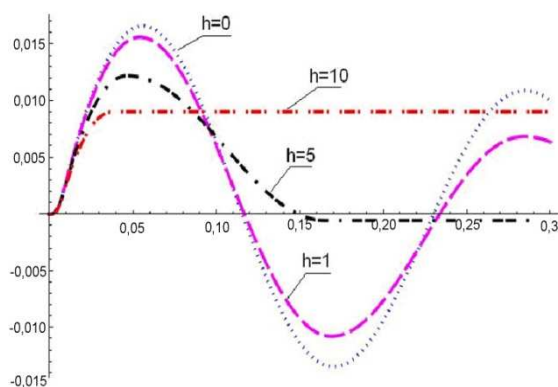
Rys. 3. Charakterystyki czasowe na wymuszenie impulsowe prostokątne przy zadanych wartościach h

Fig. 3. Time characteristics on function impulse of rectangular for different values of h



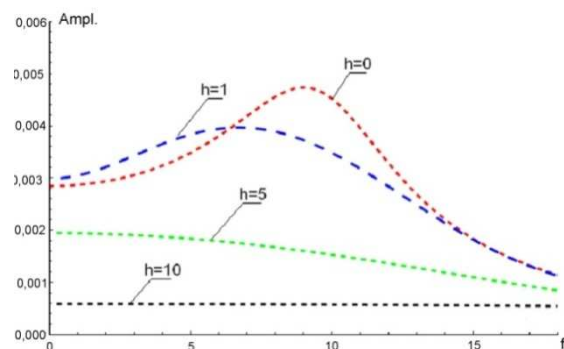
Rys. 4. Charakterystyki czasowe na wymuszenie impulsowe sinusoidalne przy zadanych wartościach h

Fig. 4. Time characteristics on function impulse of sinusoidal for different values of h



Rys. 5. Charakterystyki czasowe analizowanego modelu przy różnych wartościach h

Fig. 5. Time characteristics of analyzed model for different values of h



Rys. 6. Charakterystyki częstotliwościowe analizowanego modelu przy różnych wartościach h

Fig. 6. Frequency characteristics of analyzed model for different values of h

4. Podsumowanie

Omówiono wpływ tarcia suchego na rozpraszanie energii mechanicznej w układzie niszczenia elementów konstrukcji. Na przykładzie układu wybranego przeprowadzono analizę oraz wyprowadzono zależność funkcji $P(x)$. Poprzez symulację numeryczną wybrany układ poddano wymuszeniom impulsowym sinusoidalnym i prostokątnym, zmieniając wartość parametru tarcia suchego h . W ten sposób badano wrażliwość modelu na wartości tarcia suchego. Uzyskane graficzne przebiegi charakterystyk czasowych i częstotliwościowych wykazały zależność tego parametru na tłumienie drgań. Jak zauważono przy wartości $h=0$

(brak tarcia suchego), obserwuje się istotne różnice w szybkości zanikania drgań. W układzie wybranym (model zdegenerowany) na spadek tłumienia wpływa także element sprężysty opisany parametrem c_d . Jednakże sam charakter drgań jest gasnący. Odnosząc to do rzeczywistych warunków oraz charakterystyk quasi-statycznych [6] w opisie uderzenia balistycznego proponowany model znacznie wzbogaca zachodzący proces rozpraszania energii.

Podsumowując, stwierdza się, że wpływ tarcia suchego na uzyskane odpowiedzi, jak pokazano w symulacji (rys. 3-6), jest istotny i ma decydujące znaczenie w fazie niszczącej materiał przebijany.

Praca powstała w ramach projektu N N501 063740 sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki

Literatura

1. Buchacz A.: Analysis of beam hypergraphs by means of exact and approximate methods as models of transverse vibrating subsystems in the synthesis of mechanical and mechatronic systems. "The Archive of Mechanical Engineering", Vol. 58, No. 4, 2010, p. 431–442.
2. Buchacz A., Wrobel A.: Computer aided analysis of piezoelectric plates. "Solid State Phenomena – Trans Tech Publ.", Vol. 164, 2010, p. 239–242.
3. Kulisiewicz M.: "Modeling and identification of nonlinear mechanical systems under dynamic complex loads. Wrocław: Ofic. Wyd. Pol. Wrocław., 2005.
4. Piesiak S.: Identyfikacja układów mechanicznych w dziedzinie nieliniowych zdegenerowanych modeli dynamicznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
5. Osiński Z.: Tłumienie drgań mechanicznych. Warszawa: PWN 1979.
6. Jamroziak K. i inni: Identyfikacja uderzenia balistycznego w oparciu o lekkie osłony balistyczne z wykorzystaniem nieliniowych modeli zdegenerowanych. Praca naukowo-badawcza. Cz – 2. Wrocław, WSOWL, 2009, Materiały niepublikowane.

INFLUENCE OF A DRY FRICTION ON STRIKE ENERGY DISSIPATION

Summary: In this paper, an importance of a dry friction in dissipation of ballistic strike energy was presented. The process of ballistic shields' penetration with kinetic projectiles depends on an influence of suppression and dissipation of energy of the striking projectile into penetrated shield. Therefore, the research was focused on simulation, where, aside from viscotic type suppression, the dry friction factor was presented.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof JAMROZIAK*

Wydział Nauk o Bezpieczeństwie, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu

* krzysztof.jamroziak@interia.pl

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE KOMPOZYTÓW NA OSNOWIE POLIMEROWEJ

Streszczenie: Materiały kompozytowe, ze względu na pewne swoje właściwości, znalazły zastosowanie w konstrukcjach zwanych lekkimi osłonami balistycznymi. Lekkie osłony balistyczne to różnego rodzaju kombinacje w układzie. Materiał włóknisty, najczęściej na bazie tkanin aramidowych z różnego rodzaju lepiszczem (np. polimerowym, epoksydowym), stanowi laminat balistyczny. Takie laminaty balistyczne są odporne na dyssypację energii uderzenia kinetycznego pocisków wystrzeliwanych z broni strzeleckiej, o prędkościach $300 \div 900$ m/s. W referacie zaprezentowano przegląd laminatów balistycznych stosowanych do budowy osłon balistycznych. Na przykładzie badań polskiego laminatu porównano go z jego odpowiednikami zagranicznymi.

1. Wstęp

Własności ochronne lekkich osłon balistycznych wykonanych z materiałów włóknistych w postaci laminatów zależą od ich dynamicznych charakterystyk materiałowych (sztywności, wytrzymałości na rozciąganie) oraz zdolności do pochłaniania energii [1]. Zastosowane wysoko wytrzymałe włókna w postaci różnych układów materiałowych tworzą wielowarstwowe kombinacje materiałowe najczęściej jako:

- pakiety zszywanych tkanin, czyli miękkie osłony balistyczne (kamizelki odłamkoodporne, maty przeciwołamkowe);
- pakiety w postaci sprasowanych kompozytów z matrycą polimerową tworzącą sztywne osłony balistyczne (hełmy ochronne, tarcze, pancerze).

Wymienione pakiety dzięki niewielkiej masie stanowią dobre zabezpieczenie w zakresie ochrony balistycznej uderzających pocisków o energii rzędu do około 700 J. W literaturze badacze przyjmują dwie drogi budowy pakietów. Pierwsza to stworzenie takich osłon, w których moduł sprężystości jest wysoki przy jednoczesnym wzroście wytrzymałości osnowy polimerowej, przez co deformacja (ugięcie) takiej osłony jest niewielka. Druga droga dotyczy tworzenia osłon o niskim module sprężystości i dużym względnym wydłużeniu w osnowie polimerowej. Deformacja takiej osłony (ugięcie) jest dużo większa w porównaniu z pierwszą. W tym przypadku przyjęto założenie, że im więcej energii zostanie wytracone w pierwszej fazie dyssypacji energii uderzającego pocisku (osłona bardziej sprężysta)

w osłonę laminatową, tym mniejszą rolę w całym procesie przebijania materiału będzie odgrywała faza druga (niszcząca). Założenie to zostało opisane w pracach [2, 3].

Dokonując identyfikacji właściwości mechanicznych kompozytu przy określonych parametrach tkaniny, można, poprzez matrycę, modelować charakterystykę wytrzymałościową laminatu, co było np. weryfikowane w pracy [4]. Większość badań sprowadza się do statycznej charakterystyki materiału naprężenie (σ) - odkształcenie (ϵ), w której wyznaczanie parametrów mechanicznych związane jest z modelem Hooke'a. Ideą autora jest stworzenie procedury identyfikacji własności materiałów bazujących na nieliniowych modelach sprężysto-tłumiących. Prezentowana praca dotyczy fragmentu badań określających wybrane parametry takich materiałów.

2. Cel i zakres badań

Celem badań związanych z identyfikacją eksperymentalną właściwości mechanicznych laminatu balistycznego było:

- określenie właściwości wytrzymałościowych rozpatrywanego materiału w zależności od kierunku położenia warstw kompozytowych w laminacie;
- określenie wpływu prędkości odkształcenia na krzywą rozciągania.

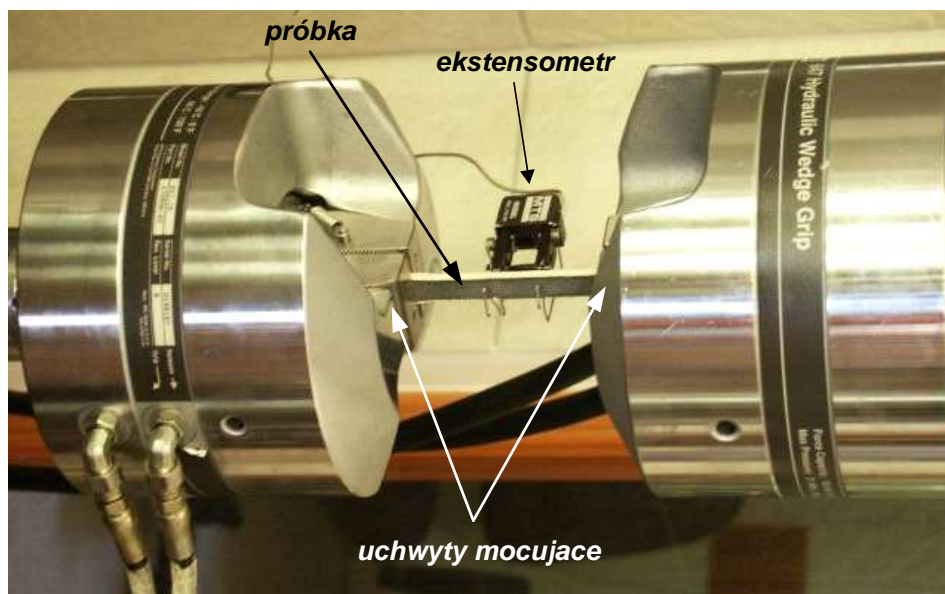
Badania prowadzono, wykorzystując laminat balistyczny produkcji krajowej o nazwie handlowej Lim. Laminat ten jest kombinacją sprasowanych tkanin aramidowych (8 warstw) na matrycy elastomerowej, tworzy pakiet zdolny do pochłaniania energii uderzenia rzędu 700 J.

Zakres badań dotyczył identyfikacji parametrów wytrzymałościowych laminatu. Badania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej MTS 810 o następujących charakterystyce:

- maksymalny zakres siły ± 100 kN;
- siłomierz MTS 661.20F-03;
- zastosowany zakres pomiarowy siłomierza ± 25 kN:
 - nieliniowość 0,10 % zakresu pomiarowego;
 - histereza 0,05 % zakresu pomiarowego;
- ekstensometr MTS 632.11C-20.

Próbki były mocowane w uchwytach hydraulicznych (rys. 1), zapewniających wymaganą osiowość. Próbę prowadzono ze stałym przyrostem przemieszczenia równym 0,05 mm/s. W trakcie próby rejestrowano:

- czas pomiaru;
- siłę;
- odkształcenie;
- przemieszczenie uchwytów.



Rys.1. Zamocowanie próbki do badań
Fig.1.Fixed of test piece

3. Wyniki i analiza

Badaniom poddano próbki o orientacji warstw kompozytu do splotu w trzech położeniach kąta: 0° , 45° , 90° (rys. 2).



Rys.2. Próbki po zerwaniu
Fig.2.Break of test piece

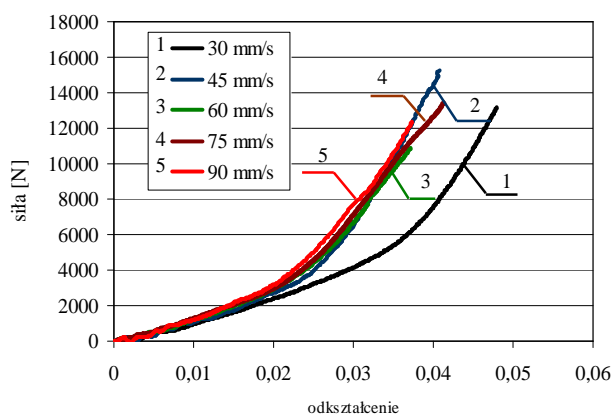
Zauważono, że wyniki przy 0° i 90° były zbliżone. Przenoszone siły obciążeń wahały się na poziomie ok. 11 kN, a wartość przemieszczenia, przy której następuje proces niszczący, waha się w przedziale ok. 6 mm. Próbki o kącie 45° (położenie warstwy kompozytu w

stosunku do orientacji splotu) ulegały zniszczeniu przy niewielkich wartościach siły, a ich wydłużenie cechowało się znikomymi wartościami. Jak widać na rys. 2, próbka oznaczona jako P13K3 została uszkodzona nie w wyniku pracy włókien, a na skutek wyciągania włókien ze splotu, gdyż część robocza w ogóle nie pracowała. Wyniki z badań wytrzymałościowych laminatu Lim zestawiono w tabeli 1 z uwzględnieniem innych materiałów kompozytowych stosowanych w ochronie balistycznej.

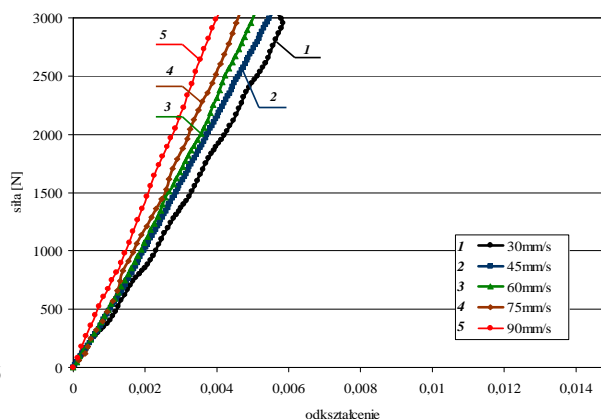
Tab. 1. Podstawowe właściwości materiałów stosowanych do budowy osłon balistycznych
Tab. 1. A basic characteristics materials using in ballistic shields structure

Materiał	Gęstość [g/cm ³]	Moduł Younga [GPa]	Wytrzymałość na rozciąganie [GPa]	Wydłużenie [%]
Nylon	1,14	280	5,80	2,5
Włókno węglowe	1,80	230	4,80	1,5
E-szkło	2,58	72	3,45	4,5
Kevlar 49	1,45	120	3,62	1,9
Kevlar 29	1,44	58	3,62	3,6
Twaron	1,44	80	3,15	3,5
Dyneema	0,97	87	2,70	3,5
Spectra	0,97	117	2,68	-
Stal pancerna	7,85	210	1,60	8
Lim	1,44	7,5	0,31	11

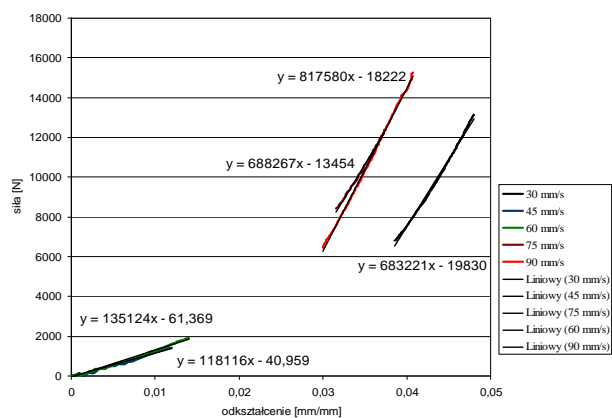
W następnym etapie badano wpływ prędkości odkształcenia na krzywą rozciągania. Badania przeprowadzono dla pięciu prędkości odkształcenia. Zakres prac polegał na testach zrywania próbek wiósełkowych z zadaną prędkością: 30 mm/s; 45 mm/s; 60 mm/s; 75 mm/s; 90 mm/s. Wynikiem tych testów były wykresy krzywych rozciągania (rys. 3), na podstawie których określano wpływ prędkości odkształcenia na pochylenie krzywej rozciągania. Wyniki zarejestrowane na wykresie (rys. 3) wykazały, że prędkość decyduje o kącie pochylenia krzywych. Dla zobrazowania różnic wynikających z prędkości odkształcenia wyniki z wykresu 3 przedstawiono w innej skali (przedział odkształcenia 0-0,01). Wyniki przedstawione przy tym zakresie przedziału odkształcenia uwidoczniły różnice w pochyleniu charakterystyk rozciągania materiału na ich prędkości (rys. 4). Mając ogólny pogląd na wpływ prędkości odkształcenia na pochylenie krzywych rozciągania starano się wychwycić, w jaki sposób zmienia się moduł Younga w zależności od prędkości odkształcenia. Przeprowadzono aproksymacje krzywych rozciągania (rys. 5). Wyniki okazały się mało czytelne, ponieważ niewielkie siły działające na materiał spowodowały zacieranie linii aproksymacji charakterystyk rozciągania. To sugeruje, że materiał w szczękach jeszcze się ustala. Do dalszej analizy wpływu pochylenia krzywych rozciągania przyjęto drugą fazę prowadzonego eksperymentu, tj. górnego zakresu przedziału sprężystości (rys. 6). Obcinając dane z niskich sił zrywających (do momentu wyraźnego załamania się krzywych), na wykresie przedstawiono charakterystyki dla ich większych wartości, a następnie, poprzez aproksymacje krzywych, przedstawiono zmianę wartości modułu Younga (wartości współczynników aproksymowanych wykresów).



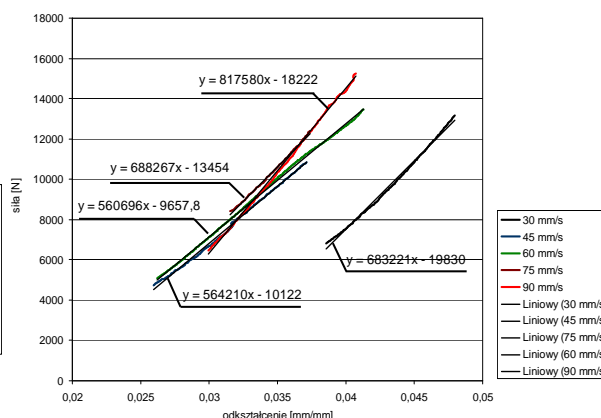
Rys. 3. Wpływ prędkości odkształcenia na krzywe rozciągania laminatu Lim
Fig. 3. The influence speed of elastic strain on the tension curves of laminate Lim



Rys. 4. Wpływ prędkości odkształcenia na krzywe rozciągania laminatu Lim (przedział 0-0,01)
Fig. 4. The influence speed of elastic strain on the tension curves of laminate Lim (range 0-0,01)



Rys. 5. Aproksymacja krzywych rozciągania
Fig. 5. The approximation of tension curves



Rys. 6. Aproksymacja krzywych rozciągania górnym zakresie przedziału sprężystości
Fig. 6. The approximation of tension curves in top of range elasticity

4. Podsumowanie

Prezentowany zakres badań laminatu balistycznego Lim dotyczył identyfikacji właściwości mechanicznych i wpływu prędkości odkształcenia na krzywe rozciągania kompozytu na osnowie polimerowej. W części identyfikacyjnej właściwości mechanicznych laminatu określono jego podstawowe parametry, które zestawiono w tabeli 1. Zestawienia dokonano na tle innych laminatów stosowanych do budowy osłon balistycznych. Stwierdzono, że laminat Lim cechuje się dużo niższym modułem sprężystości, ale ma duże wydłużenie. Prowadzone badania wytrzymałościowe przy różnych kątach ułożenia warstw materiału względem określonej orientacji wykazują cechy materiału ortotropowego. W przypadku rozciągania z różnymi prędkościami w części roboczej warunek ortotropowości nie jest zachowany, włókna pracują jedynie w kierunku rozciągania, a duże wydłużenia materiałów aramidowych są wynikiem uzyskania większej wartości odkształceń, przy których następuje trwałe uszkodzenie materiału. Również na podstawie uzyskanych aproksymacji krzywych rozciągania moduł sprężystości pozornie zmienia swoją wartość, co świadczy

o przenoszeniu większych obciążeń dynamicznych. Jest to zaleta materiałów stosowanych do budowy lekkich osłon balistycznych. Granica deformacji takiego materiału (u_g), po którym następuje trwałe jego uszkodzenie przesuwa się.

Podsumowując, można stwierdzić, że badany laminat balistyczny Lim posiada bardzo dobre właściwości, które decydują o dyssypacji energii uderzającego pocisku. Wyniki z badań wytrzymałościowych potwierdzają zalety na tle innych materiałów stosowanych w budowie laminatów balistycznych. Zalety tego laminatu sprawdzono w próbach strzeleckich, które wykazały pozytywne rezultaty prezentowane w pracy [5].

Praca powstała w ramach projektu N N501 063740 sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki

Literatura

1. Reid S.R., Zhou G.: Impact behaviour of fibre-reinforced composite materials and structures. North America: CRC Press LLC, first published 2000, reprinted 2008.
2. Kulisiewicz M., Piesiak S., Bocian M., Jamroziak K.: Analiza deformacji materiałów kompozytowych w oparciu o pewien model niesprężysty. „Problemy techniki uzbrojenia”, WITU, Zeszyt nr 95, Zielonka-Rynia 2005, s. 197-206.
3. Jamroziak K.: Process description of piercing when using a degenerated model. „Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering”, Vol. 26, Issue 1, International OCOSCO World Press, January 2008, p. 57-64.
4. Wróbel A.: Tensometryczna metoda pomiaru naprężeń w modelu laboratoryjnym do badania podzespołów i zespołów niezbędnych do innowacyjnej konstrukcji wagonów towarowych. Zeszyty Naukowe WSOWL, nr 1/2011, Wrocław 2011, s. 286-293.
5. Rusiński E., Karliński J., Jamroziak K.: The chosen aspects from research of ballistic shields. In: 22nd DANUBIA-ADRIA Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, DAS 2005, Parma – Italy, p. 22-23.

MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES ON THE POLIMER WARP

Summary: Composite materials because of their properties have been used in constructions called the tight ballistic shields. Light ballistic shields are different kind of combination in the system. Fibrous material, mostly based on aramid texture, with adhesive (egg. polymer or epoxy one) is a ballistic laminate. This kind of laminates are resistance for dissipation of bullets kinetic energy shoot from small arms, with velocity about $300 \div 900$ m/s. In this paper author present review of ballistic laminates used for construction of ballistic shields. Basic characteristic of a laminates specified on those experiments has been presented.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Witold JANIK*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice.

* witold.janik@polsl.pl

COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE DISASSEMBLY MODULE

Abstract: The Paper presents the disassembly module. The module is an integral part of expert system that is partial implementation of the Technical Mean Recirculation Method (TMRM). The Disassembly module is divided to two separate sub-modules like: Structure and Sequence. The Structure sub-module is used to input technical mean structure and joins (connection character joins), between elements. In the Sequence sub-module the syndrome identify tag is created to which mechanically used and damaged elements are assigned. As result of gained data algorithm analysis, automatically the disassembly documentation is generated with rule of minimal disassembly range taken in consideration. User have also possibility to modify the operation contents or prepare a sequence manually.

1. Introduction

The disassembly module is an part of the TMRM. Technical mean should be treated as target assembly in specific machine or machine itself [1]. Method presented in Fig. 1. As technical mean is in the state that further exploit could be crucial in case of damage or mechanical use that can bring destruction, disassembly process is needed [2]. Disassembly process is based on data that characterize technical mean structure and resultant range of mechanically used or damaged elements. The third most important input is the technical documentation. Greatly useful form of the documentation could be: the 3D model of technical mean with the complete technical drawings, an assembly sequence, the technology of manufactured elements, operation and maintenance manual. As information about the structure, the damaged and mechanically used elements list and the technical documentation is inputted; the correct sequence with reduction to necessary range is prepared with application of disassembly module (DM). The DM is divided to two sub-modules: Structure and Sequence modules. Structure module helps user to input information about: the technical mean structure, joins between elements with specific assembly order. Sequence module helps user to prepare disassembly documentation (the disassembly sheet).

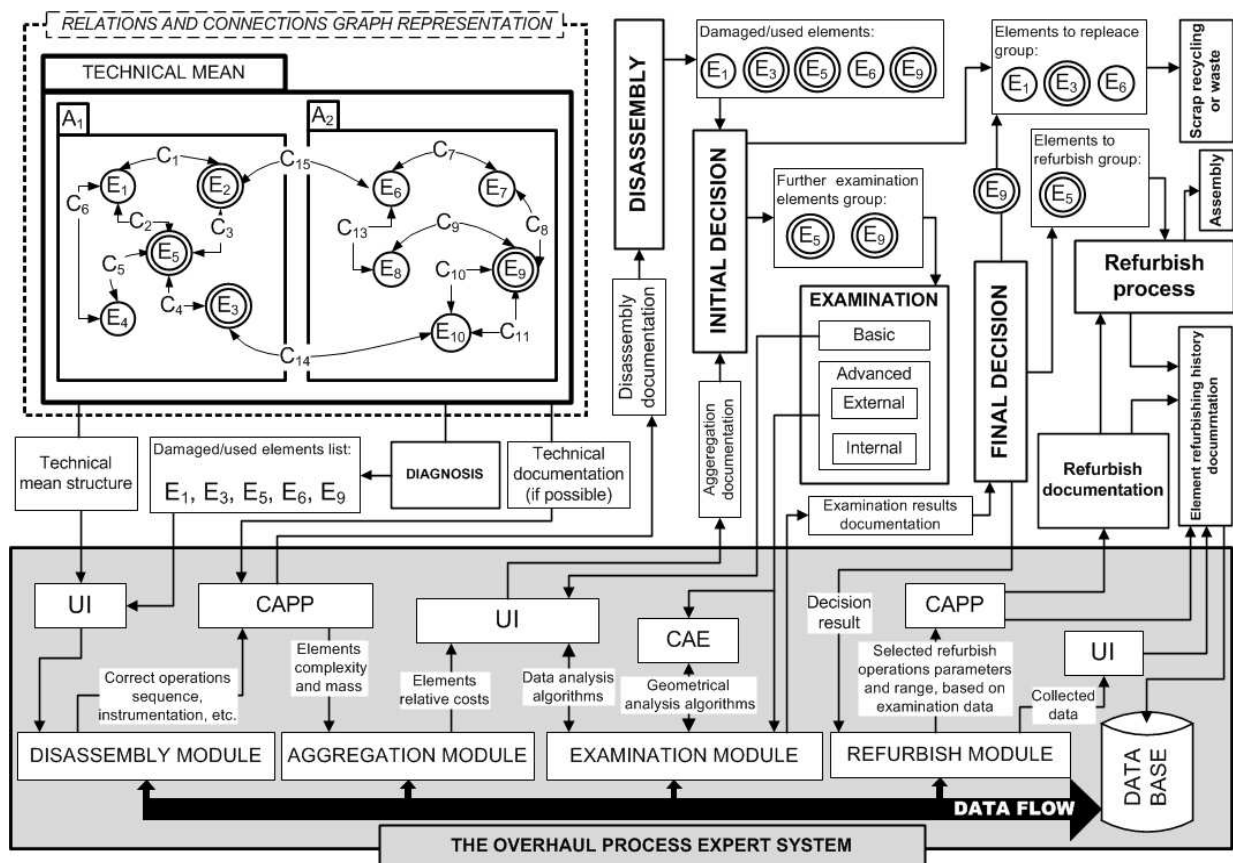


Fig. 1. Technical mean recirculation method (TMRM): A_n – assembly, E_n – element, C_n – join connection between elements for ex.: joint, weld etc., UI – user interface, CAPP – Computer Aided production planning (CAD and CAM), CAE – computer aided engineering, circled elements – catalogue/normalized, double circled elements – manufactured, CAPP and UI blocks should be treated as one.

Method is partially implemented in the Overhaul Process Expert System (OPES) that is software prepared in development environment combined with separate environments. In Fig. 2 advanced development environment is presented with division of task assignment. Provided solution is used to implement TMRM. Overhaul expert system works in multithread ways: provide algorithms prosecution, conclusion data influence stored in algorithms, geometrical operations prosecution (CAPP and CAE range), data storage and management, user interactive interface tasks prosecution. Software development is realized through object-oriented programming language C#.

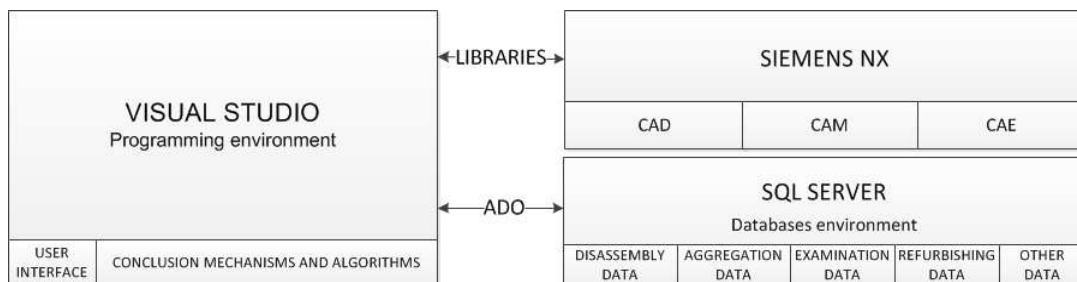


Fig. 2. The TMRM oriented software development environment

2. The disassembly module

The disassembly process have to be provided in minimal range according to damaged or mechanically used elements. To provide that an proper algorithm is needed. Example for disassembly module presentation is the hydraulic actuator assembly presented in Fig. 3.

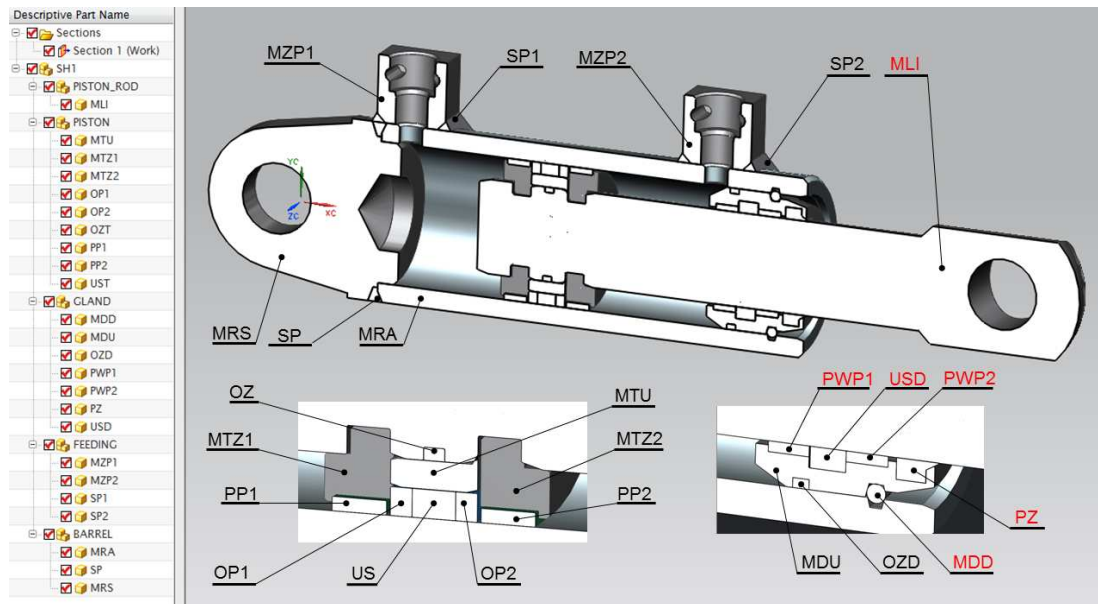


Fig. 3. 3D model of an hydraulic actuator example[4]. Red marked elements are damaged or mechanically used.

Disassembly module contains two separate sub-modules: the Structure and the Sequence. The Structure (Fig. 4.) sub-module helps input technical mean structure with additional information about joins connections between elements. At first user have to input the structure according to existing state or structure inputted earlier in CAD software. In the “Create structure” panel user should input technical mean name and create technical mean top node representation in tree-view panel. Then user can input the subassemblies in considered level. At the end assign specific elements to subassemblies. During input process the structure is simultaneously recorded in the database. “Create joins” panel helps user to input connections between elements. Joins are unlike CAD software constrains oriented to character of the connections. In overhaul processes more important than constrains are information about how two elements are combined together. To input join, user have to select from Assemblies combo boxes specific assemblies. According to which list of elements is displayed instantly; then select two elements in itch list. The last step is to select one of joins representation in icon bar. All joins have to be inputted according to assembly order. As result of inputted data user can generate the graph that represents the technical mean structure (Fig. 6, without colour marks of disassembly range). Graph is undirected and its representation for the example according to equation (1) with 24 vertices and 39 edges. Vertices in previous graphs versions has an random distribution (in automatically generated graphical representation) for each generated distribution of specific auto-isomorphic graph. What gives random quantity of edges intersections in most cases for this particular example from range 89 to 178.

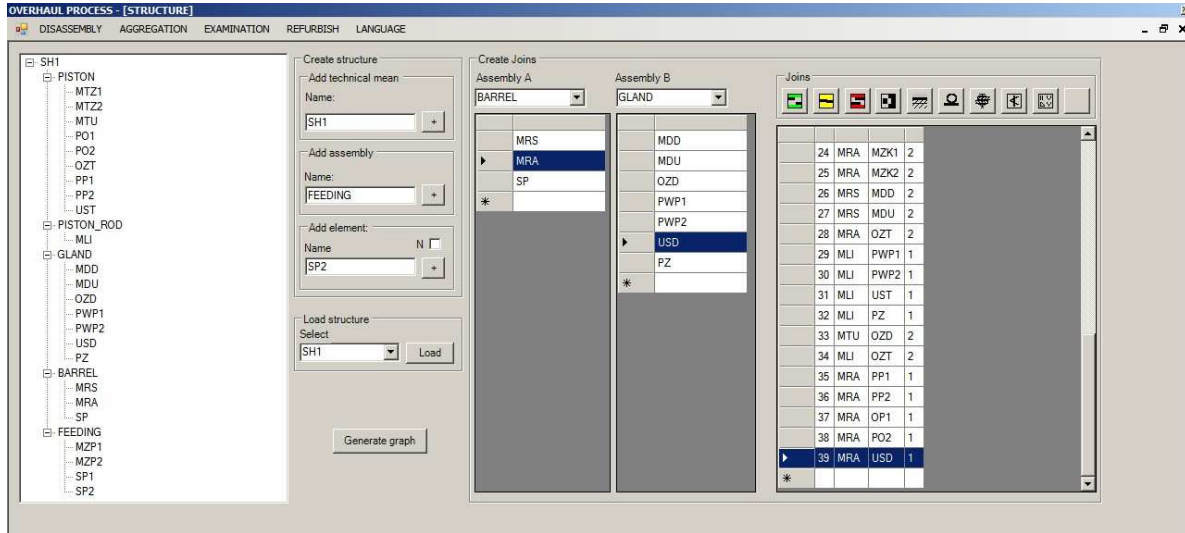


Fig. 4. Structure UI dialog

Circular distribution that groups elements in sub-assemblies gives 65 intersections. Solution for vertices distribution with simultaneously edges intersections reduction is an application of the Simulated Annealing Algorithm [3]. Beside of basic data graph also contains data about joins types. Structures of technical means can be loaded from database through the technical mean ID selection, as well as joins inputted during structure preparation.

$$G = (V, E), \quad (1)$$

where:

$$V = \{MTZ1, MTZ2, MTU, PO1, PO2, OZT, PP1, PP2, UST, MLI, MDD, MDU, OZD, PWP1, PWP2, USD, PZ, MRS, MRA, SP, MZP1, MZP2, SP1, SP2\} \quad (2)$$

$$E = \{\{MRA, MRS\}, \{MRA, SP\}, \{MRS, SP\}, \{MZP1, SP1\}, \{MZP2, SP2\}, \{MDU, OZD\}, \{MDU, PWP1\}, \{MLI, PWP1\}, \{MLI, USD\}, \{MLI, PWP2\}, \{MLI, PZ\}, \{MLI, OZT\}, \{MLI, MTU\}, \{MLI, MTZ1\}, \{MLI, MTZ2\}, \{MTZ1, PP1\}, \{MTZ1, PO1\}, \{MTZ2, PP2\}, \{MTZ2, PO2\}, \{MTU, UST\}, \{MRA, PO2\}, \{MRA, PP2\}, \{MRA, MTZ2\}, \{MRA, OZD\}, \{MRA, MDD\}, \{MRA, MZP1\}, \{MRA, SP1\}, \{MRA, MZP2\}, \{MRA, SP2\}, \{MDU, PWP2\}, \{MDU, PZ\}, \{MRA, MTZ1\}, \{MRA, PO1\}, \{MRA, UST\}, \{MRA, MDU\}, \{MDU, USD\}, \{MRA, MDU\}\} \quad (3)$$

The Sequence sub-module is used for disassembly documentation formalism preparation, especially: correct order of disassembly operations, timings, instrumentation description and personal data. Provided solutions is based on algorithms that analyse technical mean structure and connections between elements in assembly order. In Fig. 5 Module user interface is presented with group of panels that are used to specific tasks. The first step is technical mean ID selection from the list, then syndrome can be assigned with ID and simple main appearance symptom description.

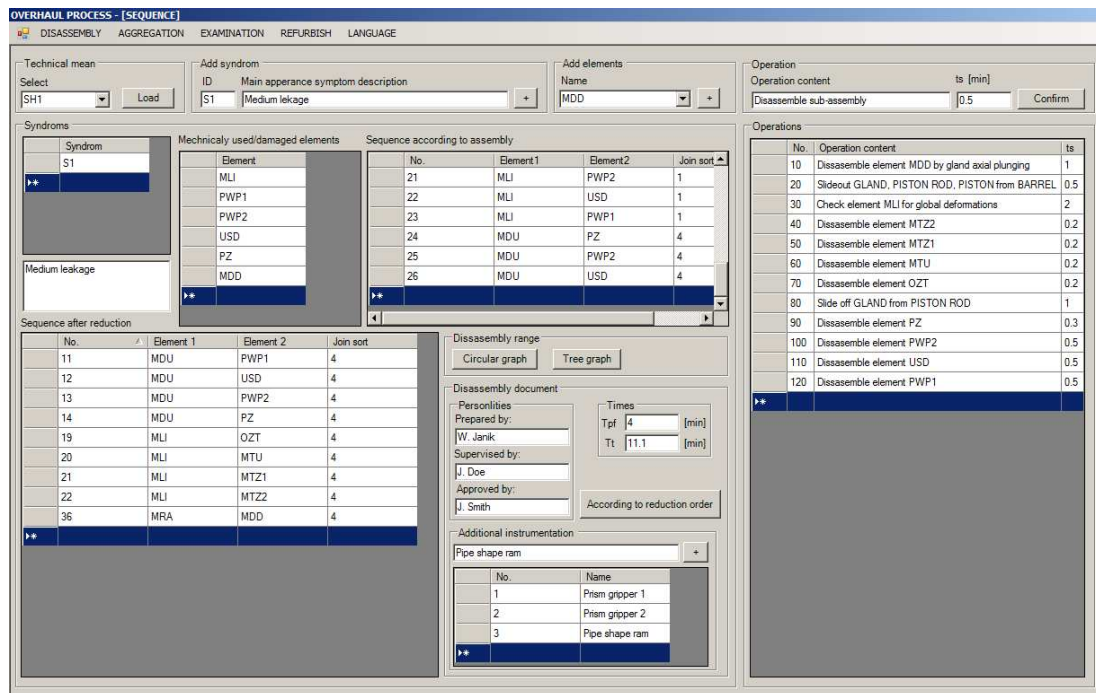


Fig. 5. Sequence UI dialog: T_{pf} – preparation-finish Time, T_t – total time, t_s – singular time

The next step is to provide group of mechanically used or damaged elements assignment to specific syndrome. Instantly data is presented in panels: “Sequence according to assembly” and “Sequence after reduction”. Next user have to input data in “Disassembly document” panel: personalities, preparation time (T_{pf}), additional instrumentation. When all data is inputted user can provide “According to reduction order” option to prepare sequence semi-automatically in “Operations” panel. Automatically generated operations contents can be modified by user as well as the singular operations timings (t_s). The prepared algorithm automatically identifies operations like: disassemble operations (with specific type of connections recognition; for ex. welding join – cut element, shape join – disassemble element, screw join – unscrew element etc.), check element operations (if few elements are assembled on specific element, this element have to be checked; for ex. for global deformations), subassembly disassemble operations.

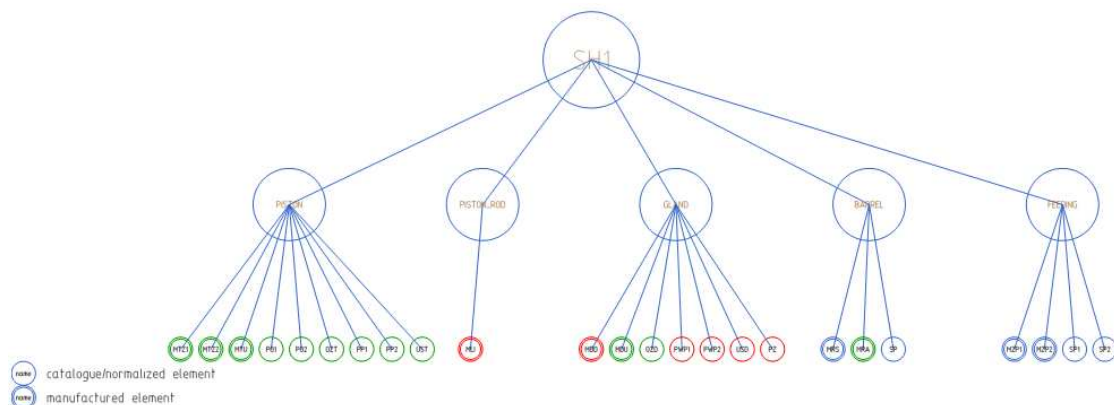


Fig. 6. Tree graph that represents disassembly range with elements colour marks.

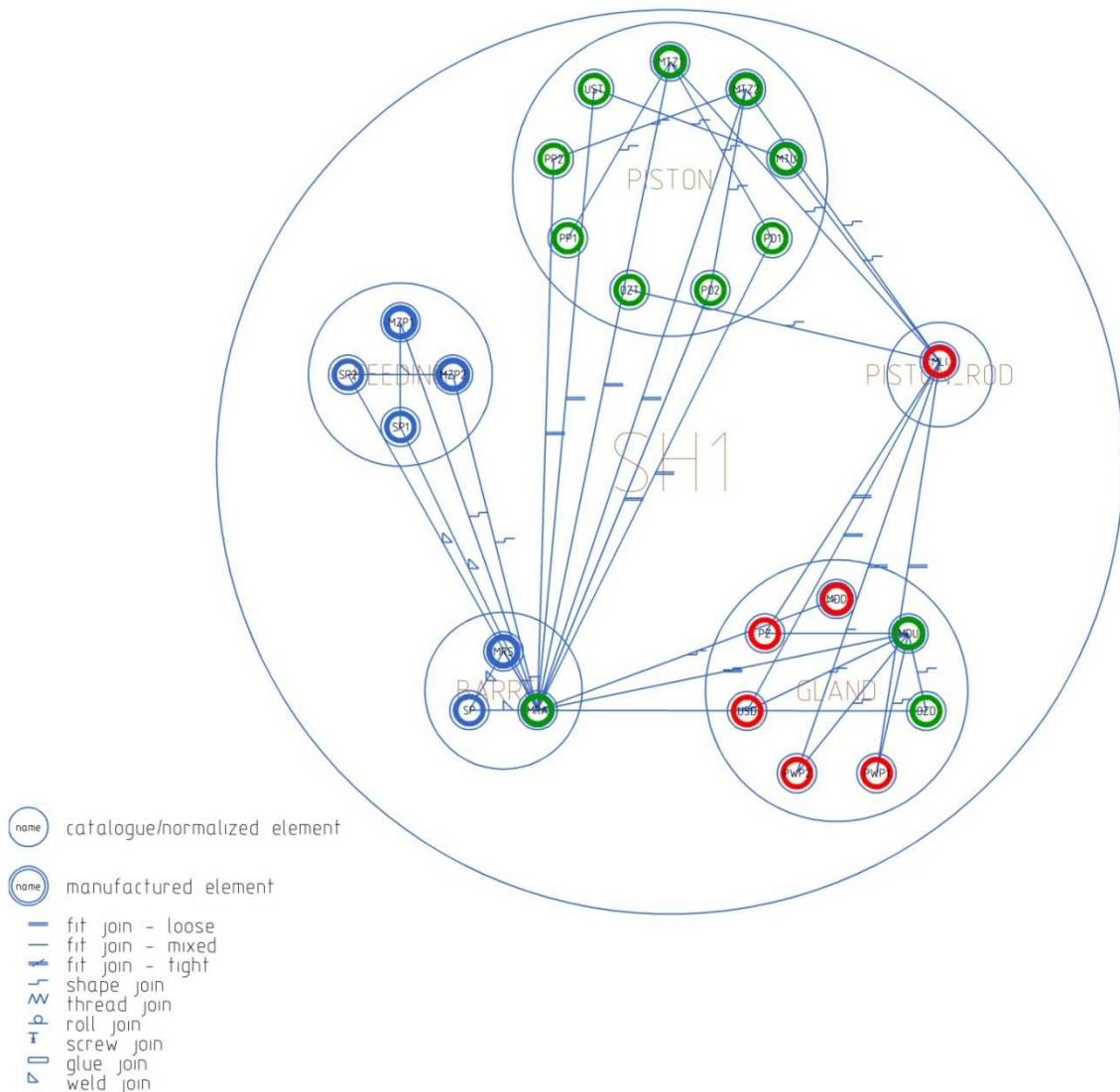


Fig. 7. Technical mean relational connections structure graph with disassembly range marks.

The result of Sequence sub-module operation is tree graph (Fig. 6.), circular graph (Fig. 7) and disassembly sheet formalism (Fig. 8). Circular graph generated in the Sequence sub-module contains data about disassembly range. Red circled marked vertices are mechanically used or damaged elements, green circled marked vertices are elements that are a part of disassembly process, blue marked circled vertices are elements that are not a part of disassembly process. Graph is printed out in *.xps document file, for better graphical representation (high DPI export possibility). TMRM implementation result as graphs provide disadvantage as only 2 level structures presentation. As solution user should prepare separate graphs for each specific target assembly in two level presentation and then combine them together. All documentation is generated automatically in base of inputted data. Presented documentation at the further procedures should be send to disassembly station (according TMRM – Fig. 1) Worker should use disassembly sheet document as primary guidance, and be equipped with technical drawing assembly sheet.

Institute of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems Silesian University of Technology			DISASSEMBLY SHEET			TECHNICAL MEAN NAME: SH1		DISASSEMBLED ELEMENTS COUNT: 9		
No	Operation content	ts[<i>min</i>]:	No	Operation content	ts[<i>min</i>]:	No	Instrumentation:			
10	Dissassemble element MDD by gland axial plunging	1								
20	Slideout GLAND, PISTON ROD, PISTON from BARREL	0.5								
30	Check element MLI for global deformations	2								
40	Dissassemble element MTZ2	0.2								
50	Dissassemble element MTZ1	0.2								
60	Dissassemble element MTU	0.2					3	Pipe shape ram		
70	Dissassemble element OZT	0.2					2	Prism gripper 2		
80	Slide off GLAND form PISTON ROD	1					1	Prism gripper 1		
90	Dissassemble element PZ	0.3					T _{pf} [<i>min</i>]: 4			
100	Dissassemble element PWP2	0.5					Σt _s [<i>min</i>]: 7,1			
110	Dissassemble element USD	0.5					T _{pf} +Σt _s [<i>min</i>]: 11,1			
120	Dissassemble element PWP1	0.5								
Prepared by: W Janik			Supervised by: J Doe			Approved by: J Smith			Sheet/Sheets:	

Fig. 8. Disassembly sheet

All sheets can be easily managed as it is shown in the Fig. 9. As it is presented in source box user can select one of sheets and then send to local, remote printer or save on disk as an *.xps file. According to presented print dialog, each document has preserved its specific name like:

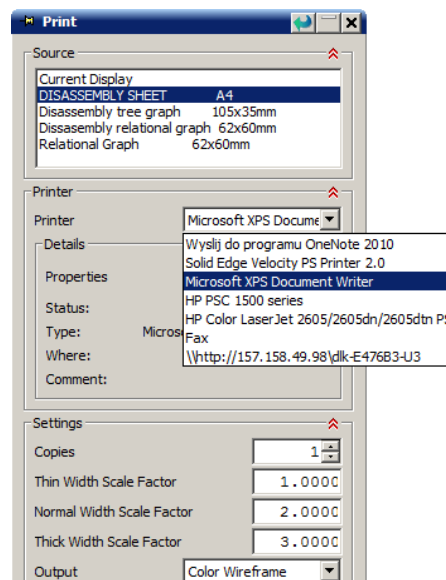


Fig. 9. Print dialog (NX software)

3. Summary

The Technical Mean Recirculation Method is universal, but disadvantages appears with implementation, for ex.: maximum two level structure presentation in graphs. User also should be aware how a technical mean is built (use technical drawing of technical mean assembly) to provide disassembly process. Lack of technical documentation is one of the most critical barrier in the TMRM. This disadvantage have to be minimized by among others reverse engineering techniques. Fortunately possibility of automation and computer aid, can effectively support overhaul processes. Presented disassembly module target is to prepare documentation that can be directly applied at disassembly station. Main document which is the disassembly sheet, completes that target. Additional support of graphs can improve disassembly process. The STRUCTURE sub-module gives possibility to input structure of technical mean only manually, further software development should bring possibility to copy structure straight from CAD program. The Computer Aided Overhaul can be supported with expert system based on the TMRM in the disassembly stage. The proposed solution as the disassembly module provide possibility to short time needed to prepare the disassembly documentation. The automation in the aspect of overhaul process preparation should be obtained through new tools, oriented to minimize subjective decisions during disassembly process preparation. The Further implementation development will be oriented to add new methods operation order generation and implementation of technical mean history knowledge based algorithms. Syndrome assignment gives possibility to prepare alternate solution for each case. At this stage when disassembly is provided, the syndrome can be only described with the ID and the main appearance symptom description. The described symptom in this stage is only appearance coarse attempt to present what is happening with technical mean during failure. Finally syndrome should be described property with group of symptoms that characterize precisely specific case. More extended description should be provided after the disassembly and the examination procedures and integrated with the refurbishment data to describe provided refurbishment and replacement treatment for each element. Estimated time of 11.1 minutes should be corrected during first disassembly attempt. The presented partial implementation of TMRM proves that in its range the method is correct. Presented solutions should be considerate especially in heavy industry.

Bibliography

1. Dietrych J.: System i konstrukcja. Warszawa: WNT, 1985.
2. Gendarz P., Janik W.: Refurbishing technologies of hydraulic actuators applied in mining industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 2010, No 41, p. 104-111.
3. Kirkpatrick S., Gelatt C. D., Vecchi M. P.: Optimization by simulated annealing. *"Science"* 2009, No 220, p. 671–680.
4. Gendarz P.: *Elastyczne systemy modułowe konstrukcji maszyn*. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2009.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Witold JANIK*

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice.

* witold.janik@polsl.pl

COMPUTER AIDED OVERHAUL WITH THE EXPERT SYSTEM APPLICATION – THE AGREGGATION MODULE

Abstract: The paper presents aggregation module and the author's Interchangeable Refurbishment Method (IRM). The aggregation module is an integral part of expert system that aid the overhaul process preparation. By operation oriented to the abstracts (technical documentation, structure, symptoms and list of damaged or mechanically used elements) reveals possibility of estimation: which elements should be replaced and which should be examined. Next the Interchangeable Refurbishing Method is proposed, in which mechanically used or damaged elements assigned to syndrome are replaced, by what time for further examination and refurbishment is simultaneously gained. Furthermore with provided aggregation, assignment of element a copy is possible and placement of that copy. The Aggregation module by automatically assignment of elements to replacement or further examination, improve stage of initial decision in the author's Technical Mean Recirculation Method (TMRM). The Aggregation is based on data gained form technical documentation, what are: element complexity, mass and joins quantity. Relative cost based on results is determined.

1. Introduction

The Aggregation module is an part of the TMRM. The aggregation helps to take initial decision about sending damaged or mechanically used element to further examination, same as helps select target (in refurbishing point of view) elements in assembly to provide interchangeable refurbishing (Fig. 1.). When aggregation is don for specific technical mean, an group of refurbishing potential elements is gained. It's important to focus on elements which relative cost is high, unlike provide replacement for all elements in technical mean. Interchangeable refurbishing method is proposed especially when element has mechanical usage. Mechanical use unlike damage is predictable according to: placement, range, and time of appearance. According to mechanical use character, once prepared disassembly, examination (but periodically examination repeat is needed), and refurbishing technology; can be used repeatable after each interchange.

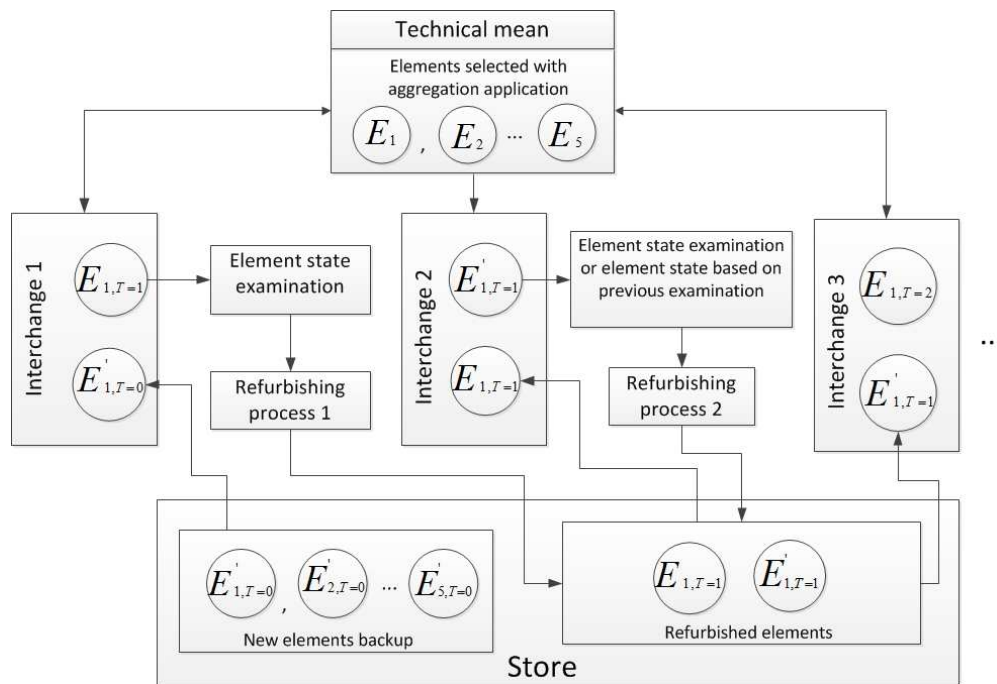


Fig. 1. Interchangeable refurbishing method (IRM)

2. Aggregation module

The aggregation stage is important because in overhaul process preparation, it could be provided in base of abstracts. There is no need to operate on existing technical mean [1], so aggregation can be also provided as prediction stage of overhaul process. Aggregation implementation of TMRM presentation is based on example depicted in Fig. 2. The Aggregation module is a proposition to initial decision approach oriented to elements refurbishing. If damaged or mechanically used elements are disassembled, these elements can be categorized as: normalized or catalogue elements (NCE) and manufactured elements (ME). NCE's should be in most cases directly replaced in technical mean for ex.: screws, gaskets, guidance rings etc. [2]. NCE's are typically mass production elements. Unlike NCE's, ME's are typically more complex, what has an important impact to overall cost of an element [3], (especially machined elements) for ex: piston rods, gears hafts, stabilizer coupler's arm etc.. Aggregation module UI is presented in Fig. 3. In this module user selects technical mean, then syndrome. After syndrome selection is completed automatically the mechanically used and damaged element list is loaded from database. Simultaneously list of elements in reference model features group is updated with same elements. Additionally user has a possibility to add other elements to aggregation from technical mean by selecting proper assembly in elements panel. Next step is to collect data from each element by selecting 3D model of an element in NX graphical display (when element is selected automatically changes colour to red) and then use decoding option. Material assignment is needed to retrieve mass data during aggregation algorithm prosecution. Decode option gets all information about reference model needed in aggregation.

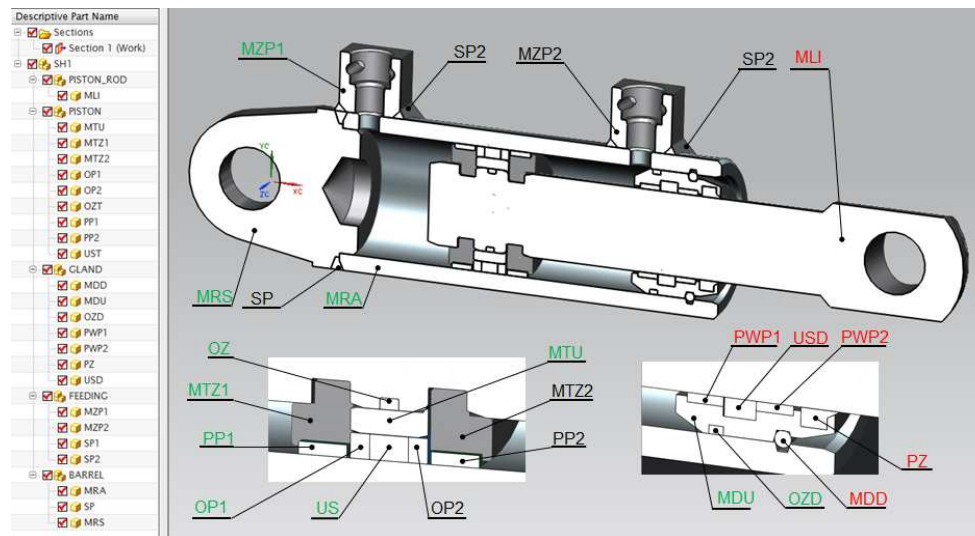


Fig. 2. 3D model of an hydraulic actuator example[4]. Red marked elements are damaged or mechanically used, green marked elements are elements that are used to extend range to improve aggregation results.

When decode is provided all important data is presented in Reference model features panel like: surfaces quantity, total surfaces area, volume, material and mass. Additional information is an element status which can be described as {0,1,2} assignment. Assignment describe kind of status as: 0 – acceptable, 1 – mechanical use, 2 – damage.

Used	Name	Label	Category	Type	Location	Library
	00_15HN	1	Other	Isotropic	MDD.prt	ISO.xml
	00_POLIURETHANE	1	Other	Isotropic	PZ.prt	ISO.xml
	00_32HG2A	1	Other	Isotropic	MRA.prt	ISO.xml
	00_POLIURETHANE	1	Other	Isotropic	USD.prt	ISO.xml
	00_18G2A	1	Other	Isotropic	MZP1.prt	ISO.xml
	00_40H	1	Other	Isotropic	MTU.prt	ISO.xml
	00_18G2A	1	Other	Isotropic	MZP2.prt	ISO.xml
	00_45G2	1	Other	Isotropic	MTZ1.prt	ISO.xml
	00_STAL	1	Other	Isotropic	SP1.prt	ISO.xml
	00_POLIACETAL	1	Other	Isotropic	PP1.prt	ISO.xml
	00_40H	5	Other	Isotropic	MLI.prt	ISO.xml
	00_STAL	1	Other	Isotropic	SP2.prt	ISO.xml
	00_E295	1	Other	Isotropic	MDU.prt	ISO.xml
	00_RUBBER	1	Other	Isotropic	OZD.prt	ISO.xml
	00_45G2	1	Other	Isotropic	MTZ2.prt	ISO.xml
	00_POLIACETAL	1	Other	Isotropic	PWP1.prt	ISO.xml
	00_18G2A	1	Other	Isotropic	MRS.prt	ISO.xml
	00_POLIACETAL	1	Other	Isotropic	PWP2.prt	ISO.xml
	00_POLIURETHANE	1	Other	Isotropic	OP2.prt	ISO.xml
	00_POLIURETHANE	1	Other	Isotropic	UST.prt	ISO.xml
	00_POLIURETHANE	1	Other	Isotropic	OP1.prt	ISO.xml
	00_POLIACETAL	1	Other	Isotropic	PP2.prt	ISO.xml
	00_RUBBER	1	Other	Isotropic	OZT.prt	ISO.xml

Fig. 3. Material UI (NX software) – material assignment

The description is selected by the user in element status list in reference model features panel. This particular data is not considered during aggregation process. User has also possibility to manually input data if there is no possibility to retrieve documentation or 3D model. When all data are decoded or inputted by the user, for particular element (for ex. MDD

element – Fig. 4), the data can be recorded in aggregation data collection, what is visualized in “Elements aggregation list panel”. When user decides that list is complete, can execute aggregation procedure. In a result user retrieve information about each element ratios and relative costs according to specified group (author algorithm). Visualization on chart reveals which element can be send to further examination. In the “Initial decision” panel according to Fig. 4, to replace list which is automatically updated with NCE’s elements and user decide which of ME’s elements can be send to examination by elimination of low relative cost ME’s. Aggregation chart reveals that MLI element – piston rod, have significantly greater relative cost then other damaged or mechanically used elements. Beside of MLI element MDD – clamping wire (Fig.2.) is ME. In comparison of these two relative cost is still significant. To improve Aggregation and check relative cost in larger group of elements in example assembly an group extension is provided. Aggregation group is extended by elements marked in green colour – Fig. 2. As result user retrieve from aggregation new extended chart – Fig. 5. In this chart this chart all the hydraulic actuator elements were presented (without doubling in extended group of elements).

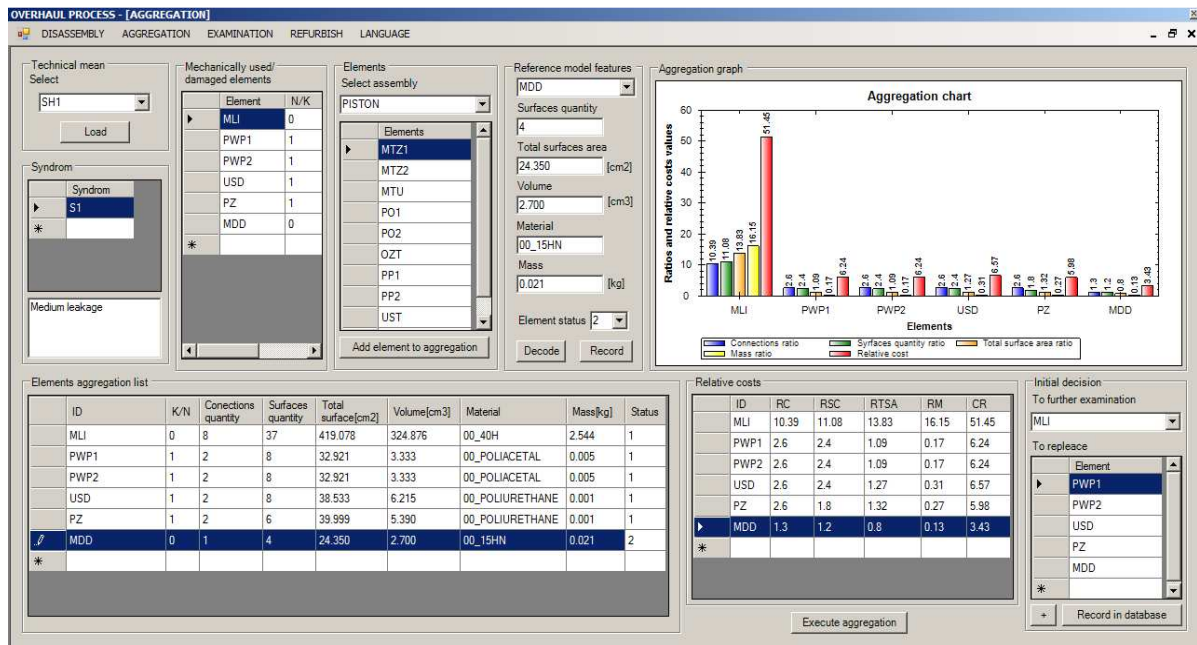


Fig. 4. Aggregation UI Dialog: RC – connections ratio, RSC – Surfaces quantity ratio, RTSA – Total surfaces area ratio, RM – mass ratio, CR – Relative cost

For better case presentation all gathered data from the reference model were set together in the Tab.1. The elements collection set is oriented also to extended group and as result aggregation data is presented in Tab. 2. Results indicate MRA, and MLI as most acceptable elements for further examination. Also results group extension improve aggregation process and still sustain high relative cost value for MLI element. The MRS and MDU elements could be conditionally considered as refurbishment capable elements.

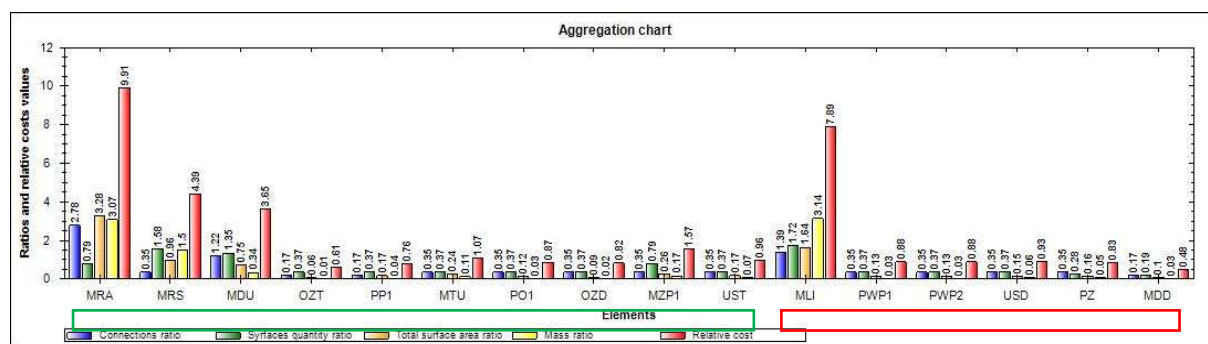


Fig. 5. Aggregation Chart (green boarder extended group of elements, red boarder – mechanically used or damaged elements) – elements marked in Fig. 2.

Result also reveals correct combination of selected parameters like: surface quantity, quantity of connections between elements, total surface area, mass; to obtain relative cost of an element. User should remember that this type of aggregation is oriented specify to machined elements. What reveals disadvantage of TMRM implementation in aggregation matter. Solution proposition to this disadvantage is to assign weights values to each ratio that modify integral value.

Tab. 1. The data gathered during decoding procedure (aggregation list)

No.	ID	K/N	Connections quantity	Surfaces quantity	Total surface [cm ²]	Volume [cm ³]	Material	Mass [kg]	Status
1	MRA	0	16	17	835.002	317.417	00_32HG2A	2.485	0
2	MRS	0	2	34	246.025	155.519	00_18G2A	1.218	0
3	MDU	0	7	29	191.077	35.389	00_E295	0.277	0
4	OZT	1	1	8	14.280	1.058	00_RUBBER	0.002	0
5	PP1	1	1	8	44.540	4.510	00_POLIACETAL	0.006	0
6	MTU	0	2	8	60.751	11.224	00_40H	0.088	0
7	PO1	1	2	8	30.508	3.450	00_POLIURETHAN E	0.000	0
8	OZD	1	2	8	21.855	1.620	00_RUBBER	0.003	0
9	MZP1	0	2	17	67.281	17.118	00_18G2A	0.134	0
10	UST	1	2	8	44.331	6.906	00_POLIURETHAN E	0.001	0
11	MLI	0	8	37	419.078	324.876	00_40H	2.544	1
12	PWP1	1	2	8	32.921	3.333	00_POLIACETAL	0.005	1
13	PWP2	1	2	8	32.921	3.333	00_POLIACETAL	0.005	1
14	USD	1	2	8	38.533	6.215	00_POLIURETHAN E	0.001	1
15	PZ	1	2	6	39.999	5.390	00_POLIURETHAN E	0.001	1
16	MDD	0	1	4	24.350	2.700	00_15HN	0.021	2

Unfortunately weights values cannot be obtained other else then trough expert estimation or neural network implementation (neural network teach process should be based on specific cases). For example consideration of two elements comparison. If first one is machined element; the quantity of surfaces have a great matter. If unlike the first then the second element is injected one, quantity of surfaces are not so important.

Tab. 2. The Ratios set according to Fig. 5

No.	ID	R _C	R _{SC}	R _{TSA}	R _M	C _R
1	MRA	2.78	0.79	3.28	3.07	9.91
2	MRS	0.35	1.58	0.96	1.5	4.39
3	MDU	1.22	1.35	0.75	0.34	3.65
4	OZT	0.17	0.37	0.06	0.01	0.61
5	PP1	0.17	0.37	0.17	0.04	0.76
6	MTU	0.35	0.37	0.24	0.11	1.07
7	PO1	0.35	0.37	0.12	0.03	0.87
8	OZD	0.35	0.37	0.09	0.02	0.82
9	MZP1	0.35	0.79	0.26	0.17	1.57
10	UST	0.35	0.37	0.17	0.07	0.96
11	MLI	1.39	1.72	1.64	3.14	7.89
12	PWP1	0.35	0.37	0.13	0.03	0.88
13	PWP2	0.35	0.37	0.13	0.03	0.88
14	USD	0.35	0.37	0.15	0.06	0.93
15	PZ	0.35	0.28	0.16	0.05	0.83
16	MDD	0.17	0.19	0.1	0.03	0.48

3. Summary

The main problem of nowadays estimation according overhaul process is accurateness. Presented solution gives specific values and data that explicitly brings result. User can not only backup taken decision, but also present what is the difference between two elements according to relative cost (for example MRA element has 0.2 higher relative cost then MLI, for selected elements group). Initial decision about which element should be replaced at once and which should be sent to further examination in author's TMRM is supported with aggregation implementation. The aggregation can be provided without influence to technical mean, but all procedures are made on an abstract 3D model. Main disadvantage comes with lack of technical documentation or need to prepared 3D assembly model from 2D technical drawing. For each technical mean aggregation can be prepared once for all elements in technical mean or for separate groups of elements. Provided syndrome assignment gives possibility to prepare aggregation for each syndrome separately according to damaged or mechanically used elements. The presented aggregation implementation of the TMRM proves that in its range the method is correct.

Bibliography

1. Dietrych J.: System i konstrukcja. Warszawa: WNT, 1985.
2. Gendarz P., Janik W.: Refurbishing technologies of hydraulic actuators applied in mining industry. "Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering" 2010, No 41, p. 104-111.
3. Steiner M., Ehrlenspiel K., Schnitzlein W.: Experience with the introduction of knowledge-based extensions of a CAD - system for supporting construction cost estimate. VDI Berichte 1993, No. 1079, p. 33-43.
4. Gendarz P.: Elastyczne systemy modułowe konstrukcji maszyn. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2009.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr JEZIERSKI*

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* piotr.jezierski@vp.pl

PROJEKT ELEKTROWNI WIATROWEJ DLA DOMU JEDNORODZINNEGO – PIERWSZE STADIA PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono poglądowo pierwsze stadia procesu projektowo-konstrukcyjnego projektu elektrowni wiatrowej dla domu jednorodzinnego. Projekt realizowano w ramach działalności Studenckiego Koła Naukowego Nowych Metod Konstruowania Maszyn im. prof. Janusza Dietrycha, działającego przy wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

1. Wstęp

Współczesny, dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii, wywołuje ciągły wzrost zapotrzebowania ludzkości na energię elektryczną. Powszechność i liczebność środków technicznych, wykorzystujących tę energię w rozmaitych dziedzinach techniki, zmusza człowieka do poszukiwania coraz to nowszych źródeł elektryczności.

Wykorzystywane do tej pory sposoby produkcji tego typu energii nie zawsze wpływały korzystnie na szeroko rozumiane środowisko naturalne (flora, fauna, klimat). Metody przetwarzania surowców (głównie kopalnych) wykorzystywanych jako materiał do produkcji elektryczności wiązały się, a w świetle nadal stosowanych w niektórych krajach przestarzałych technologii, wiążą się nadal z produkcją zanieczyszczeń. Co więcej, stosowane na szeroką skalę surowce kopalne posiadają charakter nieodnawialny, tzn. ich zasoby są skończone, co czyni z nich wyczerpalne źródła energii.

Popularyzowaną obecnie alternatywą dla kopalnych, nieodnawialnych źródeł, jest energia atomowa. Ta jednak wymaga stosowania bardzo rygorystycznych środków bezpieczeństwa w stosunku do procesu produkcji (zarówno technicznych jak i „ludzkich”), a odpady radioaktywne, powstające po wyczerpaniu się materiału źródłowego, są praktycznie nieregenerowalne i nieużyteczne (powstaje poważny problem ze składowaniem substancji niebezpiecznych). Sam proces produkcji może być bardzo niebezpieczny. W razie zadziałania czynników nieprzewidywalnych (siły natury, wady instalacji, błąd człowieka) może dojść do wieloletniego zniszczenia środowiska i ogromnych ofiar w ludziach (zarówno w chwili zaistnienia awarii w trakcie procesu produkcji, jak i w wyniku jej konsekwencji).

Dlatego też w ostatnich latach coraz większe zainteresowanie zyskują naturalne, tzw. odnawialne źródła energii, takie jak światło słoneczne, prądy wodne, wiatr, energia cieplna wnętrza ziemi (geotermia). Źródła te nie są na razie tak wydajne jak „klasyczne”, ale ich nieocenionymi zaletami są powszechna dostępność, praktyczna nieograniczoność zasobów i (przy racjonalnym wykorzystaniu) brak negatywnego wpływu na środowisko.

2. Formalizacja potrzeby

Celem projektu było skonstruowanie przydomowej elektrowni wiatrowej dla domu jednorodzinnego. Jednym z podstawowych założeń dla rozważanego środka technicznego była możliwość jego uniwersalnego zastosowania, niezależnie od położenia geograficznego docelowego miejsca pracy (oczywiście ograniczając się wstępnie do terytorium naszego kraju). Uznano, że określenie domu jednorodzinnego jako jednostki odbiorczej dla elektrowni będzie odpowiednie dla sprecyzowania zakresu pracy mającej zaspokoić zapotrzebowanie „przeciętnego Kowalskiego” na energię elektryczną, przy jednoczesnym umożliwieniu mu ustawienia elektrowni „w ogródku”. Ustrój elektrowni miał ponadto umożliwić użytkownikowi własnoręczny montaż i ewentualny demontaż urządzenia, jego podstawową obsługę / konserwację, a także możliwość transportu, w średniej wielkości pojeździe samochodowym o przestrzeni ładunkowej ok. 2 [t].

Wynikiem etapu formalizacji potrzeby w omawianym projekcie były założenia projektowo-konstrukcyjne. Założenia te przybrały formę kryteriów, które wykorzystano w późniejszym etapie wyboru z pola możliwych rozwiązań (omówione w dalszej części) i sformułowane w następującej postaci:

- K1 – wysokość elektrowni (ustrój nośny wraz z zespołem roboczym) – do 15 [m],
- K2 – średnica podstawy opisanej (obszar, w którego zakresie powinna istnieć możliwość umieszczenia lub przytwierdzenia elementów bazowych elektrowni, tj. fundamentów lub / i lin odciągowych) – do 15 [m],
- K3 – masa całkowita kompletnego środka technicznego z wyłączeniem fundamentu – ok. 750 [kg] (umożliwienie bezproblemowego transportu),
- K4 – minimalna prędkość wiatru, wprawiająca w ruch element roboczy elektrowni (śmigło lub rotor) – 2 [m/s],
- K5 – moc generowana przez elektrownię – 4÷8 [kW],
- K6 – cena całego urządzenia – 15 000÷20 000 [PLN] (zakres cenowy dla tego typu środków technicznych dostępnych na rynku),
- K7 – niezawodność (opracowanie ustroju możliwie odpornego na uszkodzenia i awarie),
- K8 – możliwie wysoka bezobsługowość,
- K9 – dostępność materiałów konstrukcyjnych (obniżenie kosztów wytworzenia),
- K10 – możliwie szerokie zastosowanie, w trakcie opracowywania konstrukcji, elementów katalogowych i znormalizowanych (uproszczenie wytworzenia),
- K11 – łatwość transportu,
- K12 – łatwość montażu,
- K13 – łatwość demontażu,
- K14 – zastosowanie w trakcie opracowywania konstrukcji elementów regenerowalnych (środek techniczny przyjazny środowisku naturalnemu),
- K15 – odporność na warunki atmosferyczne (długa żywotność urządzenia),

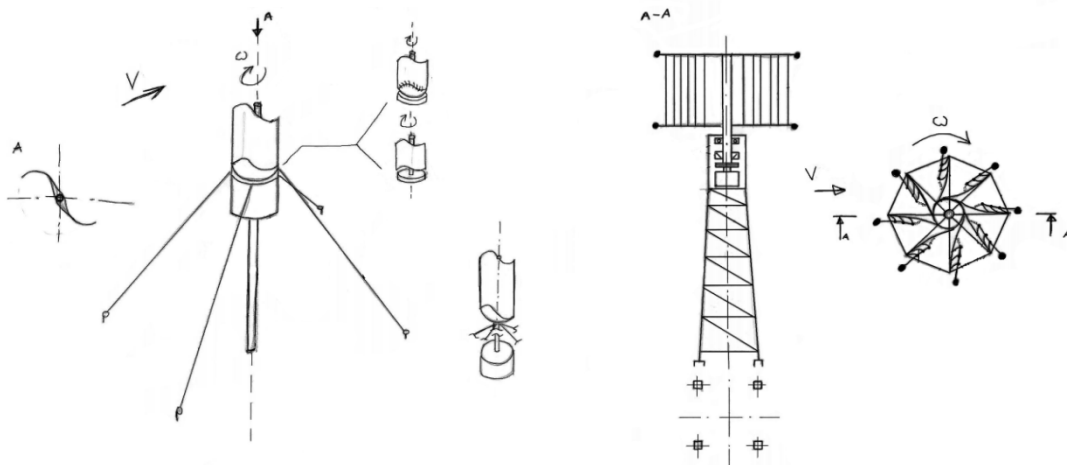
- K16 – zabezpieczenie przed uszkodzeniem lub zniszczeniem elektrowni na skutek działania nadmiernej prędkości wiatru,
- K17 – cichobieżność (minimalizacja wszelkich hałasów),
- K18 – uwzględnienie w konstrukcji regulowanego kąta natarcia i regulowanej długości łopat (mechanizm regulacji obrotów elementu roboczego),
- K19 – stateczność ustroju nośnego,
- K20 – bezpieczeństwo.

3. Utworzenie pola możliwych rozwiązań

Przy opracowaniu pola możliwych rozwiązań (tzw. koncygowaniu) wzorowano się na intuicyjnej metodzie 635 - sześć zespołów specjalistów, trzy koncepcje opracowane przez każdy z zespołów, pięć modyfikacji każdej z koncepcji (modyfikacje koncepcji przeprowadzają zespoły z wyłączeniem zespołu, który daną koncepcję opracował).

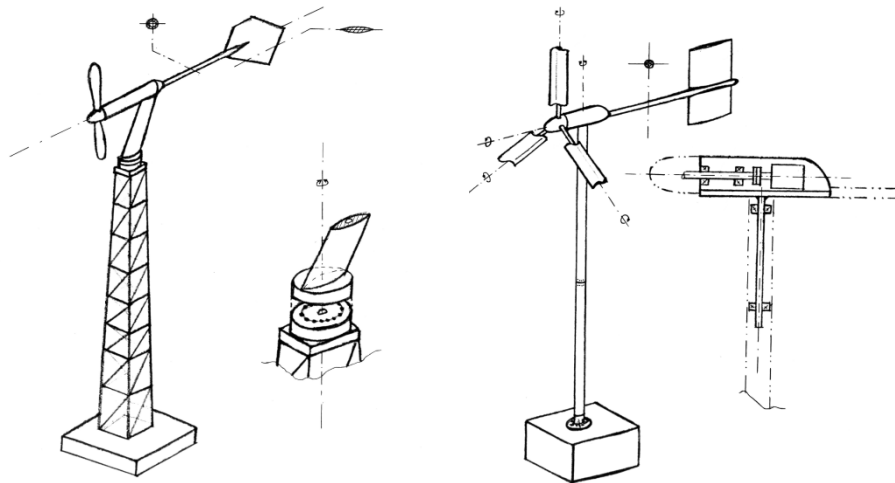
W wyniku procesu koncygowania utworzono łącznie dwadzieścia osiem różnych rozwiązań konstrukcyjnych, które następnie poddano ocenie wielokryterialnej. Przykładowe fragmenty szkiców koncepcji, spośród opracowanych, przedstawiono na rys.1 i rys.2.

Koncepcje, dotyczące pola możliwych rozwiązań, były zainspirowane dostępną literaturą fachową [1, 2], a także źródłami internetowymi. Starano się, aby poszczególne rozwiązania w obrębie pola wykazywały różnorodność konstrukcyjną. Dlatego też w polu znalazły się koncepcje z ustrojami nośnymi w postaci wież kratowych, masztów, z linami odciągowymi, bez lin, z elementem roboczym w postaci śmigła z klasycznymi łopatom lub z elementami walcowymi mającymi wykorzystywać tzw. efekt Magnusa, z elementem roboczym w postaci rotora Savoniusa lub w postaci pionowej łopaty.



Rys.1. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne opracowane w ramach utworzenia pola możliwych rozwiązań (I)

Fig.1. Examples of design solutions developed during the creation of possible solutions field (I)



Rys.2. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne opracowane w ramach utworzenia pola możliwych rozwiązań (II)

Fig.2. Examples of design solutions developed during the creation of possible solutions field (II)

4. Kryterialny wybór z pola możliwych rozwiązań

W celu wyboru rozwiązania optymalnego w zakresie utworzonego pola koncepcji posłużono się jedną z najprostszych metod zaliczanych do grupy metod optymalizacji parametrycznej – tzw. metodą punktową (dokładny opis metody można znaleźć np. w [3]).

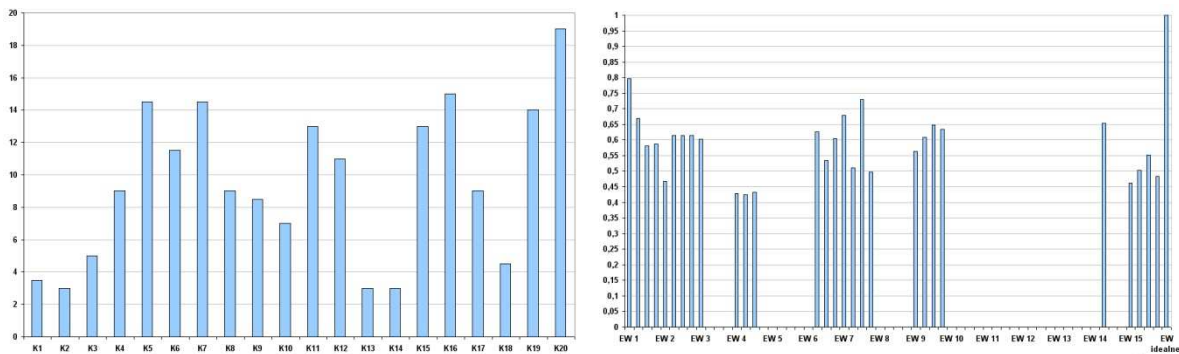
Aby uprościć zalgorytmizowane obliczenia etapu utworzonego specjalną aplikację w postaci skoroszytu programu MS Excel, do której następnie wprowadzono wyniki oceny układu kryteriów oraz oceny wszystkich koncepcji z pola możliwych rozwiązań względem tego układu. Przykładowe fragmenty tabel ocen z aplikacji przedstawiono na rys.3 i rys.4.

W rezultacie przeprowadzonego wyboru wielokryterialnego, jako rozwiązanie konstrukcyjne spełniające najlepiej sformułowany układ kryteriów (rozwiązanie optymalne w granicach utworzonego pola rozwiązań), zidentyfikowano rozwiązanie przedstawione z lewej strony na rys.1. Przewaga tego rozwiązania nad innymi polegała przede wszystkim na małej liczbie potencjalnych elementów składowych (dzięki pionowej osi obrotu elementu roboczego) oraz potencjalnie najmniejszej wadze (także za sprawą małej liczby potencjalnych elementów i możliwości wykorzystania tworzyw sztucznych przy wytwarzaniu).

2		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	2		g	EW 1	EW 1.1	EW 1.2	EW 1.
3	Wysokość h = 15 [m]	K1	0,5	0,5	0	0	1	0	3	K1	Wysokość h = 15 [m]	3,5	3	3	3
4	Średnica podstawy opisanej do 15 [m]	K2	0,5	0,5	0	0	0	0	4	K2	Średnica podstawy opisanej do 15 [m]	3	1	3	3
5	Masa ustroju bez fundamentu ok. 750 [kg]	K3	0,5	0,5	0	0	0	0	5	K3	Masa ustroju bez fundamentu ok. 750 [kg]	5	3	1	1
6	Minimalna siła wiatru 2 [m/s]	K4	1	1	1	0,5	0	0	6	K4	Minimalna siła wiatru 2 [m/s]	9	3	3	3
7	Moc elektrowni P = 4-8 [kW]	K5	1	1	1	0,5	1	0	7	K5	Moc elektrowni P = 4-8 [kW]	14,5	2	2	2
8	Cena 15 000 - 20 000 [PLN]	K6	0	1	1	1	0	0	8	K6	Cena 15 000 - 20 000 [PLN]	11,5	2	1	0
9	Niezawodność	K7	1	1	1	0,5	0,5	1	9	K7	Niezawodność	14,5	2	2	2

Rys.3. Utworzona aplikacja obliczeniowa MS Excel - widok fragmentu arkusza oceny układu kryteriów (z lewej) i oceny rozwiązań względem układu kryteriów (z prawej)

Fig.3. Created MS Excel calculation app – part view of the criteria's set assessment sheet (left) and evaluation of the possible solutions sheet (right)



Rys.4. Utworzona aplikacja obliczeniowa MS Excel – wykres wartości oceny kryteriów (z lewej) i wykres tzw. wskaźnika rozwiązania idealnego (z prawej)

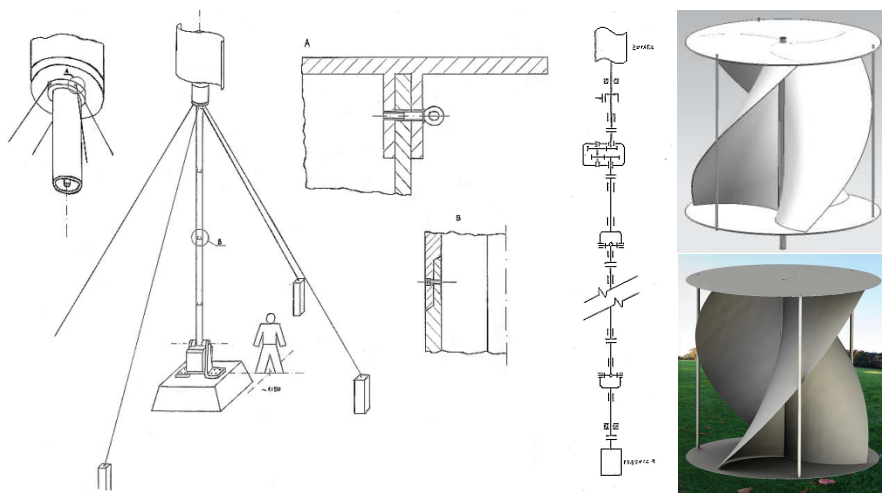
Fig.4. Created MS Excel calculation app – criteria evaluation values chart (left) and the so-called ideal solution ratio chart (right)

5. Wstępne uszczegółwienie rozwiązania do realizacji

Rozwiązanie konstrukcyjne wybrane w trakcie poprzedniego etapu zostało poddane dalszemu uszczegółwieniu (rys.5).

Uznano, że optymalnym rozwiązaniem, ze względu na możliwości transportu, będzie utworzenie modułowego ustroju elektrowni, w którego skład weszłyby: moduł podstawy, trzy moduły środkowe i moduł zespołu wiatrowego (każdy moduł o wysokości ok. 2 [m]). Cały ustrój elektrowni posiadałby możliwość „położenia” do pozycji poziomej dzięki zastosowaniu przegubu wspartego na dwóch wspornikach, przytwierdzonych do fundamentu (rozwiązanie to umożliwiałoby samodzielny montaż, konserwację i serwis).

Główny element modułu podstawy stanowiłaby katalogowa prądnica usytuowana „przed” przegubem „kładzenia” ustroju elektrowni. Prądnica, poprzez układ wałów napędowych, połączona byłaby z przekładnią mechaniczną (konieczność konwersji prędkości obrotowej



Rys.5. Kolejny poziom uszczegółwienia koncepcji elektrowni; od lewej: elektrownia w proporcji, koncepcje mocowania modułów masztu, schemat kinematyczny, element wykonawczy - rotor
Fig.5. Next level of detail of station's concept; from left: station in the ratio, concepts of pole's modules assembly, kinematic schema, working element - rotor

elementu roboczego – łopaty / rotora, na prędkość obrotową wymaganą przez prądnicę), ta z kolei sprzężona byłaby z wałem elementu roboczego, na którym zamontowany byłby hamulec mechaniczny (zabezpieczenie przed działaniem nadmiernej prędkości wiatru).

Budowa każdego modułu ustroju elektrowni, bazowałaby na metalowej rurze, odpowiednio ukształtowanej na końcach / końcu. Profilowanie takie umożliwi łatwe i jednocześnie wytrzymałe wzajemne łączenie modułów. We wnętrzu każdej rury-modułu znajdowałby się łożyskowany na końcach wał, a także sprzęgło Cardana, do łączenia wału z wałem modułu sąsiedniego. Dodatkowo sprzęgła Cardana w modułach pozwalałyby niwelować ewentualne wygięcia całego masztu elektrowni wywołane działaniem siły wiatru.

Trzy łopaty o śrubowych krawędziach zewnętrznych, przewidziane w konstrukcji rotora, zapewnią w miarę stałą powierzchnię roboczą (powierzchnię, którą rotor „odbiera wiatr”) bez względu na kąt ustawienia rotora w stosunku do kierunku wektora prędkości wiatru (problem występujący czasami w przypadku klasycznego rotora Savoniusa). Wykonanie elementów składowych rotora z tworzywa sztucznego (łopat, osi, wsporników i płyt ograniczających) pozwoli na utworzenie lekkiej i jednocześnie sztywnej struktury elementu.

6. Podsumowanie

Najważniejszym wnioskiem, jaki wyciągnięto w trakcie pracy, jest stwierdzenie trudności zagadnienia uniwersalności elektrowni korzystającej z naturalnego źródła energii. Przejawia się to głównie w kwestii dostępności źródła oraz jego „ciągłości”. Jeśli chodzi o siłę wiatru, to jej wartość oraz ciągłość działania jest w znacznym stopniu uzależniona od położenia geograficznego miejsca pracy, co praktycznie uniemożliwia skonstruowanie elektrowni wiatrowej o uniwersalnym przeznaczeniu. Wiatry występują prawie wszędzie, jednak nie można uznać ich za zjawisko występujące non-stop, jak ma to miejsce (w porównaniu) w przypadku np. energii strumienia rzeki, której działanie można uznać za prawie ciągłe, ale do której dostęp jest przestrzennie silnie ograniczony.

Literatura

1. Flaga A.: Inżynieria wiatrowa: Podstawy i zastosowania. Warszawa: Arkady, 2008.
2. Jagodziński W.: Silniki wiatrowe. Warszawa: PWT, 1959.
3. Gendarz P.: Aplikacje programów graficznych w uporządkowanych rodzinach konstrukcji. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 1998.

THE WIND POWER STATION PROJECT FOR DETACHED HOUSE – FIRST STAGES OF DESIGN-CONSTRUCTION PROCESS

Summary: The article presents first stages of design-construction process, of a wind power station project for a detached house. The project was conducted during the framework of students' additional scientific classes in the section of New Machine Design Methods by prof. Janusz Dietrych's name, working at the Faculty of Mechanical Engineering of the Silesian University of Technology.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr JEZERSKI, Artur LEPSZY, Krzysztof NOWORYTA, Adrian NAGÓRNY,
Sławomir ŻÓŁKIEWSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* slawomir.zolkiewski@polsl.pl

MODEL DŹWIGU OSOBOWEGO Z UKŁADEM STEROWANIA PROGRAMOWALNYM LOGICZNIEM

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono ideę, budowę oraz zasadę działania i sterowania modelem dźwigu osobowego z układem sterowania opartym na przemysłowym, programowalnym sterowniku logicznym (PLC).

1. Wstęp

W dzisiejszych czasach dźwigi osobowe stały się nieodzownym elementem nowoczesnej architektury. Są także niezbędnym środkiem technicznym ułatwiającym, a czasami nawet i w ogóle umożliwiającym, poruszanie się osobom niepełnosprawnym w wielopoziomowej, zurbanizowanej przestrzeni.

Idea dźwigu osobowego sięga czasów starożytnych (choćby mechanizmy z przeciwwagą, wykorzystywane w rzymskim Koloseum). Przez dziesięciolecia sposoby realizacji tego typu urządzeń zmieniały się, od napędu z użyciem siły ludzkich mięśni, poprzez zwierzęta pociągowe, do napędu silnikiem parowym, hydrauliką i napędem elektrycznym, od mechanizmów opartych na tzw. „maszynach prostych”, wielokrążkach, do wykorzystania pasów transmisyjnych, przekładni zębatych i śrubowych.

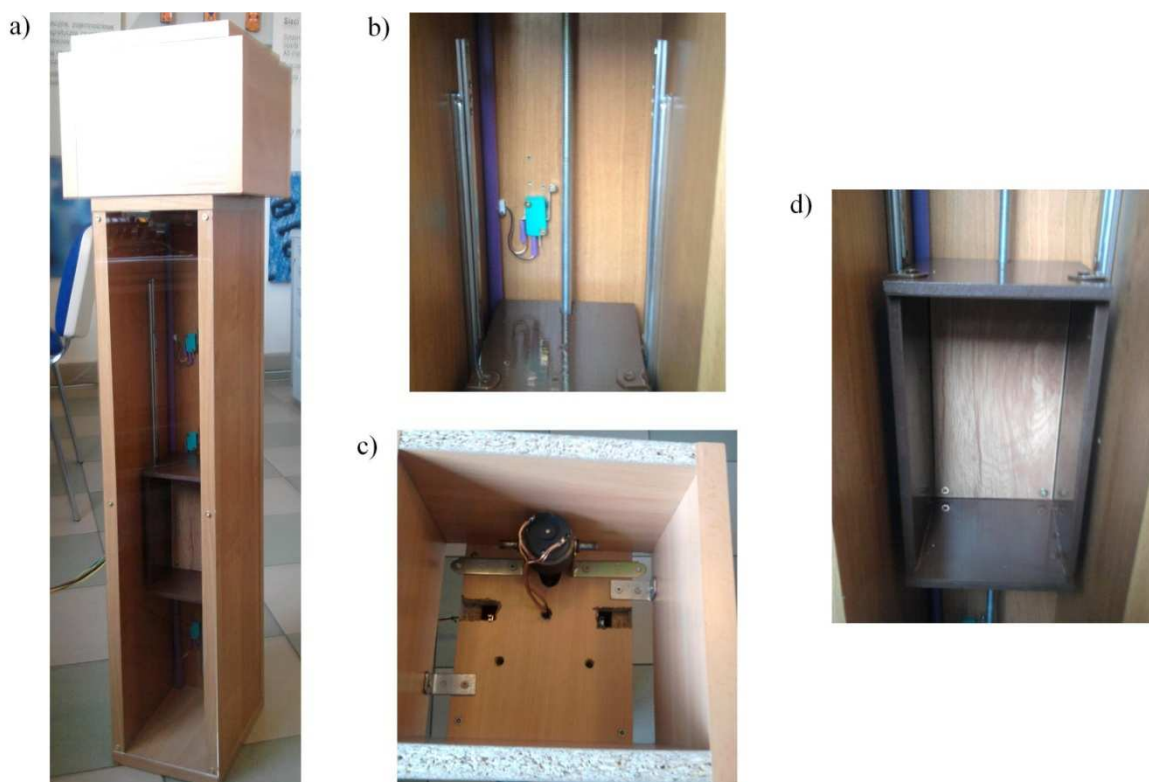
Za wynalazcę nowoczesnego dźwigu osobowego uznaje się pochodzącego z Nowego Jorku, Elisha Otisa, który zaprezentował koncepcję swojego urządzenia podczas Wystawy Światowej w Nowym Jorku w 1853 roku [1]. Pierwszy dźwig osobowy w budynku został zainstalowany w 1857 roku, a w roku 1880 Werner von Siemens jako pierwszy zastosował do napędu dźwigu silnik elektryczny.

Celem projektu jest zaprojektowanie i zbudowanie modelu dźwigu osobowego, wykorzystującego w procesie sterowania przemysłowy, programowalny sterownik logiczny.

Zastosowanie w rozwiązaniu kontroli dźwigu sterownika programowalnego logicznie (PLC) umożliwi łatwe zmodyfikowanie algorytmu sterującego w zależności od potrzeb użytkownika oraz swego rodzaju uniwersalność i elastyczność.

2. Opis budowy i zasady działania - mechanika i budowa układu

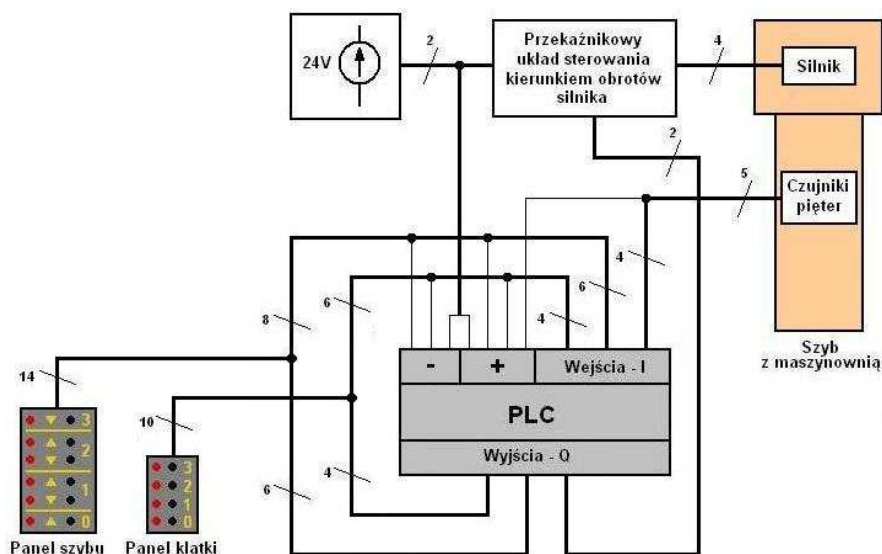
Model szybu dźwigu (rys. 1) wraz z maszynownią wykonano z płyt wiórowych łączonych wkrętami do drewna, natomiast klatkę z paneli drewnianych. Pozwoliło to na utworzenie solidnej struktury przy niedużych nakładach finansowych, co jest istotnym czynnikiem w projektach studenckich, do których niniejszy projekt się zalicza. Klatkę zamocowano do szybu za pomocą łożyskowanych prowadnic szufladowych, zapewniających jej odpowiednie położenie w szybie modelu. Silnik zamocowano pionowo za pomocą dwóch kątowników.



Rys.1. Budowa modelu dźwigu: a) szyp z maszynownią, b) prowadnice klatki, czujnik stykowy, pręt gwintowany (wewnątrz szybu), c) silnik z mocowaniem (wewnątrz maszynowni), d) klatka
 Fig.1. The picture of the lift a) the shaft with the engine room, b) the cage shears, c) the engine, d) the cage

Klatka porusza się wewnątrz szybu wzdłuż zamocowanych wewnątrz niego prowadnic. Napędzana jest przez silnik elektryczny za pomocą przekładni śrubowej. Pręt gwintowany, przechodzący przez klatkę dźwigu, wewnątrz której znajduje się nieruchoma nakrętka, połączony jest z wałem silnika za pomocą nagwintowanej tulei z przeciwnakrętką. Zastosowanie przekładni śrubowej zapewnia dużą dokładność pozycjonowania klatki na poszczególnych kondygnacjach.

Model zasilany jest ze źródła prądu stałego o napięciu 24V (rys. 2). Zasilanie przekazywane jest za pośrednictwem przekątnikowego układu sterowania kierunkiem obrotów (opisany w rozdziale 3) do silnika napędzającego klatkę, a także do sterownika PLC, skąd rozprowadzane jest do dalszych podukładów modelu.



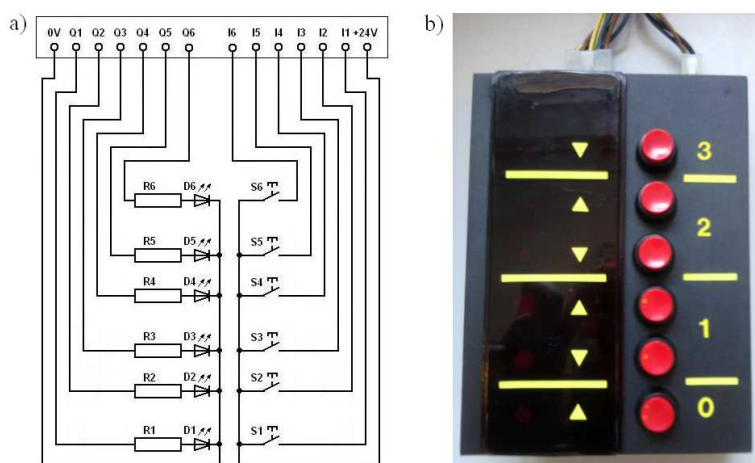
Rys.2. Schemat połączeń w układzie modelu dźwigu
 Fig.2. The scheme of connections in the model of the lift

Obroty silnika, poprzez przekładnię śrubową, przekładają się na ruch klatki w górę bądź w dół.

3. Opis budowy i zasady działania - sterowanie

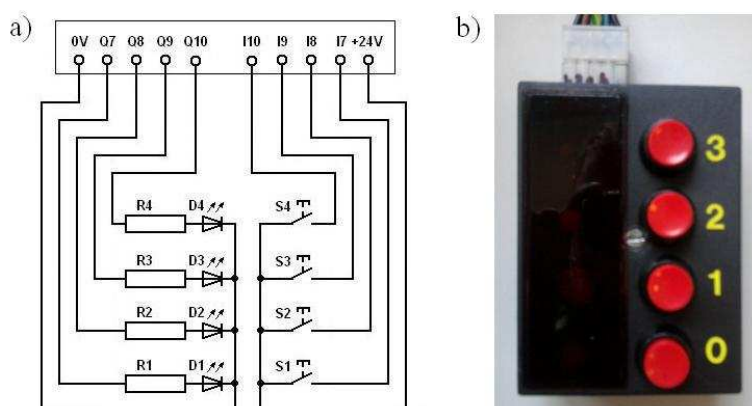
Bezpośrednie sterowanie modelem dźwigu odbywa się za pomocą dwóch paneli kontrolnych podłączonych do sterownika PLC:

- panelu szybu – element sterujący, mający odzwierciedlać panele na poszczególnych piętrach budynku (rys. 3),
- panelu klatki – element sterujący, który ma odzwierciedlać panel znajdujący się wewnątrz klatki dźwigu (rys. 4).



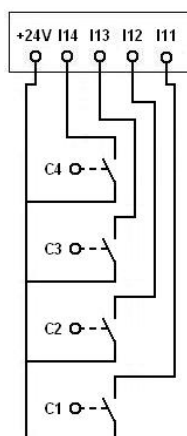
Rys.3. Panel szybu: a) schemat ideowy, b) widok
 Fig.3. The panel from the shaft a) the scheme, b) the front view

Obydwa panele połączone są ze sterownikiem w identyczny sposób, tzn. do wejść sterownika (I) podłączone są łączniki przyciskowe NO (normalnie otwarte) panelu - S, posiadające wspólne przyłącze napięcia 24V, czerpanego ze sterownika, natomiast do wyjść (Q) podłączone są białe elementy LED (napięcie wejściowe - 3,6V, prąd wejściowy - 20mA, jasność - 8000mcd) – D, posiadające wspólne przyłącze napięcia 0V, pochodzącego również ze sterownika. Aby obniżyć napięcie doprowadzane do diód z wyjść sterownika, zastosowano oporniki o rezystancji 2000 Ω – R.



Rys.4. Panel klatki: a) schemat ideowy, b) widok
Fig.4. The panel from the cabin a) the scheme, b) the front view

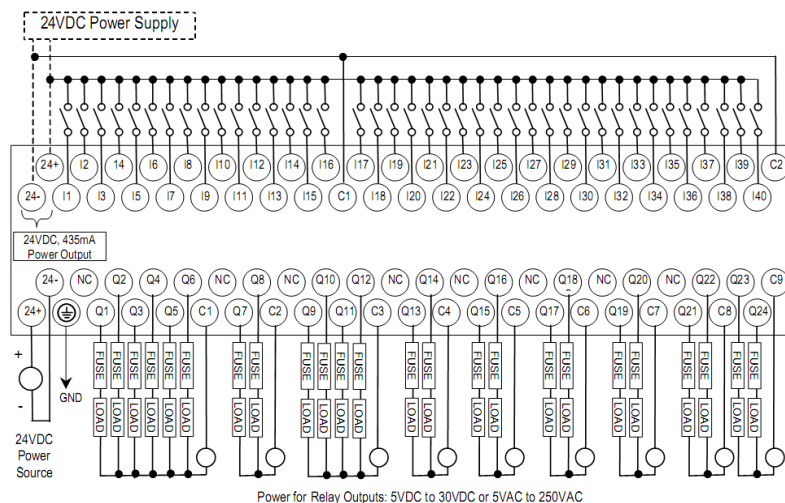
Kolejnym ważnym elementem układu sterowania modelu jest układ czujników stykowych, uruchamianych rolkami, znajdujących się w szybie dźwigu (rys. 1a, 1b, rys. 5). Pełnią one podobną rolę jak przyciski paneli kontrolnych. Posiadają wspólne przyłącze napięcia 24V i każdy połączony jest osobno z wejściem sterownika (I). Dzięki nim określone jest położenie klatki dźwigu w danym momencie procesu sterowania. Po pobudzeniu czujnika sygnał sterujący przesyłany jest do sterownika PLC i przetwarzany zgodnie z programem.



Rys.5. Schemat układu czujników w szybie
Fig.5. The scheme of the sensors arrangements in the shaft

Wszystkie wejścia (Q) na rysunkach 3a, 4a i wyjścia (I) na rysunkach 3a, 4a z paneli kontrolnych, a także wyjścia czujników szybu (I) na rysunku 5 podłączone są odpowiednio do

wyjść i wejść sterownika PLC VersaMax® Micro IC200UDR064 firmy GE Fanuc Automation Inc. Schemat zasady podłączania wejść i wyjść sterownika przedstawiono na rysunku 6, widok sterownika z kolei na rysunku 7.



Rys.6. Schemat zasady podłączania sterownika VersaMax Micro IC200UDR064 [2]

Fig.6. The rules of connections from the VersaMax Micro IC200UDR064 [2]

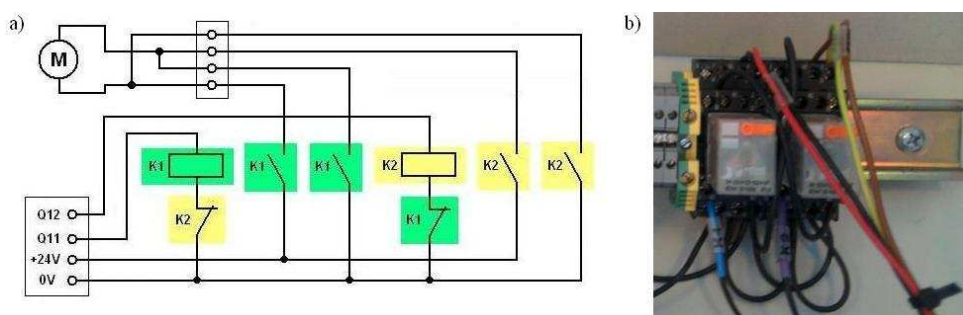
Po naciśnięciu przycisku/przycisków na panelach kontrolnych lub/i wzbudzeniu jednego z czujników odpowiedni sygnał sterujący w postaci napięcia 24VDC podawany jest do odpowiedniego wejścia sterownika PLC (I). Sterownik przetwarza otrzymany sygnał/sygnały zgodnie z posiadanym w pamięci programem (algorytmem sterowania), a następnie aktywuje odpowiednie wyjścia (Q), załączające elementy LED odpowiedzialne za sygnalizowanie wciśnięcia przycisku (przyjęcia wezwania/polecenia) oraz oddziałujące na stycznikowy układ sterowania obrotami silnika.



Rys.7. Widok sterownika VersaMax Micro IC200UDR064

Fig.7. The front view of the VersaMax Micro IC200UDR064 controller

Sterowanie kierunkiem obrotów silnika realizowane jest przez układ przekaźnikowy (rys. 8). Układ składa się z dwóch przekaźników, których cewki uruchamiane są sygnałami sterującymi, pochodzącymi z odpowiednich wyjść sterownika PLC.



Rys.8. Przekąźnikowy układ sterowania kierunkiem obrotów silnika: a) schemat ideowy, b) widok
Fig.8. The control system of the engine a) the scheme, b) the front view

Poprzez odpowiednie, „krzyżowe”, wpięcie styków roboczych przekaźników w obwody zasilania ich cewek uzyskano zabezpieczenie przed jednoczesnym włączeniem obu przekaźników i potencjalnym doprowadzeniem do uszkodzenia silnika.

4. Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu przemysłowego programowalnego sterownika logicznego (PLC) osiągnięto w znacznym stopniu uproszczenie zagadnienia związanego z procesem sterowania modelem. W ramach realizacji projektu utworzono program kontrolujący pracę sterownika PLC. Program napisano w języku LD (Ladder Diagram) przy użyciu oprogramowania Proficy Machine Edition v5.5 firmy GE Fanuc Automation Inc.

W przypadku zaprojektowanego i zbudowanego modelu (a także pełnowartościowego środka technicznego) dodatkowym uproszczeniem mogłoby być zastosowanie w torze sygnałów, pomiędzy układami wejścia i wyjścia (panele, silnik) a sterownikiem PLC, układów kodujących / dekodujących opartych w budowie na diodach półprzewodnikowych. Uproszczenie to pozwoliłoby na zmniejszenie liczby sygnałów potrzebnych w układzie do przekazywania kompletnych informacji o stanie, a co za tym idzie – na zmniejszenie liczby przewodów sygnałowych i liczby potrzebnych wejść i wyjść w sterowniku, co związane było by z możliwością zastosowania mniejszego i tańszego sterownika.

Literatura

1. Strona internetowa: pl.wikipedia.org z dn. 11.06.2010.
2. VersaMax® Micro PLCs and Nano PLCs User's Manual, GFK-1645G - September 2007.

MODEL OF A PASSENGER LIFT WITH CONTROL SYSTEM PROGRAMMABLE LOGICALLY

Summary: The article presents the idea, structure and principle of operation and control of a passenger lift model with control system based on industrial logical programmable controller (PLC).

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Krzysztof KALINOWSKI*, Cezary GRABOWIK

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*krzysztof.kalinowski@polsl.pl

INTEGRACJA SYSTEMÓW PROEDIMS I KbRS W ZAKRESIE HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI. MODEL ZLECENIA PRODUKCYJNEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono model zlecenia produkcyjnego stanowiącego podstawę integracji systemów Proedims i KbRS w zakresie harmonogramowania produkcji dyskretniej. Model zlecenia umożliwia planowanie produkcji złożonych wyrobów posiadających wielopoziomowe struktury procesów technologicznych zarówno w systemach o konfiguracji przepływowej jak i gniazdowej z maszynami równoległymi. W przyjętym modelu systemu produkcyjnego oraz zlecenia wyszczególniono etapy decyzyjne wymagane przy budowie harmonogramu. Opisano sposób współpracy przy wymianie danych pomiędzy omawianymi systemami.

1. Wstęp

Praca jest częścią projektu realizowanego w Instytucie Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej oraz Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej, którego głównym celem jest opracowanie zintegrowanego systemu wspomaganie decyzji w planowaniu i sterowaniu zmienną, wieloasortymentową produkcją na zlecenie. Projekt dedykowany jest głównie dla grupy MŚP (małych i średnich przedsiębiorstw) jako narzędzie wspomagające zarządzanie produkcją. Tworzony system powstaje na bazie trzech niezależnych systemów: Proedims, KbRS i SWZ. Proedims, jest systemem zarządzania procesami w przedsiębiorstwie oraz danymi o produkcji, i jest rozwijany na Politechnice Wrocławskiej. Systemy KbRS (Knowledge-based Rescheduling System) – system harmonogramowania i eharmonogramowania produkcji oraz SWZ (System Weryfikacji Zleceń) zostały opracowane przez pracowników Politechniki Śląskiej [2,6]. Integracja systemów wymaga uzgodnienia metod i sposobów formalnego opisu struktury procesów produkcyjnych z uwzględnieniem dostępnych zasobów produkcyjnych, możliwych marszrut technologicznych oraz opisu zleceń. W niniejszym artykule przedstawiono uogólniony model zlecenia produkcyjnego gwarantujący poprawną współpracę rozważanych systemów.

2. Struktura zlecenia produkcyjnego

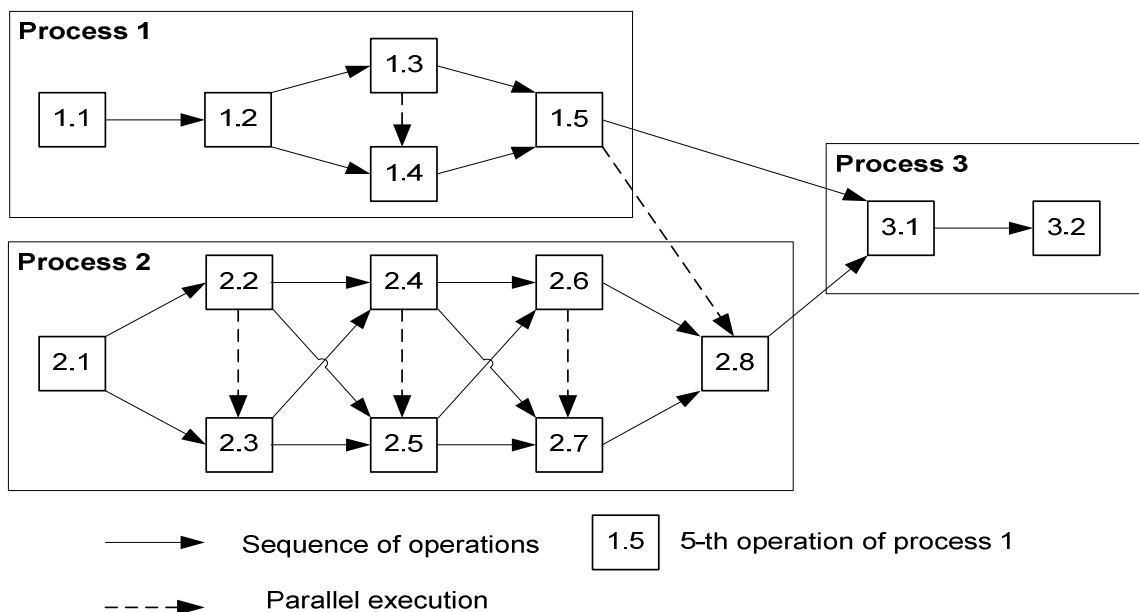
Zlecenie produkcyjne jest wyrazem żądań stawianych przez klienta w stosunku do systemu wytwórczego (producenta). Zlecenie obejmuje wytworzenie określonej serii jednorodnych wyrobów w ograniczonym czasie i określone jest m.in. przez: proces technologiczny, wielkość zlecenia, termin realizacji, wielkość partii produkcyjnej, marszrutę.

Według przyjętych założeń system produkcyjny może występować w konfiguracji typu *flexible job shop* lub *flexible flow shop* (dopuszczalne są stanowiska alternatywne). Wyrób może posiadać hierarchiczną złożoną strukturę [1,5], w której mogą występować zarówno operacje obróbkowe jak i montażowe (demontażowe). Ograniczenia kolejnościowe porządkują wykonanie procesów reprezentujących jego podzespoły i elementy. Każdy z elementów składowych wyrobu opisany jest przez własny proces technologiczny.

W systemie Proedims zdefiniowano 4 typy zależności pomiędzy operacjami technologicznymi [6]. Relacje kolejnościowe wykonywania poszczególnych operacji określono jako:

- $1:1$ – operacja posiada jedną operację poprzedzającą i jedną następną (dla procesów obróbkowych)
- $1:n$ – operacja posiada jedną operację poprzedzającą i n następnymi, równoległymi operacjami, (dla procesów demontażowych)
- $n:1$ – operacja posiada n poprzedzających, równoległych operacji i jedną operację następną (dla operacji montażowych)
- $n:m$ – operacja posiada n poprzedzających, równoległych operacji i m następnymi, równoległymi operacjami, (np. dla procesów montażowo – demontażowych, przy występowaniu produktów ubocznych itp.)

Uwzględniając przedstawione wyżej relacje opracowano model przykładowej struktury produktu złożonego (rys. 1).



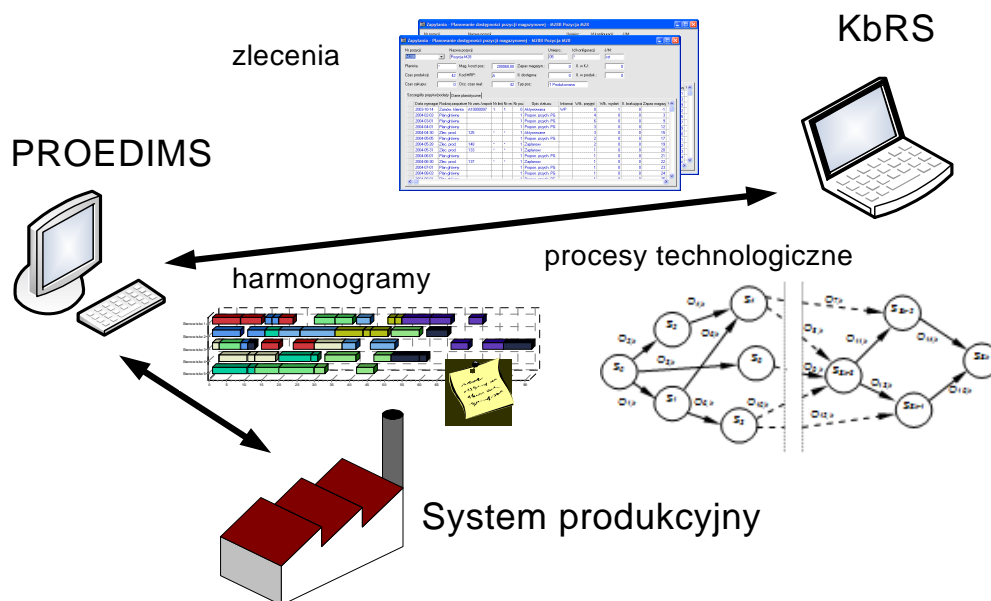
Rys. 1. Model struktury procesu z relacjami $1:1$, $1:n$, $n:1$ and $n:m$.
 Fig.1. The model of process structure with $1:1$, $1:n$, $n:1$ and $n:m$ relations.

3. Harmonogramowanie struktur złożonych i wymiana danych

W procesie budowy harmonogramu systemu produkcyjnego realizującego zlecenia o przedstawionej wyżej strukturze wyszczególniono następujące etapy decyzyjne:

- szeregowanie zleceń produkcyjnych ze statusem *planowane*,
- weryfikacja i wybór strategii harmonogramowania,
- szeregowanie procesów składowych oraz operacji równoległych,
- wybór wariantów realizacji operacji (stanowiska alternatywne),
- ocena kompletnego harmonogramu.

W odniesieniu do istniejących modeli systemu produkcyjnego oraz zlecenia produkcyjnego wykorzystywanych w systemach Proedims i KbRS opracowano format wymiany danych bazujący na rozszerzalnym języku znaczników XML (Extensible Markup Language) powszechnie używanym do reprezentowania wielopoziomowych struktur przechowujących różne typy danych. Format ten jest również używany w komunikacji systemów z oprogramowaniem SWZ [3]. Sposób komunikacji między systemami Proedims i KbRS oraz systemem produkcyjnym przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Przepływ danych pomiędzy systemami: Proedims, KbRS i systemem produkcyjnym
Fig.2. Data flow between systems: Proedims, KbRS and production system

Opracowana definicja struktury dokumentu XML zawiera zbiór danych opisujących zasoby składające się na system wytwórczy, tj.: stanowiska produkcyjne wraz z kalendarzami czasu ich pracy, magazyny międzyoperacyjne, magazyny wejściowe i wyjściowe dla produktów oraz dane dotyczące zleceń produkcyjnych, uwzględniające m.in. marszruty technologiczne, dane o czasach przygotowawczo zakońzeniowych, czasach jednostkowych oraz kryteria oceny harmonogramów.

4. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano model zlecenia produkcyjnego zdefiniowany na potrzeby integracji systemów Proedims i KbRS. Możliwość definiowania złożonych struktur procesów technologicznych pozwala na zastosowanie opracowanego środowiska w większości przedsiębiorstw przemysłowych charakteryzujących się dyskretną, wieloasortymentową produkcją. Wyszczególniono również etapy decyzyjne niezbędne przy tworzeniu harmonogramów dla procesów o złożonej strukturze. Zastosowany format wymiany danych bazujący na języku XML cechuje się dużą uniwersalnością. Umożliwia on swobodą rozbudowę struktur wymienianych danych oraz, dzięki zastosowaniu translatorów schematów, szybką konwersję danych na struktury XML używane w innych systemach zarządzania produkcją.

Literatura

1. Kalinowski K.: Scheduling of production orders with assembly operations and alternatives. Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Proc. Int. Conf. FAIM 2009, University of Teesside, Middlesbrough, UK 2009, p. 85.
2. Kalinowski K.: Harmonogramowanie w warunkach zakłóceń. Inżynieria Maszyn, R. 14, z. 3, 2009, pp. 49-68.
3. Skołod B., Krenczyk D., Kalinowski K., Grabowik C.: Wymiana danych w systemach sterowania przepływem produkcji SWZ i KbRS. Automatyzacja procesów dyskretnych. Teoria i zastosowania, T II., s. 207-214.
4. Grabowik C., Kalinowski K.: Object-Oriented Models in an Integration of CAD/CAPP/CAP Systems. Lectures Notes in Artificial Intelligence, LNAI 6678, 2011. Springer, vol. II, pp. 405-412.
5. Kalinowski K.: Decision making stages in production scheduling of complex products. Journal of Machine Engineering, Vol. 11, No. 1-2, 2011, pp. 68-77.
6. Cholewa M., Czajka J., Konopa A.: Koncepcja modelu procesu wymiany danych między systemami do przygotowania produkcji oraz do planowania produkcji. Automatyzacja procesów dyskretnych. Teoria i zastosowania, T II., 2010, pp. 25-33.

PROEDIMS AND KbRS SYSTEMS INTEGRATION IN PRODUCTION SCHEDULING AREA. THE MODEL OF PRODUCTION ORDER

Summary: The paper presents the model of a production order, which is the basis of Proedims and KbRS software systems integration, used in scheduling of discrete manufacturing systems. The model enables planning of production orders for complex products with multi-level structure of the processes in *flow shop* and *job shop* production system configuration with parallel machines. Required decision-making stages for schedule construction of the given model of the production system and production order were presented. Principles of cooperation in exchanging data between Proedims and KbRS were discussed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Beata KAŁWAK, Andrzej BAIER*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* andrzej.baier@polsl.pl

ZUŻYCIE ŚCIERNE KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH

Streszczenie: Ze względu na liczne zalety materiałów kompozytowych coraz częściej stosowane są jako zespoły i podzespoły środków technicznych. Na szczególną uwagę zasługują wytwarzane z materiałów polimerowych produkty o budowie warstwowej. Połączenie ze sobą różnych materiałów polimerowych, a także materiałów polimerowych z innymi materiałami np. metalami zapewnia dzięki swej strukturze korzystne kształtowanie własności mechanicznych eksploatacyjnych oraz estetycznych wytworzonych z nich produktów [1]. Niezbędnym jest zapewnienie wzajemnej przyczepności każdej z warstw. Zjawisko zużycia ściernego jest jednym z kluczowych parametrów określających mechaniczne własności materiału. Materiały będące obiektem badań mają docelowo znaleźć zastosowanie do budowy burt wagonów towarowych. Istotnym elementem zaprojektowanego stanowiska badawczego jest rzeczywiste odwzorowanie warunków panujących podczas transportu materiałów wagonem towarowym. W artykule przedstawiono metodologię badań zużycia ściernego materiałów polimerowych o budowie warstwowej.

1. Wstęp

W celu lepszego dostosowania własności materiałów do stawianych wymagań praktycznych coraz szersze zastosowanie znajdują materiały polimerowe (w szczególności materiały polimerowe o budowie warstwowej – laminaty). Laminaty to rodzaj kompozytów zbudowanych z co najmniej dwóch materiałów o odmiennych własnościach mechanicznych oraz fizycznych, w których zbrojenie układane jest w postaci warstw, między którymi znajduje się osnowa (tzw. lepiszcze). Warstwy wzmocnienia mogą występować w kilku postaciach: cząstek, włókien oraz strukturalnej.

Do najważniejszych zalet laminatów należą: wysoka twardość powierzchni, wysoka odporność na warunki atmosferyczne, wysoka wytrzymałość mechaniczna, odporność na działanie środków chemicznych, odporność na zabrudzenia.

W najbliższym czasie można spodziewać się dalszego rozwoju technologii kompozytowych, zwłaszcza ze względu na oczekiwane opracowanie technologii taniej produkcji nanorurek węglowych o bardzo dużej wytrzymałości.

2. Metodologia badań

Do badań zastosowano stanowisko badawcze znajdujące się w laboratorium Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej. Metodologia dotychczas prowadzonych badań została poszerzona o nowe rodzaje ścierniwa, ułożenie pionowe próbek, zmianę wymiarów próbki oraz dodatki umożliwiające poprawienie odporności materiałów kompozytowych na ścieranie.

2.1. Materiał badawczy

W tab.1. przedstawiono morfologię materiałów przeznaczonych do badania odporności na ścieranie:

*Tab.1. Parametry morfologiczne wybranych laminatów [2]
Tab.1. Morphological parameters of chosen of laminates [2]*

Nr próbki	Osnowa	Zbrojenie	Ilość żywicy /m ² tkaniny	Utwardzacz
1	Żywica epoksydowa Epidian 6	Tkanina szklana o splocie skośnym 450g/m ²	330g	Utwardzacz PAC w il.80g utwardzacza na 100g żywicy
2	Żywica poliestrowa Polimal 1094 AWTP-1	Roving szklany 400g/m ²	350g	Utwardzacz Luperox K-1 w il.1,5%
3	Żywica epoksydowa Epidian 6	Roving szklany 400g/m ²	350g	Utwardzacz PAC w il.80g utwardzacza na 100g żywicy
4	Żywica poliestrowa Polimal 1094 AWTP-1	Roving szklany 400 g/m ²	350g	Utwardzacz Luperox K-1 w il.1,5%
5	Żywica epoksydowa Epidian 6	Tkanina szklana o splocie skośnym 450 g/m ²	330g	Utwardzacz PAC w il.80g utwardzacza na 100g żywicy
6	Żywica epoksydowa Epidian 6	Tkanina szklana powleczona aluminium o splocie skośnym 290 g/m ²	125g	Utwardzacz PAC w il.80g utwardzacza na 100g żywicy
7	Żywica epoksydowa Epidian 6	Tkanina węglowa o splocie skośnym 280 g/m ²	330g	Utwardzacz PAC w il.80g utwardzacza na 100g żywicy

2.2. Wymiary próbki

Ze względu na mocowanie próbki na drzwiczkach zaadaptowanej do celów badawczych pralki automatycznej, wielkość badanej próbki została uzależniona od ich wymiarów.

Długość badanej próbki powinna zawierać się pomiędzy 170-190 mm, natomiast szerokość pomiędzy 30 a 100 mm (grubość próbki nie powinna przekraczać 10 mm). Wybór rzeczywistych wymiarów mieszczących się w tych przedziałach uzależniony jest od badań wstępnych, które zapewnią odpowiedni dobór wielkości badanej próbki. Pomiary te zostaną wykonane dla próbek o wymiarach minimalnych tj. 170x30 mm oraz maksymalnych tj. 190x100 mm w celu określenia wpływu ścierniwa na wielkość badanej próbki.

Kolejnym zagadnieniem dotyczącym wielkości próbki jest jej zamocowanie. Dotychczas materiał mocowany był tylko w sposób poprzeczny. Dalsze badania przeprowadzone zostaną również dla próbek umocowanych pionowo. Pozwoli to na obiektywne oszacowanie zarysowań powstałych w trakcie kontaktu z materiałem ścierającym w obu położeniach.

2.3. Ścierniwo

Wybór materiału będącego ścierniwem odbywa się na drodze doświadczałnej. Największą trudnością w doborze materiału ścierającego jest jego szybkie zużywanie w trakcie badania. W dotychczasowych badaniach użyto następujących materiałów [2]: kamień, guz budowlany, tłuźceń kwarcytowy, granit.

Aby w trakcie przeprowadzania próby, zapewnić warunki zbliżone do rzeczywistych, dobór odpowiedniego materiału ścierającego jest bardzo istotny. Burty wagonów towarowych przeznaczone są do transportu wielu rodzajów materiałów. Najczęściej transportowanym materiałem jest węgiel kamienny. Jednak jego własności wytrzymałościowe (np. kruchość oraz szybkie zaokrąglanie krawędzi) sprawiają, iż nie może on zostać wykorzystany w doświadczeniu jako materiał ścierający.

Na podstawie normy EN-ISO 10545-7, zaproponowano wykorzystanie następujących materiałów jako materiał ścierający:

- 20 kg kul stalowych o $\varnothing 3$ mm – istotną zaletą kul stalowych jest ich kształt nie powodujący wzajemnego ścierania materiału będącego wsadem, ze względu na swoje własności chemiczne najlepszym materiałem, z którego wykonane powinny być kulki jest stal manganowa.
- 20 kg elektrokorundu o wielkości ziarna F80. Materiał ten jest ścierniwem syntetycznym opartym przede wszystkim na tlenku glinu (ok. 95%). Posiada ostro krawędziowy kształt ziarna oraz twardość powyżej 9 w skali Mohsa, co czyni z niego materiał o znacznej wytrzymałości oraz twardości. Jest najtwardszym syntetycznym ścierniwem stosowanym do powszechnego użytku.

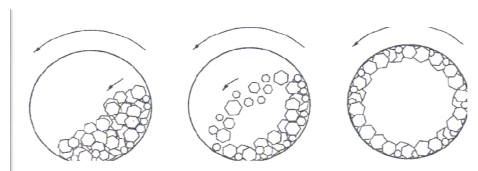
Na drodze doświadczalnej do właściwego eksperymentu zostanie zastosowany materiał, który w próbach wstępnych cechował się będzie najlepszą wytrzymałością. Aby we właściwy sposób dokonać selekcji materiałów użytych do próby wstępnej koniecznym jest aby, po każdym przeprowadzonym badaniu został sprawdzony ubytek masy materiału ścierającego oraz ocena wizualna ścierniwa oraz próbki. Dzięki temu możliwe będzie określenie stopnia zużycia materiału stanowiącego wsad urządzenia oraz jego wpływ na badaną próbkę. Ważną zaletą obydwu materiałów jest ich dostępność oraz ich stosunkowo niska cena.

2.4. Parametry pracy urządzenia

Prędkość obrotowa

Prędkość obrotowa to parametr mający istotny wpływ na przebieg procesu badania ścieralności materiałów. W zależności od prędkości obrotowej bębna, ścierniwo znajdujące się we wnętrzu zbiornika może poruszać się na trzy różne sposoby:

- kaskadowy (Rys.1a)
- wodospadowy (Rys.1b)
- odśrodkowy (Rys.1c)



Rys.1 Sposób poruszania się ścierniwa w obracającym się bębnie: a – kaskadowy, b – wodospadowy, c – odśrodkowy [3]

Fig.1. The method of moving in turning drum abrasive material: a - cascade, b – waterfall model, c - decentralizing [3]

Prędkość krytyczna n_{kr} definiowana jest jako wartość prędkości obrotowej cylindrycznego zbiornika, przy której materiał znajdujący się w jego wnętrzu nie będzie odrywał się od ściany. Wartość prędkości krytycznej można zdefiniować wzorem [3]:

$$n_{kr} = \frac{0,706}{\sqrt{D}} [s^{-1}] \quad \text{gdzie: } D - \text{średnica wewnętrzna bębna [m]} \quad (1)$$

W warunkach rzeczywistych wartość n_{kr} uzależniona jest od stopnia wypełnienia bębna φ . Rzeczywista prędkość dośrodkowania n_s określona jest wzorem [3]:

$$\begin{aligned} \varphi = 0,3 \quad n_s &= 110\%n_{kr} \\ \varphi = 0,4 \quad n_s &= 114\%n_{kr} \\ \varphi = 0,5 \quad n_s &= 119\%n_{kr} \end{aligned} \quad (2)$$

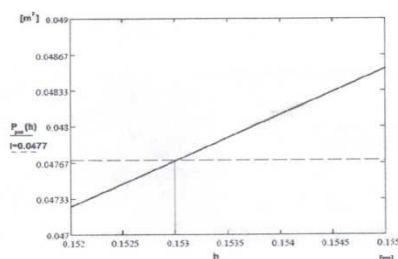
Optymalna wartość prędkości obrotowej zapewniającej najwyższą wartość energii kinetycznej materiału w chwili jego upadku na ścianę powinna zawierać się w przedziale [3]:

$$n_{opt} = 0,75 \div 0,85n_s \quad (3)$$

Stopień wypełnienia bębna

Aby zapewnić wsadowi poruszanie się wewnątrz zbiornika wg Rys.1. konieczne jest, aby współczynnik φ zawierał się w zakresie 0,3-0,55 [2]. W obliczeniach przyjęto $\varphi=0,3$. Na podstawie tych założeń obliczono wysokość, do której należy wypełnić bęben ścierniwem przed rozpoczęciem badań. Uwzględniając cylindryczny kształt bębna, wysokość wyznaczono poprzez określenie przy jakiej wartości pole powierzchni zakreskowanego odcinka kołowego stanowi 30% całego koła [2].

Analizując wykres [Rys.2.] możliwy staje się odczyt wartości wysokości h przy odpowiedniej wartości pola odcinka kołowego. Wartość jaką przyjmuje funkcja $P_{pok}(h)$ w miejscu przecięcia z prostą $l=0,0477$ wynosi ok. 0,153 m. Wartość ta jest wysokością, do której napełniany zostanie bęben.



Rys.2. Zależność między polem powierzchni odcinka kołowego (P_{pok}) oraz jego wysokością h [1]
Fig.2. The dependence between field of surface of circular section (P_{pok}) as well as his the height the h [1]

Na podstawie uzyskanych wyników określono właściwą prędkość obrotową zbiornika cylindrycznego, przy której ścierniwo nie będzie odrywało się od ściany zbiornika zapewniając przy tym maksymalną wartość energii kinetycznej elementów jako 52-59 obr/min.

2.5. Pomiar chropowatości próbki

Dokonując pomiaru ścieralności konieczne jest, określenie parametrów materiałów opisujących stopień zużycia ściernego badanej próbki w trakcie próby. Poniżej przedstawiono parametry badanego materiału, niezbędne do określenia ścieralności:

- Ocena wizualna próbki – umożliwia określenie wpływu oddziaływania ścierniwa na próbkę (obarczona jest dużą niedokładnością).
- Ubytek masowy próbki – próbkę należy zważyć przed i po wykonaniu eksperymentu. Może stanowić również czynnik porównawczy pomiędzy poszczególnymi rodzajami laminatów. Próbki waży się z dokładnością do 0,01 g.
- Ubytek masowy ścierniwa – wsad należy zważyć przed oraz po wykonaniu próby. Masę wsadu podaje się z dokładnością 0,01 g.
- Pomiar chropowatości próbki

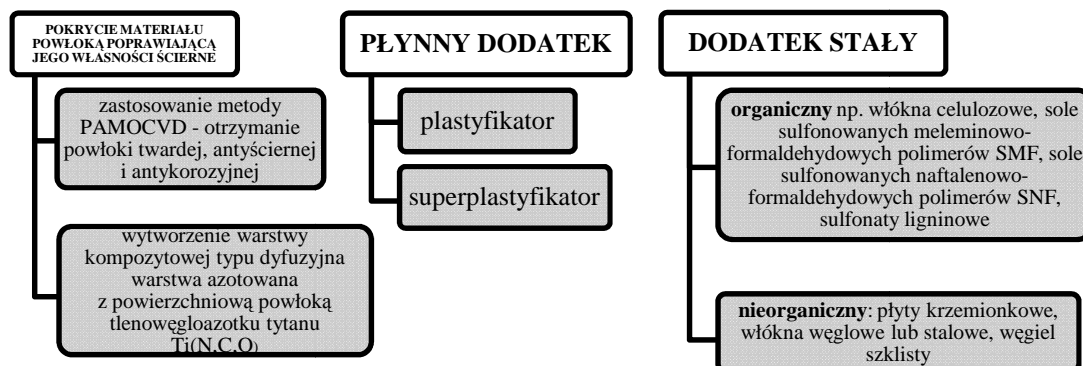
Pomiaru chropowatości próbki dokonuje się na odcinku elementarnym określonym przez Polskie Normy. Długość odcinka elementarnego zależy od wartości parametru chropowatości i może przyjmować jedną z sześciu wartości wyrażonych w mm: 25, 8, 2.5, 0.8, 0.25, 0.08. W celu pomiaru chropowatości badanego kompozytu można wykorzystać jedną z następujących metod:

- Metoda porównawcza – ocena chropowatości poprzez porównanie stanu powierzchni próbki z wzorcem chropowatości powierzchni zgodnym z PN-85/M-04254.
- Metoda optyczna
 - Przekroju świetlnego – przekrój świetlny badanej powierzchni płaską wiązką światła padającą pod kątem 45° przez wąską szczelinę na mierzonej powierzchni,
 - Cienia – do badanej powierzchni przyłożona zostaje płytka szklana, na której nacięte zostają rysy o głębokości 1-1,5 mm. Płytkę oświetla się poprzez układ optyczny,
 - Interferencyjna – zasada pomiaru w tej metodzie oparta jest na interferencji dwóch wiązek światła. Podczas pomiaru ścieralności na powierzchni próbki powstają rysy, zadrapania lub chropowatość co skutkuje tym, że prążki zostają „ugięte” (tzn. odbiegają od prostoliniowości).
- Metoda stykowa - polega na wykorzystaniu igły o znanej geometrii przesuwającej się po badanej powierzchni ze stałą prędkością. Przemieszczenia pionowe igły zostają przekształcane na sygnał elektryczny. Wzmocniony sygnał może być przetwarzany na wartości liczbowe żądanych parametrów chropowatości lub rejestrowany w postaci profilogramu o znanym powiększeniu pionowym oraz poziomym. Stykowa metoda pomiaru chropowatości jest aktualnie zdecydowanie dominująca i stała się, najbardziej uniwersalna. Jest podstawą norm dotyczących pomiaru chropowatości powierzchni.

2.6. Poprawienie własności na ścieranie materiałów kompozytowych

Ze względu na to, że powierzchnia kompozytu wykonana jest z żywicy, to głównie ona decyduje o właściwościach ściernych danego kompozytu. Badania wykazały, że większą odporność na ścieranie posiadają materiały zbudowane z żywicy epoksydowej. Na laminatach wykonanych z tej żywicy zaobserwowano płytsze zarysowania a cała próbka miała niższy ubytek masy w porównaniu z żywicą poliestrową. Odporność laminatów na ścieralność zależy również od gramatury tkaniny, jaką wykorzystano do produkcji danego typu materiału. Zastosowanie większej gramatury tkaniny skutkowało mniejszym ubytkiem masowym próbek oraz mniejszą głębokością zarysowań powierzchni. Dalszym etapem badań

będzie podniesienie odporności kompozytów na ścieranie. Rys. 3. przedstawia propozycje poprawy własności ściernych materiałów kompozytowych.



Rys.3. Propozycje poprawy własności ściernych materiałów kompozytowych
Fig.3. Suggestions of improvement of property abrasive fibrous composites

Wybór odpowiedniej koncepcji uzależniony będzie od stopnia poprawy własności ściernych badanego materiału. Istotne znaczenie mają również koszty dodatku, który zostanie wykorzystany. W doborze optymalnego dodatku lub powłoki istotnym jest dokonanie takiego wyboru, który będzie kompromisem pomiędzy kosztami a własnościami danego materiału.

3. Podsumowanie

Konieczne jest dążenie do uzyskania takiej grubości warstwy, która zapewni badanemu materiałowi wybrane własności odporności na ścieranie. Docelowo materiały te, mają zostać wykorzystane do budowy burt wagonów towarowych. W powyższym artykule przedstawiono propozycje poprawy odporności kompozytów na ścieranie oraz omówiono metodologię badań laminatów w warunkach rzeczywistych.

Literatura

1. Dobrzański L.A.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. WNT, Warszawa 2002.
2. Baier A., Żółkiewski S.: Badanie zużycia ściernych materiałów kompozytowych. Zeszyty naukowe WSOWL, nr 1(159) 2011.
3. Nawrocki J., Ryncarz A., Węglarczyk J.: Teoria i praktyka rozdrabniania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1989.

THE ABRASIVE WEAR OF FIBROUS COMPOSITES

Summary: The effect of abrasive wear is one of the fundamental parameters of defining properties of material. The materials used in the building of freight truck boards (reference to an abrasive environment) have to fulfill high requirements because of the abrasive properties. The key element in designing the research workshop is simulating the actual conditions during the transportation of materials in freight trucks. In this article the research methodology concerning the wear of abrasive fibrous composites is presented.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Tomasz KAMIŃSKI, Piotr MICHAŁSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice,
* piotr.michalski@polsl.pl

INTERFEJS INTELIGENTNEGO BUDYNKU Z WYKORZYSTANIEM NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII INTERNETOWYCH

Streszczenie: W artykule opisano koncepcję systemu automatyki budynkowej zbudowanego przy użyciu komponentów automatyki przemysłowej firmy SIEMENS oraz koncepcję interfejsu graficznego aplikacji bazującego na jQuery i jQuery UI.

1. Wstęp

W przypadku integracji urządzeń elektrycznych w jednej magistrali uzyskuje się zwiększony stopień bezpieczeństwa oraz oszczędności wynikające z racjonalnego zarządzania energią elektryczną i ciepłą. Tym samym systemy automatyki budynkowej zyskują coraz to większą popularność wśród osób planujących budowę domu jednorodzinnego. Autorzy publikacji podjęli próbę zaadoptowania znanych systemów automatyki przemysłowej do sterowania procesami, które kontrolowane są zazwyczaj przez drogie systemy automatyki budynkowej.

2. Koncepcja systemu automatyki budynku

W Pracowni Sensoryki i Sieci Przemysłowych Instytutu Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Śląskiej powstał pomysł wytworzenia modelu systemu automatyki budynkowej na bazie programowalnych sterowników logicznych (PLC) oraz systemu dozoru i monitoringu firmy SATEL.

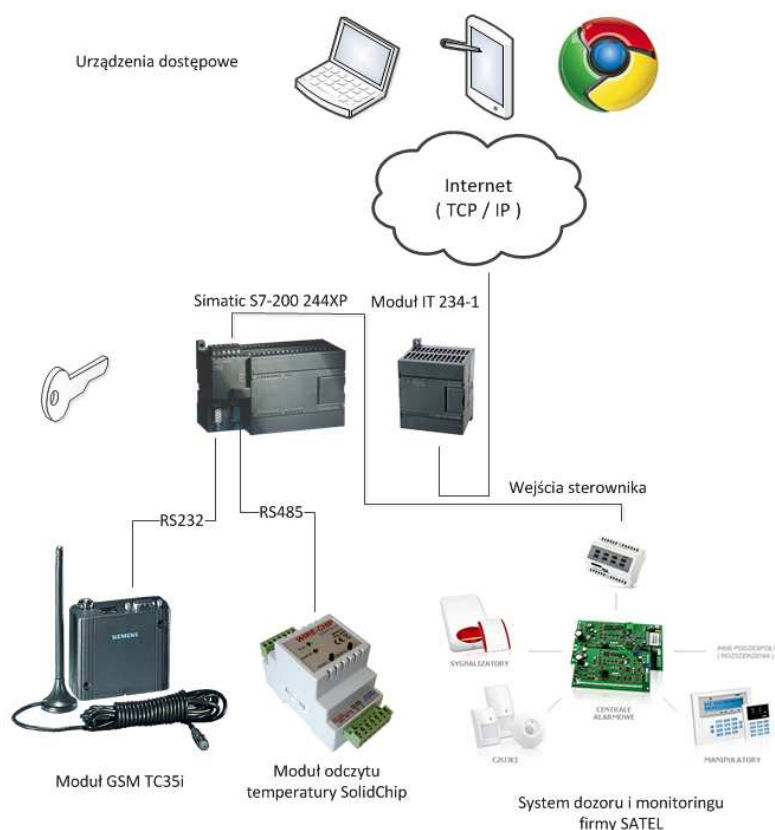
Opracowany system obsługuje typowe funkcje spotykanych na rynku rozwiązań systemów sterowania inteligentnych budynków, a przy tym jest łatwo programowalnym i przyjaznym dla użytkownika końcowego. Komponenty systemu zostały dobrane tak, aby umożliwić łatwy i bezpieczny dostęp z zewnątrz oraz powiadamianie zdarzeniowe SMS dzięki wykorzystaniu komunikacji GSM.

Układ sterownia budynku został oparty na rozwiązaniach przemysłowych firmy SIEMENS w postaci sterownika PLC klasy S7-200 CPU 224XP, modułu rozszerzeń wejść/wyjść 8DI/8DO i sterownika komunikacyjnego Ethernet CP 243-1 IT z możliwością pracy jako serwer WWW.

Do odczytu temperatury zainstalowano moduł wyposażony w interfejs elektroniczny 1-wire, komunikujący się z systemami nadrzędnymi po protokole MODBUS. Wykorzystanie

interfejsu 1-wire ma niewątpliwe zalety - czujniki termorezystancyjne pracują na jednej linii danych, upraszczając i zmniejszając okablowanie.

Funkcje zapewnienia bezpieczeństwa i monitoringu pełni centrala alarmowa firmy SATEL wyposażona w płytę główną INTEGRA 32, dwa czujniki ruchu, moduł ETH-1 umożliwiający zdalny dostęp i programowanie oraz moduł wejść/wyjść binarnych za pomocą którego centrala komunikuje się z systemem nadrzędnym sterowania budynkiem.



Rys.1. Koncepcja sterowania automatyką budynku
Fig.1. Control system of building automation

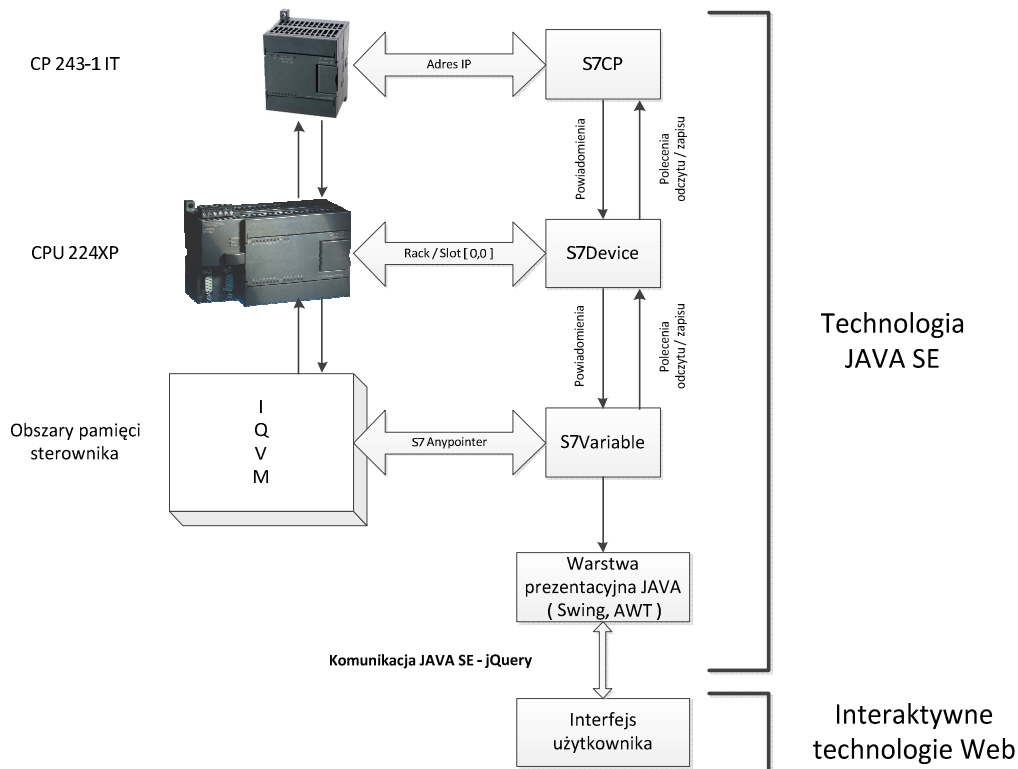
3. Możliwości komunikacyjne

Dynamiczny rozwój sieci Internet oraz zwiększanie przez operatorów przepustowości łącz telekomunikacyjnych daje duże możliwości w zakresie przesyłania dynamicznych multimedialnych treści. Dostęp zdalny do systemów automatyki jest dzisiaj standardem i jest wymagany przez klientów składnikiem inteligentnego systemu. Dysponując kamerą internetową pracującą w sieci prześlemy bieżący obraz wideo z obiektu, za pomocą usługi SMS zostaniemy powiadomieni o zdarzeniach w systemie, zaś korzystając z aplikacji dostępowej będziemy mieli pełny wgląd do opcji systemu automatyki.

W zamodelowanym systemie inteligentnego budynku za funkcje komunikacyjne jest odpowiedzialny procesor SIEMENS CP 243-1 IT. Posiada on następujące możliwości w zakresie komunikacji:

- serwer stron WWW do umieszczania plików o powierzchni danych do 8 MB,
- serwer ftp dostępu do plików przez sieć,
- obsługa połączeń TCP/IP: możliwość komunikacji z 8 uczestnikami sieci równocześnie, oraz przesyłanie wiadomości e-mail.

Do zestawienia komunikacji po protokole TCP/IP i budowy adaptera pod przyszły interfejs graficzny systemu użyto bibliotek programistycznych klasy S7 BEANS.



Rys.2. Struktura bibliotek S7 Beans
Fig. 2. Structure of S7 Beans libraries and GUI

4. Graficzny interfejs użytkownika

Ostatnim etapem prac nad systemem inteligentnego budynku było wykonanie interfejsu użytkownika w nowoczesnych technologiach HTML5 i CSS3. Do tego celu wykorzystano frameworki programistyczne jQuery oraz jQuery UI. Za komunikację z systemem odpowiedzialny jest applet JAVA, który pracuje w tle aplikacji, zaś biblioteka jQuery cyklicznie pobierają dane dotyczące stanu systemu i w sposób dynamiczny prezentują je użytkownikowi systemu. W ramach prowadzonego projektu zweryfikowano poprawność działania systemu. Stanowi on doskonałe podłoże do zbudowania końcowej aplikacji sterowania budynkiem.

5. Podsumowanie

W chwili obecnej prowadzone są prace nad rozwojem interfejsu graficznego oraz standaryzacją funkcji sterujących. Dzięki takiemu podejściu w efekcie końcowym zakłada się maksymalne uproszczenie tworzenia indywidualnych zakładki tematycznych związanych między innymi z umieszczeniem indywidualnych rzutów pięter, widoków otoczenia budynku, oraz rozmieszczeniem na nich informacji o stanie rolet, czujników kontrolujących domknięcie drzwi i okien, czujników temperatury, sygnałów z czujek ruchu, i innych interesujących danych pochodzących z obiektu sterowanego. Dodatkowo ogromnym atutem tworzonego rozwiązania jest niewątpliwie niski koszt wdrożenia systemu, zwłaszcza na etapie deweloperskim budowy nowych budynków.

Literatura

1. Michalski P., Hetmańczyk M.: Inteligentnie sposoby oszczędności energii w przypadku domów w zabudowie jednorodzinnej. Praca koncepcyjna przygotowana w ramach konkursu Mitsubishi Electric, Grupy MPL oraz Control Engineering Polska.
2. Michalski P., Hetmańczyk M.: Inteligentnie systemy oszczędności energii kompleksu domów w zabudowie jednorodzinnej lub szeregowej. Materiały VI Edycja konkursu „Mój pomysł na biznes”. 2006
3. Wellman D.: jQuery UI 1.7. The user Interface Library for jQuery. Birmingham: PACKT Publishing, 2009.
4. S7Beans / Applets for IT-CPs. SIEMENS, 2005.

INTELLIGENT BUILDING INTERFACE WITH APPLICATION OF MODERN WEB TECHNOLOGIES

Summary: In a current project stage there is ongoing development to enhance graphical user interface and provide common functions in order to simplify building UI (for example: adding additional tabs for UI regarding floor plans, information from wide variety of sensors: temperature, window blinds, alarm detectors etc.). Main advantage of this project is lowering of total cost of ownership in opposition to other systems.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Klaudiusz KLARECKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* klaudiusz.klarecki@polsl.pl

STANOWISKO DO BADANIA NAPĘDU INDRADRIWE® Z SILNIKIEM LINIOWYM INDRADYN L®

Streszczenie: W artykule opisano stanowisko laboratoryjne do badania własności napędu z elektrycznym silnikiem liniowym. Stanowisko badawcze składa się z: synchronicznego silnika liniowego IndraDyn L wraz z czujnikiem Halla (niezbędnym dla zapewnienia prawidłowej komutacji silnika), modułu mocy, modułu sterującego, systemu przewodniczących z zintegrowanym liniałem pomiarowym oraz oprzyrządowania pomocniczego. Napęd IndraDrive może być konfigurowany, programowany, parametryzowany i diagnozowany zintegrowanym oprogramowaniem ramowym IndraWorks. Sterowanie ruchem napędu można realizować np. za pomocą wirtualnego panelu pod kontrolą programu IndraLogic. W artykule pokazano przebieg położenia, prędkości, przyspieszenia i skutecznego natężenia prądu zasilającego silnik w stanach przejściowych napędu.

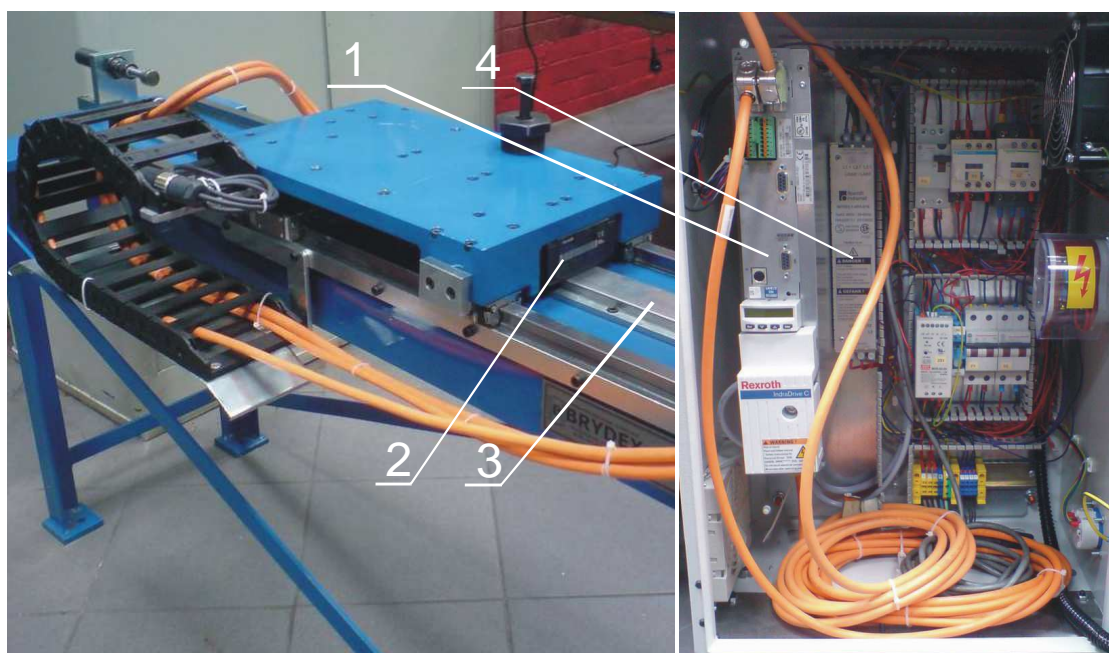
1. Opis stanowiska z napędem liniowym indradrive®

Napęd IndraDrive® jest zintegrowanym systemem składającym się z elementów sprzętowych takich jak: moduły mocy, moduły sterujące, silniki i elementy dodatkowe, pracujących pod kontrolą specjalistycznego oprogramowania.

Głównym elementem stanowiska laboratoryjnego jest silnik liniowy typu IndraDyn L składający się z elementu podstawowego typu MLP040B-0150 oraz dwóch elementów dodatkowych typu MLS040S – 600. Silnik IndraDyn L jest liniowym silnikiem synchronicznym, w którym element podstawowy, zawierając zespół trójfazowych uzwojeń, jest częścią zasilaną, natomiast elementy dodatkowe stanowią zespół magnesów trwałych.

Silnik liniowy stanowi niejako „rozwinięcie” silnika obrotowego na płaszczyznę, przy czym zasilany element podstawowy („primary”), zwany induktorem, jest odpowiednikiem stojana, natomiast odpowiednikiem wirnika jest element dodatkowy („secondary”), zwany bieźnikiem [1]. Aby zapewnić właściwą komutację silnika, umożliwiającą m.in. jego płynne ruszanie z miejsca, silnik musi być zaopatrzony w czujnik Halla typu SHL 01.1 [2]. Silnik liniowy jest zabudowany w konstrukcji nośnej stanowiska, pokazanej na rys. 1. Zadaniem konstrukcji nośnej jest powiązanie w funkcjonalną całość elementów napędu oraz umożliwienie przesuwania się elementu podstawowego (induktora) tuż ponad elementami dodatkowymi (bieźnikami). W tym celu stanowisko zaopatrzone w przesuwny stół, do

którego przymocowano element podstawowy wraz z czujnikiem Halla typu SHL 01.1, oparty na czterech wózkach tocznych współpracujących z prowadnicami tocznymi. Jeden z wózków zaopatrzony został w czujnik położenia (typ R1653 222 20 01 03 3000 01 01), listwa pomiarowa została zabudowana w prowadnicy tocznej typu R1605 262 31 01 03 1000 900. Pozostałe trzy wózki toczne (typ R1653) oraz druga prowadnica (typ 1605) są standardowe. Przesunięcie stołu jest ograniczone mechanicznie zderzakami końcowymi z tłumieniem typu 370-MA produkcji Bosch Rexroth. Spawano-skręcana konstrukcja nośna stanowiska została zbudowana z profili walcowanych na gorąco, przy czym powierzchnie płyty podstawy, na których oparto prowadnice i bieżnik silnika, obrobiono szlifowaniem.



Rys.1. Stanowisko laboratoryjne z silnikiem liniowym typu IndraDyn L

Fig.1. Laboratory stand with linear motor type IndraDyn L

2. Opis napędu w stanowisku laboratoryjnym

Napęd IndraDrive® zabudowany na stanowisku laboratoryjnym (rys. 1) składa się z:

- modułu mocy HCS02.1E-W0028 ($N_{ZN} = 4 \text{ kW}$, $I_{out_cont1} = 11 \text{ A}$, $I_{out_max} = 28 \text{ A}$, poz. 1),
- modułu sterującego CSB 01.1C zintegrowanego z modułem mocy (interfejs PROFIBUS),
- silnika liniowego z induktorem typu MLP040B-0150 (poz. 2) oraz dwoma bieżnikami typu MLS040S – 600 (poz. 3, w celu realizacji większych przemieszczeń składa się bieżnik z wymaganej ilości modułów typu MLS o odpowiednio przyjętych długościach – od strony silnika nie ma ograniczeń jeżeli chodzi o zakres przemieszczeń),
- czujnika Halla typu SHL 01.1 zapewniającego komutację silnika,
- dławika sieciowego HNL 01.1E ograniczającego zakłócenia (poz. 4),
- elementów dodatkowych (zasilacza 24 VDC, styczników, krańcówek, przełączników sieciowych itp.).

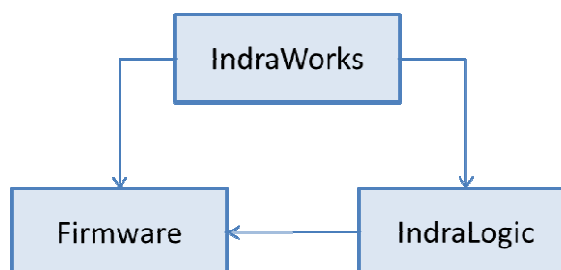
Podstawowe parametry mechaniczne silnika MLP040B-0150 to [2]:

- siła nominalna $F_{dN} = 370 \text{ N}$
- siła maksymalna $F_{max} = 1150 \text{ N}$
- prędkość nominalna $v_N = 300 \text{ m/min}$
- dopuszczalna prędkość dla F_{max} $v_{Fmax} = 150 \text{ m/min}$
- siła przyciągania induktora i bieźnika $F_{ATT} = 1700 \text{ N}$
- masa induktora $m_{PS} = 6,1 \text{ kg}$
- masa kompletnego stołu (z ind.) $m = 30 \text{ kg}$

Powyższe parametry pozwalają na realizację ruchów stołu z bardzo dużymi wartościami przyspieszeń (do 38 m/s^2).

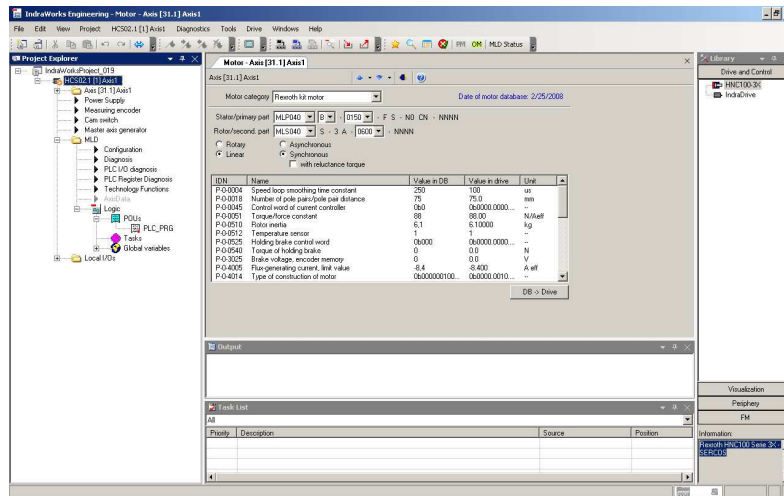
3. Oprogramowanie współpracujące z napędami serii IndraDrive

Hierarchię oprogramowania współpracującego z napędami IndraDrive ilustruje rys. 2. Oprogramowanie sprzętowe (firmware) nie jest dostępne dla użytkownika, jego zadaniem jest realizacja podstawowych funkcji napędu. Oprogramowanie sprzętowe napędów IndraDrive jest dobierane w zależności od przeznaczenia napędu (od pakietu podstawowego – dla napędu z otwartą lub zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego po pakiet IndraMotion MLD, realizujący logikę sterowania przemieszczeniami zgodnie z normą IEC 61131-3).



Rys.2. Hierarchia oprogramowania napędów IndraDrive
Fig.2. Hierarchy of software drives IndraDrive

Oprogramowanie sprzętowe (firmware) nie jest dostępne dla użytkownika, jego zadaniem jest realizacja podstawowych funkcji napędu. Oprogramowanie sprzętowe napędów IndraDrive jest dobierane w zależności od przeznaczenia napędu (od pakietu podstawowego – dla napędu z otwartą lub zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego po pakiet IndraMotion MLD, realizujący logikę sterowania przemieszczeniami zgodnie z normą IEC 61131-3). Użytkownik rozpoczyna pracę z napędem, korzystając z najwyższego w hierarchii pakietu IndraWorks, umożliwiającego konfigurację, programowanie, parametryzację, obsługę maszyn i urządzeń, wizualizację i diagnostykę napędu. Okno programu IndraWorks pokazano na rys. 3. W górnej części okna programu IndraWorks tradycyjnie umieszczono rozwijalne menu oraz paski narzędzi, główna część okna podzielona jest na trzy pola. Po lewej stronie uwidoczniła jest struktura logiczna napędu w postaci „drzewa”, po prawej użytkownik ma do dyspozycji

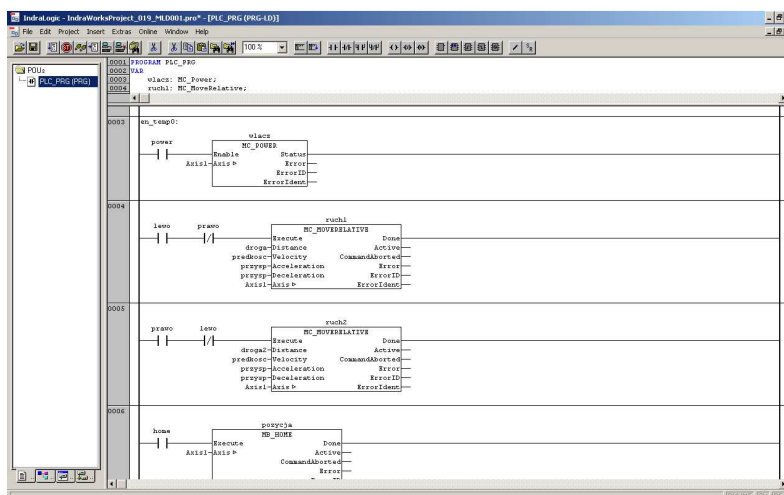


Rys.3. Okno programu IndraWorks
Fig.3. The program window IndraWorks

dostępne biblioteki, w centralnej części znajdują się zakładki, w których użytkownik może np. dokonywać edycji parametrów napędu

4. Sterowanie napędem IndraDrive

Sterowanie napędem IndraDrive może być realizowane z nadrzędnego sterownika np. wykorzystującego magistralę ProfiBUS (opisywany napęd jest wyposażony w interfejs ProfiBUS), jednak na stanowisku laboratoryjnym wykorzystano wbudowany sterownik PLC typu CSB 01.1C, komunikujący się z komputerem PC z oprogramowaniem IndraLogic za pośrednictwem złącza RS-232. Komputer z oprogramowaniem IndraLogic jest nie tylko narzędziem umożliwiającym szybkie i łatwe programowanie wbudowanego w napęd sterownika PLC, może też być wykorzystany do wizualizacji, a nawet stać się nadrzędnym sterownikiem. Przygotowanie programu dla sterownika PLC w środowisku IndraLogic jest

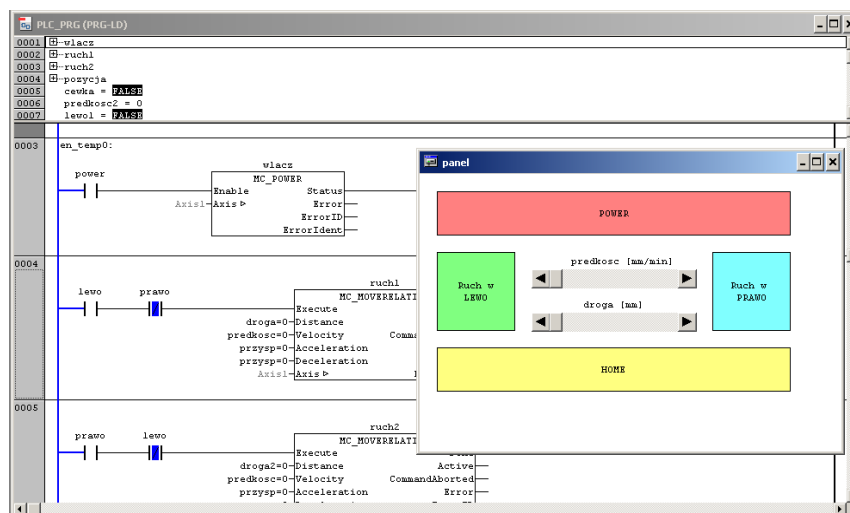


Rys.4. Okno programu IndraLogic
Fig.4. The program window IndraLogic

zadaniem prostym z uwagi na jego zgodność z oprogramowaniem CoDeSys. W pakiecie IndraLogic użytkownik może przygotować program dla sterownika PLC w językach: IL, LD, FBD, SFC, ST i CFC. Na rys. 4 pokazano okno programu IndraLogic z przykładowym programem PLC w języku drabinkowym (LD).

Realizacja funkcji napędu (włączenie zasilania – MC_POWER, realizacja przemieszczenia – MC_MOVERELATIVE itp.) może być wywołana zmianami stanów wejść sterownika napędu, deklarowanych w środowisku IndraWorks.

W środowisku IndraLogic można też wymusić zmiany stanów „styków” obrazujących zmienne wejściowe, klikając na styk przyciskiem myszki z przytrzymaniem klawisza „F7”, ale takie rozwiązanie nie ułatwia obsługi stanowiska laboratoryjnego. Znacznie bardziej ergonomicznym rozwiązaniem jest operowanie napędem IndraDrive za pomocą wirtualnego panelu operatorskiego, działającego w środowisku IndraLogic. Przygotowanie panelu operatorskiego (rys. 5) w systemie IndraLogic nie jest pracochłonne, istotne jest powiązanie elementów wizualizacji (panelu) z elementami programu PLC poprzez odpowiednie zdefiniowanie zmiennych.

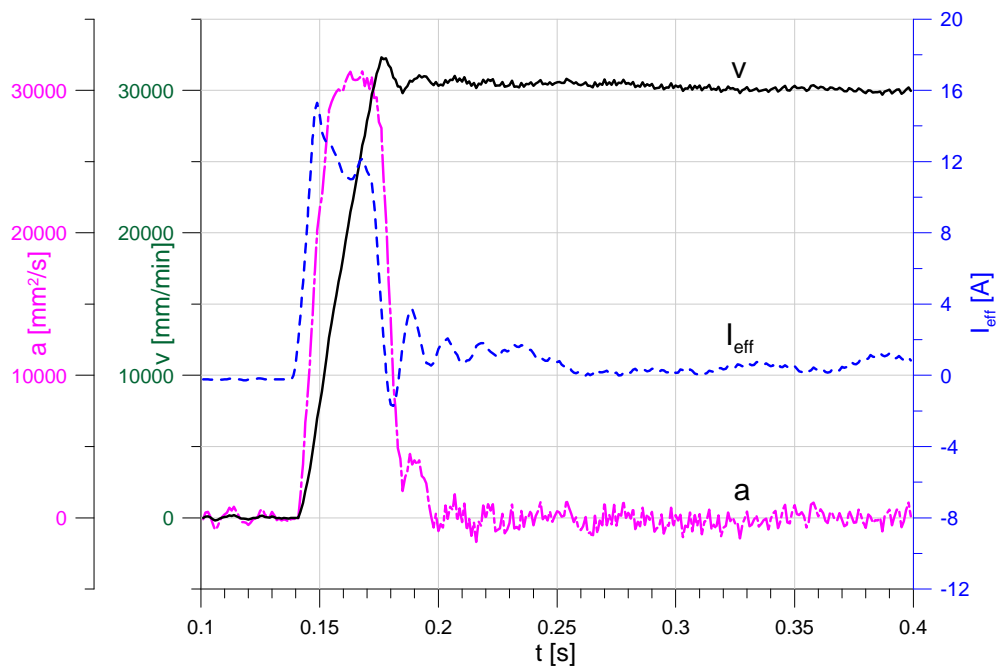


Rys.5. Prosty wirtualny panel operatorski
Fig.5. A simple virtual operator panel

Elementami panelu mogą być „przyciski” bistabilne (przycisk *POWER* na rys. 5) lub „przyciski” monostabilne (*Ruch w LEWO*, *Ruch w PRAWO*) – za ich pomocą można zmieniać stany zmiennych logicznych (BOOL). Wartości prędkości czy przemieszczenia muszą być wprowadzone jako zmienne liczbowe (REAL) np. przy pomocy suwaków.

5. Rozruch i hamowanie silnika IndraDyn L

Badanie dynamiki napędu IndraDrive z silnikiem liniowym IndraDyn L można zrealizować na podstawie analizy przebiegów rozruchu i hamowania silnika. Na rys. 6 pokazano przykładowe przebiegi wielkości kinematycznych i wartości skutecznej prądu silnika zarejestrowanych dla przemieszczenia z zadanymi wartościami prędkości i przyspieszeń.



Rys.6. Przebiegi zarejestrowane podczas rozruchu silnika
 Fig.6. Output function during motor starting

6. Podsumowanie

Przedstawiony napęd IndraDrive charakteryzuje się prostą konfigurowalnością i łatwą obsługą. Dodatkowo dzięki zastosowaniu silnika liniowego IndraDyn L jest on bardzo dynamiczny, może realizować ruch z przyspieszeniem (opóźnieniem) rzędu 30 m/s^2 (rys. 6).

Literatura

1. Kosmol J.: Automatyizacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. Warszawa: WNT, 1995.
2. Praca zbiorowa: Rexroth IndraDrive oraz Rexroth IndraDyn-ewolucja w technice napędów. Bosch Rexroth AG 2005 (71-511PL/05-11-A03-SM)

LABORATORY STAND FOR TESTING INDRADRIVE[®] DRIVE SYSTEM WITH INDRADYN L[®] LINEAR ENGINE

Summary: In this paper a laboratory stand for research of synchronous linear engine is presented. Complete electric drive type IndraDrive, manufactured by Bosch-Rexroth, mounted on the frame of test stand, consists of: synchronous linear engine IndraDyn L with Hall sensor box, power unit, control unit, ball rail system with integrated position measurement system and auxiliary components. Configuration, programming, parametrization and diagnostics of the drive are realized with IndraWorks software environment. Motion control of drive can be realized using the virtual panel of IndraLogic program. In the paper a position, velocity, acceleration and effective current of linear motor in a transient state were showed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Klaudiusz KLARECKI, Edward BARBACHOWSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* edward.barbachowski@polsl.pl

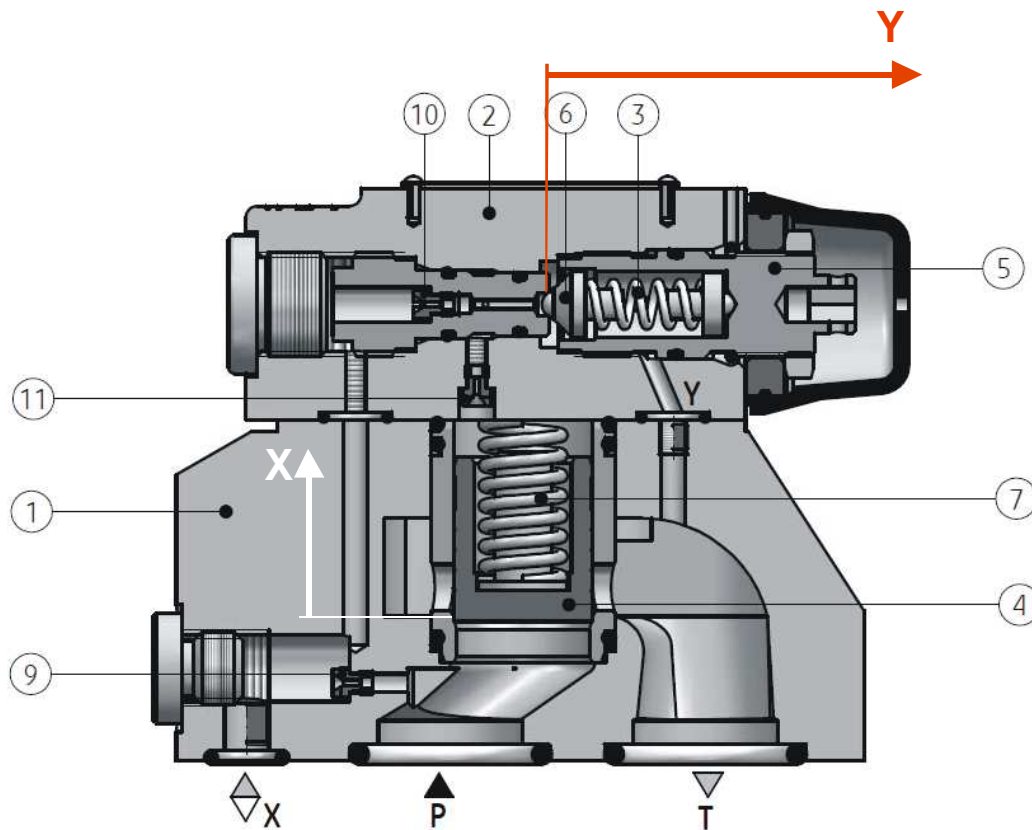
ANALIZA MODELOWA WŁASNOŚCI STATYCZNYCH I DYNAMICZNYCH ZAWORÓW HYDRAULICZNYCH

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest problemowi modelowania zaworów hydraulicznych. Na przykładzie modelowania zaworu przelewowego opisano procedurę wyznaczania jego własności statycznych i dynamicznych. Modelowanie rozpoczyna się od wyznaczenia równań opisujących przepływy i ruch elementów ruchomych w zaworze. Następnie, na podstawie równań, tworzy się model numeryczny, np. w środowisku MATLAB/SIMULINK. Charakterystyki statyczne otrzymuje się w wyniku analizy modelowej dla powolnych zmian natężenia przepływu przez zawór. W celu określenia własności dynamicznych zaworu badane są odpowiedzi modelu na wymuszenie skokiem jednostkowym (np. przepływu). Wyniki badań modelowych mogą być wykorzystane w optymalizacji konstrukcji zaworów hydraulicznych.

1. Wprowadzenie

Zadaniem zaworów hydraulicznych jest nastawianie zadanych wartości wielkości hydraulicznych (natężenia przepływu, ciśnienia lub różnicy ciśnień) w układzie hydraulicznym lub jego części. Jest to realizowane poprzez odpowiednie dławienie strugi przepływającej przez zawór, samoczynnie (np. w zaworach sterujących ciśnieniem) lub nastawiane przez operatora (np. otwarcie zaworu dławiącego).

W artykule przedstawiono przebieg analizy modelowej, zrealizowanej dla przykładowego zaworu maksymalnego (sterującego wielkością ciśnienia w układzie). Postanowiono przyjąć do analizy uproszczony model dwustopniowego zaworu maksymalnego typu DB20. Na rys. 1 pokazano przekrój zaworu DB20. Uproszczenia polegały na pominięciu dyszy 10 i przyjęciu w dyszach 9 i 11 przepływu laminarnego. Dla tak zmodyfikowanego zaworu przyjęto wartości wymiarów, mas ruchomych grzybków 4 i 6 (powiększonych o 1/3 mas współpracujących z nimi sprężyn), sztywności sprężyn 3 i 7 oraz pozostałe, niezbędne do wyznaczenia współczynników zdeterminowanych równań opisujących zawór, wartości. Jako medium robocze przyjęto olej hydrauliczny o typowych własnościach.



Rys.1. Dwustopniowy zawór maksymalny typu DB20 [4]
 Fig.1. Pilot operated pressure relief valve type DB20 [4]

2. Model zaworu maksymalnego

W pierwszym etapie modelowania przyjęto następujące założenia:

- parametry modelu są skupione,
- gęstość i lepkość cieczy roboczej są stałe,
- spływ z zaworu odbywa się bez oporów.

Następnie przygotowano model matematyczny zaworu w postaci układu równań ruchu grzybków 4 i 6 oraz równań przepływów. Równania ruchu grzybka stopnia głównego i pilota przyjęto w postaci:

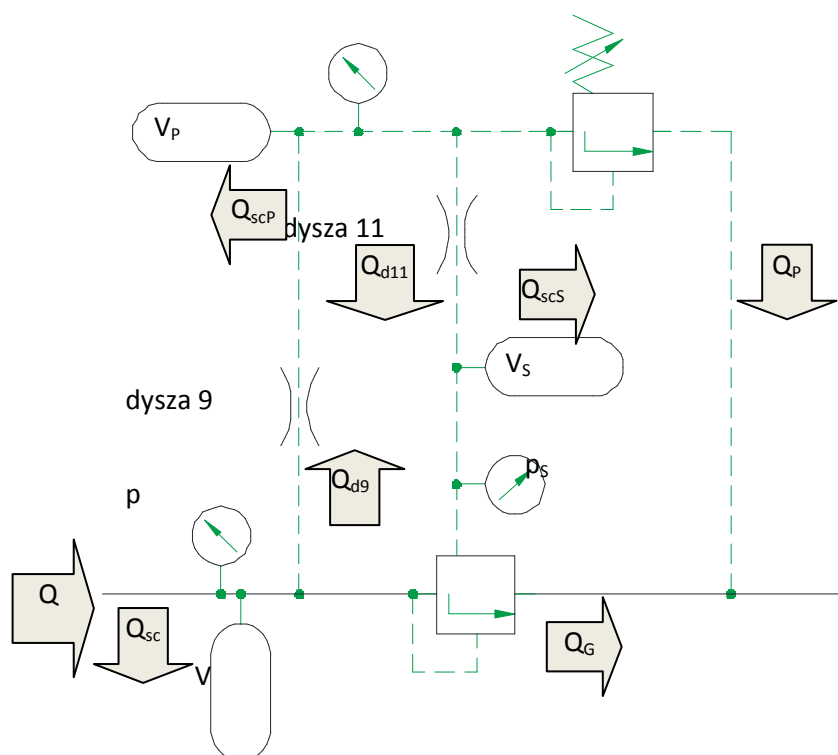
$$\begin{aligned} m_G \ddot{x} + k_x \dot{x} + T_x \text{sign } \dot{x} + c_x (x_0 + x) + p_S A_x + F_{HDG} &= p A_x \\ m_P \ddot{y} + k_y \dot{y} + T_y \text{sign } \dot{y} + c_y (y_0 + y) + F_{HDP} &= p_P A_x \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

- m_i - masa ruchoma grzybka (G – stopnia głównego, P – pilota),
- p_i - ciśnienie (bez indeksu – zasilania, S – na górnej stronie grzybka stopnia głównego, P – na pilocie),
- F_{HDi} - siła reakcji hydrodynamicznej (G – stopnia głównego, P – pilota),
- x_0, y_0 , - napięcia wstępne sprężyn 7 i 3 (rys. 1).

W równaniach (1) przyjęto uproszczony model tarcia bez uwzględniania efektu Stribecka. W zależności opisującej reakcje hydrodynamiczne, oddziaływujące na grzybki zaworu, uwzględniono nie tylko zmianę kierunku przepływu strugi, ale również przyspieszanie (opóźnianie) cieczy w kanałach grzybków.

Wartości ciśnień p , p_P i p_S wyznaczano z równań przepływów, pokazanych schematycznie na rys. 2 (na rysunku nie uwidoczniiono strumieni $Q_{dx/dt}$ i $Q_{dy/dt}$ wynikających z ruchu grzybków 4 i 6):



Rys.2. Schemat dwustopniowego zaworu maksymalnego z zaznaczonymi strumieniami przepływu
Fig.2. Schematic operated pressure relief valve of the selected fluid flows

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{B}{V_i} Q_{sc_i}$$

$$Q_{sc} = Q - Q_G - Q_{dx/dt} - Q_{d9} \quad (2)$$

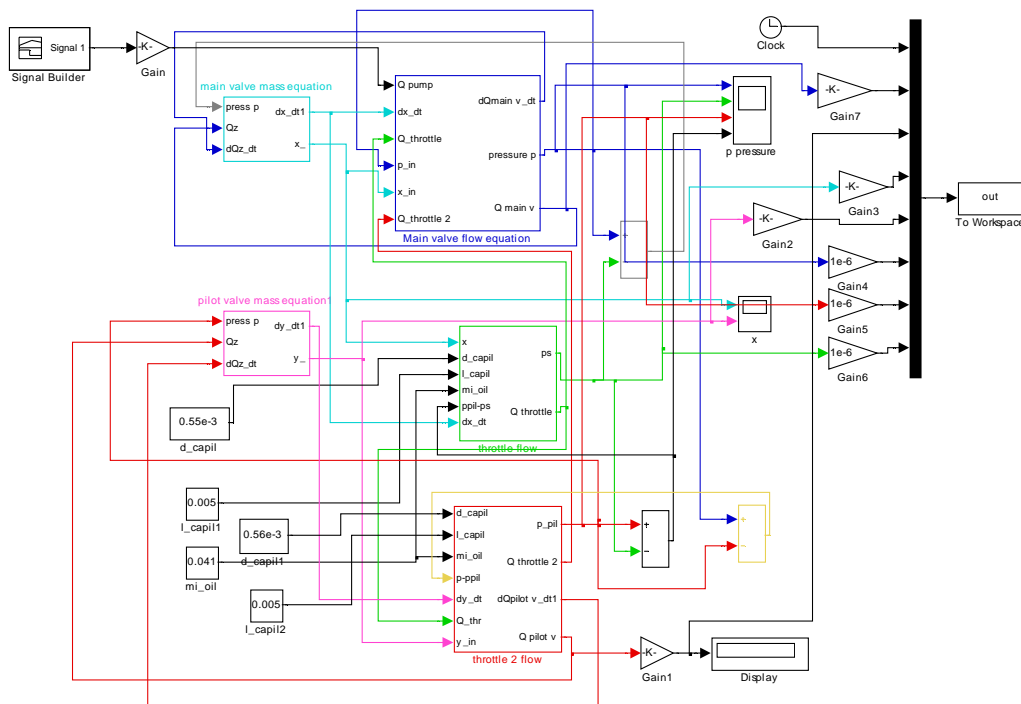
$$Q_{scP} = Q_{d9} - Q_P - Q_{dy/dt} - Q_{d11}$$

$$Q_{scS} = Q_{d11} + Q_{dx/dt}$$

Rozwiązania numeryczne układów równań (1) i (2) otrzymano poprzez zamodelowanie ich w środowisku MATLAB/SIMULINK. Symulację przeprowadzono dla następujących parametrów: krok całkowania od $1 \cdot 10^{-12}$ s do $1 \cdot 10^{-6}$ s, metoda całkowania Dormand-Prince.

Na rys. 3 pokazano postać modelu komputerowego przygotowanego w środowisku MATLAB/SIMULINK. W ramach badań przeprowadzono symulację dla wolnej zmiany zadanej wartości przepływu podawanego na zawór w celu określenia jego charakterystyki przepływowej oraz niemal skokową zmianę wejściowego natężenia przepływu od $60 \text{ dm}^3/\text{min}$

do 600 dm³/min, realizowaną rampą czasową o wartości 10 ms w celu oceny własności dynamicznych zaworu.



Rys.3. Model zaworu maksymalnego w środowisku MATLAB/SIMULINK
Fig.3. Model of pressure relief valve in MATLAB/SIMULINK environment

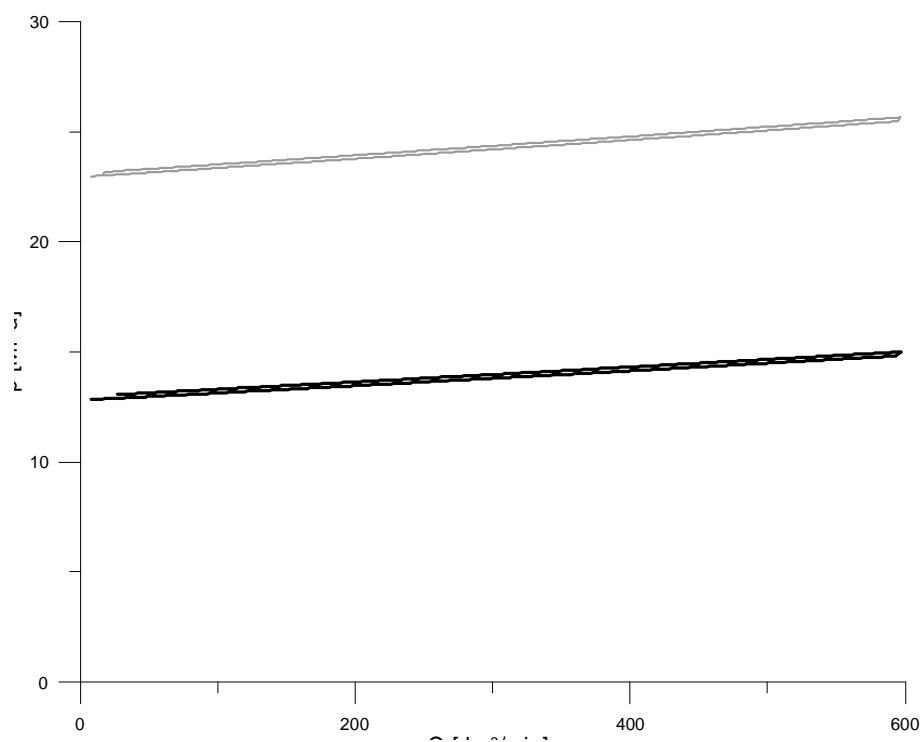
3. Wyniki symulacji numerycznych

Podstawą do oceny zaworu maksymalnego jest przebieg jego charakterystyki przepływowej. Na rys. 4 przedstawiono wyniki symulacji zrealizowanych dla powolnych zmian wejściowego natężenia przepływu dla dwóch nastaw ciśnienia na zaworze.

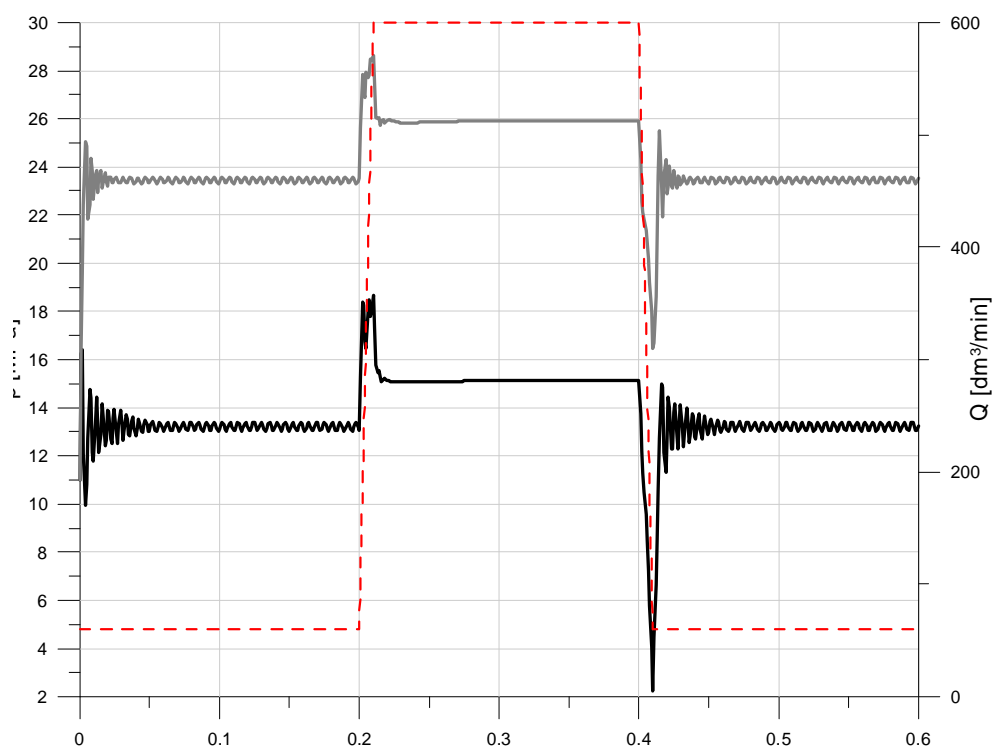
Otrzymane charakterystyki przepływowe są typowe, dominujący wpływ na ich przebieg mają: siły tarcia suchego na elementach ruchomych zaworu oraz sztywność sprężyny 7 na rys. 1. Odpowiednio modyfikując wartości wymienionych parametrów, wprowadzone do modelu, można kształtować pożądane zmiany charakterystyk statycznych zaworu.

Znacznie ciekawsze są odpowiedzi zaworu na skokową zmianę podawanego natężenia przepływu (rys. 5). Wyjaśnienia wymaga przyjęcie zmiany podawanego przepływu (linia kreskowa) nie jako skoku prostokątnego, a jako przebiegu trapezoidalnego. Przyjęto taką postać wymuszenia z uwagi na niemożność technicznej realizacji idealnego przebiegu prostokątnego wielkości przepływu. Wartość współczynnika przeregulowania ciśnienia przy wzroście natężenia przepływu, zdefiniowano jako:

$$K_p = \frac{P_{\max} - P_{ust}}{P_{ust}} \quad (3)$$



Rys.4. Charakterystyki przepływowe modelowanego zaworu
Fig.4. Flow curves of the modelled valve



Rys.5. Przebiegi ciśnień przy skokowej zmianie przepływu
Fig.5. Pressure response at the flow step function

gdzie:

κ_p - współczynnik przeregulowania ciśnienia,

p_{\max} - szczytowa wartość ciśnienia,

p_{ust} - wartość ciśnienia w stanie ustalonym.

Otrzymano odpowiednio:

- dla niskiej nastawy ciśnienia - $\kappa_p = 0,232$ (czas regulacji ciśnienia $T_R = 0,12$ s)
- dla wysokiej nastawy ciśnienia - $\kappa_p = 0,105$ (czas regulacji ciśnienia $T_R = 0,12$ s)

Ponadto zauważono, że dla niskiej wartości natężenia przepływu odpowiedź zaworu wskazuje na to, że może on być stabilny nieasymptotycznie (oscylacje ciśnienia o amplitudzie $\sim 0,12 \div 0,18$ MPa). Przy dużym przepływie zawór zachowuje się jak obiekt stabilny asymptotycznie.

4. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule sposób modelowania oraz analizy wyników symulacji numerycznych można wykorzystać np. przy projektowaniu zaworów hydraulicznych w celu zoptymalizowania ich konstrukcji z uwagi na takie cechy funkcjonalne jak: odpowiedni przebieg charakterystyki przepływowej, czas regulacji ciśnienia czy wartość współczynnika przeregulowania ciśnienia.

Literatura

1. Tomasiak E.: Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2001.
2. Stryczek S.: Napęd hydrostatyczny: elementy. Warszawa: WNT, 1990.
3. Klarecki K.: Badania modelowe modernizowanego dwudrogowego regulatora przepływu. „Napędy i Sterowanie” nr 5/2009, s. 118 - 121
4. <http://www.ponar-silesia.pl/var/files/750/pl/2938.pdf>

MODEL ANALYSIS OF STATIC AND DYNAMIC PROPERTIES OF HYDRAULIC VALVES

Summary: This paper is focused on model analysis of hydraulic valves. An example of model which determine static and dynamic properties of pressure relief valve was presented. In the first step a mathematical model of pressure relief valve, consisted of flow equations and equations of motion of globe, was prepared. In the next step the mathematical model was transformed into numerical one in MATLAB/SIMULINK environment. Static properties of the valve were obtained by numerical analysis for slow changes of flow rate through the valve. The analysis of dynamic properties was based on determining the valve response to a step function (e.g. flow rate). The results of model research can be used in the optimization of in the hydraulic valve design.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Mariusz KOSOBUDZKI*

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu

* mariusz.kosobudzki@poczta.onet.pl

WYZNACZANIE CZĘSTOŚCI DRGAŃ SKRĘTNYCH USTROJU NOŚNEGO SAMOCHODU CIĘŻAROWO – OSOBOWEGO WYSOKIEJ MOBILNOŚCI NA PODSTAWIE DANYCH AKCELEROMETRYCZNYCH

Streszczenie: Dla ustroju nośnego wybranego samochodu ciężarowo – osobowego wysokiej mobilności (wojskowy odpowiednik samochodu terenowego) wykonano analizę sygnałów odpowiedzi, wykorzystując w tym celu zmierzone wartości przyspieszeń. Wykorzystano metodę Operating Deflection Shape (ODS) nazywaną również Running Mode [1]. Wyznaczony zbiór częstości poddano analizie, poszukując częstości drgań własnych skrętnych za pomocą metody Peak Picking.

1. Wstęp

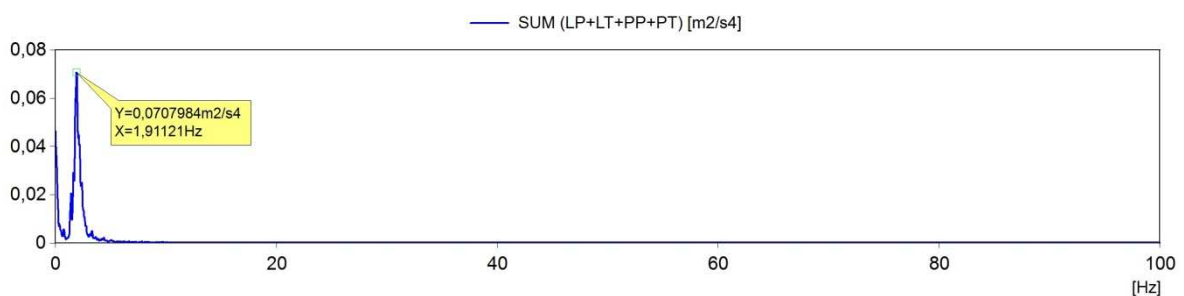
Analiza dynamiki złożonych obiektów mechanicznych jest prowadzona dzisiaj w środowisku wirtualnym z wykorzystaniem specjalnych programów komputerowych bazujących najczęściej na metodzie elementów skończonych [2]. Obiekty, dla których nie zbudowano wirtualnych modeli, mogą być poddawane analizie dynamiki z wykorzystaniem innych metod. Jedną z nich jest analiza widma dotycząca zmierzonych sygnałów akcelerometrycznych w poszukiwaniu charakterystycznych częstości rezonansowych. Ich występowanie wskazuje na obszary częstości, które nie powinny się pokrywać z częstościami wymuszenia. W ustroju nośnym pojazdu najgroźniejszymi drganiami rezonansowymi są te, w których postacią drgań jest skręcanie [3]. W związku z powyższym, w badaniach wykorzystano tylko cztery czujniki przyspieszeń zainstalowane na podłużnicach nad osiami jezdnyymi [4]. Badania prowadzono w wybranych warunkach ruchu; w terenie i po drodze twardej z nawierzchnią asfaltowo - brukowaną. Dla samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności możliwość jazdy w terenie (po bezdrożu) jest uwzględniana na etapie konstruowania [5]. Taki typ drogi charakteryzuje się nierównościami rozłożonymi niesymetrycznie dla prawego i lewego śladu. Amplituda zmian wysokości nierówności jest znaczna (dochodzi nawet do $0,40 \div 0,50$ m), co w konsekwencji prowadzi do znacznego skręcania ustroju nośnego.

2. Analiza widma sygnału akcelerometrycznego zmierzonego podczas ruchu pojazdu w terenie

Podczas jazdy prowadzono rejestrację sygnałów przyspieszeń mierzonych za pomocą czujników pojemnościowych z częstotliwością próbkowania 1,5 kHz (częstość Nyquista - 750 Hz), wykorzystując rejestrator wielokanałowy. Zmierzone sygnały poddano następnie filtracji dolnoprzepustowej dla szerokości pasma od 0 do 100 Hz, przyjmując, że wyższe częstotliwości nie wywołują znaczących przemieszczeń dla skręcania. W celu uniknięcia przecieków widma zastosowano metodę okienkowania z filtrem Hanninga oraz overlap na poziomie 67%. Dla tak wstępnie przygotowanych sygnałów zmierzonych przyspieszeń wyznaczono gęstości widmowe mocy (PSD) i zsumowano je (1), otrzymując jeden sygnał **SUM**, którego przebieg przedstawiono na rys. 1.

$$SUM = PP+PT+LP+LT \quad (1)$$

gdzie: PP, PT, LP, LT są odpowiednio PSD dla prawego przodu, prawego tyłu, lewego przodu i lewego tyłu ramy.



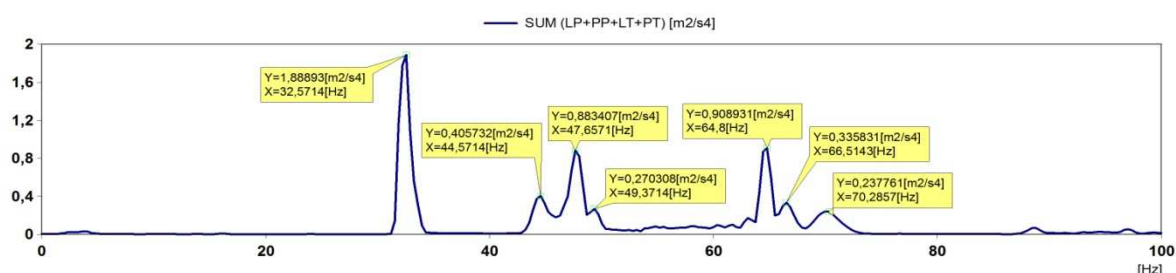
Rys. 1. Suma PSD przyspieszenia drgań ustroju nośnego (bezdrożo)

Fig. 1. Sum of PSD of acceleration the underframe (off-road)

Przedstawiony na rys. 1 przebieg gęstości widmowej mocy przyspieszeń drgań pokazuje tylko jeden pik dla częstotliwości ok. 1,91 Hz. Brak kolejnych pików może być spowodowany parametrami charakterystyki wymuszenia (jest ona wąskopasmowa), w której dominują drgania o niskich częstotliwościach (wyższe częstotliwości nie są reprezentowane w porównywalnym stopniu i tym samym nie wywołują drgań dla wyższych częstotliwości)[1].

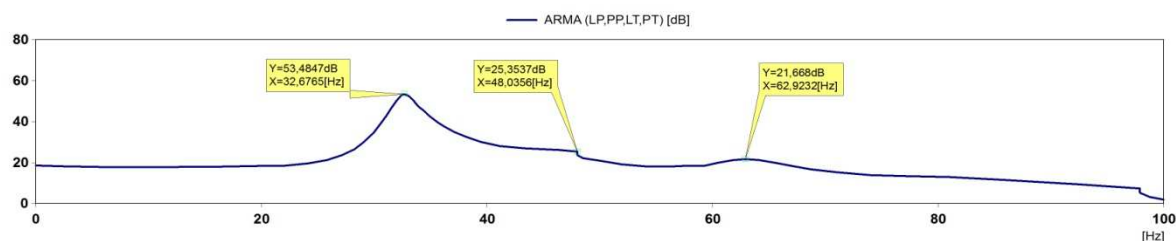
3. Analiza widma sygnału akcelerometrycznego zmierzonego podczas ruchu pojazdu po drodze twardej

W podobny sposób przeprowadzono analizę sygnałów odpowiedzi zmierzonych podczas ruchu pojazdu po drodze twardej z nawierzchnią asfaltową i brukową. Wyznaczony przebieg PSD przedstawiono na rys. 2. Na otrzymanej charakterystyce opisano wartości maksymalne wyznaczonego spektrum.



Rys. 2. Suma PSD przyspieszenia drgań ustroju nośnego (nawierzchnia asfaltowa i brukowa)
Fig. 2. Sum of PSD of acceleration the underframe (asphalt and cobbled surface)

Na rys. 2 przy częstotliwości ok. 2 Hz nie następuje wzrost PSD (por. rys. 1). Zauważalne piki występują dla wartości częstotliwości 32,57; 44,57; 47,66; 49,37; 64,8; 70,29 [Hz]. Pozwala to przypuszczać, że w tym przypadku wymuszenie miało charakter szerokopasmowy. Dla sprawdzenia, czy w przedstawionym zbiorze częstotliwości występują rezonanse dla drgań własnych, obliczono funkcję autoregresji sumy przyspieszeń LP, PP, LT i LT. Otrzymany przebieg został zobrazowany na rys. 3.

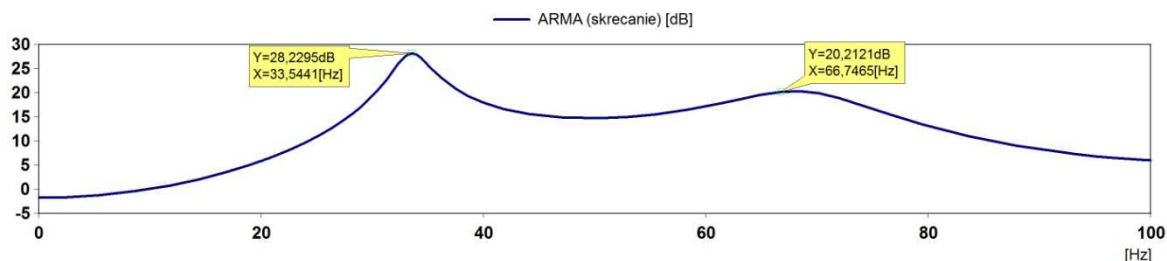


Rys. 3. Wykres funkcji Auto-Regressive Moving Average (nawierzchnia asfaltowa i brukowa)
Fig. 3. Plot of Auto-Regressive Moving Average (asphalt and cobbled surface)

Na wykresie można zauważyć trzy charakterystyczne maksima dla częstotliwości, które występują również na rys. 2. Wskazują one na wartości częstotliwości, przy której występują drgania własne. W celu sprawdzenia, czy postacią drgań dla tych częstotliwości jest skręcanie, wyznaczono funkcję skręcania $S(t)$ i obliczono dla niej parametr ARMA. Wyniki przedstawiono na rys. 4.

$$S(t) = (PP(t)+LT(t))-(LP(t)+PT(t)) \quad (2)$$

gdzie: PP(t), PT(t), LP(t), LT(t) są odpowiednio przebiegami czasowymi dla prawego przodu, prawego tyłu, lewego przodu i lewego tyłu ramy.



Rys. 4. Wykres funkcji Auto-Regressive Moving Average (skręcanie)
Fig. 4. Plot of Auto-Regressive Moving Average (torsional)

4. Podsumowanie

Przedstawiony sposób analizy drgań ustroju nośnego samochodu ciężarowo – osobowego wysokiej mobilności pozwala wyznaczyć częstotliwości, przy których pojawiają się jego drgania rezonansowe. Przedstawiona analiza pokazuje znaczenie doboru parametrów wymuszenia dla jakości otrzymanych wyników. Wykazano, że dla ruchu pojazdu po bezdrożu (mała prędkość jazdy) zarejestrowane widmo odpowiedzi odzwierciedla głównie drgania wymuszone, które dominują w widmie (brak drgań własnych ramy). W ruchu pojazdu po drodze twardej (duże prędkości jazdy) wymuszenie jest szerokopasmowe i wywołuje drgania własne ustroju nośnego. W omawianym przypadku, częstotliwości drgań własnych skrętnych ustroju nośnego występowały przy częstotliwości 33,5 i 66,7 [Hz].

Literatura

1. Uhl T., Lisowski W.: Eksploatacyjna analiza modalna. Kraków: Katedra Robotyki i Dynamiki Maszyn AGH, 1999.
2. Rusiński E.: Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2002.
3. Prochowski L.: Obciążenia dynamiczne układu nośnego pojazdu mechanicznego. Podstawy prognozowania, weryfikacja doświadczalna. Warszawa: Dodatek do biuletynu Nr 12(364) WAT, 1982.
4. Kosobudzki M., Kowalczyk M., Stańco M.: Akwizycja obciążeń dynamicznych działających na pojazd generowanych przez układ jezdny. "Transport Przemysłowy" 2007, nr 4(30), s. 24 - 30.
5. Kosobudzki M., Jamroziak K.: Budowa ustrojów nośnych i zawiesznień samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności Sił Zbrojnych RP. "Zeszyty Naukowe WSOWL" 2009, nr 2(152).

DETERMANING THE NATURAL TORSIONAL VIBRATIONS OF UNDERFRAME OF OFF-ROAD MILITARY VEHICLE WITH USE OF ACCELERATION DATA

Summary: The analysis was conducted for underframe of off-road military vehicle making use of acceleration data as an output signal. The Operating Deflection Shape method was used. The natural torsional frequencies were pointed in the set of frequencies of output band with use of Peak Picking technique.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Andrzej KOSIARA *

Politechnika Wrocławska, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, 50- 371 Wrocław,
ul. Ignacego Łukasiewicza 7/9

* andrzej.kosiara@pwr.wroc.pl

MODELOWANIE I EKSPERYMENTALNA IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW HYDRAULICZNEGO STABILIZATORA DRGAŃ WZDŁUŻNYCH ŁADOWARKI ŁYŻKOWEJ

Streszczenie: W pracy przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem pasywnych hydraulicznych stabilizatorów kątowych drgań wzdluznych kołowych czołowych ładowarek łyżkowych. W szczególności przeanalizowano wpływ na wyniki obliczeń linearyzacji modelu stabilizatora. W pracy omówiono także eksperymentalną identyfikację wybranych parametrów modelu układu stabilizacji drgań.

1. Wstęp

Istotną przeszkodą w efektywnej eksploatacji współczesnych ładowarek łyżkowych jest skłonność tych pojazdów do wpadania, w czasie jazdy z dużymi prędkościami, w intensywne kątowe drgania wzdluzne. W celu ograniczenia kątowych drgań wzdluznych czołowe ładowarki łyżkowe wyposaża się powszechnie w tzw. pasywne hydrauliczne stabilizatory drgań [1]. Dzięki stabilizatorom uzyskuje się elastyczne podparcie wysięgnika i w konsekwencji szybsze rozpraszanie energii zgromadzonej w postaci oscylacji wzdluznych.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi stabilizator są: pojemność jego akumulatorów hydraulicznych oraz opory przepływu cieczy przez jego zawór dławiący. Parametry te bezpośrednio wpływają na sztywność i tłumienie podparcia wysięgnika. Wartości wymienionych parametrów powinny być dobierane indywidualnie dla danego typu ładowarki. Jednak z uwagi na złożoność obiektu optymalny dobór wartości wymienionych parametrów przysparza niejednokrotnie wielu problemów. Dlatego w praktyce często są one dobierane w przybliżeniu, na podstawie doświadczenia inżyniera. Optymalizacja parametrów stabilizatora jest niejednokrotnie nieopłacalna. W efekcie otrzymuje się bowiem niewielką poprawę dynamiki wzdluznej maszyny, przy poniesieniu stosunkowo dużych kosztów optymalizacji.

Wówczas, gdy konstruktorzy decydują się jednak na optymalizację parametrów stabilizatora drgań wzdluznych, to jest ona realizowana za pomocą drogich badań eksperymentalnych lub czasami nieco tańszych, ale mniej pewnych, badań symulacyjnych.

Znaczące obniżenie kosztów optymalizacji można byłoby osiągnąć, dysponując sprawdzonym analitycznym algorytmem doboru parametrów stabilizatora. Próbę stworzenia takiego algorytmu opisano w dalszej części pracy.

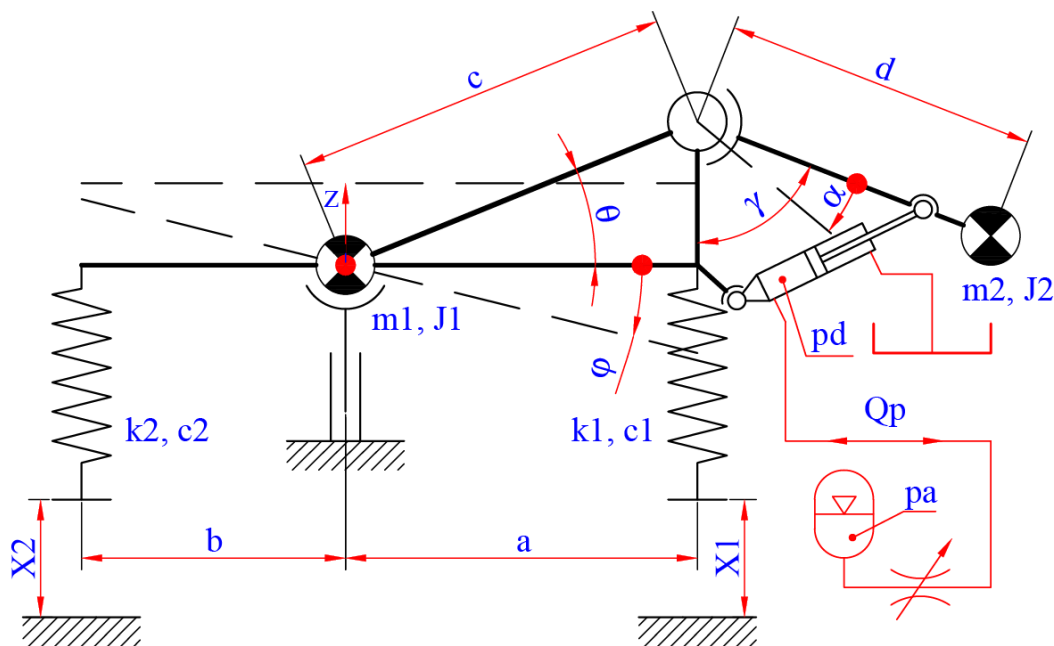
2. Budowa analitycznego algorytmu doboru parametrów stabilizatora drgań wzdluznych

Aby była możliwa budowa analitycznego algorytmu doboru optymalnych parametrów stabilizatora drgań wzdluznych, należy dysponować wiarygodnym liniowym modelem opisującym dynamikę ładowarki wraz z stabilizatorem. Model taki powinien być prosty, aby żądane obliczenia mogły przebiegać szybko.

Dlatego też proces budowy algorytmu rozpoczęto od przyjęcia modelu fizycznego ładowarki zaprezentowanego graficznie na rys. 1. Na tej podstawie zbudowano następnie model matematyczny ładowarki, który poddano linearyzacji. Określono dwie transmitancje operatorowe opisujące dynamikę wychyleń wzdluznych w zależności od wymuszeń x_1 i x_2 . Przyjmując założenie, że wymuszenia działające na przednią oś pojazdu są powiązane z wymuszeniami działającymi na tylną oś pojazdu zgodnie z zależnościami (1) i (2), transmitancje te zastąpiono następnie, po wyrugowaniu wymuszenia x_2 , pojedynczą transmitancją operatorową.

$$x_1(t) = x_2(t + \Delta t) \quad (1)$$

$$\Delta t = \frac{a+b}{V} \quad (2)$$



Rys.1. Model fizyczny ładowarki tyżkowej z hydraulicznym stabilizatorem drgań
Fig.1. Physical model of wheel loader with hydraulic oscillation stabilizer

Tę z kolei zastąpiono odpowiadającą jej transmitancją widmową. Proces modelowania zakończono zdefiniowaniem wymuszeń stochastycznych za pomocą gęstości widmowej mocy nierówności drogi oraz określa gęstości widmowych mocy wychyleń wzdluznych pojazdów zgodnie z zależnością:

$$G_w(\omega) = |T(j\omega)|^2 \cdot G_d(\omega) = |T(j\omega)|^2 \cdot G_d(\omega_0) \cdot \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^w \quad (3)$$

gdzie: $G_d(\omega)$ – gęstość widmowa nierówności drogi przy częstotliwości przestrzennej ω , w – współczynnik falistości (przyjęto $w=2$), ω_0 – częstotliwość przestrzenna odniesienia (przyjęto $\omega_0=1 \text{ m}^{-1}$), $G_d(\omega_0)$ – wskaźnik nierówności drogi - gęstość widmowa mocy dla częstotliwości przestrzennej odniesienia (przyjęto $G_d(\omega_0)=0,000155 \text{ m}^3$).

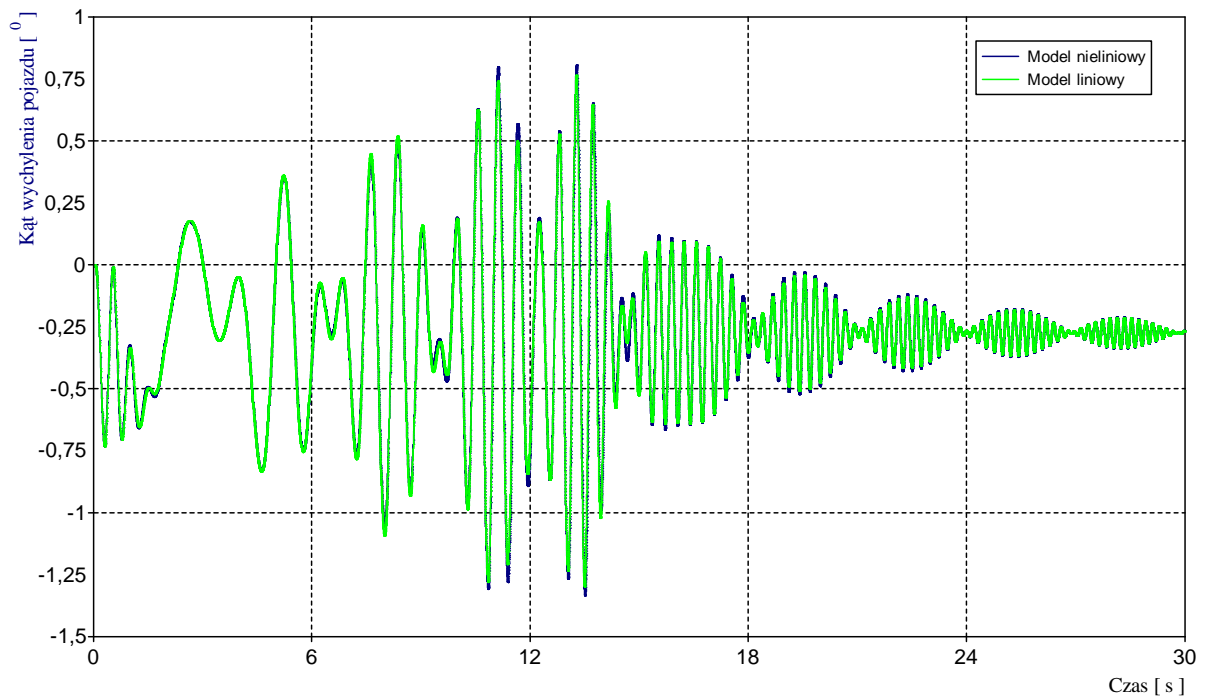
Aby można było obrazowo porównywać skuteczność stabilizatorów o różnych parametrach, wprowadzono wskaźnik „P” – pierwiastek z mocy wychyleń wzdłużnych pojazdu. Można go interpretować podobnie jak wartość skuteczną sygnału. Jego zależność definicyjną zamieszczono poniżej:

$$P = \sqrt[4]{\int_{0,8}^4 G(f) df} \quad (4)$$

Moc sygnału została tu określona dla częstotliwości wychyleń wzdłużnych pojazdu z przedziału od 0,8 do 4 Hz. Za takim ograniczeniem przedziału całkowania przemawiały dwa fakty. Po pierwsze jest to zakres częstotliwości drgań poziomych, na które człowiek jest najbardziej wrażliwy. Po drugie, amplitudy wszystkich istotnych harmonicznym drgań wzdłużnych typowej ładowarki łyżkowej mieszczą się w tym zakresie.

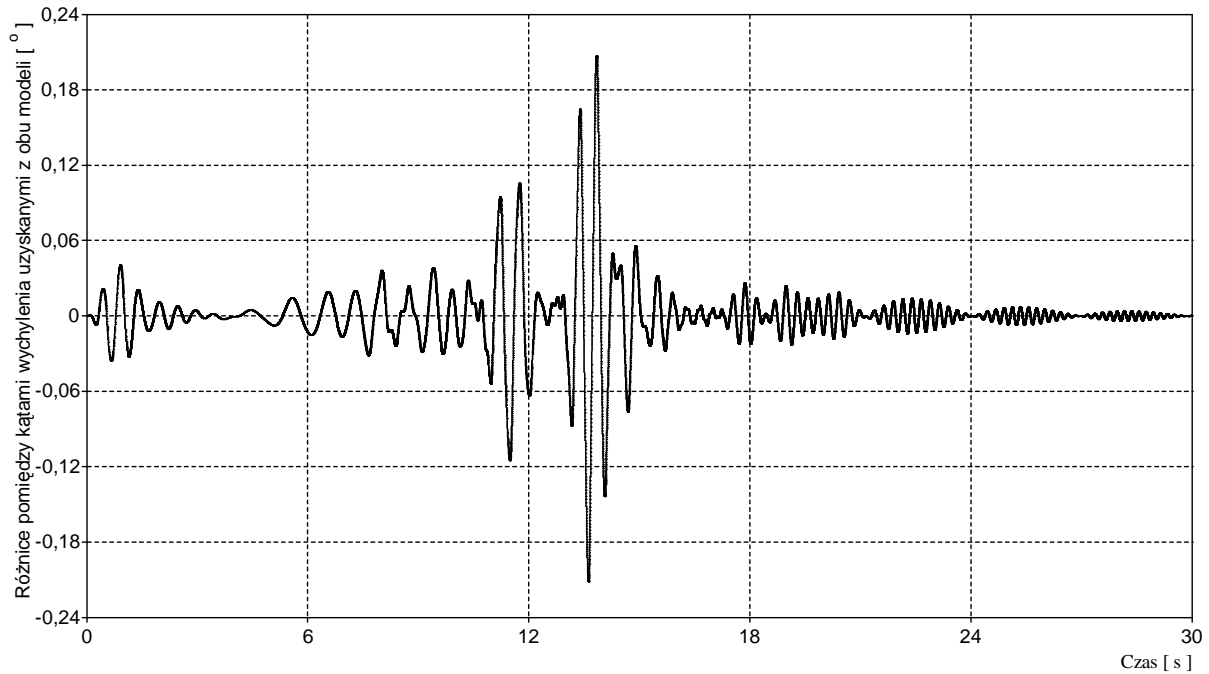
3. Ocena efektywności algorytmu doboru parametrów stabilizatora drgań

Wykorzystanie zależności (3) i (4) do oceny poprawności doboru parametrów stabilizatora drgań wzdłużnych może być nieefektywne, jeśli w czasie stosowania wymienionych zależności wystąpią niedopuszczalnie duże błędy obliczeń. Jak pokazały przeprowadzone testy, błędy takie, jeśli się pojawiają, to są w głównej mierze wynikiem niewłaściwej linearyzacji funkcji opisującej opory przepływu cieczy przez zawór stabilizatora oraz niewłaściwej linearyzacji siły tarcia w cylindrach hydraulicznych podpierających wysięgnik. Przeprowadzone testy obejmowały porównanie wyników obliczeń wychyleń pojazdu w płaszczyźnie wzdłużnej na podstawie modelu nieliniowego i modelu zlinearyzowany. Obliczenia były prowadzone przy założeniu, że pojazdy przejeżdżają po testowym odcinku drogi o długości 170 m. Nierówności testowego odcinka drogi miały zarys sinusoidy o amplitudzie zmieniającej się od 200 mm do 5 mm oraz częstości przestrzennej zmieniającej się od $0,063 \text{ m}^{-1}$ do $6,283 \text{ m}^{-1}$. Przykładowe wyniki tych obliczeń zamieszczono na rys. 2 i 3.



Rys.2. Kąty przechyłów ładowarki w płaszczyźnie wzdłużnej w czasie pokonywania testowego odcinka drogi z prędkością 20 km/h

Fig.2. Loader pitch angle during movement over test track at 20 km/h



Rys.3. Różnice pomiędzy kątami wychylenia ładowarki uzyskanymi z modelu nieliniowego i zlinearyzowanego. Różnice wyznaczono dla przypadku ładowarki poruszającej się z prędkością 20 km/h po testowym odcinku drogi.

Fig.3. Differences between loader's pitch angles obtained from non-linear and linearized model. Differences were determined for a case of loader moving at 20 km/h over test track.

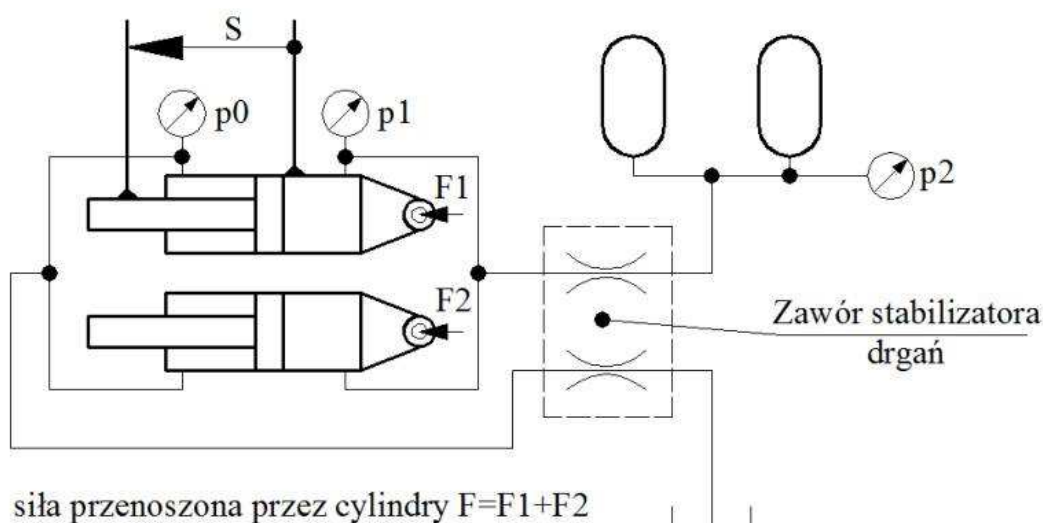
Aby wspomniane testy można było wykonać, przeprowadzono wcześniej identyfikację parametrów modelu tarcia w cylindrach podpierających wysięgnik oraz parametrów modelu opisującego opory przepływu cieczy Δp przez zawór stabilizatora dla danej reprezentatywnej ładowarki. Przykładowo przyjęty model oporów przepływu w funkcji przepływu Q cieczy przez zawór opisuje zależność (5), a uzyskane wyniki identyfikacji parametrów tego modelu zamieszczono w tabeli 1. Na rys. 4 zamieszczono schemat pokazujący wielkości mierzone w czasie badań eksperymentalnych. Te wielkości to ciśnienia p_0 , p_1 i p_2 , siły F_1 i F_2 oraz przemieszczenia tłoczków względem cylindrów podpierających wysięgnik S . Siły F_1 i F_2 były mierzone za pomocą niekonwencjonalnych przetworników sworzniowych skonstruowanych i wykonanych w Zakładzie Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych [2]. Prędkości ruchu tłoczków względem cylindrów były wyznaczone na drodze różniczkowania numerycznego przemieszczeń. Eksperymenty identyfikacyjne były wykonywane na rzeczywistej ładowarce.

$$\Delta p [MPa] = \begin{cases} R \cdot Q \left[\frac{l}{s} \right] \cdot Q_{kr} + L \cdot \frac{dQ}{dt} \left[\frac{l}{s^2} \right] & \text{dla } |Q| \leq Q_{kr} \\ R \cdot Q^2 \left[\frac{l}{s} \right] \cdot \text{sign}(Q) + L \cdot \frac{dQ}{dt} \left[\frac{l}{s^2} \right] & \text{dla } |Q| > Q_{kr} \end{cases} \quad (5)$$

Tab. 1. Wartości estymowane parametrów modelu oporów przepływu

Tab. 1. Estimated parameters values of the flow resistance model

Nazwa parametru	Wartość estymowana
Opór hydrauliczny - R	0,239 [N*s ² /(dm ⁶ *mm ²)]
Indukcyjność hydrauliczna - L	0,00596 [N*s ² /(dm ³ *mm ²)]
Przepływ krytyczny - Q_{kr}	1,3 [l/s]



Rys.4. Wielkości fizyczne rejestrowane w czasie badań eksperymentalnych

Fig.4. Physical quantities registered during experimental tests

Na podstawie testów można powiedzieć, że bardzo trudno jest właściwie przeprowadzić linearyzację funkcji opisujących siłę tarcia i opory przepływu, nie znając wartości wydatku cieczy przepływającej przez zawór stabilizatora. Stąd, aby algorytm doboru parametrów stabilizatora działał z akceptowalną dokładnością, niezbędne są np. wcześniejsze wstępne symulacje zachowania się stabilizatora na podstawie modelu nieliniowego.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń i symulacji można stwierdzić, że udało się zbudować analityczny algorytm, który w szybki sposób i z akceptowalną dokładnością pozwala na poprawny dobór parametrów stabilizatora drgań ładowarki łyżkowej. Jednak w celu dostrojenia tego algorytmu niezbędne są dane, które należy uzyskać np. ze wstępnych symulacji komputerowych bazujących na nieliniowym modelu ładowarki.

Literatura

1. Szydelski Z.: Pojazdy samochodowe: napęd i sterowanie hydrauliczne. Warszawa: WKiŁ, 1999r.
2. Dudziński P.: Niekonwencjonalny przetwornik do pomiaru sił i momentów w parach obrotowych maszyn: metody doświadczalne w budowie i eksploatacji maszyn. Wrocław – Szklarska Poręba, 1995r.

MODELLING AND EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF HYDRAULIC LONGITUDINAL OSCILLATION STABILIZER'S PARAMETERS IN WHEELED LOADER

Summary: In article there are explain some problems connected with modelling of passive hydraulic longitudinal oscillation stabilizers in front wheeled loaders. Particularly, the influence on results of linearization of stabilizer's model was analyzed. Experimental identification of selected parameters of the model was also discussed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Gabriel KOST*, Andrzej NIERYCHŁOK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
* gabriel.kost@polsl.pl

STEROWANIE SILNIKIEM SPALINOWYM JAKO ŹRÓDŁEM ENERGII PIERWOTNEJ W HYBRYDOWYM UKŁADZIE NAPĘDOWYM

Streszczenie: W pracy przedstawiono wirtualny układ sterowania pojazdem kołowym z napędem hybrydowym spalinowo-elektrycznym, w którym silnik spalinowy pełni rolę pierwotnego źródła energii. Zastosowanie odpowiedniego algorytmu sterowania pracą silnika spalinowego pozwala na zmniejszenie ilości substancji toksycznych wydalanych do atmosfery oraz na zmniejszenie ilości zużycia paliwa. Algorytm sterowania uwzględnia zarówno warunki zewnętrzne jak i wewnętrzne badanego układu napędowego. W oczywisty sposób sterowanie silnikiem spalinowym powinno odbywać się bez ingerencji kierowcy w pracę jednostki spalinowej. To układ sterowania powinien dobierać odpowiednią prędkość obrotową do warunków pracy silnika spalinowego z wykorzystaniem synergii energii, która to w znaczący sposób poprawia dynamikę jazdy pojazdu kołowego z napędem hybrydowym.

1. Wstęp

Pojazdy kołowe z napędem hybrydowym spalinowo-elektrycznym wyróżnia znaczne zmniejszenie toksycznych substancji produktów spalania pochodzących z silnika spalinowego. Uwarunkowane jest to efektywnym zarządzaniem włączaniem i wyłączaniem jednostki spalinowej. Wraz z postępowaniem techniki i sposobów automatycznej regulacji samo włączanie i wyłączanie silnika spalinowego jest niewystarczające. Ważne jest efektywne regulowanie mocą i momentem pochodzącym z jednostki spalinowej dla konkretnych warunków pracy. Dlatego postanowiono zbudować wirtualny układ sterowania napędu hybrydowego pojazdu kołowego, w którym uwzględniono różne warianty pracy jednostki spalinowej.

Pracę silnika spalinowego wyróżnia wiele stanów ustalonych lub nieustalonych, które związane są z napędzaniem pojazdu kołowego lub urządzeń elektrycznych i komfortu. Każdy z przypadków zazwyczaj oceniany jest przez różne kryteria optymalnej pracy jednostki spalinowej, które to przekładają się na własności trakcyjne pojazdu kołowego, w szczególności na moment napędowy oraz prędkość liniową pojazdu.

Dlatego w pojazdach kołowych o napędzie hybrydowym nie powinno stosować się bezpośredniego powiązania pomiędzy kątem otwarcia przepustnicy a położeniem pedału

przyśpieszenia. To układ sterowania powinien optymalnie dobierać otwarcie przepustnicy zależnie od warunków zewnętrznych i wewnętrznych. Kierowca, dając sygnał przyśpieszenia pojazdu kołowego, zmienia położenie pedału przyspieszenia, przez co układ sterowania analizuje jego wartość (wychylenie) oraz obecnie realizowane warunki zewnętrzne i wewnętrzne, i tak steruje otwarciem przepustnicy, aby zapewnić optymalne warunki pracy jednostki spalinowej [1,2].

Analizując najczęściej spotykany przypadek pracy silnika spalinowego (stan nieustalony), stwierdza się, że zachowanie kierowcy sprowadza się do zmiany obciążenia silnika w pełnym jego zakresie w czasie krótszym niż 0.5s. Tak szybko przebiegający proces napełniania cylindrów komplikuje proces przygotowania mieszanki paliwowo-powietrznej, przez co znacznie wzrasta ilość substancji toksycznych powstałych w wyniku niepełnego spalania. Zarówno gwałtowne otwarcie jak i przymknięcie przepustnicy prowadzi do dużych zmian wartości momentu napędowego, co jest związane ze zmianą prędkości liniowej pojazdu kołowego [2,3,4].

Ograniczenie prędkości ruchu otwarcia przepustnicy do zadanej wartości wiąże się z bardziej łagodnym przebiegiem procesu napełniania cylindra, co bezpośrednio przekłada się na bardziej ekonomiczną oraz nieznacznie bardziej dynamiczną jazdę, a unikanie gwałtownych działań związanych z otwieraniem lub przymknięciem przepustnicy skutkuje łagodniejszym narastaniem momentu napędowego bezpośrednio wpływającego na komfort jazdy.

2. Model i algorytm sterowania

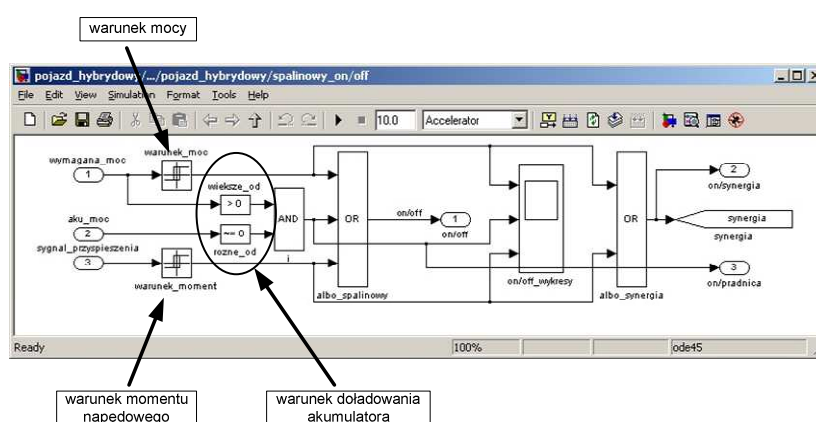
Pojazdy hybrydowe stanowią obecnie niewielki segment rynku motoryzacyjnego. Uwarunkowane jest to większą ceną pojazdu kołowego. Pojazdy kołowe z napędem hybrydowym spalinowo-elektrycznym dzielą się na dwie grupy: szeregowy i równoległy połączenie jednostek napędowych. Obecnie połączenie szeregowy w pojazdach kołowych nie jest stosowane. Częściej firmy motoryzacyjne wybierają model równoległego połączenia jednostek napędowych, dzięki któremu silnik spalinowy może napędzać generator jak również i sam pojazd kołowy. Jednakże większość pojazdów z równoległym napędem hybrydowym nie jest optymalizowana pod względem pracy jednostki spalinowej. W większości pojazdów silnik spalinowy pracuje nieprzerwanie, napędzając generator i pojazd kołowy. Dlatego postanowiono opracować algorytm sterowania napędem hybrydowym, w którym przyjęto pewne reguły pracy silnika spalinowego.

Podstawową kwestią opracowania takiego algorytmu sterowania jest aspekt ruszania pojazdu kołowego z miejsca postoju/zatrzymania oraz prawidłowe przełączanie między jednostki napędowymi lub wspomaganie jednego silnika drugim. W opracowanym algorytmie sterowania przyjęto ruszanie pojazdu kołowego wyłącznie na silniku elektrycznym. Układ napędowy silnika spalinowego został odrzucony z uwagi na niską sprawność przeniesienia momentu napędowego pomiędzy jednostką napędową, sprzęgłem, przekładnią i kołami pojazdu. Jednakże silnik spalinowy w hybrydowym układzie napędowym jest źródłem energii pierwotnej, dlatego należy dokładnie określić aspekty związane z jego włączaniem i wyłączaniem. Przyjęto następujące kryteria pracy silnika spalinowego (rys. 1):

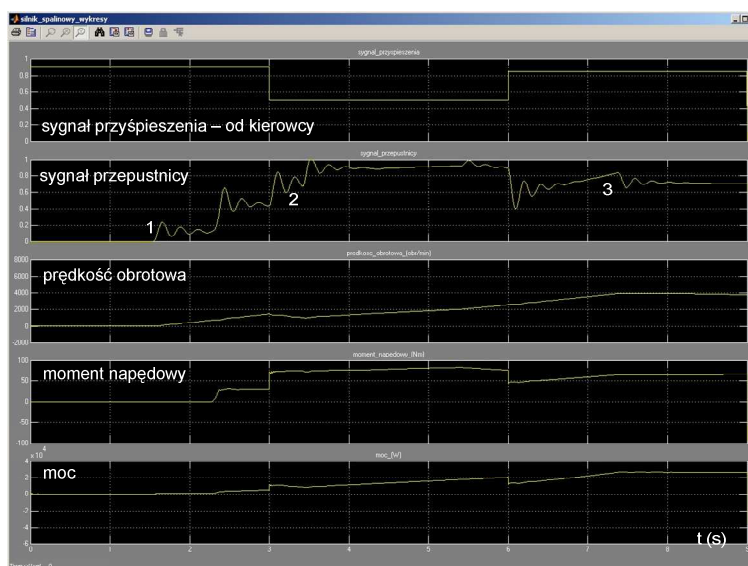
- wspomaganie silnika elektrycznego – zapotrzebowanie na moc; w przyjętym algorytmie nie uwzględniono sygnału z wychylenia pedału przyspieszenia, przyjęto wartość 12kW,

- wspomaganie silnika elektrycznego – zapotrzebowanie na moment napędowy; w algorytmie uwzględnia się sygnał z wychylenia pedału przyspieszenia dla którego przyjętą wartością jest >0.9 ,
- poruszanie się pojazdu kołowego tylko i wyłącznie na jednostce spalinowej,
- doładowanie akumulatora; jeżeli wartość rozładowania baterii spadnie poniżej przyjętego poziomu (SoC – State of Charge). W badanym modelu przyjęto $<40\%$.

Przyjęto również pewne ograniczenia co do prędkości obrotowej silnika spalinowego. W momencie napędzania generatora elektrycznego silnik spalinowy pracuje przy najmniejszym jednostkowym zużyciu paliwa przy stałej prędkości obrotowej. Kiedy silnik spalinowy wspomaga jednostkę elektryczną, prędkość obrotową ograniczono do 3500 obr/min. Pełną wartość obrotów silnik spalinowy uzyskuje tylko wtedy, gdy sam napędza pojazd kołowy, czyli poza granicami miast.



Rys.1. Sterowanie silnikiem spalinowym w zależności od przyjętych kryteriów
Fig.1. Control of the internal combustion engine depending on the criteria



Rys.2. Uzyskane wyniki pomiarów w oprogramowaniu Simulink
Fig.2. The obtained results of measurements in the Simulink

Uzyskane wyniki pomiarów (rys. 2) świadczą o poprawności zbudowanego modelu napędu hybrydowego. Sygnał przyspieszenia pochodzący od wychylenia przyspiesznika zadaje kierowca – pojazd rusza na silniku elektrycznym. Sygnał przepustnicy regulowany jest poprzez układ sterowania napędem hybrydowym. W pierwszy etap (1) włączany jest silnik spalinowy. W kolejnym etapie (2) układ sterowania dopasowuje prędkość obrotową do wartości optymalnej, czyli do najmniejszego jednostkowego zużycia paliwa. Następny etap (3) przedstawia wspomaganie silnika elektrycznego silnikiem spalinowym, przy jednoczesnym napędzaniu generatora elektrycznego. Zastosowana synergia energii pozwala na zwiększenie elastyczności i tym samym pozwala na zwiększenie ogólnej sprawności układu napędowego.

3. Podsumowanie

W pracy przedstawiono algorytm sterowania silnikiem spalinowym w pojeździe kołowym o napędzie hybrydowym. Przyjęty algorytm sterowania pozwala na optymalną pracę jednostki spalinowej w zależności od zapotrzebowania na energię. Przyjęcie koncepcji równoległego napędu hybrydowego jest niezwykle efektowne w zastosowaniu pojazdów kołowych poruszających się głównie w aglomeracjach miejskich. Silnik spalinowy uwzględnia różne kryteria pracy. Jednym z podstawowych jest stopień rozładowania akumulatorów elektrochemicznych. W takim wypadku silnik spalinowy pracuje przy swojej największej sprawności i stosunkowo niskiej prędkości obrotowej, co powoduje najmniejsze generowanie substancji toksycznych i najmniejsze jednostkowe zużycie paliwa.

Literatura

1. Merkiś J.: Ekologiczne problemy silników spalinowych. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1998.
2. Wendeker M.: Adaptacyjna regulacja wtrysku benzyny w silniku o zapłonie iskrowym. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 1998.
3. Jantos J.: Drive control in passenger car. "Journal of Kones, Internal Combustion Engine" 1999 vol. 6, no. 1-2, s. 48-57.
4. Mamala J.: Sterowanie napełnieniem silnika ZI w aspekcie ekologicznym. „Diagnostyka pojazdów samochodowych” 2000, vol. 2, s. 125-136.

CONTROL OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE (ICE) OF PRIMARY ENERGY SOURCE IN HYBRID POWERTRAIN SYSTEM

Summary: The paper presents a virtual control system of a wheeled vehicle, a hybrid petroleum-electric powertrain, in which ICE is a primary energy source. The uses of an algorithm of controlling the internal combustion engine for reduce: the amount of excreted toxic substances into the atmosphere and also reduce of fuel consumption. Control algorithm should take into account both, external conditions and internal propulsion system. Clearly, control of internal combustion engine should be done without interfering with the driver in the work of the ICE unit.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Gabriel KOST*, Andrzej NIERYCHŁOK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*gabriel.kost@polsl.pl

WYKORZYSTANIE SUPERKONDENSATORÓW JAKO DODATKOWEGO ŹRÓDŁA ENERGII DLA SILNIKA ELEKTRYCZNEGO W HYBRYDOWYM POJEŹDZIE KOŁOWYM

Streszczenie: W pracy przedstawiono układ sterowania spalinowo-elektrycznym pojazdem kołowym z napędem hybrydowym. Wykonano model pojazdu hybrydowego w oprogramowaniu MatLAB/Simulink, w którym wykorzystano podwójne źródło energii dla silnika elektrycznego. Zastosowanie akumulatorów elektrochemicznych oraz superkondensatorów pozwala na lepszy przepływ energii w układzie zarządzania energią hybrydowego pojazdu kołowego. Zastosowanie superkondensatorów jako źródła energii wspomagającej akumulatory elektrochemiczne przyczyniło się do poprawy dynamiki silnika elektrycznego w stanach przejściowych oraz zmniejszenia masy akumulatorów elektrochemicznych. W pracy opisano etap przyspieszania pojazdu kołowego – stan dynamiczny.

1. Wstęp

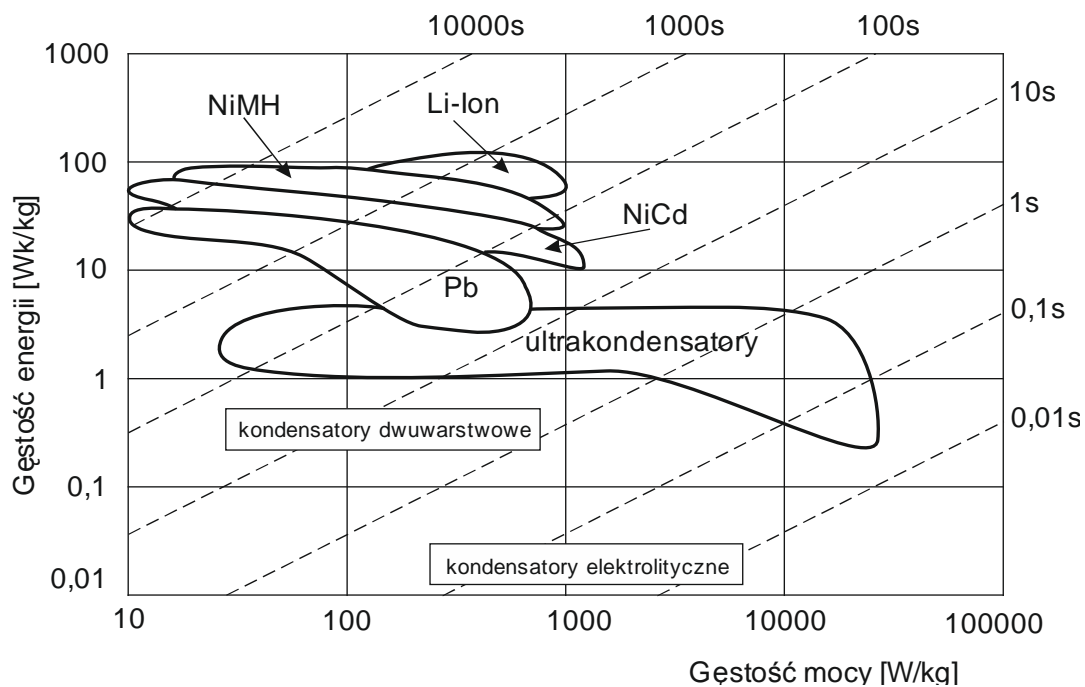
Wykorzystanie zalet każdego z silników trakcyjnych wymaga przyjęcia pewnych zasad ich współpracy. Najważniejszym kryterium jest dążenie do pracy przy maksymalnej sprawności każdej jednostki napędowej. Silnik spalinowy ocenia się także pod względem najmniejszego zanieczyszczenia środowiska (najmniejszej emisji substancji toksycznych). Taki proces podlega ciągłej kontroli pracujących jednostek napędowych oraz odpowiedniego sterowania elementami wykonawczymi (aktuatorami) czy też nastawnikami.

Silnik spalinowy najefektywniej pracuje w pewnym obszarze obciążenia (ciśnienia użytecznego) i pewnej prędkości obrotowej, w których wykazuje największą sprawność, czyli najmniejsze jednostkowe zużycie paliwa – najmniej zanieczyszcza środowisko. Z kolei sprawność silnika elektrycznego zależy od sprawności samej jednostki napędowej, jak również układu sterowania (przemiennika częstotliwości) oraz samego źródła zasilania. Silnik elektryczny musi zostać zasilony prądem, co wiąże się bezpośrednio z następującymi rozwiązaniami [1,2,3]:

- silnik spalinowy napędza generator elektryczny, który wytwarza energię potrzebną do napędu silnika elektrycznego, a jej nadmiar służy do doładowywania akumulatorów

elektrochemicznych. Taką koncepcję rozwiązania nazywaną szeregowym połączeniem jednostek napędowych w hybrydowym układzie napędowym powszechnie stosuje się w kolejnictwie. Ważnym aspektem jest praca silnika spalinowego, czyli źródło energii pierwotnej w wąskim przedziale prędkości obrotowej (przy wysokiej sprawności jednostki spalinowej);

- silnik spalinowy służy do napędu pojazdu kołowego oraz do napędu generatora. Jest to rozwiązanie typu równoległego, które znacznie częściej występuje w pojazdach kołowych. Dzięki synergii energii możliwa jest praca obu jednostek napędowych napędzających pojazd kołowy, co przyczynia się do zwiększenia ogólnej sprawności oraz elastyczności układu napędowego.



Rys. 1. Porównanie parametrów superkondensatorów i wybranych typów akumulatorów [3]

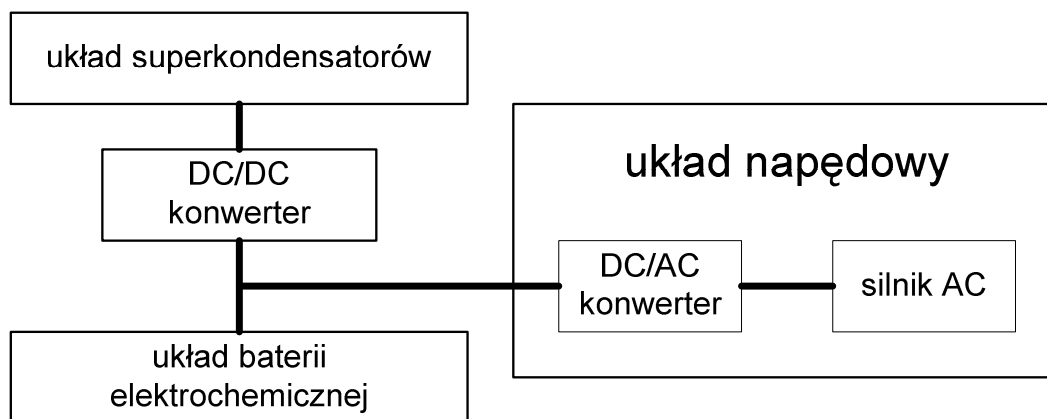
Fig. 1. Comparison of supercapacitors and some types of batteries [3]

W obu przypadkach konieczne jest wykorzystanie akumulatorów elektrochemicznych, służących jako bufor energii elektrycznej dla silnika elektrycznego. Akumulatory elektrochemiczne mają niestety pewną zasadniczą wadę: są bardzo wrażliwe na zbyt głębokie rozładowanie i przeładowanie. Proces ten kontrolowany jest obecnie za pomocą kontrolera sterującego ładowaniem baterii, który w zależności od rozładowania reguluje prąd ładowania. Obecnie stosowane pojazdy kołowe o napędzie hybrydowym wykorzystują rekuperację energii kinetycznej pojazdu. Proces ten polega na odzysku energii kinetycznej poprzez pracę prądnicową jednostki elektrycznej – przepływ energii przebiega od kół pojazdu poprzez przekładnię i silnik napędowy do akumulatorów. Właśnie tutaj napotykanym jest problem z przyjmowaniem przez akumulatory elektrochemiczne dużych wartości prądów, często w bardzo krótkim czasie. Można rozwiązać ten problem, stosując podwójny magazyn energii elektrycznej w postaci akumulatorów i superkondensatorów mogących w bardzo krótkim czasie przyjmować duże wartości prądu (energii kinetycznej), przekraczające nieraz wartość

800A. Superkondensatory mają zastosowanie tam, gdzie potrzebny jest duży wydatek prądowy, co tyczy się nagłego zapotrzebowania wysokich wartości prądów dla silnika elektrycznego, którego akumulatory elektrochemiczne mogą nie spełnić tego warunku, oraz w trakcie rekuperacji energii kinetycznej pojazdu kołowego. Akumulatory elektrochemiczne mają wówczas za zadanie dostarczanie energii elektrycznej wspomagającej superkondensatory oraz w trakcie poruszania się pojazdu kołowego w warunkach pracy ustalonej (w miarę ze stałą prędkością).

2. Koncepcja rozwiązania

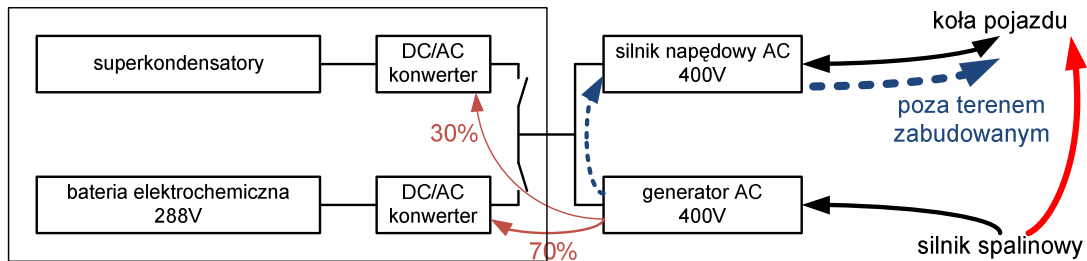
Konwencjonalny sposób zarządzania przepływem energii w podwójnym magazynie energii przedstawiono na rys. 2. Napięcie na zaciskach układu złożonego z superkondensatorów przekształcane jest na wartość napięcia równą napięciu baterii elektrochemicznej. Następnie to napięcie przekształcane jest w układzie DC/AC na napięcie przemienne wymagane do zasilania silnika trójfazowego. Niestety, układ taki ma pewne wady: praktycznie nie ma możliwości sterowania przesyłem prądu z silnika napędowego do konkretnego źródła w magazynie energii elektrycznej. Prąd wytworzony w generatorze lub prąd z odzysku energii dostarczany jest zarówno do superkondensatorów jak i baterii elektrochemicznej. Rozwiązaniem problemu jest sterowanie przepływem energii w którym wykorzystano dwa różne konwertery DC/AC. Przykład takiego rozwiązania zaprezentowano na rys. 3, gdzie przedstawiono przesył energii elektrycznej od źródła energii pierwotnej, poprzez generator do baterii elektrochemicznej, superkondensatorów oraz do napędu silnika elektrycznego [4,5].



Rys.2. Konwencjonalny sposób zarządzania podwójnym źródłem energii
 Fig.2. The conventional way to manage a dual source of energy

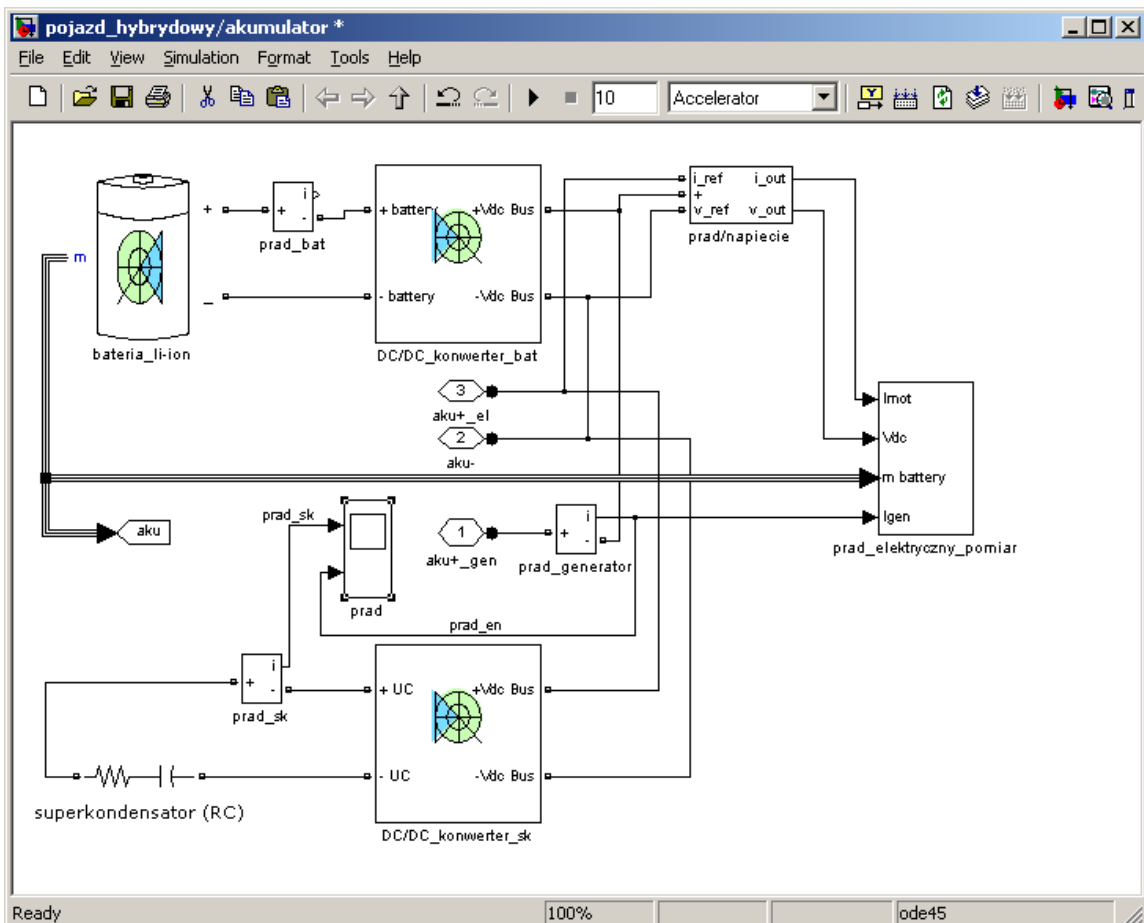
Schemat takiego rozwiązania (rys. 3) stosowany jest w warunkach, w których samochód porusza się poza terenem zabudowanym, w którym silnik spalinowy napędza pojazd kołowy. W takich warunkach silnik spalinowy, napędzając pojazd, może także służyć do napędu generatora, doładowując baterię elektrochemiczną oraz superkondensatory. Układ sterowania hybrydowym układem napędowym może rozdzielić ilość energii elektrycznej. W omawianym przykładzie 30% energii elektrycznej zostaje przesłana do superkondensatorów. W rzeczywistości wartość ta powinna być regulowana w zależności od stopnia rozładowania

akumulatorów elektrochemicznych oraz od stopnia poboru prądu przez silnik elektryczny (wspomaganie jednostki spalinowej silnikiem elektrycznym, przerywane linie).



Rys.3. Koncepcja zarządzania podwójnym źródłem energii – poza terenem zabudowanym
 Fig.3. The concept of managing dual power source – driving outside built-up areas

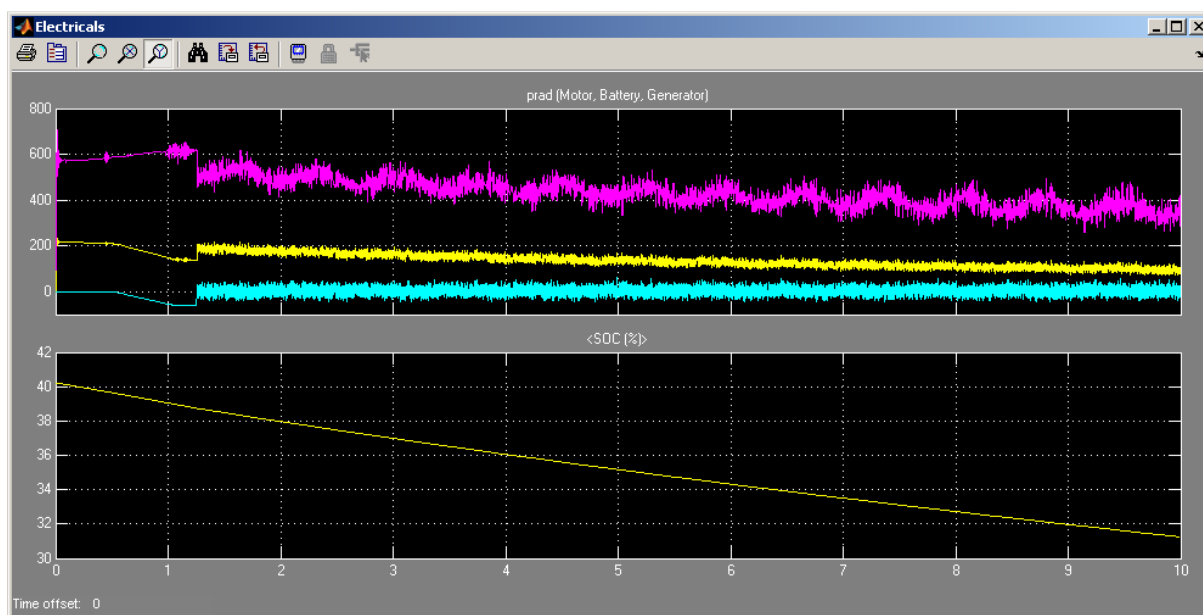
W środowisku MatLab/Simulink zbudowano model pojazdu kołowego wraz z podwójnym zasobnikiem energii elektrycznej (rys. 4), w skład którego wchodzi bateria Li-Ion i zestaw superkondensatorów.



Rys.4. Model podwójnego zasobnika energii dla pojazdu hybrydowego w oprogramowaniu MatLAB/Simulink

Fig.4. Model of dual-energy accumulator for a hybrid vehicle in the MatLAB/Simulink software

Na rys. 5 przedstawiono wyniki badań pojazdu kołowego podczas etapu ruszania pojazdu kołowego i jego przyspieszania – stan ustalony. Energia zasilająca silnik elektryczny dostarczana jest ze źródła akumulatorów elektrochemicznych jak również superkondensatorów. Zauważyć można dużą wartość rozładowywania baterii elektrochemicznej (SoC – State of Charge) w trakcie przyspieszania oraz dużą wartość prądów pobieranych ze źródła energii elektrycznej.



Rys.5. Wartości prądów oraz wielkość rozładowania baterii elektrochemicznej dla trybu przyspieszania

Fig.5. Currents and SoC of the electrochemical battery in acceleration mode

3. Podsumowanie

Zastosowanie w układzie podwójnego źródła energii pochodzącej zarówno od baterii elektrochemicznej jak i superkondensatorów pozwala na zwiększenie sprawności źródła energii poprzez wykorzystanie rekuperacji energii kinetycznej pojazdu. Stosowanie superkondensatorów uwarunkowane jest przyjmowaniem dużych wartości prądów, co do tej pory było rozwiązywane za pośrednictwem rezystorów hamujących i tym samym przyczyniało się do marnotrawienia energii w trakcie hamowania. Jazda w aglomeracjach miejskich przyczynia się do krótkiego czasu i stosunkowo dużej częstotliwości cykli „hamowanie-przyspieszanie”, co wymusza częste zmiany przepływu energii i wiąże się z częstymi „ładowaniami-rozładowaniami” źródeł energii. Stosowane obecnie akumulatory elektrochemiczne nie są w stanie przyjmować takich wartości prądów, a sam proces częstego ładowania i rozładowania niekorzystnie wpływa na ich trwałość, tak więc superkondensatory doskonale uzupełniają magazyn energii w pojazdach elektrycznych lub hybrydowych.

Literatura

1. Jastrzębska G.: Odnawialne źródła energii i pojazdy proekologiczne. Warszawa: WNT, 2007.
2. Larminie J., Lowry J.: Electric vehicle technology explained. John Wiley & Sons, 2003.
3. Merkisz J., Pielecha I.: Alternatywne napędy pojazdów. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2006.
4. Hadartz M., Julander M.: Battery-supercapacitor energy storage. Chalmers University of Technology, 2008.
5. Dixon J., Ortuzar M.: Supercapacitors + DC/DC converters in regenerative braking system. IEEE AESS Systems Magazine, 2002.

SUPER-CAPACITOR APPLICATION AS AN EXTRA ENERGY SOURCE FOR ELECTRIC MOTOR IN THE HYBRID POWERTRAIN SYSTEM

Summary: The paper presents the control system of petroleum-electric vehicle with hybrid drivetrain. A model of hybrid vehicle made in the MATLAB/Simulink software, which uses dual power source for an electric motor. Application of electrochemical batteries and super-capacitors allows better flow of energy in hybrid power management system of a wheeled vehicle. The use of super-capacitors as an energy source supporting electrochemical batteries contributed to the increasing dynamics of the electric motor and to reducing weight of electrochemical batteries.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Damian KRENCZYK*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* damian.krenczyk@polsl.pl

INTEGRACJA SYSTEMÓW PLANOWANIA PRODUKCJI Z SYSTEMAMI SYMULACYJNYMI Z WYKORZYSTANIEM JĘZYKA XSLT

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodę integracji systemów planowania produkcji z systemami symulacyjnymi. W procesie integracji wykorzystano język XML, XML Schema oraz XSLT Transformation. Opracowano definicję struktury dokumentu XML, zawierającego dane na temat modelowanego systemu produkcyjnego oraz zlecenia produkcyjnego. Pokazano proces generowania pliku wejściowego do systemu symulacyjnego, realizowany poprzez transformację dokumentu XML z wykorzystaniem rozszerzalnego języka arkusza stylów XSLT. Wynikiem transformacji jest plik wejściowy dla systemów symulacyjnych, zawierający informacje o modelu systemu produkcyjnego wraz z procedurami sterującymi - dane o zasobach produkcyjnych i procesach wykonywanych na tych zasobach oraz o sposobie sterowania przepływem produkcji w systemie, zapisany w postaci skryptów w języku 4DScript.

1. Wprowadzenie

Obecnie firmy produkcyjne działają w bardzo dynamicznym otoczeniu. Globalny rynek, ostra konkurencja oraz ciągle zmieniające się wymagania klientów powodują skracanie się cyklu życia produktu jednocześnie ze wzrostem stopnia złożoności wyrobów. Czynniki te wymuszają na producentach dostosowanie się jak najszybciej do nowych okoliczności oraz inwestowanie w coraz bardziej złożone i innowacyjne technologie. Wraz z tymi zmianami pojawia się potrzeba opracowywania i wdrażania nowych metod wspomagania podejmowania decyzji na poziomie operacyjnym i zarządzanie zleceniami w przedsiębiorstwach [1, 2, 3]. Jednym z obszarów wspomagania komputerowego, pozwalającego na zwiększenie efektywności procesu planowania i harmonogramowania produkcji, jest komputerowe modelowanie, symulacja i wizualizacja przepływu procesów w systemie produkcyjnym. Stosowanie narzędzi symulacyjnych umożliwia szybką weryfikację możliwości realizacji produkcji dla opracowanych planów dotyczących kolejności realizacji zleceń oraz informacji dotyczących specyfikacji zlecenia produkcyjnego oraz charakterystyk dostępnego systemu wytwarzania. Wyniki symulacji i wizualizacji mogą także być przydatne w analizie wpływu rozkładu jazdy i pojemności środków transportu, umiejscowienia i pojemności magazynów

międzyoperacyjnych oraz sposobu obsługi zasobów produkcyjnych na możliwości dotrzymania normatywów produkcyjnych, którymi są m.in.: termin realizacji zleceń produkcyjnych, stopień wykorzystania zasobów oraz zapewnienia jakościowo dopuszczalnego funkcjonowania systemu produkcyjnego (praca bez blokad i zagłódzeń). Dają także możliwość wykrycia ewentualnych zagrożeń kolizjami czy przeprowadzenia eksperymentów uwzględniających awarie urządzeń, weryfikacji otrzymanych wyników itp.

Pomimo wielorakich możliwości, jakie daje stosowanie systemów symulacyjnych, istnieje wiele problemów powodujących, że narzędzia symulacyjne nie są powszechnie stosowane w przedsiębiorstwach. Do głównych czynników można zaliczyć dużą pracochłonność oraz czasochłonność związaną z gromadzeniem i analizą danych oraz budową modelu symulacyjnego systemu produkcyjnego, a także znaczne koszty, które za tym idą. Szacuje się [4, 5], że około 30-40% czasu związanego z przeprowadzeniem projektu symulacyjnego zajmują czynności związane z gromadzeniem niezbędnych danych, a 25-35% czasu poświęca się na przygotowanie samego modelu, który ma zostać poddany badaniom symulacyjnym. Przeprowadzenie eksperymentu oraz analiza danych wyjściowych to tylko 20% z całego czasu realizacji projektu symulacyjnego.

Kolejnym problemem jest duża wrażliwość wyników badań symulacyjnych na błędy popełniane podczas budowy modelu symulacyjnego. Ponadto, aby można było wybrać rozwiązanie dopuszczalne na podstawie eksperymentów symulacyjnych, wymagane jest wykonanie wielu eksperymentów dla różnych scenariuszy przepływu produkcji w systemie.

W celu wyeliminowania przedstawionych problemów zaproponowano, przedstawioną w tym artykule, metodę automatycznego generowania modeli dla systemów symulacyjnych. Proponowana metoda wykorzystuje Rozszerzalny Język Znaczników XML (Extensible Markup Language)[6] oraz techniki mapowania i transformacji danych (data mapping, data transformation) pozyskiwanych i przetwarzanych w systemach informatycznych wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem [6, 7], na różnych szczeblach i obszarach funkcjonalnych (ERP, SCM, MRP, PPC, MES itd.), na potrzeby automatycznego generowania skryptów dla systemów symulacyjnych.

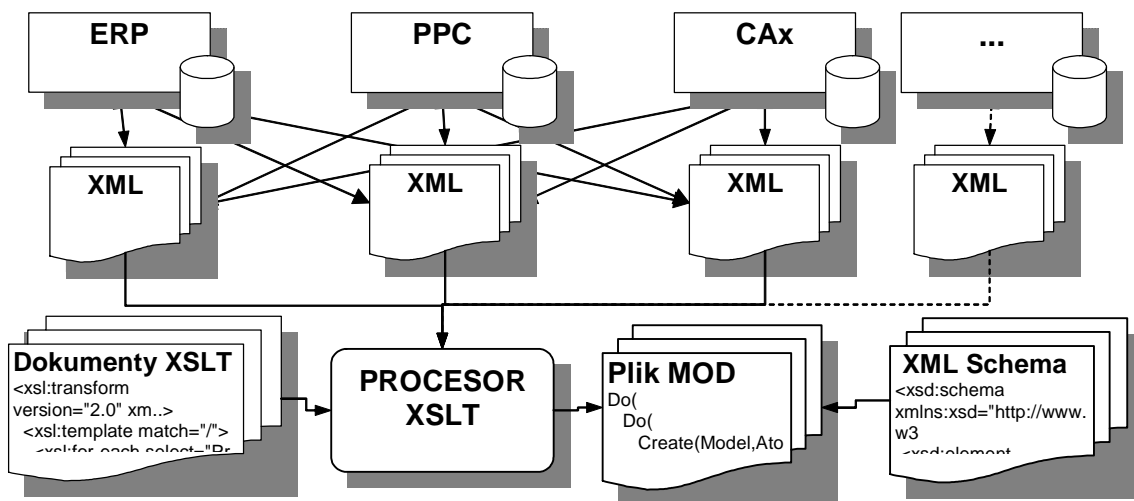
2. Automatyzacja procesu tworzenia modeli symulacyjnych

Realizacja metody automatyzacji procesu tworzenia modeli systemów produkcyjnych na potrzeby symulacji i wizualizacji wykorzystuje technikę mapowania danych z wykorzystywanych w przedsiębiorstwach systemów wspomagających proces planowania i sterowania produkcją. Obecnie większość tych systemów umożliwia import danych w formacie XML oraz zdefiniowanie zakresu i zawartości importowanych danych. Opracowano zatem definicje struktury dokumentu XML, zawierającego dane dotyczące modelowanego systemu produkcyjnego. Zdecydowano, że definiowanie struktury dokumentu zostanie przeprowadzone z wykorzystaniem standardu XML Schema, który pozwala na definiowanie ograniczeń dotyczących mapowanych danych oraz tworzenie nowych definicji struktury, czy łączenie informacji z różnych schematów (źródeł). Daje to możliwość mapowania i transformacji danych pozyskiwanych z różnych systemów informatycznych, zawierających informacje wymagane do przygotowania modelu symulacyjnego.

Opracowany na potrzeby metody automatyzacji procesu tworzenia modeli schemat XML zawiera definicję struktury dokumentu XML dla danych opisujących zasoby składające się na system wytwórczy, tj.: maszyny, magazyny międzyoperacyjne, magazyny wejściowe

i wyjściowe dla produktów, które mają być realizowane w systemie oraz dane dotyczące procesów produkcyjnych, tj. marszruty technologiczne, dane o czasach przygotowawczo-zakończeniowych, czasach jednostkowych oraz dane o sekwencjach realizacji operacji produkcyjnych dla wszystkich procesów produkcyjnych [2, 9, 10].

Na potrzeby automatyzacji procesu transformacji danych na plik wejściowy do systemu symulacyjnego wykorzystano rozszerzalny język arkusza stylów XSLT (ang. XSLT Transformations, Extensible Stylesheet Language Transformations) [11], pozwalający na przekształcenie dokumentu XML na inny dokument XML, stronę WWW, dokument tekstowy czy inny typ pliku. W tym etapie zostają automatycznie wygenerowane (na podstawie danych zapisanych w dokumencie XML) pliki zawierające zapis modelu systemu produkcyjnego, który może być automatycznie odczytany przez komercyjne systemy symulacyjne, takie jak FlexSim czy Enterprise Dynamics (rys. 1)[2, 10]. Proces transformacji „zamienia” dane zapisane w dokumentach XML na wewnętrzne języki skryptowe systemów symulacyjnych (poprzez odpowiednio zaadresowane odwołania do znaczników (węzłów) wykorzystując język XPath). Praktyczna weryfikacja opracowanej metody realizowana jest z wykorzystaniem języka *4DScript*, który jest wewnętrznym językiem systemu Enterprise Dynamics. *4DScript* pozwala między innymi na: projektowanie i implementację podstawowych obiektów składających się na model symulacyjny, definiowanie funkcji i parametrów obiektów modelu oraz implementację interfejsów użytkownika.



Rys.1. Transformacja dokumentów XML

Fig.1. XML document transformation

Na podstawie danych zapisanych w dokumencie XSLT, procesor XSLT transformuje automatycznie dane zapisane w pliku wejściowym XML na dokument wejściowy do systemu symulacyjnego zawierający linie kodu, tworzące zasoby składające się na system wytwórczy, tj.: maszyny, magazyny międzyoperacyjne, wejściowe i wyjściowe, elementy generujące produkty, które mają być realizowane w systemie oraz zasoby informacyjne, tj. tabele zawierające dane o czasach realizacji operacji na zasobach, tabele zawierające harmonogram pracy zasobów, dane o marszrutach procesów w postaci funkcji wykonujących połączenia pomiędzy odpowiednimi atomami w model, parametry dotyczące sceny oraz skrypty

umożliwiającej realizację procesu symulacji i wizualizacji według danych zawartych w zasobach informacyjnych.

Realizacja procesu transformacji danych w opracowywanym module składa się z następujących kroków:

- wczytanie dokumentu/dokumentów XML zawierających dane dotyczące systemu produkcyjnego oraz planowanych do realizacji zleceń produkcyjnych z systemów wspomagania planowania i harmonogramowania produkcji,
- walidacja wczytanego dokumentu XML na podstawie opracowanych dokumentów XML Schema,
- transformacja dokumentu/dokumentów XML w procesorze XSLT na podstawie opracowanego dokumentu XSLT (mapowanie danych oraz obliczenia z wykorzystaniem języka XPatch).
- wygenerowanie dokumentu (MOD) zawierającego skrypty 4DScript dla systemu Enterprise Dynamisc
- walidacja wygenerowanego dokumentu,
- utworzenie gotowego modelu symulacyjnego w systemie Enterprise Dynamics poprzez wczytanie wygenerowanego dokumenty (MOD).

<pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?> - <Production_System Name="System Pusty 2.swz" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema - <Processes> - <Process> <Id>1</Id> <Name>P1</Name> <Batch>10</Batch> <Nr_of_Operatoins>3</Nr_of_Operatoins> - <Route> - <Operation No="1"> <Resource_Id>1</Resource_Id> <Cycle_Time>1</Cycle_Time> <Setup_Time>0</Setup_Time> </Operation> - <Operation No="2"> <Resource_Id>4</Resource_Id> <Cycle_Time>2</Cycle_Time> <Setup_Time>0</Setup_Time> </Operation> - <Operation No="3"> <Resource_Id>2</Resource_Id> <Cycle_Time>5</Cycle_Time> <Setup_Time>0</Setup_Time> </Operation> </Route> </Process> </pre>	<pre> 1 Do(2 Do(3 4 Sets(CreateAtomCopy(AtomByName([Product] 5 set(Color,ColorBlue), 6 set(icon, 20), 7 setloc(0,3,0), 8 Sets(CreateAtom(AtomByName([Source], Libre 9 set(Color,ColorBlue), 10 SetAtt(2, 0, s), 11 SetAtt(5, 0, s), 12 SetAtt(6,10, s), 13 setloc(3,3,0), 14 Connect(0, Prev(s), 1, s), 15 16 Sets(CreateAtomCopy(AtomByName([Product] 17 set(Color,ColorBrown), 18 set(icon, 21), 19 setloc(0,6,0), 20 Sets(CreateAtom(AtomByName([Source], Libre 21 set(Color,ColorBrown), 22 SetAtt(2, 0, s), 23 SetAtt(5, 0, s), </pre>
---	--

Rys. 2. Transformacja dokumentu XML na dokument 4DScript
Fig. 2. XML File transformation into 4DScript file

Fragment dokumentu XML oraz wygenerowanego na jego podstawie skryptu w języku 4DScript przedstawiono na rys. 2.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono sposób automatycznego tworzenia modeli systemów produkcyjnych dla potrzeb symulacji i wizualizacji komputerowej na podstawie danych zapisanych w rozszerzalnym języku znaczników XML, pozyskiwanych z systemów informatycznych klasy ERP/MRP/PPC/MES wykorzystywanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Przykładowe moduły systemów ERP, pozwalające na pozyskiwanie wymaganych informacji w postaci dokumentów XML, to: NetWeaver systemu SAP czy IFS Connect systemu IFS Application, który pozwala na integrację z innymi systemami lub programami obsługi elektronicznej wymiany danych (EDI). Innym przykładem może być QXtend Data Import/Export firmy QAD - producenta systemów klasy ERP/MRP/Lean. Przedstawiona metoda może posłużyć do wyeliminowania problemów związanych z pracochłonnością przygotowywania modeli oraz pozyskiwania danych w procesie realizacji projektów symulacyjnych.

Pokazana metoda z powodzeniem może być wykorzystywana z większością komputerowych systemów symulacyjnych, które cechują się otwartością, tzn. posiadają możliwość wymiany danych lub tworzenia nowych funkcji poprzez wewnętrzne skryptowe języki programowania (4DScript dla Enterprise Dynamisc, Arena Scripting Language, Flexscript dla FlexSim, TLI dla Taylor II).

Literatura

1. Kalinowski K., Skołod B., Grabowik C., Krenczyk D.: Computer aided technological and organizational processes planning. In: Proceedings of the Contributions of 15th International Scientific Conference, CO-MAT-TECH 2007, Quality Assurance Of Products, Safety Of Production And Environment, Trnava, Slovakia, 2007, p.173-176.
2. Krenczyk D., Skołod B.: Production preparation and order verification systems integration using method based on data transformation and data mapping. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6697 2011, part II, p. 297-404.
3. Saniuk S. Saniuk A.: Production orders planning in a network of small and medium-sized enterprises. Contemporary problems in managing production and services supporting manufacturing processes, Ed. J. Lewandowski, I. Jałmużna. Łódź: Wyd. Pol. Łódź., 2009, p. 31-38.
4. Robinson S. : Simulation: The practice of model development and use. Adobe E-Book John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
5. Nordgren W. B. : Steps for Proper Simulation Project Management. In: Winter Simulation Conference (1995) , p. 68-73.
6. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition) W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>
7. Wang, C.G., Xu, L.D.: Parameter mapping and data transformation for engineering application integration. Information Systems Frontiers 10, p. 589-600 (2008)
8. Erasala N., Yen D.C., Rajkumar, T.M.: Enterprise application integration in the electronic commerce world. "Computer Standards and Interfaces", Vol. 25, Issue 2, p. 69-82.
9. Krenczyk D.: Automatyczne generowanie modeli systemów produkcyjnych dla potrzeb symulacji komputerowej, W: IX Konferencja „Komputerowo zintegrowane zarządzanie”.

Zbiór prac. T. 2, pod red. Ryszarda Knosali. Opole: Ofic. Wyd. Pol. Tow. Zarządz. Prod., 2006, s. 26-35

10. Krenczyk D., Metoda wspomaganie planowania produkcji z wykorzystaniem systemów SWZ i Enterprise Dynamics, Informacyjne aspekty zarządzania i sterowania produkcją. Red. A. Świć. Lublin : Wydaw. Uczelniane Politechniki Lubelskiej, 2005, s. 19-25
11. XSL Transformations (XSLT) Version 2.0, W3C Recommendation, 2007, <http://www.w3.org/TR/xslt20/>.

INTEGRATION OF PRODUCTION PLANNING AND SIMULATION SYSTEMS USING XSLT TRANSFORMATION

Summary: In the paper the method of integration of production planning and simulation systems was presented. In the integration process XML, XML schema and XSLT transformation languages were used. The definition of the structure of the XML document containing data on the production system and the production order was elaborated. The process of generating the input file into a simulation system implemented by transforming an XML document using extensible stylesheet language XSLT was shown. The result of transformation is the input file for simulation systems, containing information about the production system model, together with control procedures - information about resources and production processes performed on these resources and their control written in the 4DScript scripting language.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Damian KRENCZYK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
* damian.krenczyk@polsl.pl

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY AUTOMATYCZNEGO GENEROWANIA MODELI DLA SYSTEMÓW SYMULACYJNYCH

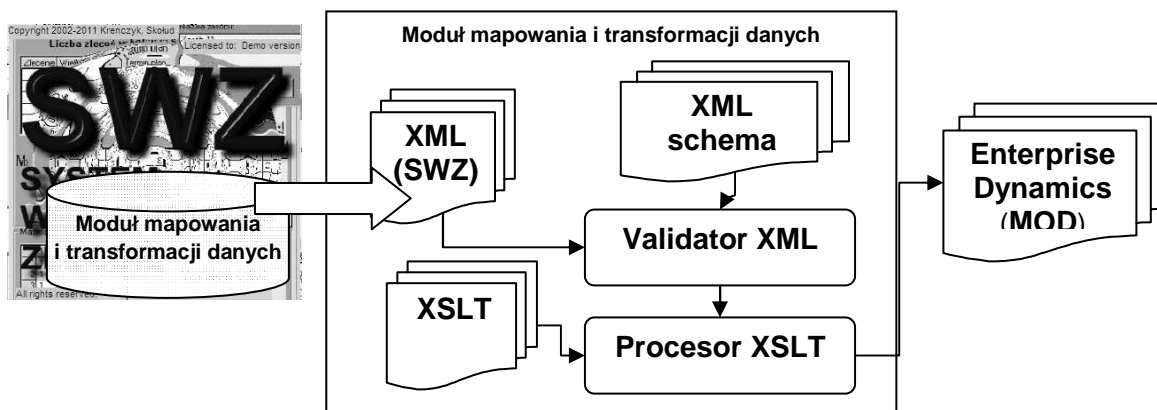
Streszczenie: W artykule przedstawiono komputerową implementację metody automatycznego generowania modeli symulacyjnych dla potrzeb symulacji komputerowej. Zastosowanie tej metody w praktyce umożliwia komputerową integrację systemów planowania produkcji z systemami symulacyjnymi. W procesie integracji wykorzystano język XML oraz techniki mapowania i transformacji danych, które zaimplementowano z wykorzystaniem języka XSLT Transformation. Przedstawiony przykład automatycznego generowania modeli wraz z procedurami sterującymi został zrealizowany z wykorzystaniem systemu weryfikacji zleceń produkcyjnych (SWZ) oraz komercyjnego systemu symulacyjnego Enterprise Dynamics.

1. Wprowadzenie

W pracach [1, 2, 3, 6] oraz „Integracja systemów planowania produkcji z systemami symulacyjnymi z wykorzystaniem języka XSLT” opublikowanej w tym zbiorze artykułów przedstawiono metodę integracji systemów planowania produkcji z systemami symulacyjnymi, która umożliwia automatyczne generowanie modeli systemów produkcyjnych wraz z danymi dotyczącymi przepływu procesów w systemie produkcyjnym dla systemów symulacyjnych. Praktyczna implementacja tej metody została zrealizowana w celu integracji Systemu Weryfikacji Zleceń Produkcyjnych (SWZ) z systemem symulacyjnym Enterprise Dynamics.

System Weryfikacji Zleceń jest komputerową implementacją metody wspomaganie szybkiego podejmowania decyzji o możliwości przyjęcia zlecenia produkcyjnego. Metodyka wspomaganie szybkiego podejmowania decyzji o możliwości przyjęcia zlecenia produkcyjnego wykorzystuje techniki satysfakcji ograniczeń i sprowadza się do sprawdzenia sekwencji arbitralnie wybranych warunków, gdzie każde sprawdzenie stanowi badanie lokalnego warunku bilansu. Spełnienie wszystkich warunków (ich koniunkcja) gwarantuje możliwość wykonania zlecenia. Dla danych specyfikujących system i zlecenia produkcyjne wyznaczone są procedury sterowania rozproszonego wraz ze wskaźnikami ilościowymi i jakościowymi pracy systemu produkcyjnego. Sterowanie przepływem produkcji realizowane jest poprzez wykonywane cyklicznie lokalne reguły rozstrzygania konfliktów zasobowych [3, 4, 5, 7].

Integracja systemu SWZ z systemem symulacyjnym Enterprise Dynamics pozwala na wizualizację przepływów produkcji oraz na weryfikację wygenerowanych procedur sterujących pracą zasobów systemu produkcyjnego. Wygenerowany model może także posłużyć do badań symulacyjnych w celu polepszenia i uszczegółowienia rozkładu jazdy środków transportu, umiejscowienia magazynów, obsługi urządzeń, wykrycia ewentualnych zagrożeń kolizjami, przeprowadzenia eksperymentów uwzględniających awarie urządzeń, weryfikacji otrzymanych wyników, itp.



Rys. 1. Moduł transformacji w systemie SWZ
Fig. 1. SWZ XML File transformation module

Praktyczna implementacja metody automatycznego generowania modeli symulacyjnych została zrealizowana poprzez utworzenie programowego modułu realizującego proces mapowania i transformacji danych, stanowiącego integralną część systemu SWZ. Schemat funkcjonalny modułu w systemie SWZ pokazano na rys 1.

2. Przykład praktyczny

W celu weryfikacji poprawności działania modułu generującego plik wsadowy z opisem modelu dla systemu symulacyjnego poprzez moduł transformacji systemu SWZ, do SWZ wprowadzono dane opisujące system produkcyjny składający się z 25 zasobów produkcyjnych, w którym realizowanych jest wspólnie 10 procesów produkcyjnych. Przebieg procesów w systemie ilustruje rys. 2. Czasy realizacji procesów na poszczególnych zasobach produkcyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Marszrutę oraz czasy realizacji procesów na zasobach wprowadzono do systemu SWZ w macierzach procesów MPx, gdzie w pierwszym wierszu podano numery zasobów, na których realizowane są operacje danego procesu, w drugim czasy jednostkowe operacji, a w trzecim czasy przygotowawczo zakończeniowe. Następnie przeprowadzono obliczenia i wygenerowano raport w systemie SWZ, zawierający dane dotyczące reguł sterujących pracą zasobów produkcyjnych zarówno dla faz rozruchu i wygaszania produkcji jak i dla cyklicznego przebiegu ustalonego. Poniżej przedstawiono wybrane wyniki uzyskane z SWZ:

```

---Report---SWZ v. 5.0---
Meta-rules:
R1={ (4,4,4,9,9,9); (4,9); (4,9,9) }
R3={ (8,8,8,8,8,8); (8); ( ) }
R4={ (1,1,1,1,4,4,4); (1,1,4); ( ) }
R5={ (4,4); (1,1,4); (4,4,1,1,1,1) }
Trr = 3060
Trw = 3246

Buffers data :
Required central buffer capacity is
102. Real capacity is 350.

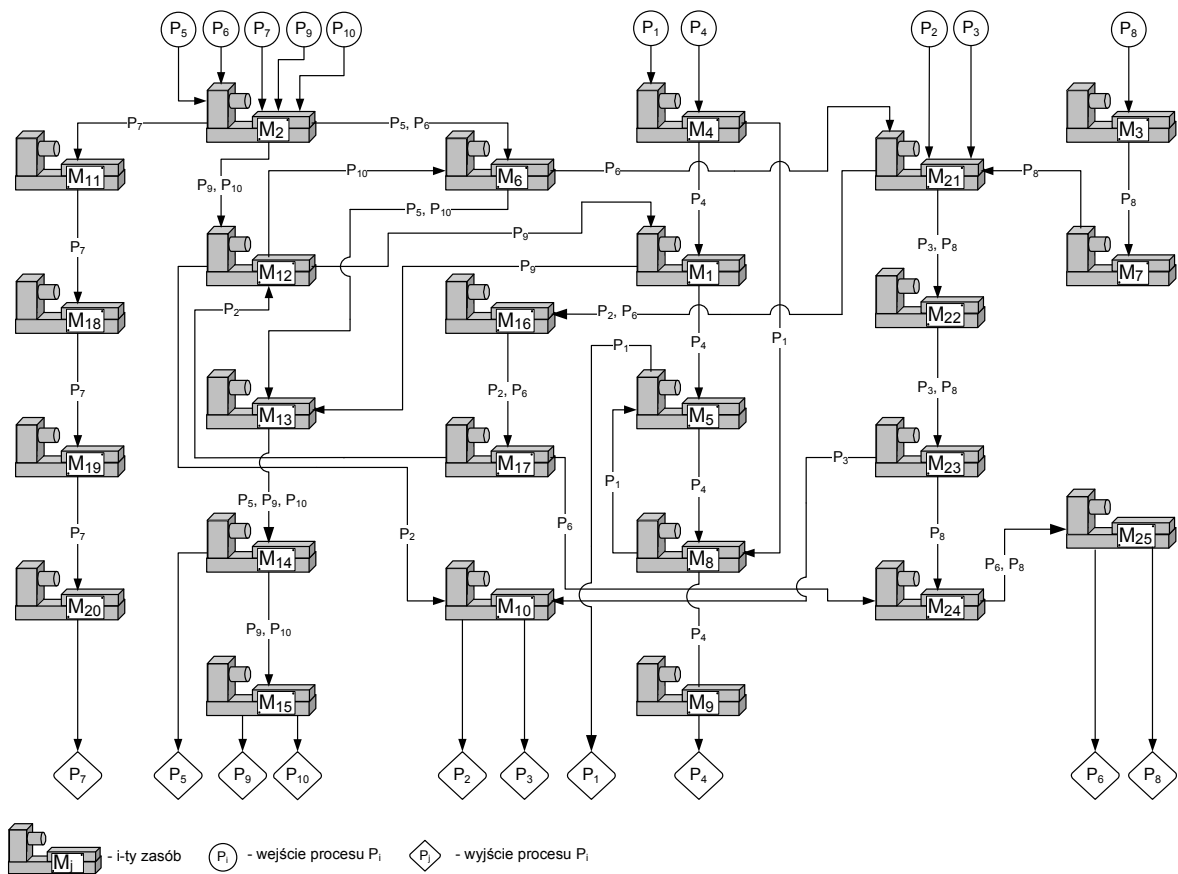
Rules realisation times at the
resources :
Rule R9 = 45
Rule R10 = 54
Rule R11 = 30
Rule R12 = 147
Rule R13 = 144

Rule R14 = 168
Rule R15 = 39

System cycle : 168

Realisation times (steady state):
Process P1 = 67704
Process P2 = 67368
Process P3 = 67536
Process P4 = 67368
Process P5 = 67536
Process P6 = 67032
Process P7 = 67368
Process P8 = 67032
Process P9 = 67200
Process P10 = 67200

The coefficient of the system
resources utilisation = 0,3721429
----THE END----
    
```

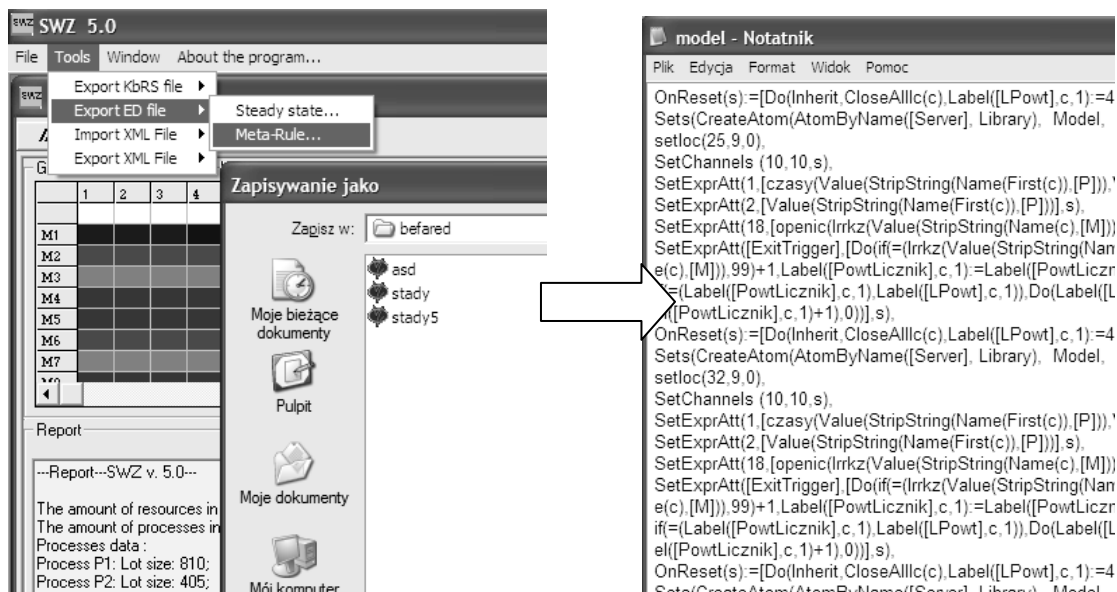


Rys.2 . Przebieg procesów w systemie
 Fig. 2. Production flow

Tab. 1. Czasy realizacji procesów na zasobach produkcyjnych
 Tab. 1. Processes cycle times on production resources

		Zasoby produkcyjne																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Procesy produkcyjne	1				30	42			15																		
	2										18		15				30	18					15				
	3											18											15	48	15		
	4	3			18	39			18	45																	
	5		21				24								66	96											
	6		6				15										12	15					18			9	9
	7		6									15								30	18	12					
	8			9				24															18	21	24	6	6
	9	15	12										36	27	36	18											
	10		30				39							96	51	36	21										

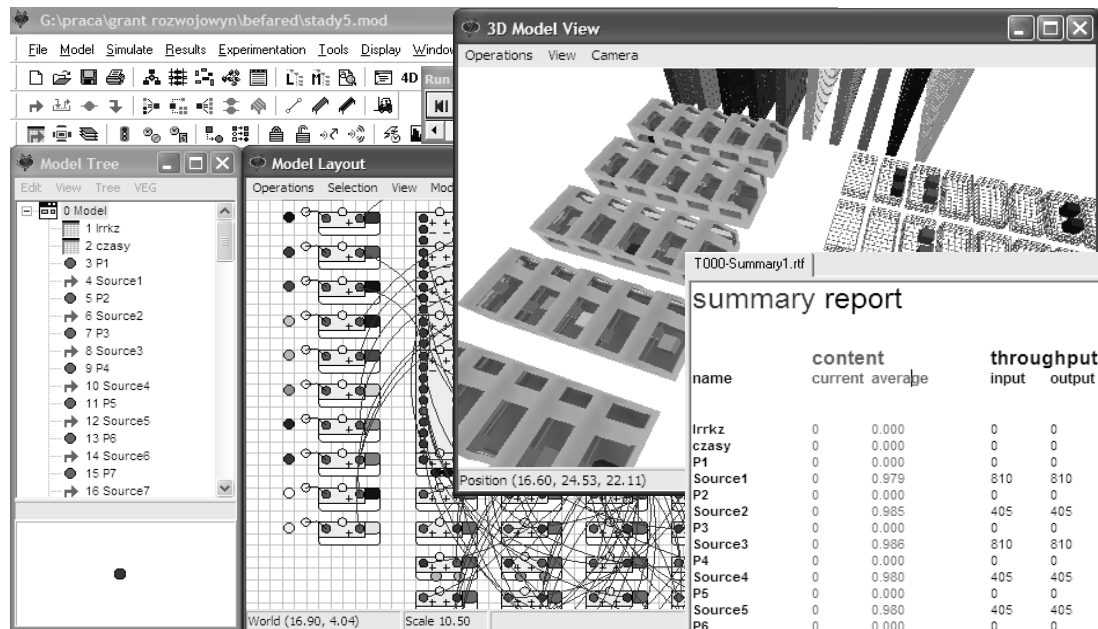
Po przeprowadzeniu obliczeń w SWZ uruchomiono moduł transformacji danych w celu automatycznego wygenerowania modelu systemu wraz z procedurami sterującymi dla systemu Enterprise Dynamics. W ten sposób otrzymano plik wejściowy do programu Enterprise Dynamics (rys. 3).



Rys.3. Transformacja dokumentu XML na dokument 4DScript
 Fig. 3. XML File transformation into 4DScript file

Po wczytaniu pliku do programu symulacyjnego automatycznie został wygenerowany model symulacyjny omawianego systemu produkcyjnego wraz z procedurami sterującymi pracą w systemie, gotowy do przeprowadzenia eksperymentów symulacyjnych (rys. 4). Dla wczytanego modelu przeprowadzono symulację pracy systemu produkcyjnego oraz na podstawie jej wyników wizualizację przepływu produkcji w systemie. Wynikiem przeprowadzonych eksperymentów były raporty pracy zawierające informacje o stopniu wykorzystania zasobów produkcyjnych, czasach trwania cyklu pracy zasobów dla produkcji

rytmicznej, terminach realizacji partii produkcyjnych dla poszczególnych produktów. Wizualizacja pracy pozwoliła także na zweryfikowanie poprawności pracy systemu produkcyjnego (wykrycie ewentualnych blokad i zagłódzeń procesów), wystarczającej pojemności magazynów międzyzasobowych oraz synchronizacji pracy zasobów systemu do pracy wąskiego gardła (zasobu krytycznego).



Rys.4. Symulacja produkcji w systemie Enterprise Dynamics
Fig. 4. Simulation of production in the Enterprise Dynamics System

3. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych z wykorzystaniem modułu integrującego system SWZ z systemem symulacyjnym, pozwalającego na automatyczne generowanie modeli dla systemu symulacyjnego, potwierdziły jego poprawną pracę. Praca systemu produkcyjnego została automatycznie zsynchronizowana z pracą zgodną z pracą zasobu krytycznego M14, którego cykl pracy wyniósł 168 jednostek czasu. Potwierdza to parametry pracy systemu wyznaczone w systemie SWZ. Praca systemu (w przeprowadzonych symulacjach) odbywała się bez blokad i zagłódzeń. Czas trwania fazy rozruchu i wygaszania wyznaczony podczas symulacji wyniósł 552 jednostki czasu i był mniejszy niż maksymalny czas wyznaczony w SWZ. Termin realizacji zleceń P1-P10 wyniósł 68 256 jednostek czasu i był zgodny z wartościami wyznaczonymi w SWZ.

Przeprowadzone eksperymenty wykazały poprawność i przydatność proponowanej metody automatycznego generowania modeli symulacyjnych dla potrzeb symulacji komputerowej. Integracja pomiędzy systemami wspomagającymi planowanie produkcji z systemami symulacyjnymi daje możliwość wyeliminowania problemów związanych z przygotowywaniem modelu symulacyjnego w tradycyjny sposób, tj.: dużą pracochłonność oraz czasochłonność przygotowywania modelu, który ma zostać poddany badaniom symulacyjnym [8] oraz dużą wrażliwość efektów badań symulacyjnych na błędy popełnione podczas budowy modelu. Jako kierunek dalszych prac przewiduje się rozszerzenie omawianej

metody o kolejne funkcjonalności związane z zasobami montażowymi, podsystemem transportu oraz możliwości interakcyjnego wprowadzania danych o rozmieszczeniu zasobów na hali produkcyjnej.

Literatura

1. Krenczyk D., Skołod B.: Production preparation and order verification systems integration using method based on data transformation and data mapping. Lecture Notes in Computer Science, vol. 6697 2011, part II, p. 297-404.
2. Krenczyk D.: Automatyczne generowanie modeli systemów produkcyjnych dla potrzeb symulacji komputerowej. W: IX Konferencja "Komputerowo zintegrowane zarządzanie". Zbiór prac. T. 2, pod red. Ryszarda Knosali. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2006, s. 26-35.
3. Krenczyk D.: Metoda wspomaganie planowania produkcji z wykorzystaniem systemów SWZ i Enterprise Dynamics, Informacyjne aspekty zarządzania i sterowania produkcją. Red. A. Świć. Lublin : Wyd. Uczeln. Politechniki Lubelskiej, 2005, s. 19-25.
4. Dobrzanska-Danikiewicz, A., Krenczyk, D.: The method of the production flow synchronisation using the meta-rule conception. Journal of Materials Processing Technology Vol. 164, p. 1301-1308 (2005).
5. Banaszak Z., Bzdyra K., Saniuk S.: Systemy wspomaganie inżynierii zarządzania. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2005, s. 248.
6. Kalinowski K., Skołod B., Grabowik C., Krenczyk D., Computer aided technological and organizational processes planning, In: Proceedings of the Contributions of 15th International Scientific Conference, CO-MAT-TECH 2007, Quality Assurance Of Products, Safety Of Production And Environment, p. 173-176, Trnava, Slovakia, 2007.
7. Skołod B., Krenczyk D.: Flow Synchronisation of the Production Systems – The distributed control approach. In: Proceedings of the 6th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS 2001, Poznań, 2001, p. 127 – 132.
8. Nordgren W. B. : Steps for Proper Simulation Project Management. In: Winter Simulation Conference (1995) , p. 68-73.

EXAMPLE OF APPLICATION OF AUTOMATIC GENERATION MODELS METHOD FOR SIMULATION SYSTEMS

Summary: In this paper a computer implementation of method for automatically generating simulation models for computer simulation was presented. Application of this method in practice allow computer integration of production planning systems with simulation ones. The integration uses XML, data mapping and transformation techniques, which are implemented using XSLT Transformation. An example of automatic generation of simulation models, together with control procedures, was carried out to verify the integration of production orders verification system (SWZ) and commercial Enterprise Dynamics simulation system.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Edyta KRZYSTAŁA, Arkadiusz MEŻYK

Katedra Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, Gliwice
*edyta.krzystała@polsl.pl

IDENTYFIKACJA OBCIĄŻENIA ZAŁOGI W WYNIKU WYBUCHU ŁADUNKU POD POJAZDEM KOŁOWYM

Streszczenie: W artykule przedstawiono złożoną eksperymentalną metodę identyfikacji obciążenia załogi w wyniku wybuchu ładunku TNT pod kołowym pojazdem wojskowym. Ponadto określono parametry wpływające na stopień zagrożenia załogi pojazdów wojskowych oraz scharakteryzowano przeprowadzone eksperymentalne badania poligonowe. Dodatkowo przedstawiono możliwość zastosowania stanowisk do badań typu „drop – test” do przeprowadzania badań identyfikujących obciążenia impulsowe załogi w warunkach laboratoryjnych.

1. Wstęp

Obecne konflikty zbrojne w Iraku i Afganistanie najczęściej kojarzone są z odpalanymi zdalnie ładunkami wybuchowymi, w których wyniku śmierć poniosło lub zostało rannych wielu żołnierzy wojsk koalicji. Najpowszechniej używanymi środkami wybuchowymi są improwizowane urządzenia wybuchowe tzw. IED (Improvised Explosive Devices), konstruowane na podstawie materiałów wybuchowych, miny, pociski artyleryjskie (rys. 1). Jednym z ważniejszych współczesnych problemów badawczych jest zwiększenie odporności pojazdów wojskowych na działanie fali uderzeniowej wywołanej wybuchem [3].



Rys. 1 Przykłady IED oraz ich skutki wybuchu pod pojazdem [7]

Fig. 1 IED examples and the effect of their explosion under a vehicle [7]

Istotą rozwoju metod i środków ochrony przeciwminowej jest identyfikacja wpływu oddziaływania fali uderzeniowej na konstrukcję pojazdu oraz jego załogę. Informacje na

temat przeciążeń pochodzących od oddziaływania wybuchu min lądowych na człowieka są trudno dostępne lub niewystarczająco szczegółowe, dlatego podstawą do ich pozyskiwania staje się prowadzenie badań eksperymentalnych oraz modelowych [3, 4].

2. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest przedstawienie złożonej eksperymentalnej metody identyfikacji obciążenia załogi w wyniku wybuchu ładunku TNT pod kołowym pojazdem wojskowym.

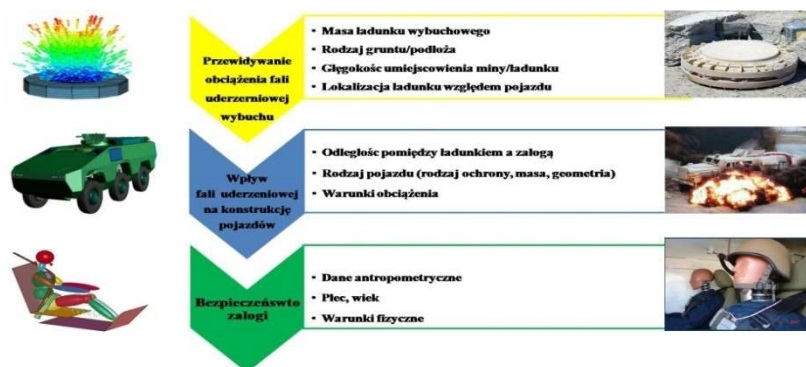
Zakres pracy obejmuje:

- określenie parametrów wpływających na stopień zagrożenia załogi pojazdów wojskowych,
- przeprowadzenie eksperymentalnych badań poligonowych,
- przedstawienie możliwości zastosowania stanowisk do badań typu „drop – test” w celu przeprowadzenia badań identyfikujących obciążenia impulsowe załogi w warunkach laboratoryjnych.

3. Metody identyfikacji obciążenia załogi pojazdów specjalnych

3.1 Parametry wpływające na stopień zagrożenia załogi pojazdów wojskowych

Nowoczesne pojazdy specjalne powinny charakteryzować się odpowiednim stopniem ochrony załogi minimalizującym skutki eksplozji ładunków wybuchowych pod pojazdem. Ważnym aspektem projektowania nowych środków ochrony przeciwminowej jest wykorzystanie efektu synergii metod badawczych w celu uzyskania optymalnych cech geometrycznych i zapewnienia zadanych parametrów eksploatacyjnych. Metody te powinny uwzględniać następujące czynniki dotyczące: procesu detonacji ładunku oraz przenoszonej energii wybuchu poprzez ciśnienie fali wybuchu na konstrukcję pojazdów, skutków wybuchu ładunku na konstrukcję pojazdów specjalnych, analizy wpływu fali uderzeniowej wybuchu na załogę w poszczególnych, charakterystycznych antropometrycznych punktach ciała [2, 5, 6]. Szczegółowe parametry przedstawiono na rys. 1.

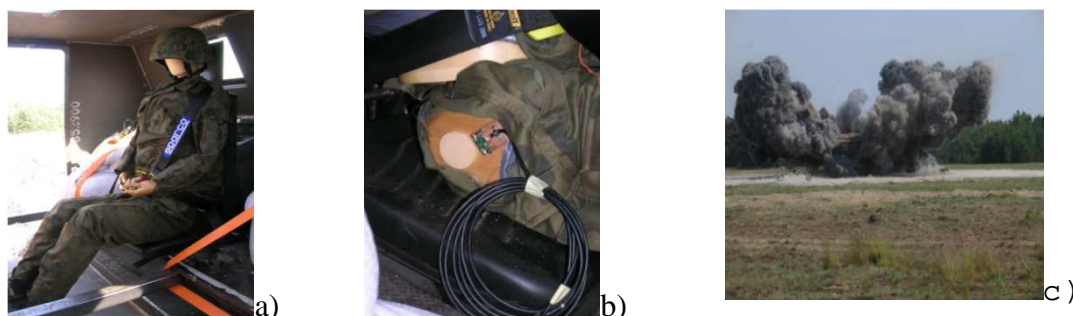


Rys. 2. Parametry wpływające na stopień zagrożenia załogi pojazdów wojskowych
Fig. 2 The parameters affecting the degree of danger the crew of military vehicles

3.2 Eksperymentalne badania poligonowe

Badania eksperymentalne w warunkach poligonowych z wykorzystaniem rzeczywistych pojazdów, stają się nieodłącznym etapem procesu projektowo - konstrukcyjnego

współczesnych pojazdów wojskowych i mają dowodzić ich niezawodności i skuteczności zastosowanych technik ochronnych przed wybuchami w wyniku ich eksploatacji [3, 4]. Dzięki współpracy interdyscyplinarnego zespołu badawczego przeprowadzono poligonowe badania eksperymentalne, w ramach których identyfikowano przyspieszenia w charakterystycznych punktach na manekinie. W ten sposób starano się odnieść do przeciążeń załogi w najbardziej narażonych częściach ciała. Pomiarom podlegały pionowe przyspieszenia oddziałujące na kończyny dolne oraz miednicę (rys. 3).



Rys. 3. Eksperyment badawczy: a) manekin, b) przykład zamocowania czujnika przyspieszeń, c) wybuch 8 kg TNT pod kołem pojazdu

Fig. 3. Research experiment: a) the dummy, b) an example of the sensor acceleration, c) 8 kg TNT explosion under the wheel of the vehicle

3.3 Stanowiska laboratoryjne

Najistotniejszym komponentem odpowiedzialnym za ogólnie przyjęte bezpieczeństwo załogi w trakcie wybuchu ładunku TNT pod pojazdem są specjalistyczne fotele łagodzące jego skutki. Zadaniem tych foteli jest zapewnienie ochrony na skutek eksplozji powodującej wyrzucenie ciała pasażera w górę, w zależności od siły oddziaływania siedziska skutkującymi urazami głowy oraz kręgosłupa prowadzącymi do kalectwa, a nawet śmierci. Przykłady możliwości zastosowania stanowisk do badań typu „drop – test” w celu przeprowadzenia badań identyfikujących obciążenia impulsowe załogi w warunkach laboratoryjnych przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4 Przykłady stanowisk labotoratoryjnych: a) uderzenia pionowe, b) uderzenie bokiem c) uderzenie bokiem wraz z siedzeniem firmy Allen Vanguard [1, 2, 6]

Fig. 4 Examples of laboratory stands: a) vertical impact, b) side impact c) side impact with the Allen Vanguard seats [1, 2, 6].

4. Podsumowanie

Nowoczesne pojazdy specjalne powinny charakteryzować się odpowiednim stopniem ochrony załogi minimalizującym skutki eksplozji ładunków wybuchowych pod pojazdem.

Ocena zagrożenia życia i zdrowia załogi w wyniku wymuszeń impulsowych przenoszonych poprzez wzajemne oddziaływanie ciała żołnierza i siedziska powinna opierać się na złożonej i kompleksowej analizie omawianego zjawiska.

Ważnym aspektem projektowania nowych środków ochrony przeciwminowej jest wykorzystanie efektu synergii metod badawczych w celu uzyskania optymalnych cech geometrycznych i zapewnienia zadanych parametrów eksploatacyjnych.

Literatura

1. Blast attenuation seat system The next step in a crew survivability programs, Technical Brochure Allen Vanguard, 30.09.2009.
2. Hönlinger M., Glauch U., Steger G.: Modelling and Simulation in the design process of armored vehicles. Paper presented at the RTO AVT Symposium on "Reduction of Military Vehicle Acquisition Time and Cost through Advanced Modelling and Virtual Methodology for Protection of Vehicle Occupants against Anti-Vehicular Landmine Effects.
3. Krzystała E., Meżyk A., Kciuk S.: Analiza zagrożenia załogi w wyniku wybuchu ładunku pod kołowym pojazdem opancerzonym Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych nr 1/2011, Wrocław 2011 s. 145 – 154.
4. Meżyk A.: Nowoczesne technologie w projektowaniu pojazdów specjalnych, 66 Inauguracja Roku Akademickiego w Politechnice Śląskiej, Gliwice 2010.
5. RTO Technical Report TR – HJN - 090 TECHNICAL REPORT TR-HFM-090 Test Simulation", held in Paris, France, 22-25 April 2002, and published in RTO-MP-089.
6. Wiliams K., Poon K.: A numerical analysis of the effect of surrogate anti-tank mine last on the M113, DREV TM-2000-007, Defense Research Establishment Centre de Recherche pour la defence valcartier, Quebec, March 2004 Canada. .
7. <http://www.gizmag.com/exploding-ieds-remotely-using-electromagnetic-nergy/17893/> 15.02.2011.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010 – 2012 jako projekt badawczy Nr O N501 625139

IDENTIFICATION OF EXPLOSION IMPACT ONTO THEIR CREWS UNDER THE WHEELED MILITARY VEHICLES

Summary: In the paper the complex, experimental method of the identification of explosion impact under the wheeled military vehicles onto their crews was presented. Moreover, the parameters which influenced on a level of crew protection inside the vehicles were described. Additionally, in the article methodology of a military training ground research as well as possibilities of using "drop – test" tower to lead this kind of research were presented.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Michał MAJZNER*, Andrzej BAIER

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*michal.majzner@polsl.pl

ZASTOSOWANIE METODY OBIEKTÓW ELEMENTARNYCH W MODELOWANIU KOMPOZYTOWYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Streszczenie: Obiekt elementarny jest jednostką, która przechowuje dane, nawiązuje wymianę komunikatów poprzez sieć, wykonuje pewne usługi, a co za tym idzie, realizuje w ten sposób ogólne założenia systemu. Biorąc pod uwagę zagadnienie modelowania z zastosowaniem obiektów zorientowanych graficznie, Feature Modeling, definiuje się je, jako obiekty 3D lub 2D o określonych cechach. W pracy podjęto próbę zdefiniowania obiektów elementarnych w odniesieniu do zagadnienia projektowania kompozytowych elementów konstrukcyjnych zbudowanych na bazie kompozytów włóknistych w osnowie żywic polimerowych. Wyszczególniono następujące postacie obiektów elementarnych: materiałowe obiekty elementarne (MOE), kompozytowe obiekty elementarne (COE), laminatowe obiekty elementarne (LOE), technologiczne obiekty elementarne (TOE) wytwarzania kompozytów. Proces projektowo konstrukcyjny z zastosowaniem wcześniej zdefiniowanych obiektów został przedstawiony w postaci schematu blokowego z wyszczególnionymi etapami oraz układem relacji pomiędzy nimi. W artykule przedstawiono także zagadnienia wieloskalowego oraz wielopoziomowego projektowania oraz analizy komputerowej kompozytowych elementów konstrukcyjnych. Jako przykład użycia metody obiektów elementarnych przedstawiono proces modelowania kompozytów włóknistych, z zastosowaniem oprogramowania NX7.5.

1. Wstęp

Ewolucja systemów do komputerowego wspomaganie projektowania klasy CAx podyktowana jest rozwojem technologicznym dzisiejszych czasów. Decydujący wpływ ma rozwój systemów na rynek zbytu. Zmniejszenie czasu projektowo-konstrukcyjnego i zarządzanie cyklem życia obecnie już istniejących oraz wprowadzenie nowych modeli produktów na rynek w jak najkrótszym czasie to obecnie priorytet. Nowoczesne systemy CAx posiadają budowę modułową i są zorientowane na potrzeby działów projektowo-konstrukcyjno-wytwórczego, dostosowujące narzędzia do ich bezpośrednich potrzeb. Od kilku lat obserwowany jest trend do zastosowania metod zorientowanych obiektowo (Feature Modeling) na zagadnienie projektowania. Dotychczas powszechnie stosowane było

modelowanie z zastosowaniem obiektów zorientowanych graficznie (Feature Based Modeling). Obiekty takie są definiowane jako obiekty 3D o zorientowanych cechach konstrukcyjnych [1,2,3,4,5,6].

W prowadzonych badaniach proponuje się usystematyzowane i sformalizowane obiekty elementarnych w kontekście modelowania oraz wytwarzania elementów obiektów konstrukcyjnych utworzonych na bazie kompozytów włóknistych.

Modelowanie wieloskalowe jest metodą, która umożliwia opisywanie zachowania systemu (zachowania materiałów) w wielu skalach, integrując modele, informacje i właściwości na jednym poziomie z modelami, informacjami i właściwościami z różnych poziomów. Poprzez połączenie metody obiektów elementarnych oraz wieloskalowego modelowania możliwa będzie predykcja własności materiałowych kompozytu, rozpoczynając od komponentów, z których został zbudowany, poprzez elementarną warstwę, aż do ostatecznej struktury warstwowej.

Usystematyzowanie wiedzy w kontekście procesów komputerowego projektowania i konstruowania elementów konstrukcyjnych utworzonych na bazie materiałów kompozytów, umożliwi: łatwiejszą, szybszą, bardziej precyzyjną implementację materiałów kompozytowych. W budowie nowych oraz w naprawie uszkodzonych elementów obiektów konstrukcyjnych te obszary są szczególnie uprzywilejowane. Opisując jednocześnie proces technologii wytwarzania elementu konstrukcyjnego, na podstawie wcześniej utworzonej receptury.

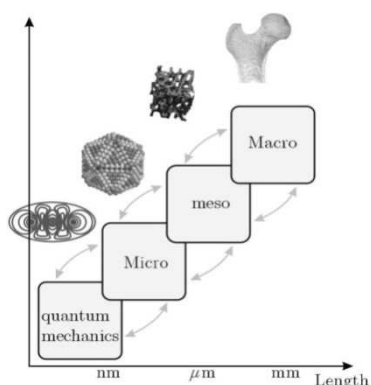
2. Wieloskalowe modelowanie kompozytów

Przez kompozyt rozumie się materiał utworzony z co najmniej dwóch składników (faz lub komponentów) wyraźnie odróżniających się od siebie pod względem własności materiałowych, wytrzymałościowych i fizycznych, które w połączeniu tworzą nowy materiał zewnętrznie monolityczny o wyraźnie widocznych granicach pomiędzy nimi, przy czym własności materiałowe, wytrzymałościowe i fizyczne w nowej formie uległy zmianie. [8]

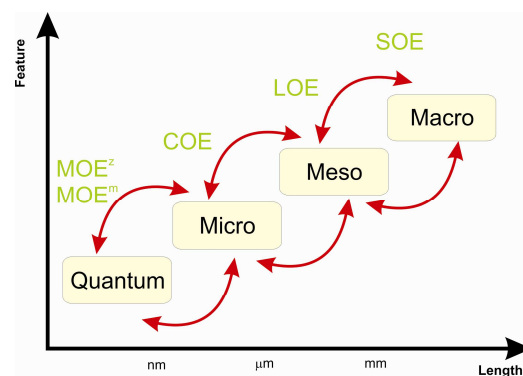
W literaturze [9] wieloskalowe modelowanie jest zastosowane do obliczania właściwości materiału lub zachowanie systemu na jednym poziomie z wykorzystaniem informacji lub modeli i właściwości z różnych poziomów. Wyróżnia się następujące poziomy:

- poziom modeli mechaniki kwantowej (informacje o zjawiskach zachodzących między elektronami);
- poziom mikromodeli (informacje na temat zjawisk zachodzących między atomami)
- mezoskala (nanoskala) - (informacje na temat zjawisk zachodzących na poziomie molekularnym, grupie atomów);
- modele poziomu makro (informacje o zjawiskach zachodzących w strukturalnym obiekcie).

Modelowanie wieloskalowe jest szczególnie istotne w obliczeniach zintegrowanych w inżynierii materiałowej, ponieważ pozwala przewidywać zachowanie właściwości materiału lub system. System ten zawierał w sobie wiedzę atomistycznej struktury i właściwości procesów elementarnych (rys. 1).



Rys. 1. Wieloskalowe modelowanie tkanki kostnej[9]
Fig. 1. Multiscale modeling of osseous tissues [9]



Rys.2. Wieloskalowe modelowanie kompozytów
Fig. 2. Multiscale modeling of composites

W odniesieniu do projektowania materiałów kompozytowych podjęto próbę zdefiniowania metody wieloskalowego modelowania (rys. 2.). Poziom kwantowy jest definiowany jako podstawowa jednostka materiału kompozytowego, której elementy występują jako dwie oddzielne fazy. Materiał matrycy i wzmocnienia funkcjonują na tym poziomie oddzielnie. Na poziomie mikro tworzony jest obiekt typu COE będący połączeniem MOE, z uwzględnieniem konstrukcyjnego obiektu elementarnego opisującego grubość elementarnej warstwy. W procesie łączenia poszczególnych warstw COE na poziomie mezo (nano) staje się obiektem typu LOE. Po dodaniu obiektów elementarnych definiujących postać strukturalną tworzony jest obiekt typu SOE na poziomie makro.

Podstawowa jednostka została nazwana materiałowym obiektem elementarnym, określanym jako zbiór elementarnych obiektów informacyjnych, posiadających informacje dotyczącą parametrów materiałowych takich jak:

- moduł Younga,
- moduł Kirchoffa,
- liczba Poissona,
- gęstość,
- ciężar właściwy,
- itd.

Postać takiego obiektu została zdefiniowana w następujący sposób:

$$MOE = \langle nazwa, wartość \rangle \quad (1)$$

gdzie:

Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego),

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

Obiekty typu MOE zostały zebrane w bazie danych materiałowych obiektów elementarnych. W bazie danych już wcześniej zdefiniowano kategorie określające rodzaj materiału, wyróżniono:

- metal,
- tworzywo,
- inne.

W celu precyzyjnego wyróżnienia materiałów używanych do budowy kompozytów warstwowych utworzono dwie dodatkowe kategorie:

- zbrojenie – wzmocnienie, obiekt przenoszący obciążenia w kompozycie;
- matryca – wypełnienie, obiekt pełniący funkcję spoiwa, przenoszący obciążenie na zbrojenie.

Wprowadzono następujące oznaczenia w odniesieniu do komponentów (faz) składowych kompozytu:

- materiałowy obiekt elementarny – zbrojenie, pełniący charakter wzmocnienia oraz przenoszący główne obciążenie, jako:

$$MOE^Z = \langle nazwa, wartość \rangle \quad (2)$$

gdzie:

Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego),

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

- Materiałowy obiekt elementarny – matryca, czyli wypełnienie zapewnia spójność systemu oraz przenosi obciążenie na zbrojenie, jako:

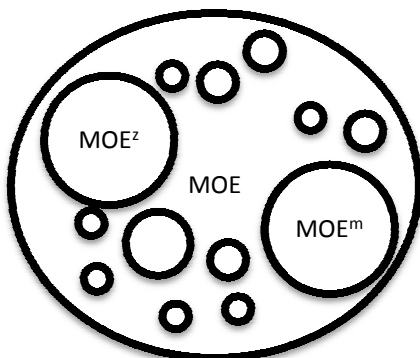
$$MOE^M = \langle nazwa, wartość \rangle \quad (3)$$

gdzie,

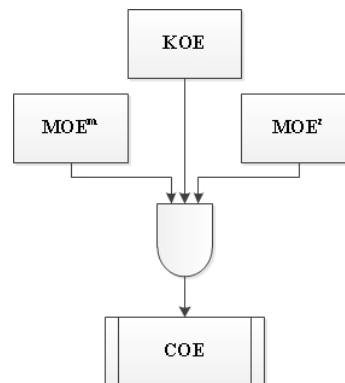
Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego);

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

Relację pomiędzy tymi zbiorami obrazuje rys. 3.



Rys.3. Zbiór i podzbiór MOE
Fig.3. Set and subset of MOE



Rys. 4. Obiekty typu COE
Fig.4. Object type COE

Korzystając z wcześniej zdefiniowanego złożonego obiektu elementarnego, buduje się obiekt typu kompozytowego obiektu elementarnego. Jest to zbiór określający relacje, w jakich pozostają obiekty proste typu MOE (rys.4.).

Sposób zapisu obiektu został zdefiniowany w następujący sposób:

$$COE = MOE^Z + MOE^M + KOE \quad (4)$$

gdzie:

KOE – konstrukcyjny obiekt elementarny określający grubość elementarnej warstwy kompozytu warstwowego.

Na kolejnym poziomie złożoności obiektów elementarnych w odniesieniu do projektowania materiałów kompozytowych, wyróżniono obiekt typu LOE – laminatowy

obiekt elementarny, będący zbiorem elementarnych, podstawowych obiektów typu COE, określany jako:

$$LOE = \sum_n COE + TOE + ZOE \quad (5)$$

gdzie:

LOE – laminatowy obiekt elementarny;

COE – kompozytowy obiekt elementarny – liczba warstw, przy czym $n \in N$;

TOE – technologiczny obiekt elementarny – określający technologię wytwarzania laminatu;

ZOE – złożeniowy obiekt elementarny – definiujący rodzaj relacji sprzężeń i przekształceń pomiędzy COE.

Definiowane wcześniej objekty nie posiadały relacji z geometrią obiektu, na którego powierzchni został utworzony kompozyt. Tworząc złożony obiekt elementarny, nazwany strukturalnym obiektem elementarnym, którego zapis jest następujący:

$$SOE = (LOE + KOE + \dots + FOE) \quad (6)$$

SOE reprezentuje na tym etapie element obiektu konstrukcyjnego, który zawiera informacje dotyczące zapisu konstrukcji, technologii wytwarzania, funkcjonalności, relacji z pozostałymi obiektami, składającymi się na przyszły wytwór.

3. Wnioski

Problematyka stosowanie materiałów kompozytowych jest obecnie przedmiotem badań w Instytucie Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, w realizowanym projekcie badawczo-rozwojowym pt. „Badania i analiza właściwości oraz określenie warunków kształtowania cech geometrycznych i materiałowych podzespołów i zespołów, niezbędnych do innowacyjnej konstrukcji wagonów towarowych”. W projekcie zastosowano metodę obiektów elementarnych, z uwzględnieniem badań prototypowych elementów obiektów konstrukcyjnych kompozytowych, ukierunkowanych na nowoczesne projektowanie wybranych elementów wagonów kolejowych. Wnioski cząstkowe w pełni potwierdzają kierunek prowadzonych badań. Dalszy zakres badań został podzielony na kilka kluczowych etapów:

- opracowanie bazy danych materiałowych obiektów elementarnych na podstawie badań doświadczalnych (wyznaczenie stałych materiałowych) wybranych materiałów;
- badanie w zakresie optymalizacji doboru komponentów do budowy elementów obiektów konstrukcyjnych kompozytowych z uwzględnieniem technologii wytwarzania;
- badanie skuteczności ujednoczonego algorytmu projektowania kompozytów;
- próby technologiczne wytwarzania kompozytów na podstawie wcześniej zaproponowanych receptur;
- badanie techniczne uzyskanych prototypów materiałów w postaci wybranych obiektów geometrycznych;
- opracowanie bazy danych wytycznych projektowo-konstrukcyjnych i wytwórczych do wdrożenia technologii w skali przemysłowej.

Literatura

1. Baier A.: Komputerowo zintegrowane konstruowanie i wytwarzanie obrotowych elementów maszyn. Praca doktorska. Gliwice: Pol. Śl., 1997.
2. Baier A.: Metoda integracji procesów konstruowania i wytwarzania funkcjonalnych zespołów maszyn z zastosowaniem złożonych obiektów elementarnych, Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
3. Herbuś K.: Realizacja wybranych funkcji mechanizmów za pomocą obiektów elementarnych. Rozprawa doktorska. Gliwice: Pol. Śl., 2006.
4. Herbuś K., Świder J.: Zastosowanie funkcyjnych obiektów elementarnych do wspomaganie modelowania maszyn zorientowanego na analizę ruchu, Monografia, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
5. Monica Z.: Integracja zapisu konstrukcji i technologii wybranej grupy korpusów metodą obiektów elementarnych, Gliwice, Praca doktorska, Politechnika Śląska, 2002.
6. Chwastyk P.: Komputerowe wspomaganie procesów przygotowania produkcji w oparciu o metodę obiektów elementarnych na przykładzie procesów wytwarzania armatury przemysłowej, Praca doktorska. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, 2006.
7. Yourdon E., Argila C.: Analiza obiektowa i projektowanie, przykłady zastosowań, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1999.
8. Hyla I., Śleziona J.: Kompozyty elementy mechaniki i projektowania. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2004.
9. Burczyński T., Kuś W., Brodacka A.: Multiscale modeling of osseous tissues. "Journal of theoretical and applied mechanics" 48, Vol. 4, Warszawa 2010, p. 855-870.

APPLICATION OF THE ELEMENTARY OBJECT METHOD IN MODELING OF COMPOSITE STRUCTURAL ELEMENTS

Summary: Elementary object is an entity that stores data, links a network of messaging services, and performs some general assumptions using the system. Taking into account the subject matter of modeling with the use of graphically-oriented objects, Feature Modeling, we defined them as 3D objects or 2D objects with specific characteristics. This paper attempts to define the primitives with respect to the issue of design of composite components built on fibrous composites in the matrix polymer resins. The relevant figures of features: material feature (MOE), composite feature (COE), laminar feature (LOE), technological feature (TOE) were specified. Design-construction process using pre-defined objects was presented in the form of a flowchart, detailing the steps and the system relationships between them. The paper also presents the issues of multiscale and multi-level design and computer analysis of composite structural elements. As an example of using of features method, fibrous composites process modeling with using software NX7.5 was shown.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Radosław MAKOWSKI*, Piotr PAWLICZEK, Rafał WÓJCIK

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice

*makowski.radoslaw@gmail.com

SEMIAUTONOMICZNY ROBOT MOBILNY DO DETEKcji PRZEDMIOTÓW O OKREŚLONYCH CECHACH GEOMETRYCZNYCH I MATERIAŁOWYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt i opisano prototyp semi-autonomicznego robota mobilnego wykonanego w ramach przedmiotu „Konstruowanie robotów i urządzeń automatyki” prowadzonego w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej. Do budowy robota wykorzystano znormalizowane i skatalogowane elementy, co przyczyniło się do skrócenia procesu projektowania. W prototypie robota zastosowano komputer klasy nano-PC jako układ sterowania wysokiego poziomu. Niską warstwę układu sterowania zrealizowano za pomocą modułu typu open-hardware. System sterowania opracowano w środowisku Microsoft Robotics Developer Studio. Główny diagram systemu sterowania zaimplementowano w języku Microsoft Visual Programming Language. Przeprowadzono badania weryfikacyjne potwierdzające pełną funkcjonalność utworzonego prototypu robota.

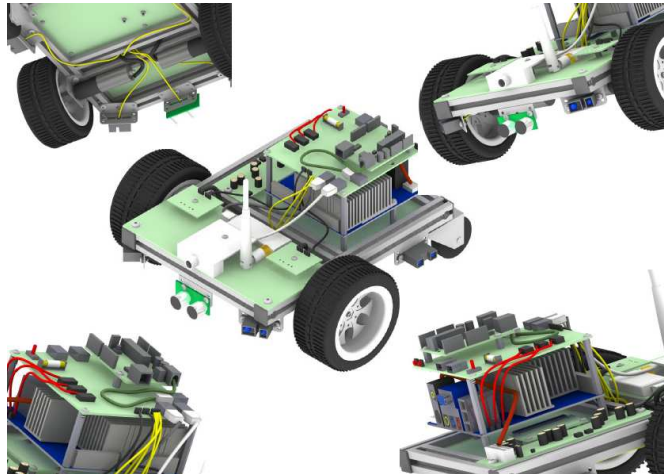
1. Wstęp

Niniejszy artykuł przedstawia projekt robota mobilnego, wykonanego w ramach przedmiotu „Konstruowanie robotów i urządzeń automatyki” prowadzonego w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej. Robot został zaprojektowany w celu realizacji zadania autonomicznego poruszania się w nieznanym otoczeniu i identyfikowania wcześniej zdefiniowanego obiektu. Ponadto istnieje możliwość sterowania ręcznego za pomocą komputera operatora, na którym wyświetlany jest obraz z kamery zamontowanej na robocie. Projekt sfinansowany został ze środków na edukację KPKM.

2. Układ mechaniczny

Układ mechaniczny robota został tak zaprojektowany, aby robot poruszał się w sposób czołgowy, zapewniając przy tym odpowiednią zwinnosć w chwili reagowania na napotykaną przeszkodę. Robot został wyposażony w dwa przednie koła, które napędzane są niezależnie od siebie oraz dwa tylne koła typu Castor, które pełnią funkcję podporową i skrętną. Rozmieszczenie wszystkich głównych zespołów zostało tak zaplanowane, aby dostęp do wszystkich elementów robota był szybki i łatwy. Budowa układu mechanicznego robota

opiera się na znormalizowanych profilach aluminiowych, które tworzą ramę podwozia robota. Na szybkoj w wykonaniu i solidnej ramie zamocowane zostały kątowniki mocujące różnego typu. Na jednych z nich zamocowano dwa silniki z przekładnią planetarną, do których przykręcono dwa przednie koła. Drugi typ kątowników wykorzystano w celu zamontowania wszystkich czujników robota.



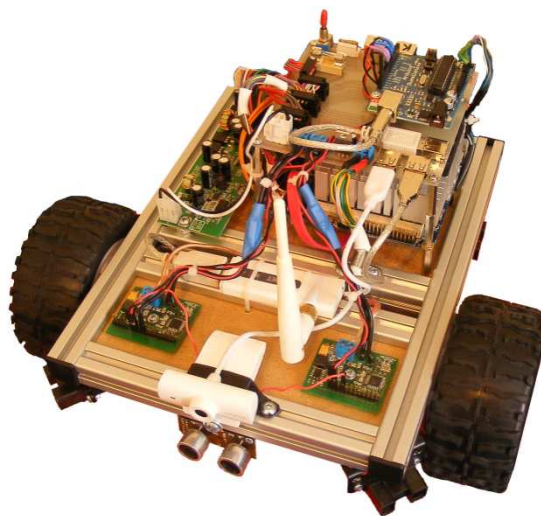
Rys.1. Model 3D robota mobilnego
Fig.1. 3D model of a mobile robot

Cały robot został zamodelowany w programie Autodesk Inwntor 2010 (Rys.1). Model robota został podzielony na cztery główne części: podwozie robota wraz z czujnikami, układ zasilania, układ elektroniczny i układ wizyjny. Prostota budowy całego układu mechanicznego pozwoliła na uszczegółowienie modelu 3D robota poprzez zamodelowanie głównych kabli łączących poszczególne elementy składowe.

3. Układ automatyki

Układ automatyki został zaprojektowany w sposób umożliwiający programowanie robota z poziomu oprogramowania Microsoft Robotics Developer Studio. Do tego celu wybrano komputer nano-ITX, który stanowi kompromis pomiędzy ceną a możliwościami, jakie posiada. Niewątpliwą zaletą tej jednostki jest niski pobór prądu, a także wbudowane złącze SATA, pozwalające na podłączenie szybkiego dysku SSD. Do zasilania komputera wykorzystano gotowy zasilacz 60W, przetwarzający napięcie 12V na standard zasilania ATX. W celu wyprowadzenia niektórych portów oraz wyłączników zaprojektowano płytę główną stanowiącą jednocześnie pole montażu układu sterowania niskiego poziomu. Modułem tym jest Arduino Duemilanove, który integruje ze sobą wszystkie sensory, a także pełni funkcję sterownika silników prądu stałego. Układ napędowy zasilany i sterowany jest poprzez mostki typu H. Sterowanie odbywa się na drodze modulacji szerokości impulsu (ang. *Pulse Width Modulation - PWM*). Robot wyposażony został w pięć czujników, z czego jeden to sonar zamontowany centralnie z przodu, a reszta to czujniki podczerwieni rozmieszczone symetrycznie po obu stronach robota. Zgodnie z założeniami projektowymi prototyp zasilany jest przewodowo napięciem stałym 12V. Istnieje również możliwość montażu pakietu akumulatorów. Robota wyposażono w układ WIFI oraz kamerkę internetową. Oba urządzenia podłączono do portów USB nadrzędnego układu sterowania. Dzięki temu istnieje możliwość

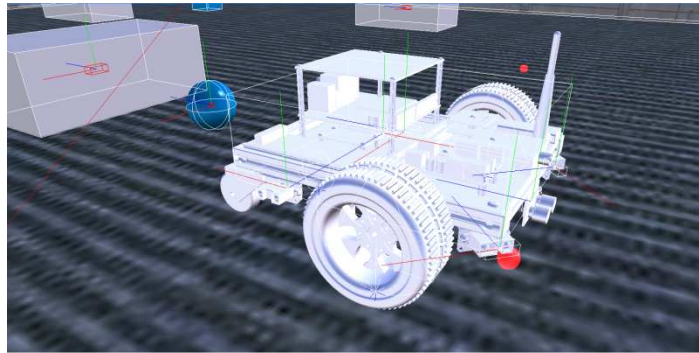
zdalnego sterowania robotem i śledzenie jego otoczenia za pomocą kamery. Na rys. 2 przedstawiono wszystkie elementy układu automatyki zmontowane na platformie jezdnej robota.



Rys.2. Prototyp robota mobilnego
Fig.2. Mobile robot prototype

4. System sterowania

System sterowania opracowano, biorąc pod uwagę zasoby sprzętowe będące na wyposażeniu projektowanego robota. Powoduje to, iż w zależności od elementów automatyki (takich jak np. czujniki, układ wizyjny, moduł komunikacji oraz wysoka i niska warstwa układu sterowania) system musi posiadać odpowiednie oprogramowanie i sterowniki. Program sterujący, który utworzono przy użyciu Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS), został zaimplementowany w oprogramowaniu wysokiej warstwy (system operacyjny Windows XP). Moduł komunikacji pozwala na sterowanie zdalne robotem za pomocą komputera operatora wyposażonego w MRDS [1]. Oprogramowanie niskiej warstwy (zawierające sterowniki układu sensorycznego i wykonawczego) odpowiedzialne jest za odpowiednie sterowanie napędem oraz za przesyłanie informacji z czujników. System wizyjny robota mobilnego ma za zadanie wykryć obiekt o określonym kolorze, a następnie przesłać informację o współrzędnej środka tego obiektu do serwisu zapisanego w środowisku MRDS. Do wykrywania obiektu o określonym kolorze posłużono się programem RoboRealm. Program ten ma bardzo wiele użytecznych funkcji. W celu detekcji obiektu o zadanym kolorze posłużono się funkcją Color Filter. Do wyznaczania w czasie rzeczywistym współrzędnych środka szukanego obiektu zastosowano funkcję Center of Gravity. W celu rozwoju oraz testowania algorytmu sterowania utworzone zostało środowisko symulacyjne w oprogramowaniu MRDS (rys. 3).



Rys.3. Bryła robota w symulacji
Fig.3. Robot entity in simulation

Zastosowany algorytm sterujący opiera się głównie na wcześniej opisanym systemie wizyjnym. Robot w pierwszej kolejności sprawdza czy "widzi" szukany przedmiot. Jeżeli tak, to jedzie w jego kierunku. W momencie wykrycia przeszkody robot skręca w lewo lub prawo, zależnie od wskazań czujników. Po dostrojeniu parametrów algorytmu sterowania otrzymywano zadowalające wyniki działania robota w środowisku rzeczywistym.

5. Podsumowanie

W artykule opisano realizację projektu robota mobilnego. Dzięki zastosowaniu dużej liczby elementów znormalizowanych i katalogowych zminimalizowano czas budowy prototypu. Zastosowanie komputera nano-PC jako układu sterowania wysokiego poziomu pozwala na wykorzystanie robota do celów dydaktycznych, np. do testów algorytmów sterowania.

Literatura

1. Johns K., Taylor T.: Professional microsoft robotics developer studio. Indianapolis: Wiley, 2008.

SEMI-AUTONOMOUS MOBILE ROBOT FOR OBJECTS DETECTION WITH ITS SPECIFIC GEOMETRIC AND MATERIAL FEATURES

Summary: In the article a project of a semi-autonomous mobile robot prototype was presented. The robot was created in a frame of an education project in Department of Fundamentals of Machinery Design at Silesian University of Technology. In order to build the robot chassis standard mechanical parts were used. This approach has contributed to shortening the design process. In the prototype of the high-level control system a nano-PC was used. The low layer of the control system with help of an open-hardware module was realized. The software was developed in Microsoft Robotics Developer Studio. The main control scheme was implemented using Microsoft Visual Programming Language. The verification tests which had confirmed the full functionality of the robot prototype where conducted.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Magdalena MAREK, Andrzej BAIER*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
*andrzej.baier@polsl.pl

PORÓWNANIE SPOSOBU PRZYGOTOWYWANIA SYMULACJI DZIAŁANIA MANIPULATORA W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH CAD

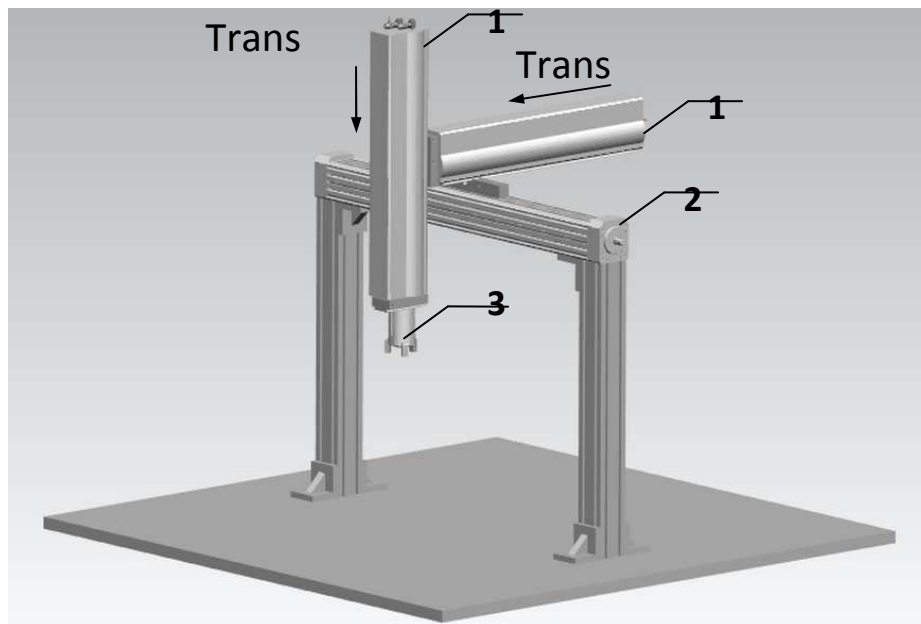
Streszczenie: W artykule przedstawiono proces tworzenia trójwymiarowej symulacji działania manipulatora, będącego elementem stanowiska pakującego, w programie NX 7.5 z wykorzystaniem modułu Motion Simulation. Symulację wykonano na podstawie danych i obliczeń zawartych w publikacji opisującej uzyskanie analogicznej symulacji w programie OneSpace Designer. Zaprezentowano możliwości użytego oprogramowania, w tym także zabudowanego w programie Solvera (RecurDyn). W efekcie dokonano porównania powyższych środowisk CAD.

1. Wprowadzenie

W ramach niniejszej pracy przedstawiono model manipulatora (elementu stanowiska pakującego) oraz etapy przygotowania trójwymiarowej symulacji jego działania w module Motion Simulation programu NX 7.5. Symulacja ta opiera się na danych i obliczeniach zaprezentowanych w publikacji dotyczącej wykonania analogicznej symulacji w programie OneSpace Designer [1]. Na ich podstawie zaproponowano funkcję opisującą zmienną przemieszczenia tłoczyska siłownika w funkcji czasu. Wprowadzenie tej funkcji do programu umożliwiło wizualizację przemieszczenia siłowników oraz uzyskanie wykresów obrazujących zmianę parametrów ich ruchu w czasie, na podstawie danych wygenerowanych przez Solver RecurDyn. Dodatkowo, z grupy funkcji General (wbudowanych w moduł Motion Simulation) wybrano funkcję STEP do opisu przemieszczenia względnego szczęk chwytaka. W ten sposób w kolejnych częściach pracy zostały zaprezentowane możliwości wybranego środowiska CAD, co z kolei dało podstawę do porównania go z oprogramowaniem OneSpace Designer.

2. Wstępne założenia

W celu przeprowadzenia symulacji zapoznano się ze środowiskiem programu NX 7.5 oraz z jego dokumentacją, a następnie wykonano model manipulatora (Rys.1.), uwzględniający jedynie części niezbędne do jej przeprowadzenia.



Rys.1. Model manipulatora
Fig.1. Model of the manipulator

Model tworzą dwa siłowniki pneumatyczne, oś liniowa wraz ze śrubą, chwytak trójszczękowy oraz elementy podtrzymujące manipulator. Części znormalizowane zostały pobrane z elektronicznego katalogu firmy Festo (Tab. 1.), który umożliwia importowanie gotowych modeli 3D do oprogramowania NX 7.5 (w szczególności do jego modułu Assembly), w celu połączenie odpowiednich podzespołów opisywanego mechanizmu. Elementy podtrzymujące manipulator zamodelowano bezpośrednio w programie.

Tab. 1. Części manipulatora
Tab. 1. Elements of the manipulator

<i>Nr elementu</i>	<i>Nazwa elementu</i>	<i>Nazwa katalogowa</i>
1	Siłownik pneumatyczny	HMP-16-200-B-SL-2G3
2	Oś liniowa ze śrubą	DGE-40-400-SP
3	Chwytnik trójszczękowy	HGD-32-A

Wyjątkowo przydatną funkcją w programie jest opcja przypisania materiału do danego elementu, co może być wykorzystane w celu określenia oddziaływań pomiędzy obiektami będącymi w ruchu, tzw. 2D lub 3D Contact. Program automatycznie generuje wartości współczynnika tarcia pomiędzy elementami, adekwatnie do wybranych materiałów.

Do określenia równań opisujących parametry ruchu użyto danych zawartych w przytoczonej publikacji [1]:

- równania drogi opisującego ruch tłoczyska siłownika o skoku s ,

$$s(t) = \begin{cases} \frac{a}{2}(t-A)^2 & A \leq t < B \\ v(t-A) - s_a & B \leq t < C \\ -\frac{a}{2}(t-D)^2 + s & C \leq t < D \end{cases} \quad (1)$$

- wstępnie zadanych wartości przyspieszenia i prędkości, wraz z obliczonymi w programie MathCad chwilami czasowymi wybranych parametrów.

$$a = 0.08 \left[\frac{mm}{s^2} \right], v = 2 \left[\frac{mm}{s} \right], s = 200 [mm]; A=0[s], B=25[s], C=100[s], D=125[s] \quad (2)$$

3. Przygotowanie symulacji w programie NX 7.5

Wszelkie czynności dotyczące przygotowania symulacji przeprowadzono w module Motion Simulation. Zdefiniowano wszystkie człony mechanizmu (polecenie Link), odebrano 6 stopni swobody elementom podtrzymującym manipulator, za pomocą relacji utwierdzającej (Fixed), a następnie określono relacje występujące pomiędzy zdefiniowanymi członami mechanizmu (polecenie Joint). Wybrano relację przesuwną Slider, która odbiera 5 stopni swobody, umożliwiając przemieszczanie się jednej z części względem drugiej wzdłuż określonego kierunku. Uwzględniono w niej, że w wybranym przypadku oba siłowniki będą się przemieszczać w tym samym czasie.

Do opisu ruchu siłownika użyto parametru przyspieszenia (Acceleration), ze względu na przejrzystość deklarowanej formuły. Zaproponowano funkcję (Rys. 2.) z grupy Arithmetic (funkcję IF), w której użyto funkcji z grupy poleceń wewnętrznych FORTRAN (funkcji MAX), o następującej postaci:

$$IF(IF(TIME-25: -1, 0, MAX(0, TIME-100)): 0.08, 0, -0.08) \quad (3)$$

W celu porównania, poniższy sposób zapisu został użyty w programie OneSpace Designer [1]:

```

if t < B
then
  if t > (Tv1 + Ta1 + A)
  then      ((((-a1)/2)*((t-
B)^2)) + s1) // równanie drogi podczas hamowania
  else
    if t > (Ta1 + A) // równanie drogi przy ruchu ze stałą prędkością
    then ((v1*(t-A)) - sa1) // równanie drogi podczas przyspieszania
    else (((a1)/2)*((t-A)^2))
else
  if t < E ....

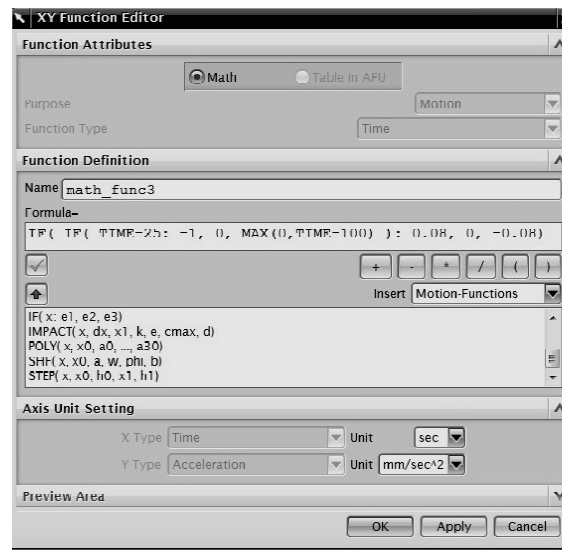
```

W celu zamknięcia szczęk chwytaka, wprowadzono do relacji Slider funkcję z grupy General (funkcję STEP), aproksymującą funkcję Heaviside'a wielomianem trzeciego stopnia.

$$STEP (TIME, 120, 0, 125, 3) \quad (5)$$

Poprzez zadanie wartości początkowej i końcowej wybranego parametru przemieszczenia (Displacement) dla określonych chwil czasowych, uzyskano łagodne przejście pomiędzy nimi. Program automatycznie wyliczył wymagane prędkości i przyspieszenia na całej drodze szczepek.

Zdefiniowano również rodzaj symulacji oraz określono jej czas (125[s]) i liczbę kroków (1000), mającą wpływ na dokładność obliczeń dokonanych przez Solver.



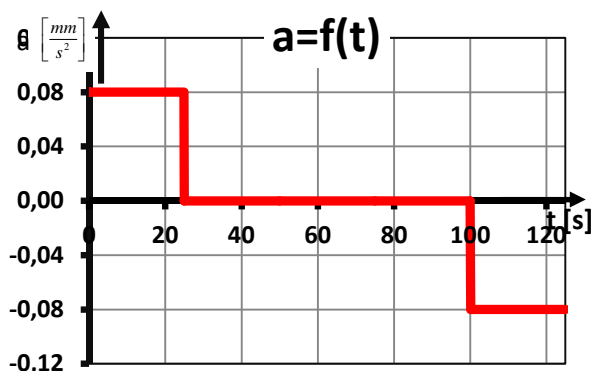
Rys.2. Edytor funkcji
Fig.2. XY Function Editor

4. Dane otrzymane po przeprowadzeniu symulacji

Przy użyciu Solvera RecurDyn przeprowadzono analizę symulacji. Pasek narzędzi XY Graph umożliwił wyeksportowanie wyników do arkusza kalkulacyjnego (Tab. 2.) i wygenerowanie wykresów (Rys. 2-5).

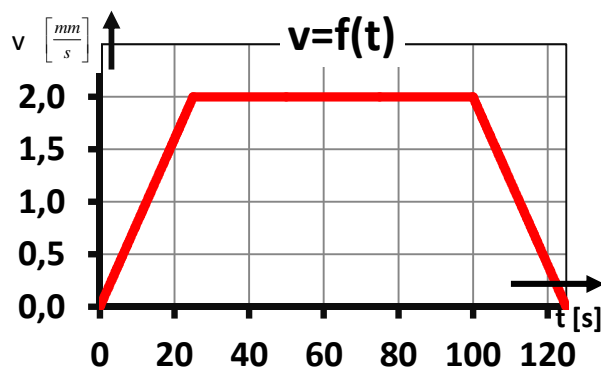
Tab. 2. Fragment tabeli zawierającej wyniki analizy symulacji
Tab. 2. A part of the table including results of the simulation analysis

Krok czasowy (Time Step)	Czas (TIME)	Przemieszczenie względne siłownika (J006_MAGNITUDE, Displacement(rel))
...
390	48,750	72,476
391	48,875	72,726
392	49,000	72,976
393	49,125	73,226
394	49,250	73,476
...



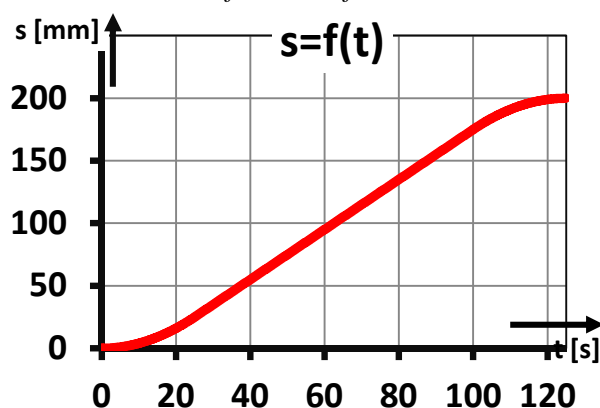
Rys.3. Wykres funkcji przyspieszenia a $\left[\frac{mm}{s^2}\right]$ siłownika w funkcji czasu

Fig.3. The graph of cylinder acceleration a $\left[\frac{mm}{s^2}\right]$ as a function of time



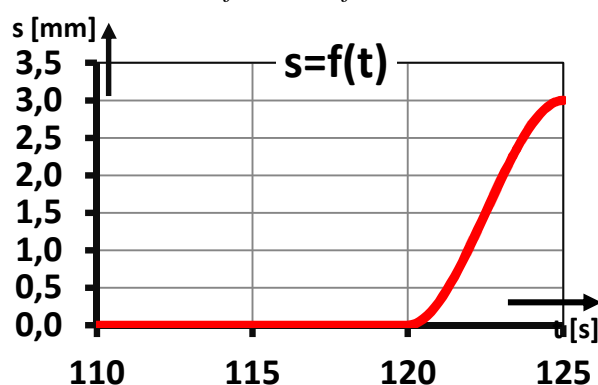
Rys.4. Wykres funkcji prędkości v $\left[\frac{mm}{s}\right]$ siłownika w funkcji czasu

Fig.4. The graph of cylinder velocity v $\left[\frac{mm}{s}\right]$ as a function of time



Rys.5. Wykres funkcji przemieszczenia względnego s $[mm]$ siłownika w funkcji czasu

Fig.5. The graph of cylinder relative displacement s $[mm]$ as a function of time



Rys.6. Wykres funkcji przemieszczenia względnego s $[mm]$ szczęk chwytaka w funkcji czasu

Fig.6. The graph of gripper's jaws relative displacement s $[mm]$ as a function of time

5. Porównanie środowisk CAD

Środowisko NX 7.5 oferuje niewątpliwie przystępny proces przygotowywania symulacji (prowadzi krok po kroku po poszczególnych opcjach), ułatwiając uwzględnienie wielu szczegółów. Umożliwia także importowanie gotowych modeli z katalogów firm i ich dopasowanie, w specjalnie do tego przeznaczonym module Assembly. Zmiany wprowadzone w modelu są uwzględniane w przebiegu przygotowanej wcześniej symulacji (up-to-date results). Zaawansowane menu definiowania relacji zawiera szeroki wybór ich typów. Solver umożliwia generowanie danych i wykresów opisujących poszczególne parametry ruchu członów, czy też wybranych punktów charakterystycznych (Markers). Sam zapis funkcji wizualnie jest dużo prostszy niż w programie OneSpace Designer. Można też przy zapisie, np. równań drogi, wspomagać się wieloma typami funkcji (np. funkcjami z grupy General), które zastępują zaawansowany aparat matematyczny. Wyklucza

to konieczność korzystania z dodatkowego oprogramowania. Dzięki tym udogodnieniom wystarczy wprowadzenie ograniczeń zmiennej przemieszczenia (np. w funkcji STEP), aby program dokonał przyporządkowania zmiennych wartości prędkości i przyspieszenia, dla każdego spośród 1000 kroków symulacji osobno. Istotne jest też, że użytkownik oprogramowania wskazuje na jakiej dokładności obliczeń mu zależy (wiąże się to z czasochłonnością pracy Solvera).

Powyższe cechy wskazują, że program NX 7.5 jest lepiej przystosowany do przygotowywania symulacji ruchu bardzo skomplikowanych mechanizmów, głównie przez zabudowany w programie Solver. Oprogramowanie OneSpace Designer wymaga od użytkownika użycia narzędzia wspomagającego obliczenia, co więcej, przy użyciu wielu parametrów definiujących ruch, zapis przebiegu takiej symulacji w postaci funkcji jest w nim trudniejszy.

6. Podsumowanie

Przygotowanie symulacji ruchu mechanizmów w środowiskach CAD wymaga od użytkownika właściwego doboru oprogramowania. Jest on uzależniony od stopnia skomplikowania modelowanego mechanizmu i wzajemnych relacji pomiędzy jego elementami. Każda symulacja jest budowana od podstaw w oparciu o aparat matematyczny uwzględniający zależności fizyczne. Stąd program, wykonujący obliczenia z zadaną dokładnością, wbudowany w oprogramowanie komputerowego wspomaganie projektowania jest niezbędny przy wykonywaniu zaawansowanych modeli.

Literatura

1. Bucior A.: Symulacja działania manipulatora w programie CAD z wykorzystaniem równań drogi. „Zeszyty Naukowe Katedry Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania” 2003, z. 4, s. 109-114.
2. Baier A., Majzner M.: Symulacja ruchu mechanizmów, część I. „Projektowanie i konstrukcje inżynierskie” 2011, 1/2 (40/41), s. 48-53.
3. Firma Siemens: NX 7.5 Documentation, 2011.
4. Elektroniczny katalog firmy Festo oraz dokumentacja elektroniczna poszczególnych części, pobrana ze strony www.festo.com.

THE COMPARISON OF PREPARING METHOD OF A MANIPULATOR FUNCTIONING SIMULATION IN DIFFERENT CAD ENVIRONMENTS

Summary: The article describes the process of preparing the three-dimensional simulation of manipulator functioning (as an element of the virtual packing stand) in NX 7.5 program and its Motion Simulation module. The simulation was performed on a basis of data and calculations from a publication which includes a description of an analogous simulation in program OneSpace Designer. Apart from the used software, there were also presented capabilities of the Solver built-up in programme (RecurDyn). As a result, the comparison of above CAD environments was done.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Tomasz MATUSIK, Aleksander GWIAZDA*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* aleksander.gwiazda@polsl.pl

ANALIZA OBCIĄŻEŃ I STABILNOŚCI OBUDÓW GÓRNICZYCH

Streszczenie: Obudowy górnicze to urządzenia mające zasadnicze znaczenie dla wydajności i bezpieczeństwa pracy w podziemnych, głębinowych kopalniach węgla kamiennego. Stosowanych jest kilka podstawowych rodzajów tych urządzeń. W tym opracowaniu przedstawiono analizę porównawczą dwóch podstawowych typów obudów pod względem analizy ich działania i struktury rozkładu naprężeń. Wyniki wskazują, iż najlepiej pod względem tych parametrów sprawdzają się obudowy czterostojakowe.

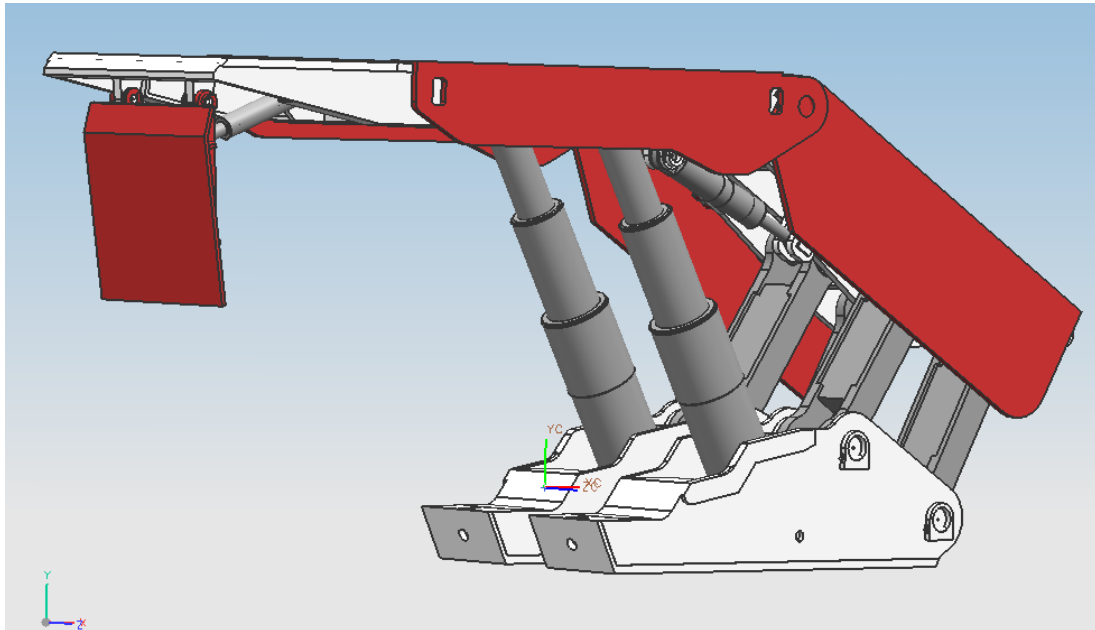
1. Wstęp

W ramach badań funkcjonowania obudów górniczych przeanalizowano kilka parametrów związanych z ich funkcjonowaniem w warunkach rzeczywistych. Po pierwsze poddano analizie trajektorię ruchu obudowy podczas jej rabowania i rozpierania. Po drugie sprawdzono stabilność obudowy w warunkach nierównomiernego obciążenia stropnicy. Wreszcie po trzecie przedmiotem badań była analiza równomierności rozkładu naprężeń wywołanych działaniem stropu na obudowę.

Badania przeprowadzono, biorąc pod uwagę następujące typy obudów zmechanizowanych: obudowę dwustojakową oraz obudowę czterostojakową. Stanowią one najczęściej wykorzystywane typy obudów w górnictwie [1]. Cechą charakterystyczną tych obudów jest wykorzystanie mechanizmu lemniskatowego, który ma postać czworoboku przegubowego [5]. Zadaniem tego mechanizmu jest prowadzenie obudowy możliwie blisko pionowej ściany ociosu. Jednakże ze względu na charakterystykę mechanizmu lemniskatowego koniec stropnicy nie porusza się po linii pionowej, lecz zakreśla w przestrzeni krzywą określaną jako lemniskata. Tym samym obudowa generuje nie tylko pionowe siły podporowe, lecz także siły poziome, wzdłuż układu prowadzącego stropnicę.

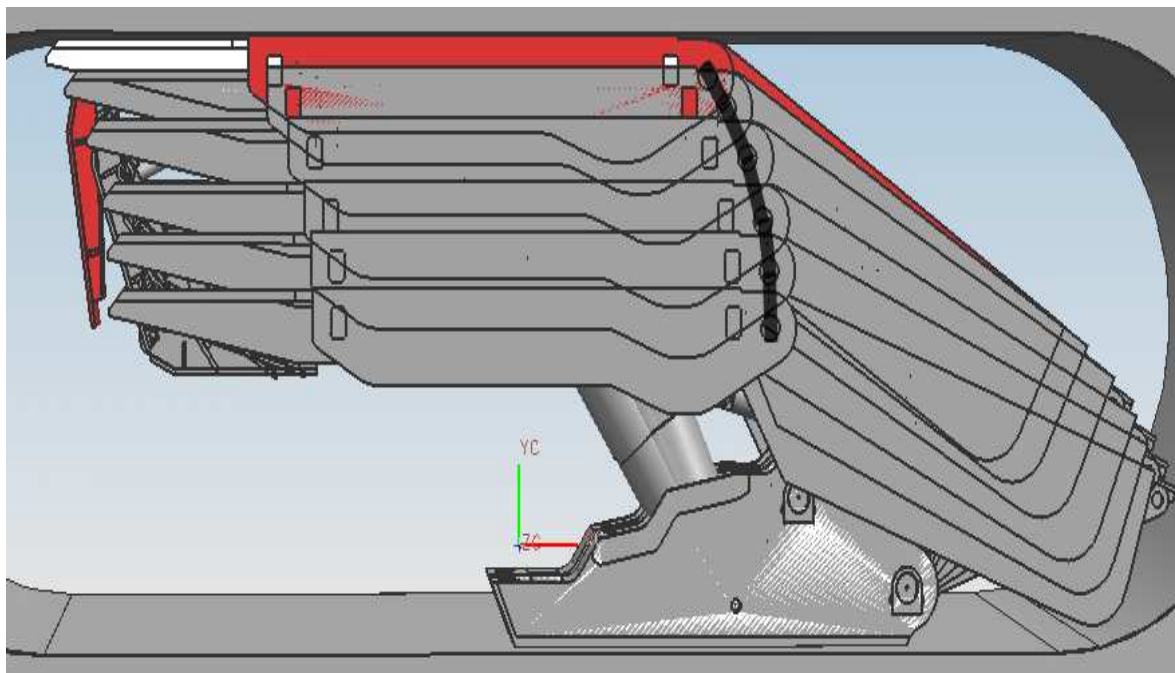
2. Analiza funkcjonowania obudowy dwustojakowej

Obudowa dwustojakowa to obudowa, w której jako elementy podporowe wykorzystano dwa stojaki hydrauliczne. Jej model przedstawiono na rys. 1. Cechą tej obudowy jest koncentracja przenoszonego obciążenia w dwóch stojakach hydraulicznych, co generuje większe naprężenia w obrębie ich punktów zamocowania [1, 2].



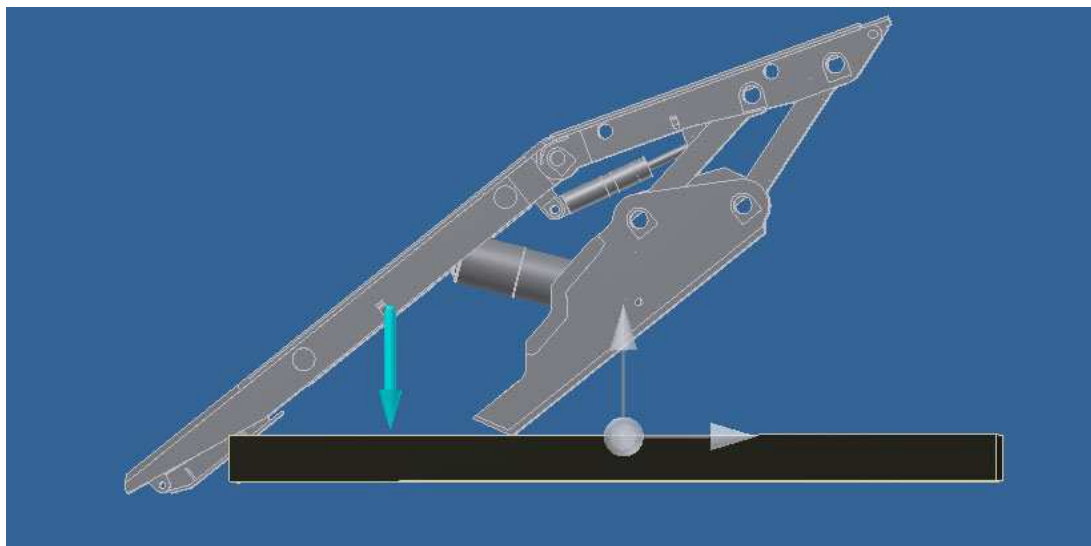
Rys.1. Model obudowy dwustojakowej
Fig.1. Model of a two-cylinders support

Prowadząc badania nad rozpięciem i rabowaniem tej obudowy, wyznaczono także przebieg charakterystycznej dla niej lemniskaty (rys. 2). Badanie te pokazują jak zmienia się podczas ruchu pionowego obudowy jej poziome położenie stropnicy. W przypadku kontaktu ze stropem wywołuje to powstanie dodatkowych naprężeń o kierunku poziomym, które przenoszą się na inne elementy struktury obudowy.



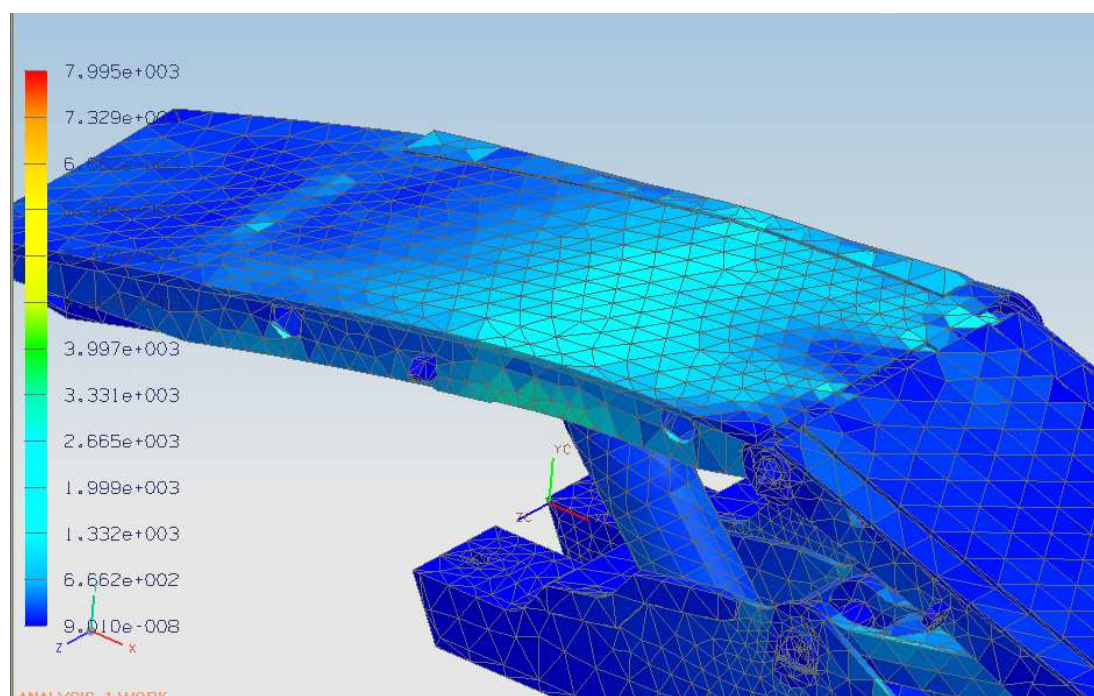
Rys.2. Symulacja ruchu obudowy dwustojakowej
Fig.2. Simulation of movement of a two-cylinder support

Przeprowadzono również analizę stabilności badanej obudowy dwustojakowej. Potwierdziła ona opinię o ich nietypowym zachowaniu w przypadku niektórych obciążeń. W czasie tąpnięć stropnica wbijała się w ocios węglowy [4]. Na rys. 3 przedstawiono zachowanie obudowy i zaznaczono punkt stabilności.



Rys.3. Analiza stabilności obudowy dwu-stojakowej
Fig.3. Stability analysis of a two-cylinder support

Poniżej (rys. 4) przedstawiono wyniki analizy MES. Zwraca uwagę koncentracja naprężeń w okolicy punktów mocowania stojaków obudowy i łączników lemniskatowych.

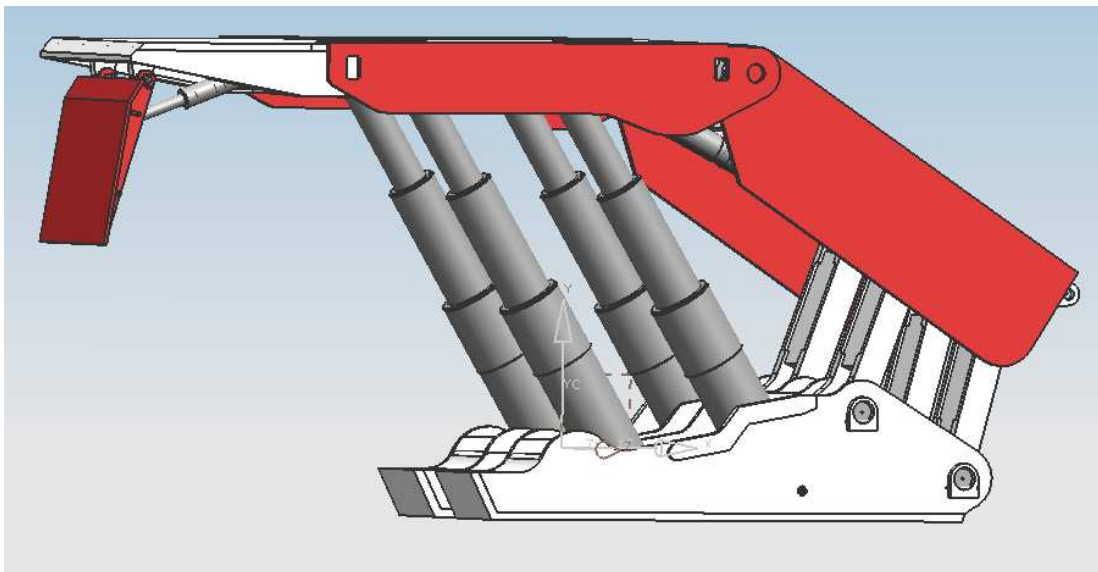


Rys.4. Analiza MES obudowy dwu-stojakowej
Fig.4. FEM analysis of a two-cylinder support

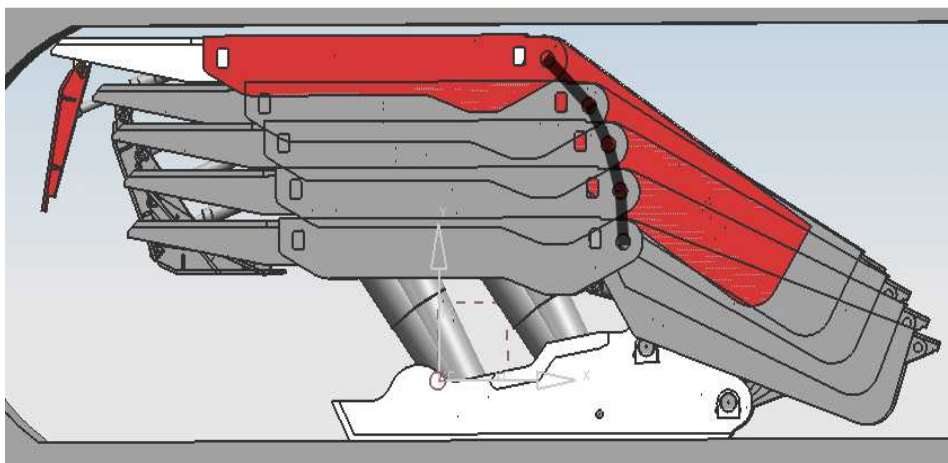
Przeprowadzone badania wykazały istotne wady obudowy dwustojakowej, a mianowicie jej słabą stabilność przy niektórych obciążeniach oraz spiętrzenie naprężeń w okolicy punktów montażu siłowników i w łącznikach lemniskatowych.

3. Analiza funkcjonowania obudowy czterostojakowej

Obudowa czterostojakowa to odmiana obudowy dwustojakowej [5]. Jej model powstał na bazie modelu obudowy dwustojakowej, by zachować ten sam zakres funkcjonalności obudowy jako całości (zakres roboczy i gabaryty). Zmniejszyła się jedynie przestrzeń dostępna pod stropnicą. Model tej obudowy przedstawia rys. 5. Natomiast na rys. 6 przedstawiono fazy ruchu obudowy w czasie rozpierania i zaznaczono lemniskatę.

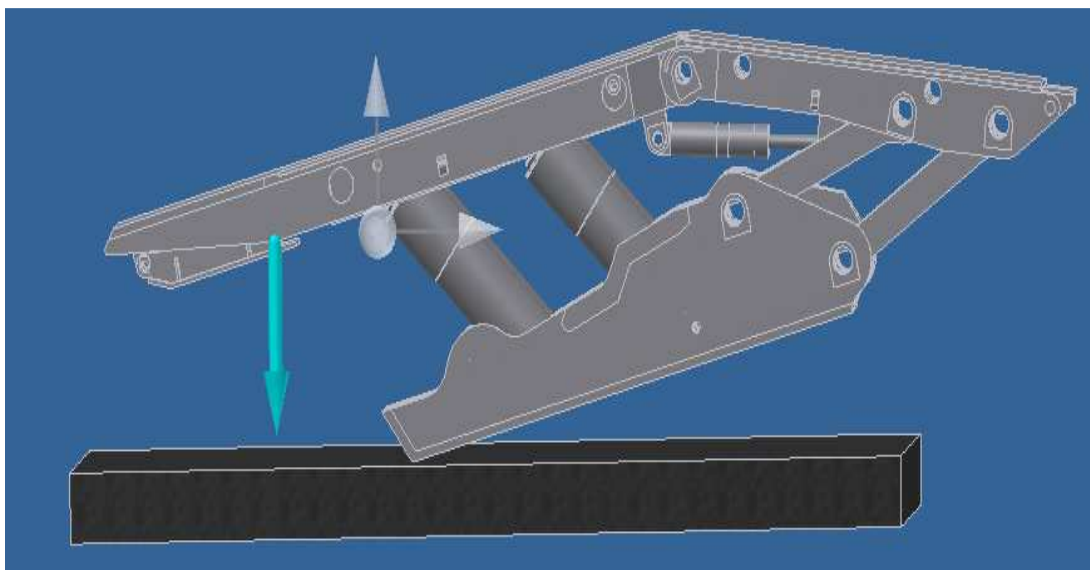


Rys.5. Model obudowy czterostojakowej
Fig.5. Model of a four-cylinders support



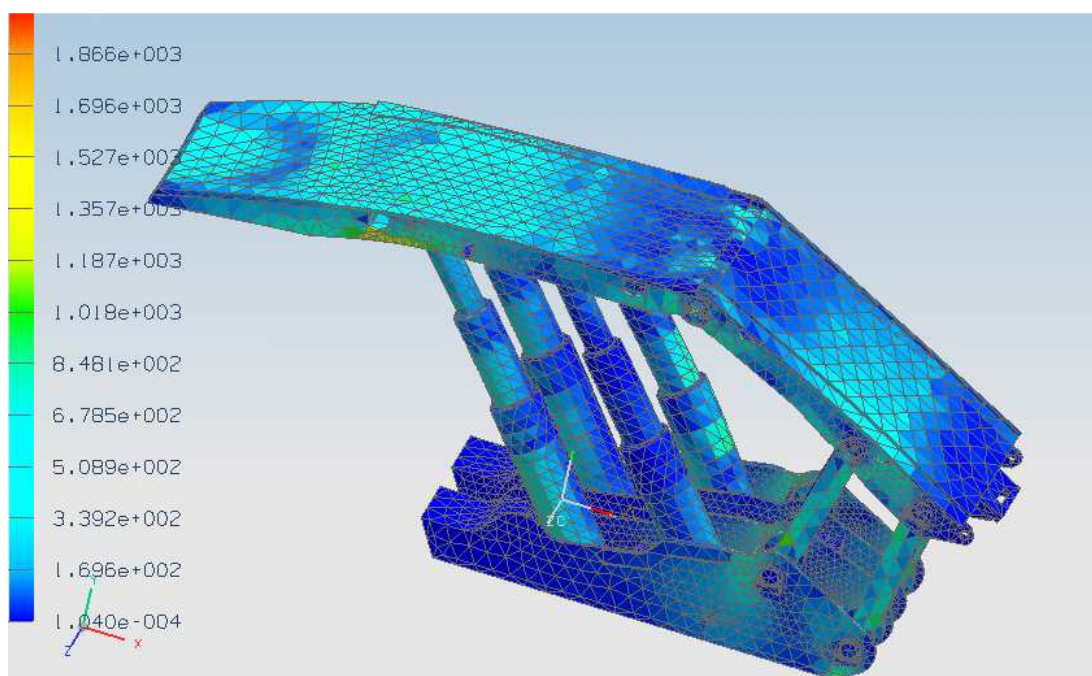
Rys.6. Symulacja ruchu obudowy czterostojakowej
Fig.6. Simulation of movement of a four-cylinder support

Analiza stabilności tej obudowy potwierdziła, iż zwiększenie rozstawu punktów podporowych zdecydowanie ją poprawiło (rys. 7).



Rys.7. Analiza stabilności obudowy czterostojakowej
Fig.7. Stability analysis of a four-cylinder support

Podobnie jak w przypadku stabilności, badania naprężeń (rys. 8) pokazały, iż są one bardziej równomierne na obszarze całej stropnicy. Jednakże ich koncentracja w obszarze łączników lemniskatowych pozostała.



Rys.8. Analiza MES obudowy czterostojakowej
Fig.8. FEM analysis of a four-cylinder support

Badania obudowy czterostojakowej potwierdziły, że rozwiązanie to jest bardziej korzystne ze względu na kryteria konstrukcyjne odnoszące się do optymalnego rozkładu naprężeń czy też stabilności pracy przy różnych typach i rodzajach obciążenia. Niestety wadą tej obudowy jest jej wyższy koszt i większa złożoność.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, iż pod względem cech konstrukcyjnych rozwiązaniem bardziej optymalnym jest obudowa czterostojakowa. Wykazuje się ona nie tylko lepszym (bardziej równomiernym) rozkładem naprężeń, ale też lepszą stabilnością. Tym samym realizuje ona zasadę optymalnego stanu obciążenia i optymalnej stateczności [3]. Natomiast pod względem kryteriów wytwórczych i eksploatacyjnych (koszty i prostota) lepsza okazuje się obudowa dwustojakowa.

Z drugiej strony, obydwie te obudowy wykazują wady wynikające ze stosowania układu lemniskatowego. Jego konstrukcja powoduje, że poza oczekiwanym ruchem w kierunku pionowym stropnica wykonuje też ruch w kierunku poziomym. W sytuacji, gdy stropnica znajduje się w kontakcie ze stropem, utrzymywana jest ona przez siłę tarcia w swoim aktualnym położeniu poziomym. Gdy strop przesunie stropnicę w dół, jednocześnie blokując (poprzez siłę tarcia) możliwość ruchu poziomego, dochodzi do przeciążenia łączników lemniskatowych. Powoduje to ich pęknięcia [4]. Stąd konieczność poszukiwania rozwiązań eliminujących lub minimalizujących ten efekt.

Literatura

1. Antoniuk J., Opolski T.: Maszyny do eksploatacji podziemnej, Seria: Maszyny górnicze cz. 2, Katowice: Wydawnictwo Śląsk, 1979.
2. Chudek M., Pach A.: Obudowa wyrobisk eksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego cz.1, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2002.
3. Dietrych J.: System i konstrukcja, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1978.
4. Gwiazda J.: Górnicza obudowa hydrauliczna odporna na tąpnięcia, Katowice: Wydawnictwo Śląsk, 1997.
5. Smużyński J.: Obudowy zmechanizowane, Katowice: Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1993.

ANALYSIS OF LOADS AND STABILITY OF MINNG SUPPORTS

Summary: Mining supports are the technical means essential to productivity and safety in underground coal mines. There are several types of these devices. This paper presents a comparative analysis of two basic types of supports taking into consideration their functioning and stress distribution. The results indicate that the best, in terms of these parameters, is the four-cylinders support.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Teodor Daniel MÎNDRU*, Ciprian CIOFU, Dumitru NEDELCU

Faculty Machine Manufacturing and Industrial Management,
Technical University "Gheorghe Asachi" of Iasi, Iasi, Romania

* mindru.daniel@gmail.com

FLOW SIMULATION OF THE TWO-COMPONENT PLASTIC INJECTION PROCESS WITH REINFORCED PARTS

Abstract: This paper presents a simulation of two-component injection process for obtaining plastic parts with metallic reinforcement using a specific software package, MoldFlow. It will consider the following process parameters, mould temperature and injection pressure. The study will analyze the comparison between plastic parts with and without metallic reinforcement. It will highlight the differences that occur between the input parameters, mould temperature and injection pressure and the out parameters, cooling time and injection time for those types of parts obtained. Furthermore will be simulated a mechanical stresses of traction using a specific software package, Cosmos, for both parts obtained.

1. Introduction

The two-component injection process has many applications such as in automobile industry, computer industry and in different pieces for household use. The need to increase productivity and the evolution of the molding machine and mold processing technologies, has allowed injected two component parts to be made on the one machine in one operation. To realize the two-component injection process the injection machine with two injection cylinders were made, and weaknesses related to network injection system was removed by creating heated channels.

The two-component injection process could be classified as followed:

- color injection is the classic two-component injection with two horizontal injection cylinders and automated transport system;
- color injection with one vertical cylinder and the other one horizontal;
- mixed injection where the cylinders are horizontal and parallel and the material comes up from both injection cylinders [1].

This paper will analyze the comparison between plastic parts with and without metallic reinforcement. It will highlight the differences that occur between the input parameters, mould temperature and injection pressure and the out parameters, cooling time and injection time for those types of parts obtained.

Most important factor of injection process is the cooling time and that occurs after the mold is opened, the cooling operation continues. In plastic injection cycle, the cooling times are the longest, getting up to 68% of the total period of the process [2].

The injection technology aims to obtaining the shortest cooling time possible that assures the prescribed quality of the piece.

The figure 1 presents the temperature variation inside a plastic component during the cooling operation.

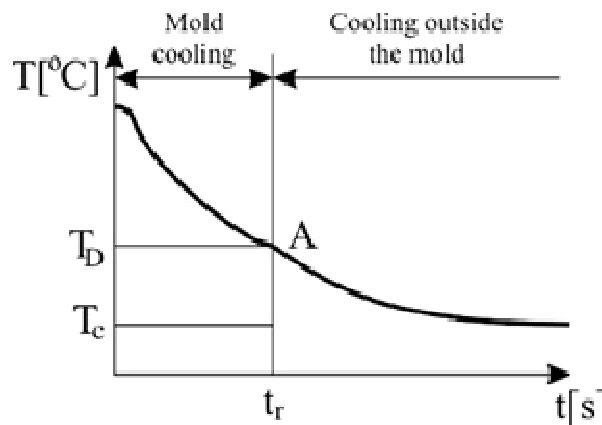


Fig. 1. Temperature variation inside a plastic piece during cooling operation; T_c – environmental temperature, T_D – mold release temperature; T_r – cooling temperature.[2]

Furthermore will be simulated a mechanical stresses of traction to analyze the comparison study between those types of parts obtained.

2. PREPARING THE SIMULATION PROCESS. RESULTS AND DISCUSSIONS.

2.1 Flow Simulation

The material used during the simulation is ABS and metallic reinforcement. The pieces used for study is presented in figure 2 and figure 3. The 3d models are realized using the SolidWorks2011 software package and for the flow simulation will use MoldFlow Software package.

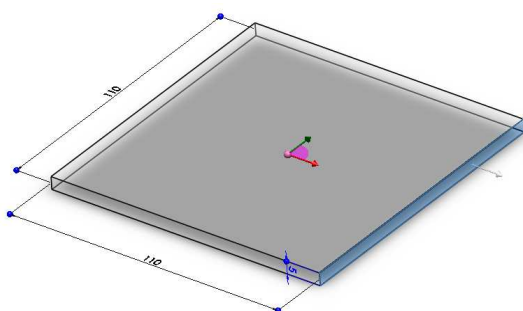


Fig. 2. Part without metallic reinforcement

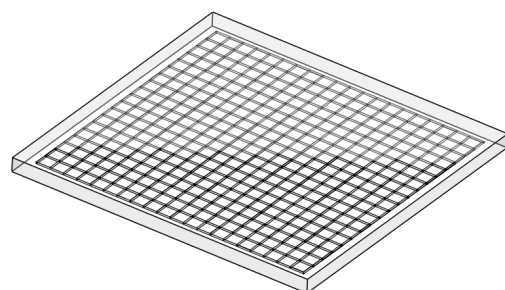


Fig. 3. Part with metallic reinforcement

Initial data on which the injection process will be studied are:

Machine parameters:

Maximum injection pressure:	= 1.8000E+02 MPa
Maximum machine clamp force:	= 7.0002E+03 Mg
Maximum machine injection rate:	= 5.0000E+03 cm ³ /s
Machine hydraulic response time:	= 1.0000E-02 s

Temperature control:

Melt temperature:	= 265.00 °C
Mold temperature:	= 75.00 °C

Mold-melt heat transfer coefficients

Global values. (Superseded by any values set on individual elements.)

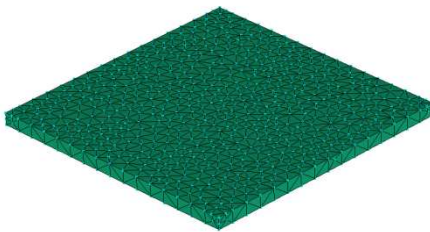
Filling	= 5000.0000 W/m ² -C
Packing	= 2500.0000 W/m ² -C
Detached	= 1250.0000 W/m ² -C

Atmospheric temperature = 25.00 C

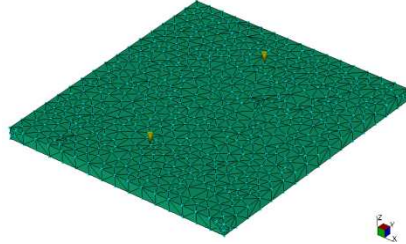
2.2 Flow simulation results

Following the injection process flow simulation were obtained the following results:

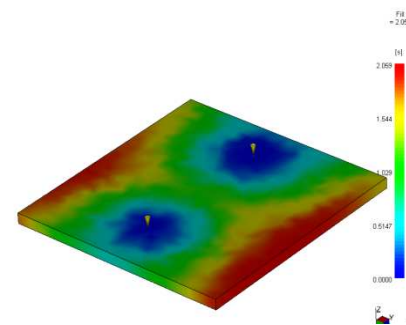
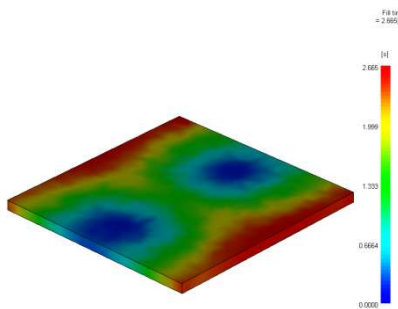
Part without metallic reinforcement



Part with metallic reinforcement



Mesh



Fill time

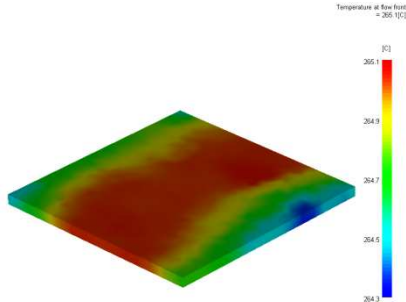
Filling phase results:

Current time from start of cycle = 2.6655 s
 Total mass = 62.3716 g
 Frozen volume = 7.0531%
 Injection pressure = 2.3491 MPa
 Volumetric shrinkage-minimum=3.6397%
 Volumetric shrinkage-maximum=11.180%
 Time at velocity/pressure switch-over =2.6621s

Filling phase results:

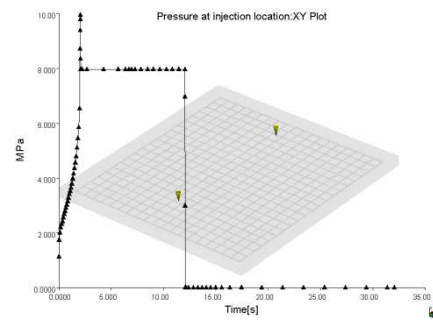
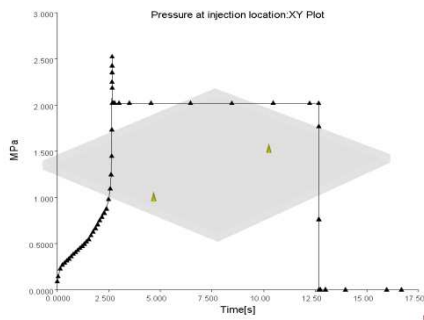
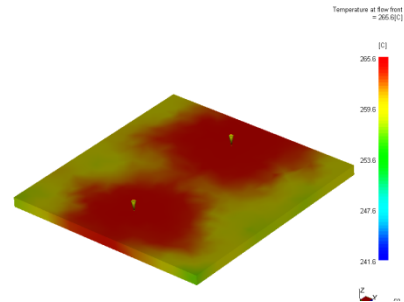
Current time from start of cycle = 2.0588 s
 Total mass = 59.5356 g
 Frozen volume = 6.3324%
 Injection pressure = 8.3458 MPa
 Volumetric shrinkage- minimum=2.3744%
 Volumetric shrinkage- maximum=12.269%
 Time at velocity/pressure switch-over =2.0508s

Injection pressure at velocity/pressure
switch-over= 2.5212 MPa
Volume filled at velocity/pressure
switch-over = 99.8892%

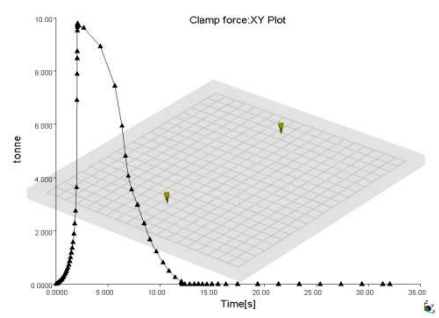
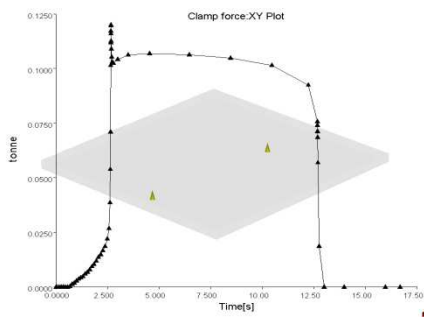


Temperature at flow front

Injection pressure at velocity/pressure
switch-over= 9.9412 MPa
Volume filled at velocity/pressure
switch-over = 99.6503%



Variation of injection pressure



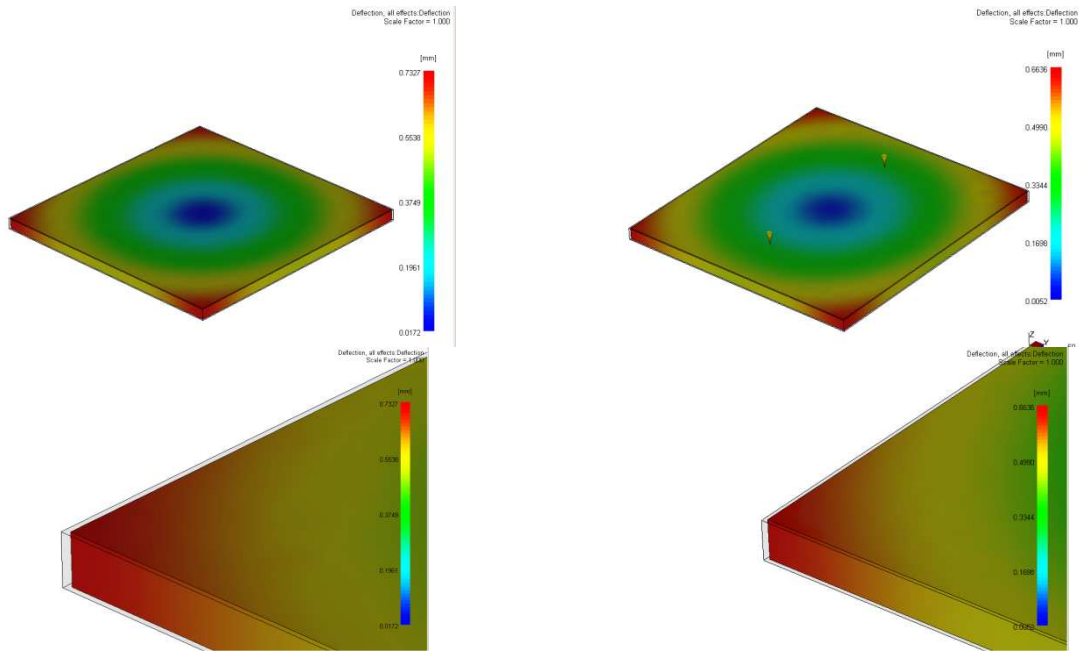
Variation of clamping force

Packing phase results summary:

Current time from start of cycle = 16.6621 s
Total mass = 64.2527 g
Frozen volume = 32.1140 %
Injection pressure = 0.0000 MPa
Volumetric shrinkage - minimum = 3.6397%
Volumetric shrinkage - maximum = 11.1809%
Maximum velocity = 0.9901 cm/s
Maximum shear rate = 346.4222 1/s

Packing phase results summary:

Current time from start of cycle = 32.0508 s
Total mass = 62.3522 g
Frozen volume = 100.0000 %
Injection pressure = 0.0000 MPa
Volumetric shrinkage - minimum = 2.3744%
Volumetric shrinkage - maximum = 12.2696%
Maximum velocity = 9.2277 cm/s
Maximum shear rate = 5926.1172 1/s



Warp deflection X,Y,Z

Minimum/maximum displacements at last step (unit: mm):

	Min.	Max.
Trans-X	-7.2657e-03	1.0377e+00
Trans-Y	-2.9667e-03	5.3170e-02
Trans-Z	-9.7771e-03	1.0381e+00

Minimum/maximum displacements at last step (unit: mm):

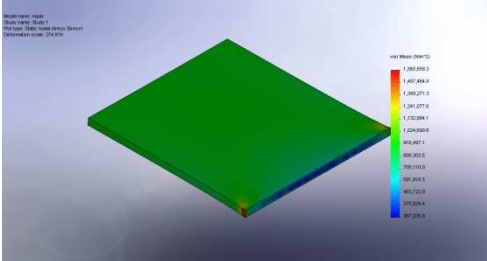
	Min.	Max.
Trans-X	-1.0769e-02	9.1734e-01
Trans-Y	-2.3517e-02	9.8747e-01
Trans-Z	-7.3720e-02	4.3363e-02

2.3. Mechanical simulation

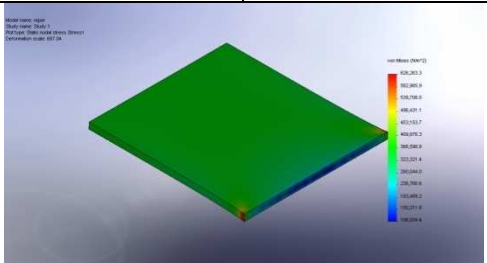
The simulation of mechanical stresses of traction is made in Cosmos software package and the initial data are:

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: -50 kgf

2.3.a. Part without metallic reinforcement – obtained results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	267336 N/m ² Node: 303	1.56566e+006 N/m ² Node: 7
			

2.3.b. Part with metallic reinforcement – obtained results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	106934 N/m ² Node: 420	626263 N/m ² Node: 43
			

3. Conclusions

After the experimental research the main conclusions are as follow:

- This comparative study reveals that for parts with metallic reinforcement the injection time is less because its pressure is much greater than the parts without metallic reinforcement;
- We can see a time when growth is achieved packing phase for the parts with metallic reinforcement which leads to an increase in injection time;
- About warp deflection phase, the parts with metallic reinforcement have a less displacements comparative with parts without metallic reinforcement;
- The mechanical simulations highlighting the advantage of minimum displacement for the parts with metallic reinforcement and great mechanical resistance.

Acknowledgements: This paper was realized with the support of POSDRU CUANTUMDOC “Doctoral Studies for European Performances in Research and Innovation” ID79407 project funded by the European Social Found and Romanian Government.

Bibliography

1. Fetecău, C., Injectarea materialelor plastice, Bucharest, 2005, p. 127 – 156.
2. Şeres, I., 1996, Injectarea materialelor termoplastice, Imprimeria de Vest Publisher, Oradea (1996), p. 254 – 300.
3. Fetecau C., et all. Overmolding injection molding simulation of tensile test specimen, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, Vol. II, No. 2/2010, Politehniun Publishing House, ISSN 2067-3604.
4. *** Plastics Data Charts - www.plastemart.com, Accesed: 23.04.2011.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Zbigniew MONICA*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* zbigniew.monica@polsl.pl

SYMULACJA PROCESU OBRÓBKII NA PODSTAWIE MODELU OBRABIARKI UTWORZONEGO W PROGRAMIE NX

Streszczenie: W artykule opisano zastosowanie programu NX do tworzenia programów NC. Przedstawiono proces modelowania obrabiarki, proces tworzenia postprocesora i proces generowania ścieżek narzędzia do obróbki ubytkowej części maszyn. Zaprezentowano praktyczny przykład obróbki elementu.

1. Wstęp

Znaczny wzrost zastosowania w przemyśle obrabiarek sterowanych numerycznie i innych maszyn NC spowodował zwiększone zainteresowanie programami wspomagającymi prace inżynierskie z zakresu komputerowego wspomagania projektowania oraz wytwarzania. Zainteresowanie tymi technikami wzrosło nie tylko ze względu na przyspieszenie prac projektowych, ale również z uwagi na możliwość uzyskania dużej elastyczności, wydajności i dokładności obróbki. Szczególnie dobre efekty można uzyskać stosując zintegrowane programy CAD/CAM, umożliwiające opracowanie programu sterującego na obrabiarkę NC na podstawie modeli geometrycznych CAD. Jednym z takich programów, w którym zastosowano zintegrowane moduły CAD/CAM/CAE, jest NX [5].

2. Model stanowiska obróbczego

Program NX dysponuje modułem MTB [1, 2], który symuluje ruchy obrabiarki i narzędzia na podstawie kodu NC. Umożliwia on budowę modelu obrabiarki na podstawie zespołu utworzonego w module CAD programu NX, definicję kinematyki obrabiarki (położenia osi i zakresów ich ruchu) oraz definicję układu sterowania obrabiarki. Układ sterowania jest definiowany jako wirtualny kontroler odwrotny (VNC – odwrotny postprocesor). Odtworzenie ruchu obrabiarki na podstawie kodu NC daje możliwość oceny poprawności postprocesora, analizy kolizji podczas symulacji obróbki oraz analizy przekroczeń zakresów osi obrotowych.

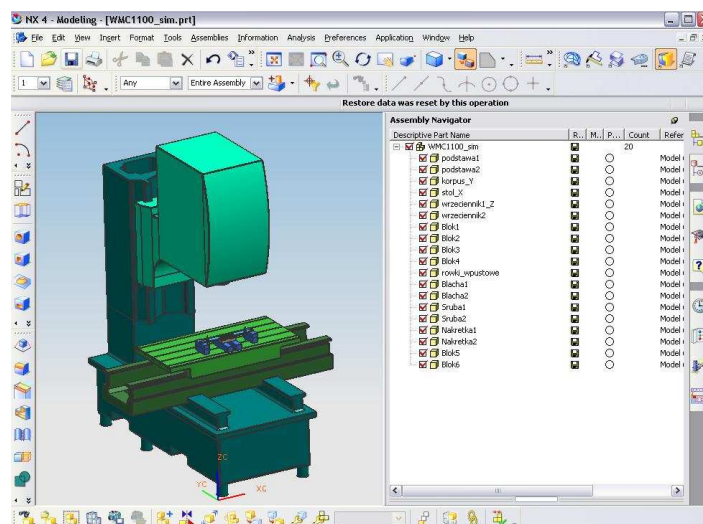
Jako przykład zamodelowano pionowe centrum obróbcze WMC1100 (rys. 1) [3, 4].



Rys.1. Pionowe centrum obróbcze WMC1100
Fig.1. Vertical machining center WMC1100

Przed definiowaniem kinematyki obrabiarki w programie NX należało zamodelować i utworzyć złożenie stanowiska obróbczego. Zamodelowano elementy obrabiarki wpływające bezpośrednio na analizę procesu obróbki.

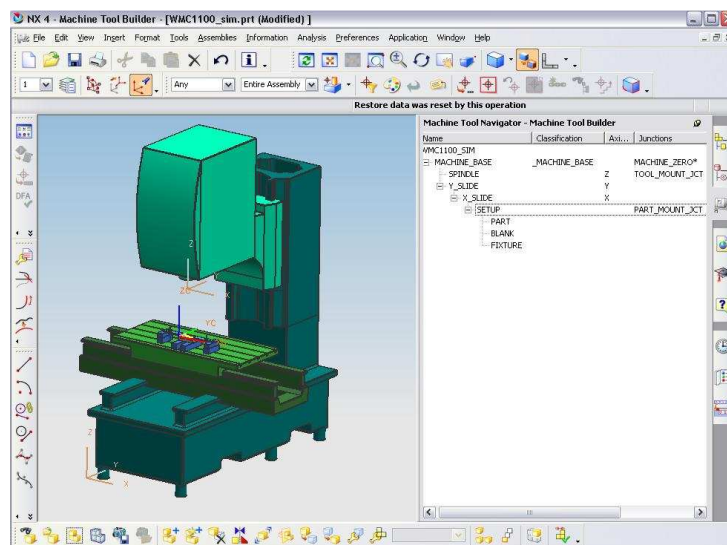
Po zamodelowaniu elementów składowych obrabiarki i wykonaniu ich złożenia zamodelowano elementy składowe uchwytu, które umieszczono na modelu stołu obrabiarki (rys. 2).



Rys.2. Złożenie - pionowe centrum obróbcze WMC1100
Fig.2.Assembly - Vertical Machining Center WMC1100

Bazując na modelu obrabiarki, w module Machine Tool Builder, zdefiniowano kinematykę obrabiarki, umożliwiającą przedstawienie pracy maszyny podczas symulacji procesu obróbki. W tym celu zdefiniowano nieruchome elementy obrabiarki (MACHINE_BASE), początek układu współrzędnych obrabiarki (MACHINE_ZERO), wrzeciennik (SPINDLE), podstawę stołu (Y_SLIDE), stół (X_SLIDE) i komponent SETUP, który jest bazą dla materiału wejściowego (BLANK), obrabianej części (PART) i uchwytu (FIXTURE).

W kolejnym etapie zdefiniowano osie układu współrzędnych dla ruchomych elementów obrabiarki oraz określono dla nich zakres wartości przemieszczeń. Następnie zdefiniowano początek układu współrzędnych dla narzędzia skrawającego (TOOL_MOUNT_JCT) i dla elementu obrabianego. Strukturę tych elementów przedstawiono na rys. 3.

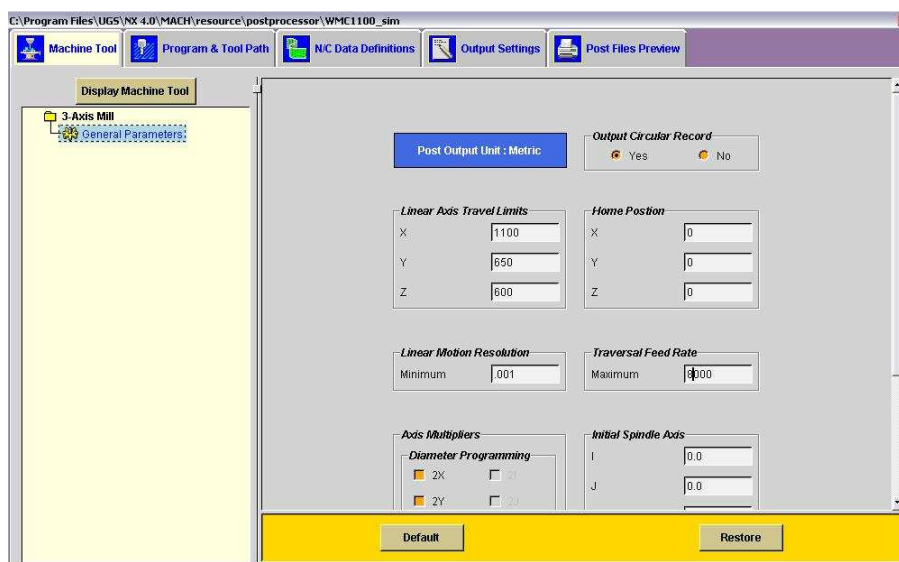


Rys.3. Struktura obrabiarki w Machine Tool Builder
Fig.3. Machine tools structure in Machine Tool Builder

3. Opracowanie postprocesora

NX zawiera aplikację NX POST Builder, która służy do generowania postprocesorów. W tej aplikacji utworzono postprocesor dla sterownika Sinumeric 810D zamodelowanej obrabiarki WMC1100.

Postprocesor ten został utworzony na zasadzie modyfikacji standardowego postprocesora dla frezarek 3-osiowych, znajdującego się w aplikacji POST Builder. W trakcie modyfikacji na początek wprowadzono dane maszynowe z dokumentacji techniczno-rozruchowej – limity posuwów, maksymalne obroty wrzeciona i dokładność obrabiarki (rys.4).

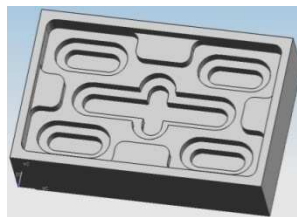


Rys.4. Okno dialogowe General Parameters
Fig.4. Dialog window General Parameters

Następnie zmodyfikowano bloki: rozpoczynający program (Program Start Sequence), reprezentujący funkcje przygotowawcze, kończący program (Program End Sequence), reprezentujący wymianę narzędzia, generujący ruch narzędzia po okręgu, reprezentujący szybki ruch wrzeciona w funkcji G0. Ponieważ układ sterowania definiowano jako wirtualny kontroler odwrotny (VNC - odwrotny postprocesor), na zakończenie włączono generowanie VNC.

4. Modelowanie elementu obrabianego i tworzenie ścieżek narzędzi

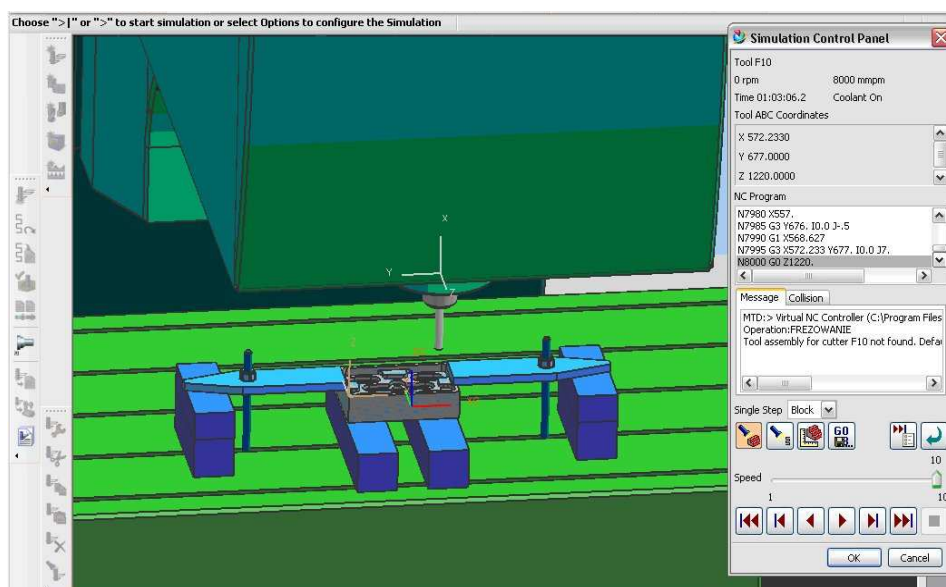
W kolejnym etapie zamodelowano element obrabiany w module CAD programu NX (rys. 5).



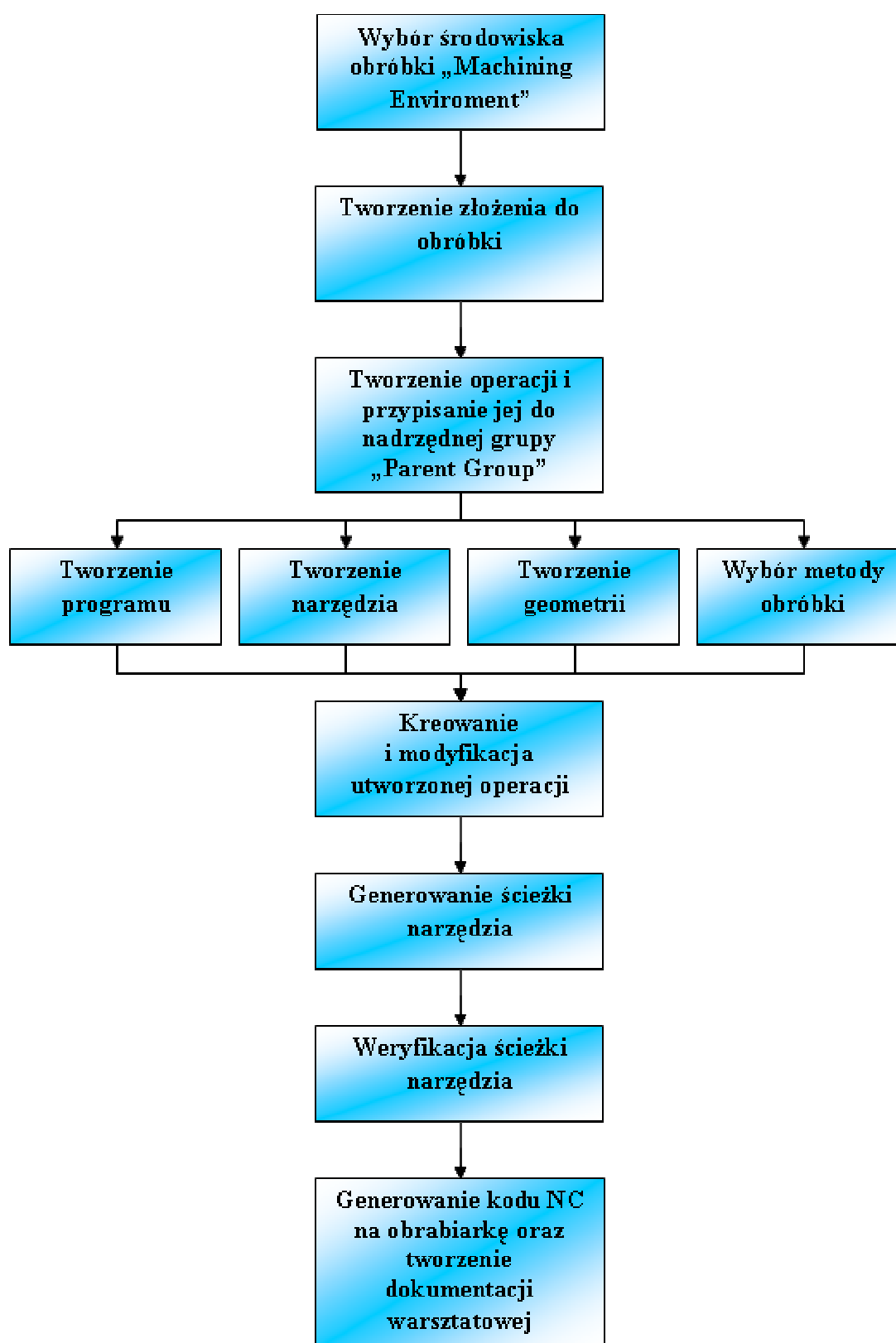
Rys.5. Model elementu obrabianego
Fig.5. Model of a manufactured element

Następnie w module CAM programu NX utworzono ścieżki narzędzia zgodnie z algorytmem przedstawionym na rys. 7.

Po utworzeniu ścieżek narzędzia przeprowadzono wstępną symulację obróbki, która umożliwiła sprawdzenie poprawności obróbki. Następnie symulowano obróbkę z zastosowaniem utworzonego modelu obrabiarki (rys. 6). Po weryfikacji wygenerowano program NC za pomocą utworzonego postprocesora.



Rys.6. Weryfikacja ścieżek narzędzia
Fig.6. Tool paths verification



Rys.7. Algorytm tworzenia ścieżek narzędzia w module CAM
Fig.7. Algorithm of creating tool paths in the CAM module

W celu weryfikacji modelu, postprocesora i programu NC wykonano ten element na pionowym centrum obróbczym WMC1100. Plik z programem NC został przesłany z komputera do sterownika obrabiarki za pośrednictwem sieci LAN. Po zamocowaniu półfabrykatu uruchomiono obróbkę i wykonano element (rys. 8).



Rys.8. Wygląd elementu po obróbce
Fig.8. Workpiece after machining

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że, stosując narzędzia dostępne w programie NX, można w przystępny sposób wykonać model elementu obrabianego i wygenerować program obróbki ubytkowej na obrabiarce NC. Ponadto można w taki sposób zamodelować obrabiarkę, żeby zastosować jej model do symulacji obróbki na tej maszynie. W łatwy sposób można tworzyć postprocesory do generowania programów NC do sterowników obrabiarek NC.

Literatura

1. UGS Sp. z o.o.: Materiał szkoleniowy CAM Unigraphics.
2. UGS Sp. z o.o.: Kurs CAD I NX3 Grudzień 2004.
3. Kujawa W.: Praca dyplomowa magisterska: Symulacja procesów technologicznych z zastosowaniem systemu NX4. Gliwice 2007.
4. Wagner Maschinen: Instrukcja Obsługi. Pionowe Centrum Obróbcze WMC1100.
5. http://www.plm.automation.siemens.com/pl_pl/products/nx/index.shtml.

SIMULATION OF A MANUFACTURING PROCESS USING THE MACHINE TOOL MODEL CREATED IN UNIGRAPHICS SYSTEM

Summary: This paper presents the application of the NX system for creating NC programs. The process of machine tool modeling, post-processor creating and a tool-paths generating for machining machine parts was presented. The practical example of an element machining was also included.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Dumitru NEDELUCU^{1*}, Romeu CHELARIU², Ciprian CIOFU¹

¹ Department of Machine Manufacturing Technology, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi-Romania, Iasi, Romania

² Department of Materials Processing Technologies and Equipments, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi-Romania, Iasi, Romania

* dnedelcu@tcm.tuiasi.ro

THE STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH SI-C PARTICLES

Abstract: The composite materials with particles consisting of a basic material (matrix) embedded particles of one or more materials. The particles can be metallic or nonmetallic, as the matrix can be, metallic or non metallic. Like a first step the composite mixing involves the embedded process analysis of SiC particles in molten metal. The main issues considered relate to some aspects of embedding additional material in molten metal and methods of achieving the best possible including it. From this point of view was used the overheat of metallic matrix. The experimental plan was followed by Taguchi and structural analysis made was focus on four from 16 completed experimental researches. Six parameters were used each one has two levels. Also the micrographs corresponding experimental tests are presented.

1. Introduction

The composite materials with particles are composed from basic material (matrix) embedded with particles of one or more materials. The particles can be metallic or nonmetallic, as the matrix can be metallic or nonmetallic as well [1].

The metallic particles in the nonmetallic matrix: such a composite solid fuel rocket is composed of aluminum oxide powder in a flexible organic link, as that polysulphide, polyurethane or rubber. Another example is the material obtained from a metal powder which is suspended in a thermosetting resin. The composite material obtained is durable, tough, good conductor of heat and electricity, is used for sealing cold.

The nonmetallic particles with nonmetallic matrix: an example of this category is the material consists of sand and rock particles in a mixture of cement with water that reacts chemically and hardens. Particles of nonmetallic materials can be glass, which forming a composite material when the gas is in a glass matrix or plastic one.

The metallic particles in metallic matrix: a highly alloy composite material is obtained from metallic particles located in a metallic matrix, but is without "dissolve" process. The plumbum particles are commonly used in copper alloys and steel as well. Some metals are brittle at ordinary temperatures; the particles of these metals such as tungsten, chromium, molybdenum, can be included in a ductile matrix.

The nonmetallic particles in metallic matrix: nonmetallic particles, such as ceramics, may be embedded in a metallic matrix. The composite material obtained is called - cermet. Are known two classes such as:

- Oxide - based composite;
- Carbide - based composites.

The particles, large or small (micro), spherical form, flat or other configuration, is mainly used to produce composites with high wear resistance, ensuring the achieved product the following properties:

- reduced weight;
- remarkable fixed dimensional stability;
- high capacity of vibration damping.

The presence of particles leads to elongation decrease and therefore of material toughness (comparative with elongation and matrix toughness), which will minimize its use only to produce composites that are not required to excessive mechanical and thermal shock.

There are a wide variety of particles produced from SiC, graphite, Al₂O₃, mica, SiO₂, boron nitride, glass, MgO, TiC, Si₃N₄, steel or iron shot, ZrO₂, TiO₂, Pb, Zn, with widely varying sizes from less than one micron (crystals) to 500 microns or larger.

2. The embedded of complementary metal inside of molten metal

The achieving of composite involves like a first step the embedded process analysis of SiC particles in molten metal with the following relations is necessary [2].

Resultant of involved forces in the transfer of the molten metal particle is dependent on the physical properties of the two components and wetting conditions in the system. For a spherical particle, the net force acting on its entry in the liquid alloy is:

$$F_r = F_i + F_\sigma + F_a, \quad (1)$$

where: F_i is the inertia force; - the variation force caused by surface energy; - buoyancy force. The silicon carbide particle will penetrate into the melt if $F_r > 0$.

The inertia force can be determined by the equation:

$$F_i = m_p a_p, \quad (2)$$

where: is the mass of particle; - particle acceleration.

The force caused by the variation of surface energy accompanying the process (), is obtained from the relationship:

$$F_\sigma = \frac{A_p \Delta E_\sigma}{2r_p}, \quad (3)$$

where: A_p is the particle total surface $A_p = 4\pi r_p^2$; $\Delta E_\sigma = \sigma_{pg} - \sigma_{pl}$, σ_{pg} - particle-gas interphase tension; σ_{pl} - interphase tension solid-liquid alloy particle; $2r_p$ - the minimum distance that a solid particle to penetrate through the molten metal.

Since, at equilibrium, according to Young's equation:

$$\sigma_{pg} - \sigma_{pl} = \sigma_{lg} \cos \theta, \quad (4)$$

the force due to surface energy variation will be:

$$F_\sigma = 2\pi r_p \sigma_{lg} \cos \theta, \quad (5)$$

where σ_{lg} is the melt surface tension.

The buoyancy force is given by the equation:

$$F_a = -\rho_l V_p a_p, \quad (6)$$

where: ρ_l is the density of metallic melt and V_p - is the volume particles.

In these circumstances, the force required for particle to penetrate into the melt is:

$$F_r = m_p a_p \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_p} \right) + 2\pi r_p \sigma_{lg} \cos \theta. \quad (7)$$

If we note:

$$F_\rho = m_p a_p \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_p} \right), \quad (8)$$

the equation (7) becomes:

$$F_r = F_\rho + F_\sigma, \quad (9)$$

where, F_ρ is the force determined by the difference between particle density and liquid alloy.

In terms of wetting ($\theta < 90^\circ$ and $F_\sigma > 0$) could be the following conditions:

-for $\rho_p > \rho_l$, $F_\rho > 0$, so $F_r > 0$. Therefore, the particle will be incorporated into the melt.

-if $\rho_p < \rho_l$, $F_\rho < 0$, so $F_r = F_\sigma - F_\rho$. It follows that the particle will be embedded or not fused to the value of its acceleration.

-for $\rho_p = \rho_l$, $F_\rho = 0$, so $F_r > 0$.

Under these conditions the particle will penetrate into the melt. The particles dispersed in the matrix may lead to significant reduction of crystalline grain size if the nucleated process is increases.

In a composite material the dispersed phase is expected to affect the stability of the solidification front, as it is a diffusion barrier and the change in the solid-liquid interface as well. When dendrites appear in smaller spaces than the distance between the main dendritic branches (developed under conditions of free growth) will have side branches twisted.

Could be consider that the limit of solid-liquid separation is appropriate isothermal melting temperature of the matrix, [6, 7].

If the distance between the particle and the interface is d , the corresponding isothermal melting temperature will be given by the next relation [5]:

$$\frac{(R+d)\left(1+\frac{a}{b}\right)}{r\left[1+a\left(\frac{R}{r}\right)^3\right]} = \cos\theta, \quad (10)$$

where: $a = \frac{1-K}{2+K}$; $b = \left(1+\frac{d}{R}\right)^3$; K – the ratio of thermal conductivities of matrix and particle ($K = \frac{\lambda_m}{\lambda_p}$).

When the $K > 1$, the forward speed of the solidification front will be slowed in the right particle, appearing solid during a recess in training and creating favorable conditions for embedding the particle in the crystalline grain.

In case of $K < 1$, the particle located in front of the solidification front will reduce the local heat flux from the melt and liquid-solid interface in the right supplementary material will form a projection which will tend to push the particle in the liquid phase continuously.

In order to achieve a better incorporation of the additional material can take a series of measures leading to a decrease in wetting angle. Techniques used for this purpose are: a solid component coverage or non-metal film, alloy metal bath, bath superheat metallic thermal treatment of dispersed material to oxidize or remove adsorbed gas layer.

3. The methodology used and results

The general methodology used for testing and planning follow the Taguchi method [4] with two levels for input parameters (Table 1):

- G_r is the particles grain, [μm];
- T_{emp} the casting temperature, [$^{\circ}\text{C}$];
- T_{imp} represents the mxing time, [min];
- A alloy type used;
- P is the mass percentage of particles, [%];
- V_a is the stirring speed of the mixing, [rot/min].

After the implementation the Taguchi planning results a total of 16 experimental researches. The best mechanical properties of the composites were obtained in experimental researches 3, 7, 9 and 11.

The results on structural analysis of the samples are presented below (Table 2 and Figures 1-4). It was considered a cast alloy with the following composition: 90.12% Al, 3.46% Cu, 4.8% and 0.24% Mn, 0.22% Mg, 0.4% Fe.

Optical microscopy and SEM microscopy were used for structural analysis matrix alloys and composites with silicon carbide particles.

For optical microscopy was used an optical microscope XJP-6A equipped with image acquisition system and specialized software for metallographic image analysis (Material Plus v4.1). SEM microscopy was used for an electron microscope VEGA Tescani II LMH Detection and equipped with EDX detector for chemical analysis microareas.

Working conditions were:

- vacuum environment (10^{-2} Pa);
- voltage 30kV;
- tungsten filament.

4. Conclusions

After the analyzing the structures of the samples above presented can be formulated the following conclusions take into account the parameters used. The solidification velocity is different along the height of evidence, which supported the different size of dendrites α phase (metal matrix). The major granulation of ceramic particles avoid their agglomeration during mixing in metal matrix, which promotes better dispersion inside of liquid matrix volume favoring their obtaining a composite material with acceptable homogeneity. Concerning the low-speed mixing, due to less intense agitation causes a low porosity composite material which favors obtaining better mechanical properties. Other parameter, higher-temperature mixing, leads to a greater fluidity of the liquid alloy, which contributes to a better dispersion of ceramic particles. The mixing low-time matrix avoids contact with the air mixing chamber leading to a low porosity composite material. The percentages higher-mass particles contribute to the formation of a ceramic composite containing a higher volume ratio of ceramic particles influence on physical and mechanical properties of composite materials. Increasing and decreasing the Si content of Cu may promote wetting of ceramic particles which leads to increased volume fraction of ceramic component, and its better dispersion in the volume of liquid matrix with implications for physical and mechanical properties of composite materials.

Bibliography

1. Carcea, I., (2008). Materiale compozite. Fenomene la interfata, Politehnum Publishing House, ISBN 978-973-621-207-9, pp. 64-67, Iasi
2. Kacar, A.S., Rana, F., Ștefănescu, D.M. (1991). Kinetics of gas-to-liquid transfer of particles in metal matrix composites. Materials Science and Engineering, Al 35, pp. 95-100

3. Mourao, A., Slatineanu, L., Coelho, A., (2010). The effect of wiper edge inserts on the specific cutting energy in face milling of aluminium alloys, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, Vol. II, No. 2 / 2010, pp. 71-77, ISSN 2067-3604
4. Nedelcu, D., Pruteanu, O., (2000). Aspecte ale formarii canelurilor exterioare prin deformare plastica la rece utilizand metoda Taguchi, Tehnica-Info Publishing House, ISBN 9975-910-96-3, pp. 132-140, Chisinau
5. Shangguan, D., Ahuja, S., Ștefănescu, D. M. (1992). An Analitical Model for the interaction between an Insoluble Particle and an Advancing Solid/Liquid Interface. *Metallurgical Transactions A.*, Vol. 23 A, pp. 669-680
6. Susac, F., Banu, M., Epureanu, A. (2009). Cooling rate dependance on mould thickness for aluminum alloy casting, *Proceedings of ModTech2009 Internatioanal Conference*, ISSN 2066-3919, pp. 623-627, Iasi, Romania
7. Vizureanu, P et al (2010). Interdisciplinary researches of the potential limits for the solar energy in solids on heating-melting range, *Proceedings of ModTech2010 International Conference*, ISSN 2066-3919, pp. 671-674, Slanic-Moldova, Romania

FIGURES

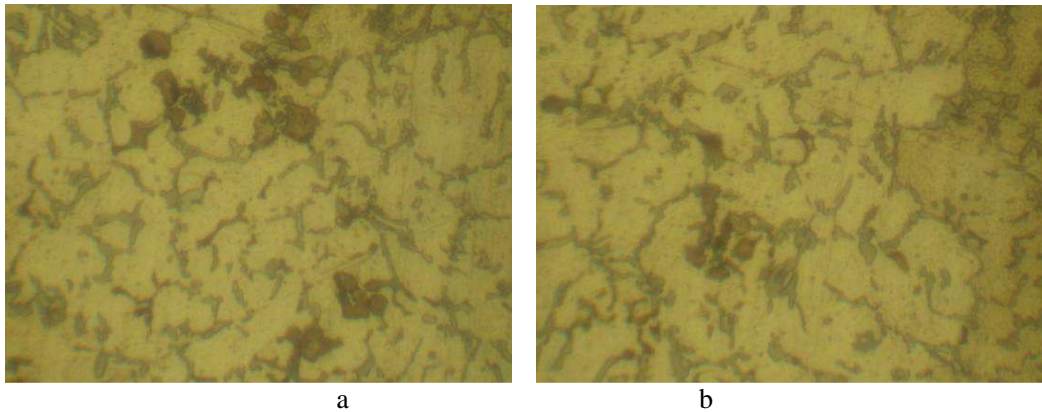


Fig.1. The micrographs for experimental testing no. 3
a-lower position; b-upper position

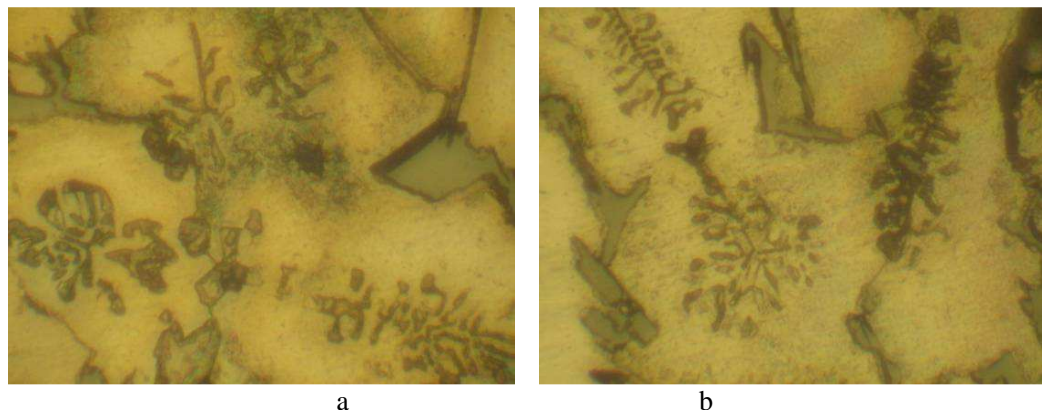


Fig. 2. The micrographs for experimental testing no. 7
a- lower position; b-upper position

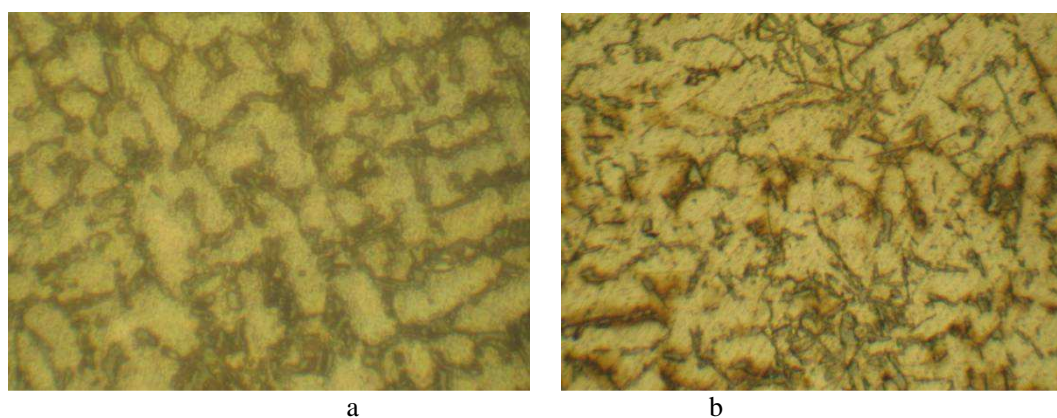


Fig. 3. The micrographs for experimental testing no. 9
a-lower position; b-upper position

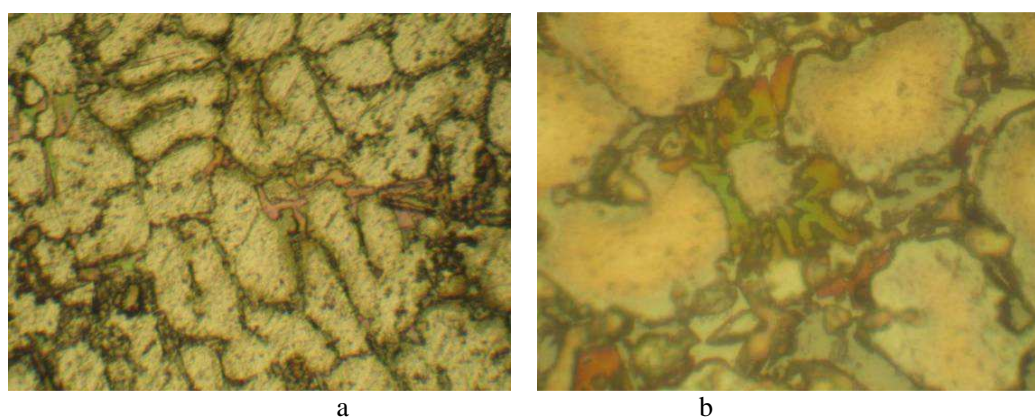


Fig. 4. The micrographs for experimental testing no. 11
a-lower position; b-upper position

TABLES

Table 1. The variation levels of input parameters

Input parameter <i>Levels</i>	Gr [μm]	T [$^{\circ}\text{C}$]	Time [min]	Alloy type, (European Standard)	P [%]	V, [rot/ min]
<i>1 level</i>	40	650	1	ENACAlSi5Cu3Mg	2	250
<i>2 level</i>	120	750	3	ENACAlSi7Cu2Mg	6	720

Table 2. Microstructural observations / sample position

No.	Upper and lower positions
3	<p>Composit ENACAISi5Cu3Mg+SiC: $G_p = 60 \mu\text{m}$, $\text{Temp}_{\text{stirring}} = 750 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Time}_{\text{stirring}} = 1 \text{ min}$, $P_p = 6 \%$ (mass), $V_{\text{stirring}} = 250 \text{ rot/min}$, Width of micrographs = $130\mu\text{m}$</p> <p>There is a big difference between the sizes of dendrites α phase (metal matrix) from the lower and upper composite sample and contact with heat source at the top of the sample favors reducing the solidification rate of the composite material, the particles are positioned in space interdendritic, which shows a weak humectability inter-dendritics areas because it solidifies the end, after the expulsion of particles inside α dendritic phase (metal matrix); also observed in the inter-dendritic space the presence of intermetallic compounds of silicon and aluminum alloy characteristics of aluminum alloy used as matrix.</p>
7	<p>Composit ENACAISi7Cu2Mg+SiC: $G_p = 60 \mu\text{m}$, $\text{Temp}_{\text{stirring}} = 750 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Time}_{\text{stirring}} = 1 \text{ min}$, $P_p = 6 \%$ (mass), $V_{\text{stirring}} = 250 \text{ rot/min}$, Width of micrographs = $130\mu\text{m}$</p> <p>Could be observed the existence of separations due to increased percentage of Si eutectic alloy used as matrix.</p>
9	<p>Composit ENACAISi7Cu2Mg+SiC: $G_p = 60 \mu\text{m}$, $\text{Temp}_{\text{stirring}} = 650 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Time}_{\text{stirring}} = 3 \text{ min}$, $P_p = 2 \%$ (mass), $V_{\text{stirring}} = 250 \text{ rot/min}$, Width of micrographs = $130\mu\text{m}$</p> <p>Could be observed particles within dendrites phase α (metal matrix) which shows that increasing the Si content and decreasing the Cu particle wetting by favoring the metal matrix.</p>
11	<p>Composit ENACAISi7Cu2Mg+SiC: $G_p = 40 \mu\text{m}$, $\text{Temp}_{\text{stirring}} = 750 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Time}_{\text{stirring}} = 1 \text{ min}$, $P_p = 6 \%$ (mass), $V_{\text{stirring}} = 250 \text{ rot/min}$, Width of micrographs = $130\mu\text{m}$</p> <p>It notes the existence of separations due to increased percentage of Si eutectic alloy used as matrix. Contact with heat source at the top of the sample favors reducing the solidification rate of the composite material.</p>

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Grzegorz OCHMAN*

Kompania Węglowa S.A., 40-039 Katowice, ul. Powstańców 30

*g.ochman@kwsa.pl

SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM I HIGIENĄ PRACY JAKO ELEMENT ZINTEGROWANEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA NA PRZYKŁADZIE KOMPANII WĘGLOWEJ S.A.

Streszczenie: W artykule przedstawiono system zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy wdrożony w Kompanii Węglowej S.A. Stanowi on obecnie element zintegrowanego systemu zarządzania, obejmującego poza systemem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy system zarządzania jakością i ochroną środowiska. W artykule w sposób szczegółowy zaprezentowano ten obszar systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, który dotyczy identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka zawodowego oraz kształtowania świadomości i motywowania pracowników do działań na rzecz poprawy BHP.

1. Wstęp

Rynek węgla kamiennego i silna konkurencja zmusza zakłady górnicze do wdrażania rozwiązań, których celem jest poprawa ich pozycji, poprawa metod zarządzania firmą oraz zmiana jej wizerunku, w szczególności w oczach klientów oraz podmiotów zainteresowanych współpracą z kopalniami. Koncepcje zmierzające do poprawy sytuacji w tym zakresie są proponowane przez organizacje normalizacyjne lub uznane organizacje międzynarodowe proponujące rozwiązania systemowe. Rozwiązania te zmierzają do poprawy skuteczności zarządzania przedsiębiorstw w określonych dziedzinach, a w konsekwencji także do poprawy ich efektywności.

W trosce o bezpieczeństwo pracowników, dobro klienta i stan środowiska naturalnego, Kompania Węglowa S.A. wdrożyła zintegrowany system zarządzania (ZSZ) zgodny z wymaganiami norm: ISO 9001:2005, ISO 14001:2004 oraz PN-N-18001:2004.

2. Zarządzanie ryzykiem zawodowym

W trakcie wdrażania zintegrowanego systemu zarządzania ujednolicono w całej firmie proces zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, a procedury wymagane w tym zakresie objęły zasięgiem wszystkie kopalnie Kompanii Węglowej S.A. Do najważniejszych procedur, które wymagały ujednolicenia, należały procedury dotyczące identyfikacji zagrożeń oraz oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy. Ten obszar zarządzania został wyposażony w narzędzie umożliwiające realizację postanowień procedur z wykorzystaniem technologii informatycznych.

Na podstawie wprowadzonych we wszystkich kopalniach Kompanii Węglowej S.A. jednakowych zasad dokonano identyfikacji zagrożeń zawodowych [2], w sposób szczególnie uwzględniając zagrożenia naturalne i zagrożenia wypadkowe. Uzyskane w ten sposób informacje wykorzystane zostały w „Analizie SWOT” [1] w celu określenia palety przedsięwzięć, jakie należy podjąć, aby eliminować i ograniczać ryzyko zawodowe.

Waga	Czynniki wewnętrzne	Waga	Czynniki zewnętrzne
SILNE STRONY		SZANSE	
0,20	Wdrożony system zarządzania bezpieczeństwem i polityka bezpieczeństwa uzgodniona z przedstawicielami pracowników.	0,30	Podniesienie wśród społeczeństwa (w tym pracowników), poziomu autotelicznej wartości bezpieczeństwa i higieny pracy.
0,30	Rozbudowany system monitoringu zagrożeń i przepływu informacji dotyczących bezpieczeństwa	0,10	Zaangażowanie pracowników i ich przedstawicieli w działania na rzecz poprawy bhp.
0,20	Doświadczona kadra kierownicza.	0,10	Obniżenie kosztów ponoszonych z tytułu składki na ubezpieczenie wypadkowe z możliwością wykorzystania na cele BHP.
0,30	Zaplanowane wydatkowanie odpowiednich środków finansowych na cele BHP	0,30	Ustabilizowany perspektywnie poziom zbytu i przychodu.
		0,20	Rozwój techniki górniczej w tym systemów monitoringu zagrożeń.
1,00		1,00	
SŁABE STRONY		ZAGROŻENIA	
0,30	Wysoki poziom zagrożeń naturalnych.	0,30	Prognozowany wzrost zagrożeń naturalnych.
0,20	Niedostateczny system dowozu załogi na stanowiska pracy pod ziemią.	0,20	Brak instrumentów finansowych dla pozyskania pracowników z kwalifikacjami wymaganymi w ruchu zakładu górniczego, w tym dla służb BHP.
0,20	Mało innowacyjny park maszynowy.	0,30	Wprowadzanie do obrotu wyrobów na zasadach ogólnych, bez uwzględnienia występujących zagrożeń naturalnych.
0,30	Duża liczba pracowników nowoprzyjętych nie posiadających odpowiedniego wykształcenia technicznego, jednoczesny ubytek doświadczonych pracowników.	0,20	Trudności w pozyskiwaniu załogi na rynku z powodu niedostatecznego szkolnictwa zawodowego.
1,00		1,00	

Rys.1. Analiza SWOT w obszarze BHP [źródło: Program poprawy BHP KW S.A.]

Fig.1. SWOT analysis on Occupational Health and Safety

Na podstawie wyników analizy SWOT opracowano *Program poprawy BHP*, w którym wytyczono główne kierunki działań, mające służyć zmniejszaniu liczby wypadków i poprawie higienicznych warunków na stanowiskach pracy, a tym samym ograniczeniu ryzyka zawodowego. Program ten, zgodnie z zasadami obowiązującymi w systemowym podejściu do zarządzania, został wdrożony uchwałą Zarządu KW S.A. i zaakceptowany przez Radę Nadzorczą Spółki. Program obejmuje osiem niżej wymienionych przedsięwzięć:

1. Zwalczanie zagrożeń naturalnych
2. Wymiana i modernizacja parku maszynowego
3. Poprawa transportu ludzi na stanowiska pracy
4. Poprawa warunków higienicznych na stanowiskach pracy
5. Polityka zatrudnieniowa
6. Szkolenia i podnoszenie kwalifikacji
7. Środki ochrony, urządzenia zabezpieczające
8. Podniesienie rangi służb BHP,

które precyzowane są szczegółowo w zdefiniowanych w *Programie* zadaniach. Finansowy zakres poszczególnych przedsięwzięć jest weryfikowany corocznie, z uwzględnieniem obowiązującego planu techniczno-ekonomicznego, a jego realizacja jest monitorowana w okresach kwartalnych. Sprawozdanie przedkładać jest zarządowi i radzie nadzorczej KW S.A. oraz stronie społecznej na posiedzeniach komisji bezpieczeństwa. Zidentyfikowane zagrożenia, jak również przedsięwzięcia i zadania zdefiniowane w *Programie poprawy BHP*, są wykorzystywane przy sporządzaniu kart oceny ryzyka zawodowego. Do tego celu zastosowano w Kompanii Węglowej S.A. oprogramowanie bazujące na ujednoczonych bibliotekach i rejestrach, które zawierają wszystkie te elementy, o których mówią przepisy prawa regulujące zasady oceny i dokumentowania ryzyka zawodowego.

3. Kształtowanie świadomości i motywowanie pracowników do działań na rzecz poprawy BHP

Prowadzone w Kompanii Węglowej S.A. analizy wypadków przy pracy wskazują jako najczęstszą ich przyczynę tzw. czynnik ludzki. Przyczyny osobowe stanowią ponad 70 % przyczyn wszystkich wypadków przy pracy. Stąd też konieczne jest stałe doskonalenie działań związanych z kształtowaniem świadomości i motywowaniem pracowników do działań na rzecz poprawy BHP.

Poniżej przedstawiono niektóre z działań realizowanych w KW S.A. w ramach systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, związanych z kształtowaniem świadomości i motywowaniem pracowników do działań na rzecz poprawy BHP. Należą do nich m.in.:

- 1) Webowy system intranetowy promujący zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy.

System ten umożliwia pracownikom Kompanii Węglowej S.A. uzyskiwanie informacji dotyczących m.in. takich zagadnień jak: bieżące statystyki wypadkowe, opisy wszystkich wypadków zaistniałych w kopalniach i zakładach Kompanii Węglowej S.A., edytowanie gotowych prezentacji multimedialnych jako materiałów szkoleniowych promujących bhp w firmie; dostęp do najnowszych aktów prawnych obejmujących zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy; informacje dotyczące środków ochrony indywidualnej i wyposażenia roboczego, a także inne informacje dotyczące bieżącej działalności Kompanii Węglowej S.A. w zakresie BHP. System ten posiada również moduł codziennej rejestracji wypadków, poprzez który zbierane są informacje dotyczące zagadnień wykorzystywanych podczas analiz stanu wypadkowości. Informacje uzyskane za pomocą tego systemu wykorzystywane są przez służby BHP w kopalniach jako element szkolenia i promowania BHP. Do informacji zawartych w tym systemie załoga kopalń Kompanii Węglowej S.A. ma również dostęp poprzez urządzenia multimedialne.

2) Multimedialne systemy przekazu informacji.

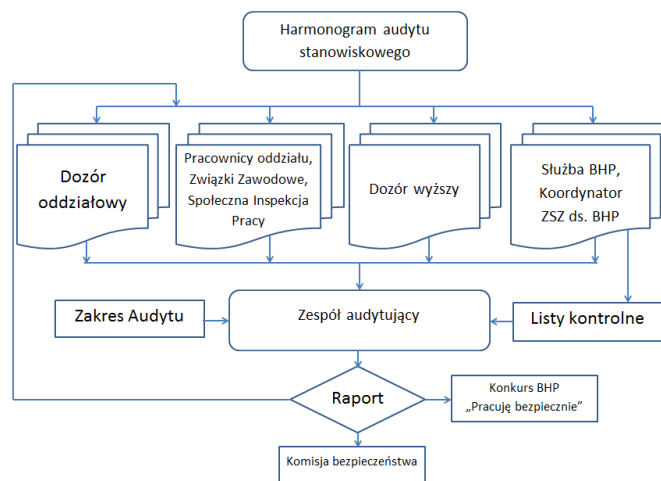
Multimedialne systemy przekazu informacji usytuowane są na stałe w miejscach najczęściej uczęszczanych przez załogę (cechownie, lampownie, pomosty dojsciowe). Urządzenia te są wykorzystywane do przekazywania informacji z zakresu BHP, w tym do projekcji filmów szkoleniowych, których jest ponad 60.

3) System szkoleń w dziedzinie bhp z wykorzystaniem Internetu (tzw. e-learning).

Główną zaletą tej metody jest jej nowatorska forma oraz konieczność aktywnego udziału szkolonego pracownika przez cały czas jego trwania. System ten cieszy się dużą popularnością wśród pracowników. Wyboru tej formy szkolenia dokonuje sam pracownik. Szkolenia dla osób zatrudnionych na stanowiskach robotniczych odbywają się w komputerowych salach szkoleniowych pod nadzorem instruktora.

4) Audyt stanowiskowy [3]

Jednym z rozwiązań mających na celu poprawę stanu BHP w KW S.A. jest podwyższenie pozycji bezpieczeństwa w hierarchii wartości pracy i stworzenie mechanizmów, które spowodują aktywne włączenie się wszystkich pracowników w jego poprawę. Realizowane jest to poprzez audyt stanowiskowy – przegląd stanowisk pracy prowadzony przy współudziale przedstawicieli pracowników.



Rys.2. Audyt stanowiskowy w KW S.A. [3]

Fig.2. Workplace audit in KW S.A.

Audyt realizowany jest z wykorzystaniem programu komputerowego służącego do tworzenia list kontrolnych audytu stanowiskowego, przechowywania wyników przeprowadzonego audytu oraz tworzenia rankingu audytowanych oddziałów.

Wyniki audytów brane są pod uwagę podczas wyłaniania kandydatów do organizowanego corocznie konkursu BHP pt. „Pracuję bezpiecznie”. Dla pracowników najlepszych oddziałów i ich rodzin organizowane są imprezy plenerowe, podczas których promowane są działania i postawy probezpieczne. Ponadto z oddziałów, które osiągnęły najlepsze wyniki podczas audytu stanowiskowego, wyłaniane są osoby mające prawo startu w finale konkursu „Pracuję bezpiecznie”. Dla laureatów konkursu fundowane są każdorazowo wysokie nagrody pieniężne. W roku 2010 nagroda dla zwycięzcy wynosiła 10 tys. zł.

5) Adaptacja zawodowa pracowników nowo przyjmowanych

W celu jak najlepszego przygotowania nowo przyjmowanych pracowników do wykonywania czynności w ruchu zakładów górniczych określono jednakowe we wszystkich kopalniach KW S.A. zasady adaptacji zawodowej pracowników przyjmowanych na stanowiska robotnicze oraz absolwentów szkół wyższych zatrudnionych w kopalni. Każdy pracownik zatrudniany na stanowisku robotniczym jest przyjmowany na czas określony trwający 6 miesięcy, w czasie którego realizowany jest program adaptacji zawodowej. Adaptacja na stanowiska robotnicze trwa 3 miesiące i składa się z dwóch etapów.

Etap pierwszy – obejmuje szkolenie wstępne, na które składa się instruktaż ogólny i instruktaż stanowiskowy. Etap drugi – obejmuje adaptację zawodową w środowisku pracy.

Pracownikowi nowo przyjętemu po odbyciu szkolenia wstępnego wyznaczony zostaje oddział zgodny z potrzebami kopalni oraz dopasowany do posiadanego wykształcenia. W oddziale opiekę nad nowo przyjętym obejmuje wyznaczony opiekun oraz opiekun zastępujący. Opiekunowie są odpowiednio przeszkoleni w zakresie prowadzenia instruktażu stanowiskowego.

Po zakończeniu okresu adaptacji dokonuje się oceny tego okresu. Oceny dokonuje komisja w składzie: kierownik oddziału, w którym zatrudniony jest nowo przyjęty, osoba odpowiedzialna za szkolenie w dziedzinie BHP (nadsztygar ds. adaptacji zawodowej) oraz kopalniany psycholog.

6) Szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy, kursy kwalifikacyjne.

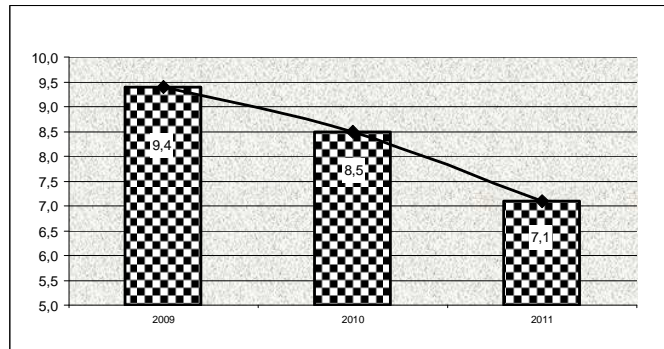
Szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz kursy kwalifikacyjne realizowane są w Kompanii Węglowej S.A. poprzez Kompanijny Ośrodek Szkolenia Sp z o.o. Szkolenia teoretyczne odbywają się w nowoczesnych salach multimedialnych, w sześciu przedstawicielstwach KOS zlokalizowanych przy kopalniach, a szkolenia praktyczne realizowane są m.in. w przykopalnianych sztolniach, które wyposażone są w najważniejsze urządzenia eksploatowane w kopalniach.

Każdy uczestnik szkolenia w dziedzinie BHP ma zapewnione materiały dydaktyczne, np. wydane w formie kieszonkowej książki pt.: „Poradnik górnika”, „Wademekum sztygara” oraz dwuczęściowe materiały dla kursu „Młodszy górnik”. Są to jedyne takie materiały opracowane dla branży górniczej, które uwzględniają najnowsze wymagania prawne w tym zakresie.

Poza wyżej wymienionymi, w Kompanii Węglowej S.A. prowadzonych jest szereg innych działań doskonalących zarządzanie bezpieczeństwem, jednak ze względu na ograniczenia objętościowe artykułu nie zostały w tym miejscu wymienione.

4. Podsumowanie

Skuteczność realizowanego w przedsiębiorstwie systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy wyrażana jest najczęściej poprzez wskaźniki, które obrazują stan wypadkowości i zachorowalności zawodowej. Od momentu wdrożenia w Kompanii Węglowej S.A. zintegrowanego systemu zarządzania zmniejsza się liczba wypadków przy pracy oraz ograniczana jest liczba stanowisk, na których występują przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń i nateżeń czynników szkodliwych dla zdrowia.



Rys.3. Wskaźnik wypadkowości w KW S.A. na 100 tys. roboczo-dniówek
[źródło: statystyki wypadkowe KW S.A.]

Fig.3. Coefficient of accident rate in KW S.A. for 100 k of workdays

Wśród najistotniejszych czynników, które przyczyniły się do osiągnięcia takiego wyniku należy wymienić dwa elementy systemu zarządzania BHP:

- zaangażowanie najwyższego kierownictwa
- zaangażowanie pracowników w problemy BHP.

Oba te elementy, których realizację opisano w punktach 2 i 3, podlegają w Kompanii Węglowej S.A. ciągłemu doskonaleniu, co jest zgodne z filozofią zintegrowanego systemu zarządzania i winny przyczynić się do dalszej poprawy stanu bezpieczeństwa i higieny pracy.

Literatura

1. Obłój K.: Strategia organizacji, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa 2001.
2. Karczewski J. System Zarządzania Bezpieczeństwem Pracy, ODDK Gdańsk 2000.
3. Pakura A., Ochman G, Furman Z Audyt stanowiskowy, jako element systemu motywującego do bezpiecznej pracy.: Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w Polskim górnictwie – konferencja, Ustroń 2007 s 103 -108.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM AS AN ELEMENT OF INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM. AN EXAMPLE OF KOMPANIA WĘGLOWA S.A.

Abstract: The article presents Occupational Health and Safety Management System implemented in Kompania Węglowa S.A. Nowadays it is a part of the Integrated Management System, which contains, apart from Occupational Health and Safety Management System, also Quality Management System and Environmental Protection. In the article the scope of Occupational Health and Safety Management concerning identification of threats and risk assessment, building of awareness and motivating employees to improve OHS were fully described.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr OCIEPKA*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*piotr.ocieпка@polsl.pl

ZASTOSOWANIE METODY CBR DO WSPOMAGANIA PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO

Streszczenie: W pracy zaprezentowano koncepcję systemu komputerowego, bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim do wspomaganie procesu projektowania i konstruowania maszyn. Do wspomaganie tego procesu zaproponowano metodę CBR (*Case Based Reasoning*). Przedstawiono sformalizowany opis działania systemu oraz pokazano strukturę i sposób funkcjonowania utworzonego oprogramowania.

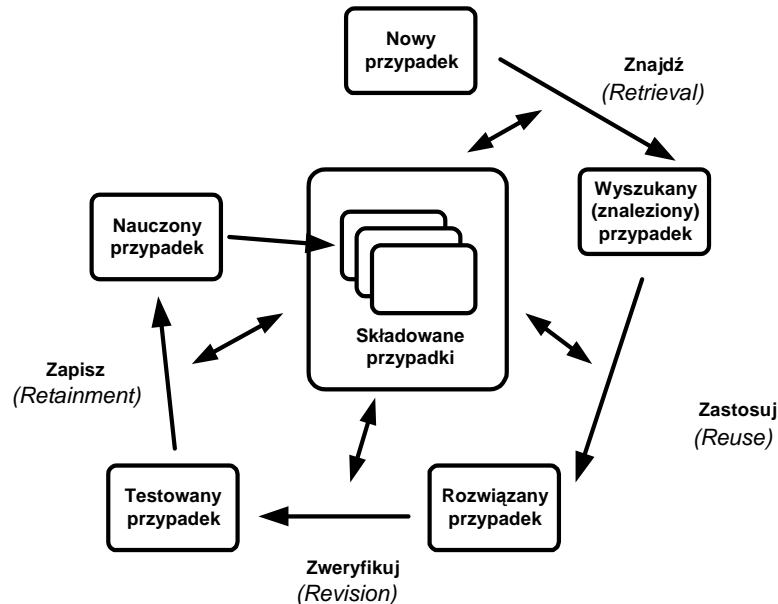
1. Wstęp

Dynamiczny rozwój techniki komputerowej, metod obliczeniowych, oraz metod sztucznej inteligencji, umożliwia budowę inteligentnych aplikacji CAD, wspomagających inżyniera w podejmowaniu decyzji projektowo-konstrukcyjnych. Prowadzone są próby pozyskiwania i gromadzenia specjalistycznej wiedzy inżynierskiej oraz doświadczenia, tworzenia na ich bazie dedykowanych programów wspomagających projektowanie i konstruowanie oraz integrowania ich z innymi środkami i narzędziami CAx [1,2,4,6,8,9]. Obecnie, dużą rolę we wspomaganie prac inżynierskich odgrywają systemy doradcze oraz systemy bazujące na metodzie CBR [5,7]. W przypadku złożonych problemów projektowych stosowane są aplikacje oparte na architekturze tablicowej, aplikacje wykorzystujące tzw. „inteligentnych agentów”, czy systemy hybrydowe łączące zalety kilku metod sztucznej inteligencji. W artykule zaprezentowano koncepcję systemu komputerowego, bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim, do wspomaganie procesu projektowania i konstruowania maszyn.

2. Metoda CBR

CBR jest metodą rozwiązywania problemów opartą na poszukiwaniu analogii (podobieństwa) pomiędzy zaistniałą sytuacją, a wcześniejszymi przypadkami, które odpowiednio opisane składowane są w pamięci komputera. Oprogramowanie, które rozwiązuje problemy w oparciu o tę metodę musi zostać wyposażone w mechanizmy pozyskiwania i przetwarzania wiedzy i doświadczenia oraz w mechanizmy efektywnego przeszukiwania baz danych oraz wyznaczania podobieństwa pomiędzy aktualną sytuacją

projektową, a składowanymi w bazie przypadkami. Na rysunku 1 pokazano sposób funkcjonowania metody CBR.

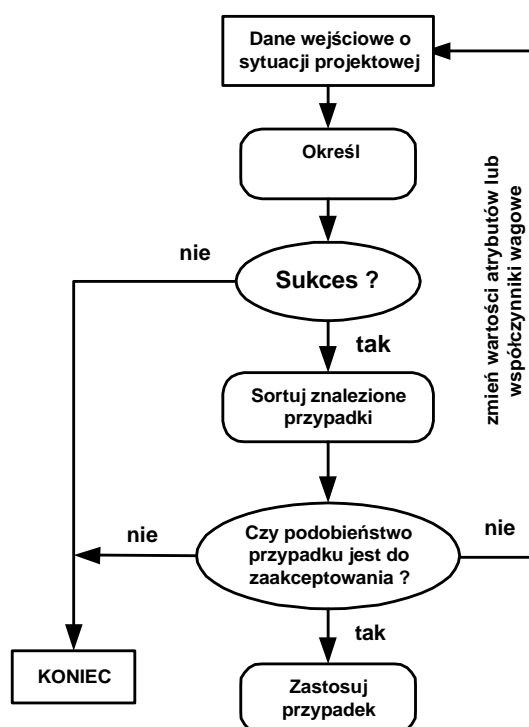


Rys. 1. Przebieg procesu rozwiązywania problemów za pomocą metody CBR
 Fig. 1. Scheme of the process of problems solving using the CBR method

Pierwszym etapem tego cyklu działań jest analiza rozpatrywanego zagadnienia oraz wyodrębnienie danych wejściowych, potrzebnych do wyznaczenia wzajemnego podobieństwa pomiędzy przypadkami. Kolejny krok to wyszukiwanie najbardziej zbliżonego problemu spośród zbioru problemów zgromadzonych w bazie przypadków (z ang. *Case Base*). W kolejnym etapie najbardziej zbliżony problemowo przypadek kierowany jest do ponownego zastosowania. Kolejny krok to weryfikacja i przystosowanie (dopasowanie) pozyskanego rozwiązania do zaistniałej i analizowanej sytuacji. Ostatnim etapem tego cyklu jest proces uczenia, czyli zapisanie nowego rozwiązania w bazie.

Do podstawowych zalet metody CBR należy zaliczyć usprawnienie procesu pozyskiwania wiedzy i doświadczenia. Proces ten przebiega niemal równoległe z tworzeniem nowego rozwiązania. Wypracowane rozwiązanie jest opisywane i zapisywane w bazie przypadków w momencie, kiedy wiedza na temat tego rozwiązania jest najpełniejsza (np. w momencie realizacji, czy ukończenia projektu).

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy algorytm działania systemu bazującego na metodzie CBR. W pierwszym kroku system pobiera informacje, wprowadzone przez użytkownika, o zaistniałej sytuacji projektowo-konstrukcyjnej. Następnie, na podstawie wprowadzonych wartości atrybutów oraz współczynników wagowych, wyszukuje przypadki najbardziej podobne do aktualnie rozwiązywanego zadania. W sytuacji, gdy system nie znajdzie odpowiednich analogii (o wymaganym stopniu podobieństwa), kończy swoje działanie. Jeśli znajdzie odpowiednie przypadki sortuje je względem uzyskanego stopnia podobieństwa. W następnym kroku użytkownik decyduje, czy stopień podobieństwa wybranych przypadków jest na tyle wystarczający, aby zakończyć poszukiwanie i wybrać zadowalające rozwiązania.



Rys. 2. Algorytm działania systemu bazującego na metodzie CBR
 Fig. 2. Algorithm of the system basing on the CBR method

Jeśli wybrane rozwiązania są zadowalające, system proponuje je do zaadaptowania. Kolejność proponowanych przez system przypadków zależy od wyznaczonego stopnia podobieństwa z bieżącą sytuacją projektową.

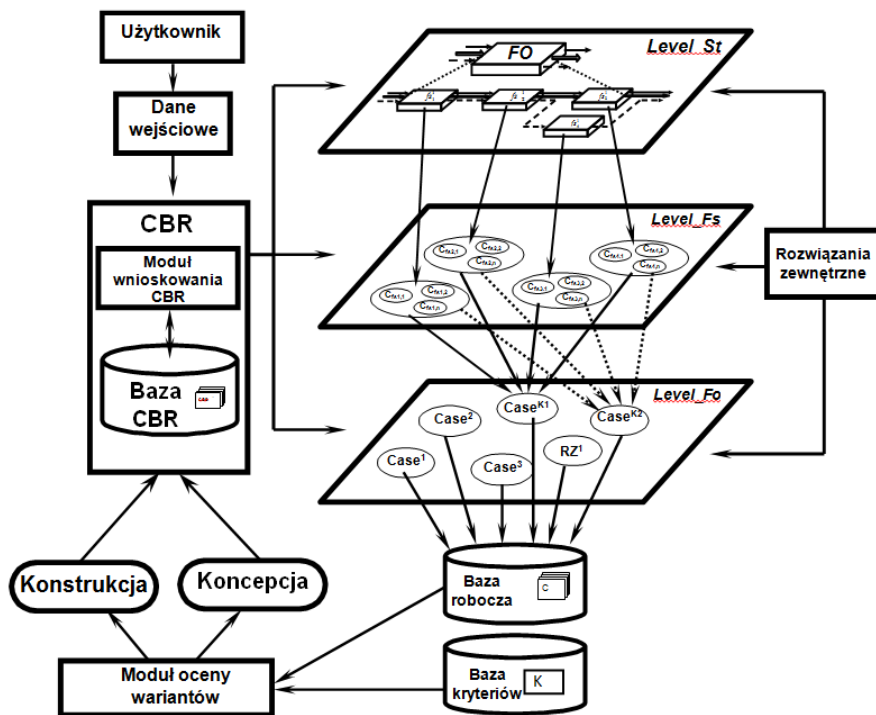
3. Zakres działania systemu

Proces projektowo-konstrukcyjny jest intelektualnym procesem twórczym, którego przebieg jak i rezultaty w bardzo dużym stopniu zależą od talentu, wyobraźni, zdolności kojarzenia i inwencji twórczej inżyniera [3]. Oprócz tych naturalnych, często wrodzonych czynników, na jakość tworzonej koncepcji i konstrukcji wpływają także narzędzia informatyczne, które umiejętnie zastosowane znacznie przyspieszają i ułatwiają działania inżynierskie. Zasadne więc jest poszukiwanie efektywnych metod informatycznych, wspomagających realizowanie działań projektowo-konstrukcyjnych.

System komputerowy, zbudowany na podstawie omawianej metody może wspomagać następujące działania (rys. 3):

- poszukiwanie struktur funkcji składowych, spełniających założenia projektowe,
- poszukiwanie rozwiązań projektowych spełniających funkcję ogólną,
- poszukiwanie rozwiązań projektowych spełniających poszczególne funkcje składowe,
- kombinowanie rozwiązań cząstkowych w celu spełnienia funkcji ogólnej,
- wartościowanie wariantów w celu określenia tzw. koncepcji wynikowej, która będzie rozwijana i opracowywana w dalszych fazach procesu projektowo-konstrukcyjnego,
- poszukiwanie konstrukcji realizujących poszczególne funkcje składowe i ogólną,
- zapisanie historii tworzenia koncepcji i konstrukcji,

- gromadzenie informacji o jakości utworzonych rozwiązań,
- gromadzenie danych eksploatacyjnych wytworu.



Rys. 3. Sposób funkcjonowania systemu SWPiK_CBR [1]
Fig. 3. Functioning of the SWPiK_CBR system [1]

4. Sformalizowany opis funkcjonowania opracowanej metody

Dany jest opis zadania, M_{case} , w którym użytkownik określa aktualną sytuację projektowo-konstrukcyjną.

$$M_{case} = \{ WA_1, w_1, WA_2, w_2, \dots, WA_j, w_j \} \quad (1)$$

gdzie: WA_j – wartość j – tego atrybutu opisującego sytuację projektowo-konstrukcyjną,
 w_j – waga j – tego atrybutu opisującego sytuację projektowo-konstrukcyjną.

W bazie CBR zapisany jest zbiór przypadków projektowo-konstrukcyjnych $Cases$, który zawiera struktury funkcji składowych, koncepcje oraz konkretne rozwiązania projektowe i konstrukcyjne powstałe podczas procesów projektowo-konstrukcyjnych realizowanych w przeszłości.

$$Cases = \{ case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^i [SPK_i, OP_i, GRP_i, OK_i, GRK_i] \} \quad (2)$$

gdzie: $case^i [SPK_i, OP_i, GRP_i, OK_i, GRK_i]$ – i -ty przypadek projektowo-konstrukcyjny,
 SPK_i – sytuacja projektowa i -tego przypadku,
 OP_i – opis i -tego przypadku projektowego,

GRP_i – graficzna reprezentacja i -tego przypadku projektowego.
 OK_i – opis i -tego przypadku konstrukcyjnego,
 GRK_i – graficzna reprezentacja i -tego przypadku konstrukcyjnego.

Na podstawie wartości poszczególnych atrybutów i wag zapisanych w opisie M_case mechanizm obliczeniowy CBR zgodnie ze wzorami (3) i (4) wyznacza stopień podobieństwa pomiędzy opisem zadania M_case , a przypadkami zapisanymi w bazie.

$$Sim(M_case, case^i) = 1 - Dist(M_case, case^i) \quad (3)$$

$$Dist(M_case, case^i) = \left(\frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k w_j^2 \cdot [M_case_j - case_j^i]^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

gdzie: $case_j^i$ – wartość j – tego atrybutu w i -tym przypadku,
 k – liczba odpowiadających sobie atrybutów,
 w_j – współczynnik wagowy j – tego atrybutu w rozpatrywanym przypadku.

W zależności od fazy procesu projektowo-konstrukcyjnego, użytkownik za pomocą mechanizmu wnioskowania CBR może pozyskiwać:

- rozwiązania na poziomie struktury funkcji składowej,
- rozwiązania realizujące przyjętą funkcję ogólną,
- rozwiązania realizujące wyodrębnione w strukturze funkcje składowe,
- konstrukcje realizujące przyjętą funkcję ogólną,
- konstrukcje realizujące wyodrębnione w strukturze funkcje składowe.

Następnie generowany jest zbiór przypadków o wymaganym stopniu podobieństwa $Cases^s$.

$$Cases^s = \{case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^k [SPK_k, OP_k, GRP_k, OK_k, GRK_k]\} \quad (5)$$

W kolejnym kroku system sortuje wybrane rozwiązania według stopnia podobieństwa i tworzy uporządkowany zbiór przypadków $Cases_u^s$.

$$Cases_u^s = \langle case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^k [SPK_k, OP_k, GRP_k, OK_k, GRK_k] \rangle \quad (6)$$

Uporządkowany zbiór $Cases_u^s = \langle \dots \rangle$ stanowi zbiór koncepcji i konstrukcji (pole możliwych rozwiązań), które mogą zostać zaadaptowane lub bezpośrednio zastosowane do rozwiązania aktualnie rozpatrywanego zadania projektowo-konstrukcyjnego.

5. Podsumowanie

W artykule omówiono możliwości zastosowania metody CBR do wspomaganie projektowania i konstruowania maszyn. Opisano przykładowy sposób funkcjonowania systemu komputerowego bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim. Zastosowanie opracowanej metody w procesie projektowo-konstrukcyjnym zdecydowanie poszerza spektrum rozwiązań projektowych i konstrukcyjnych, które rozpatrywane i analizowane są przez inżyniera, oraz skraca czas powstawania koncepcji i konstrukcji. Opracowana metoda może być stosowana do wspomaganie projektowania i konstruowania dowolnej grupy

maszyn. Aplikacja bazująca na zaproponowanej metodzie może wspomagać projektowanie wielowariantowe, innowacyjne, a także modułowe.

Literatura

1. Ociepka P., Świder J.: Współczesne systemy doradcze do wspomaganie projektowania maszyn. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.
2. Ociepka P.: Metoda komputerowego wspomaganie projektowania koncepcyjnego maszyn. Gliwice: Praca doktorska, 2002.
3. Pahl G., Beitz W.: Nauka Konstruowania. Warszawa: WNT, 1984.
4. Ociepka P.: Koncepcja systemu bazującego na wiedzy do wspomaganie projektowania koncepcyjnego maszyn. W: XIII Konferencja nt. „Metody i Środki Projektowania Wspomaganego Komputerowo”. Warszawa, 2001, s. 289–295.
5. Pokojski J. : Application of Case Based Reasoning in Machine Design. W: AI-MECH 2001 – Methods of Artificial Intelligence in Mechanics and Mechanical Engineering. Gliwice, 2001, s. 209–216.
6. Świder J., Ociepka P.: Obiektowy system SWPK komputerowego wspomaganie procesu koncepcyjnego projektowania maszyn. W: 11 International Scientific Conference – Achievements in Materials Engineering. Gliwice – Zakopane, 2002, s. 557–560.
7. Lee D., Lee K. H.: An approach to case-based system for conceptual ship design assistant. “Expert Systems with Applications” 1999, Vol.16, s. 97–104.
8. Ociepka P., Grabowik C.: Zastosowanie metody CBR do wspomaganie procesu projektowo-konstrukcyjnego i przygotowania technologii. „Mechanik” 2008, Nr 8-9/08, s. 728-733.
9. Ociepka P., Świder J.: Zastosowanie metody CBR do wspomaganie procesu projektowania maszyn. „Modelowanie Inżynierskie” 2009, Tom 6, Nr 37, Gliwice, s. 217 - 224.

CBR SUPPORT OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION PROCESS

Summary: The scope of the paper is the concept of a computer system based on the engineering knowledge and experience for supporting of machine design and construction process. Case Based Reasoning is the method proposed for assisting that process. A formalized description of the system is provided, as well as the structure and functioning of the created software.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr OCIEPKA^{*}, Krzysztof HERBUŚ, Andrzej DYMAREK, Tomasz DZITKOWSKI

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

^{*}piotr.ocieпка@polsl.pl

KONCEPCJA SYMULATORA DO NAUKI JAZDY SAMOCHODEM DLA OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH

Streszczenie: W pracy zaprezentowano koncepcję symulatora do nauki jazdy samochodem osobowym dla osób niepełnosprawnych. Przedstawiono strukturę funkcjonalną, założenia projektowe, oraz koncepcję i sposób działania projektowanego symulatora.

1. Wstęp

Aktywizacja i integracja osób niepełnosprawnych jest bardzo ważnym aspektem społecznym. Osoby niepełnosprawne, które chcą aktywnie uczestniczyć w życiu społecznym muszą być mobilne. Jest to szczególnie ważne w przypadku aktywizacji zawodowej. Stąd dla wielu osób z dysfunkcjami kończyn, niezbędne jest posiadanie odpowiednio przystosowanego samochodu wraz z uprawnieniami do jego prowadzenia. Innym ważnym aspektem jest podjęcie decyzji, czy dana osoba może ubiegać się i otrzymać takie uprawnienia i czy nie będzie stanowiła zagrożenia w ruchu drogowym. Dlatego autorzy wraz z zespołem podjęli się próby opracowania i zbudowania trenażera do nauki jazdy samochodem osobowym przystosowanego dla osób niepełnosprawnych.

W artykule przedstawiono założenia projektowe, opisano strukturę systemu, w oparciu o którą będzie zbudowany symulator oraz zaprezentowano koncepcję rozwiązania poszczególnych podsystemów symulatora.

2. Struktura funkcjonalna symulatora

Na rysunku 1 przedstawiono schemat struktury projektowanego symulatora. W strukturze funkcjonalnej symulatora wyodrębniono następujące podsystemy:

- Podsystem sterowania pojazdem – w skład tego podsystemu wchodzi karoseria rzeczywistego pojazdu wyposażonego w urządzenia wspomagające osoby niepełnosprawne w prowadzeniu pojazdu oraz oprzyrządowanie pozwalające na generowanie wymuszeń do środowiska wirtualnego symulatora.
- Podsystem wizualizacji i generowania dźwięku - w skład tego podsystemu wchodzi oprogramowanie oraz komputery i urządzenia odpowiedzialne za wizualizację wirtualnego środowiska symulatora, generowanie efektów dźwiękowych oraz urządzenia monitorujące i rejestrujące przebieg szkolenia.

- Podsystem symulacji dynamiki samochodu – podsystem ten odpowiedzialny jest za generowanie odczucia ruchu dla osób znajdujących się w samochodzie. Podsystem ten będzie bazował na platformie Stewarta, która będzie umożliwiała symulowanie ruchów, drgań oraz przyspieszeń odczuwalnych podczas jazdy samochodem.
- Podsystem bezpieczeństwa – podzespoły zapewniające bezpieczne użytkowanie symulatora.



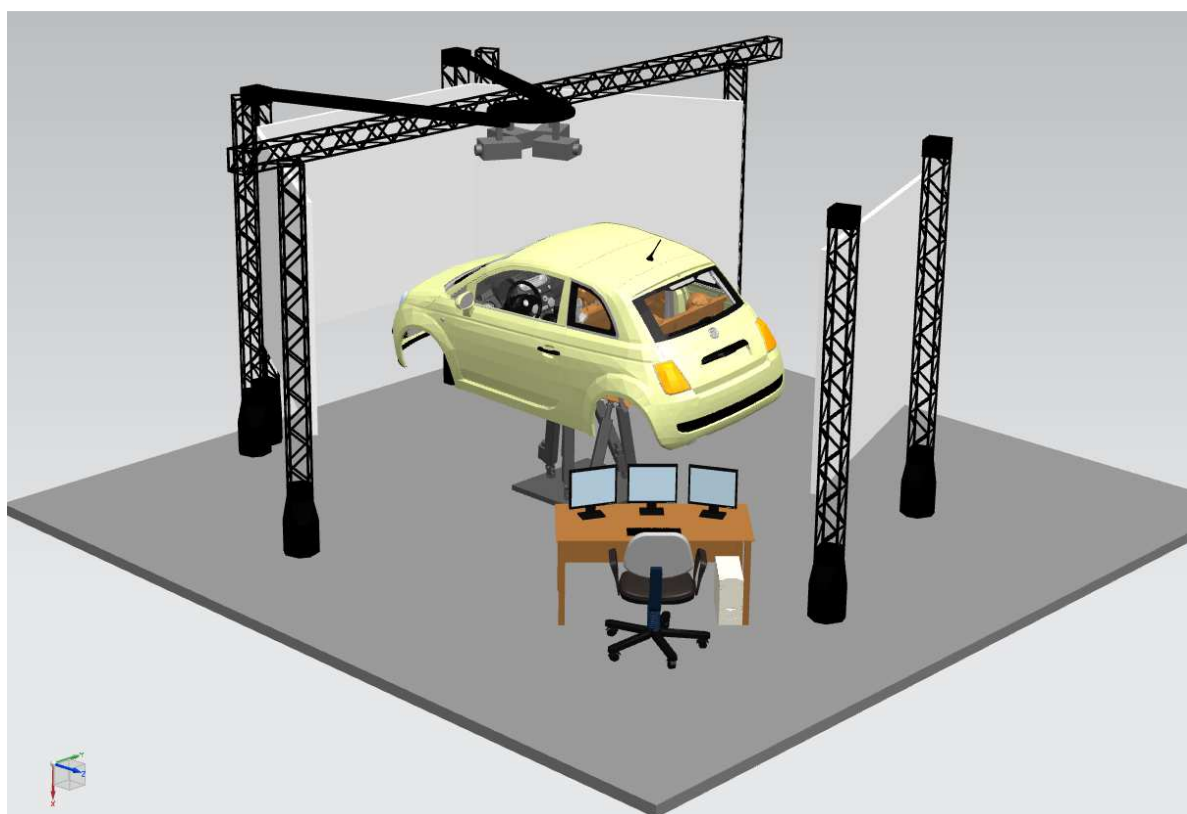
Rys.1. Schemat struktury symulatora

Fig.1. Simulator structure diagram

Funkcjonowanie wymienionych podsystemów będzie zintegrowane poprzez centralny komputer, który wyposażony będzie w oprogramowanie sterujące i zarządzające ich pracą. Jednostka centralna będzie odpowiedzialna za obliczenia symulacji, generowanie obrazu, dźwięku, generowanie danych sterujących ruchem układów wykonawczych platformy, funkcjonowaniem systemu bezpieczeństwa.

3. Koncepcja symulatora

Na rysunku 2 przedstawiono opracowaną koncepcję symulatora. Stanowisko będzie zbudowane z 4 ekranów na których wyświetlane będzie wirtualne środowisko symulatora. Na trzech przednich ekranach wyświetlany będzie widok z przodu i z boku, natomiast na ekranie z tyłu pojazdu będzie wyświetlany widok do patrzenia „przez ramię” oraz z tyłu, co zapewni także widok w lusterku wstecznym. Karoseria pojazdu będzie zamocowana na platformie Stewarta, która umożliwi realizację w pełni przestrzennego ruchu. Obok pojazdu umieszczony będzie podest umożliwiający osobom niepełnosprawnym wsiadanie do symulatora. Obok symulatora ustawione będzie stanowisko operatorskie w którym operator będzie mógł śledzić przebieg ćwiczenia, aktywować odpowiednie pakiety testowe, wymuszać zdarzenia pogodowe i drogowe, monitorować zachowania i analizować reakcje kursanta.

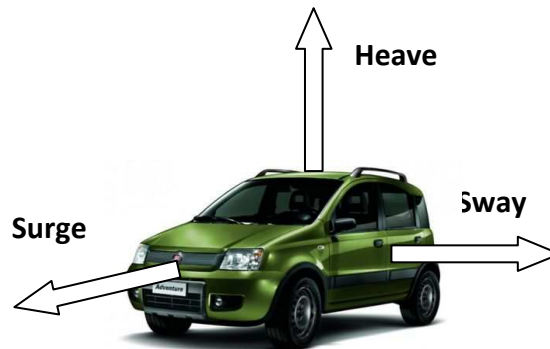


Rys.2. Model stanowiska symulatora
Fig.2. Simulator model

4. Określenie parametrów platformy Stewarta

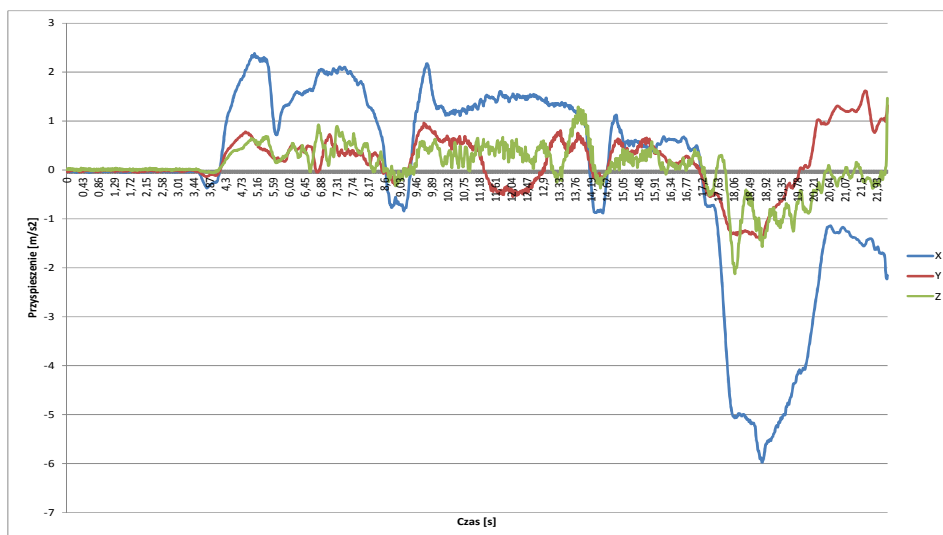
Projektowany symulator ma zapewnić odczucie jazdy jak najbardziej zbliżone do rzeczywistych warunków panujących w samochodzie. Dlatego istotnym etapem prac były pomiary przyspieszeń podczas jazdy samochodem w trakcie wykonywania typowych

manewrów drogowych. Badano przyspieszenia oddziaływujące na kierowcę podczas ruszania, przyspieszania, hamowania, skręcania, zmiany pasa ruchu itp. Do pomiarów przyspieszeń zastosowano akcelerometr USB X6-2.

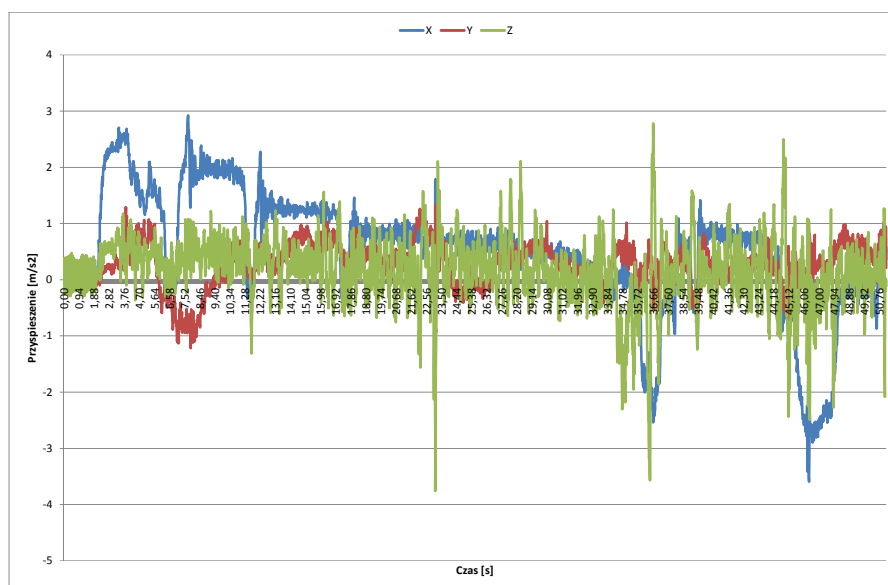


Rys.3. Układ współrzędnych przy opisie ruchów pojazdu
Fig.3. The coordinate system in describing the motions of the vehicle

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano przyspieszenia liniowe pojazdu podczas jego ruchu w następujących warunkach: przyspieszenie do prędkości 60 km/h a następnie hamowanie do momentu zatrzymania samochodu, przyspieszanie do prędkości 90 km/h oraz wystąpienie wymuszenia pionowego – ogranicznik prędkości na jezdni; przyspieszenie do prędkości 130 km/h oraz hamowanie do prędkości 100 km/h. Na rysunku 4-6 pokazano przykładowe wyniki przeprowadzonych pomiarów.

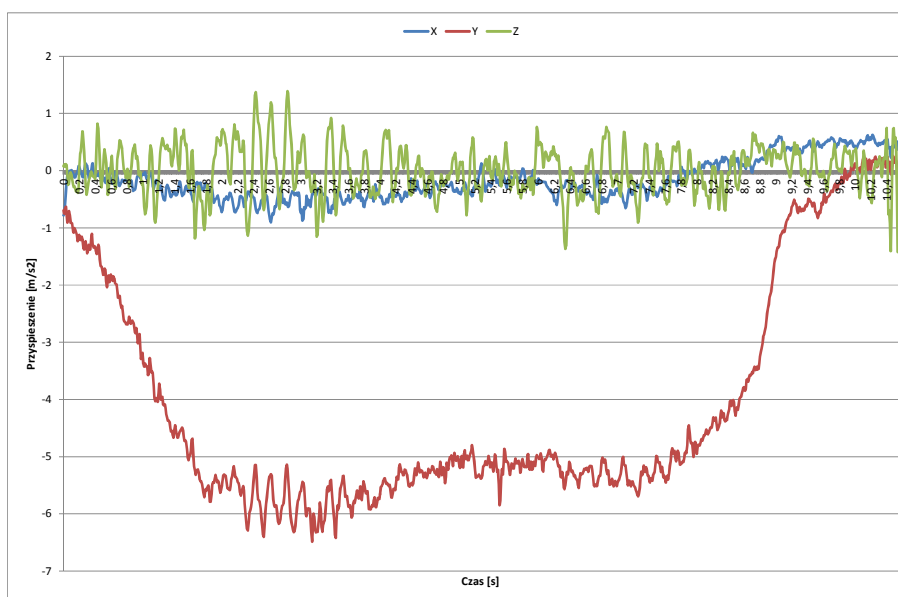


Rys.4. Przyspieszenia liniowe w trakcie jazdy z prędkością do 60 km/h i hamowania
Fig.4. Linear acceleration while driving at a speed of up to 60 km/h and braking



Rys.5. Przyspieszenia liniowe w trakcie jazdy z prędkością do 130 km/h oraz hamowania do 100 km/h

Fig.5. Linear acceleration while driving at a speed of up to 130 km/h and braking to 100 km/h



Rys. 6. Przyspieszenia liniowe w trakcie jazdy po łuku z prędkością 50 km/h

Fig.6. Linear acceleration while driving along a curve at a speed of 50 km/h

Przeprowadzone badania pozwoliły określić wartości sił bezwładności jakie oddziałują na kierowcę w samochodzie. Po przeanalizowaniu uzyskanych wyników pomiarów ustalono wstępnie parametry platformy Stewarta. W tabeli 1 pokazano wartości przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia jakie założono w celu uzyskania realnego odczucia jazdy samochodem.

Tab. 1. Parametry platformy Stewarta

Tab. 1. Stewart platform parameters

<i>Współrzędne</i>	<i>Maximum displacement</i>	<i>Maximum velocity</i>	<i>Maximum acceleration</i>
Surge	$\pm 0.30m$	$\pm 0.5 m/s$	$\pm 5 m/s^2$ (0.5g)
Sway	$\pm 0.20m$	$\pm 0.5 m/s$	$\pm 5 m/s^2$ (0.5g)
Heave	$\pm 0.30m$	$\pm 0.5 m/s$	$\pm 5 m/s^2$ (0.5g)
Roll	$\pm 25^\circ$		
Pitch	$\pm 25^\circ$		
Yaw	$\pm 20^\circ$		

5. Podsumowanie

Utworzony symulator będzie umożliwiał osobom niepełnosprawnym wirtualną jazdę pojazdem przystosowanym do ich dysfunkcji w warunkach dla nich bezstresowych i bezpiecznych. Symulator będzie także umożliwiał testowanie, dopasowanie i dostrojenie oprzyrządowania do indywidualnych potrzeb osób niepełnosprawnych. Obserwacja oraz analiza zachowania kursanta podczas jazdy symulatorem pozwoli wstępnie zweryfikować jego umiejętności i możliwości kierowania samochodem.

Literatura

1. Lozia Z.: Symulatory jazdy samochodem. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, 2008.
2. Mitschke M.: Teoria Samochodu. Tom 1-3. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, 1989.
3. Stewart D.A.: Platform with six degrees of freedom. Proc. Inst. Mech. Engr., Vol.180, Part I, No. 15, 1965/1966, s. 371 - 386.
4. <http://www.gcdatanconcepts.com/x6-2.html>

CONCEPT OF A SIMULATOR FOR TEACHING HOW TO DRIVE A CAR FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

Summary: This work presents ideas of car driving simulator for teaching the disabled. The functional structure, design assumptions, the concept and operation of the proposed simulator are presented.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Andrzej PAKURA*

Kompania Węglowa S.A., 40-039 Katowice, ul. Powstańców 30

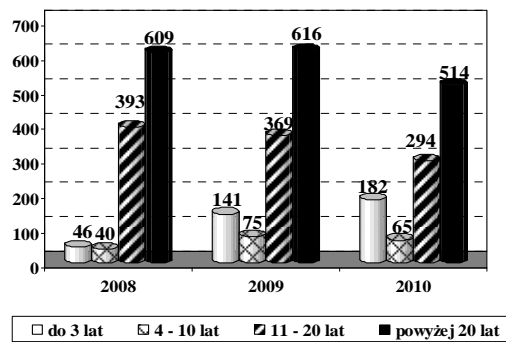
* a.pakura@kwsa.pl

WPŁYW PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO NA BEZPIECZEŃSTWO PRACOWNIKÓW O STAŻU PRACY PONIŻEJ TRZECH LAT

Streszczenie: W artykule przedstawiono znaczenie przygotowania zawodowego i procesu adaptacji zawodowej dla bezpieczeństwa pracy w górnictwie węgla kamiennego. Adaptacja zawodowa jako zespół działań zmierzających do odpowiedniego przygotowania nowego pracownika do pracy w trudnych warunkach występujących w kopalniach węgla kamiennego stanowi istotny element bezpieczeństwa pracy oraz rzutuje na dalsze funkcjonowanie pracownika w zakładzie górniczym. Zgodnie z realizowanym w KW S.A. systemem zarządzania BHP prowadzone jest stałe monitorowanie stanu bhp. Powyższe narzędzie wskazało, że najczęściej wypadkom przy pracy ulegają pracownicy o najkrótszym stażu pracy. Na podstawie uzyskanych danych, przeprowadzono analizę stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w kopalniach KW S.A. ze szczególnym zwróceniem uwagi na pracowników o stażu pracy poniżej trzech lat. W artykule przedstawiono wyniki uzyskane z analizy oraz nowe rozwiązania, które doskonałą proces adaptacji zawodowej, a zarazem mają znaczący wpływ na poprawę stanu bezpieczeństwa i higieny pracy wśród najmłodszej grupy pracowników.

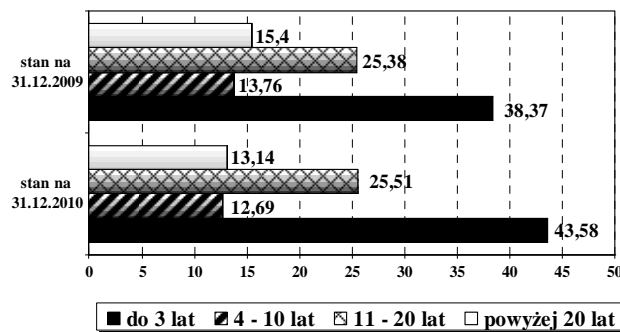
1. Wstęp

Zgodnie z realizowanym w Kompanii Węglowej S.A. systemem zarządzania BHP, na podstawie obowiązującej *Polityki Zintegrowanego Systemu Zarządzania* w zakresie dotyczącym ograniczenia liczby wypadków przy pracy i chorób zawodowych, wdrażane są w KW S.A. nowoczesne rozwiązania umożliwiające coraz skuteczniejsze monitorowanie stanu bezpieczeństwa i higieny pracy. Jednym z takich rozwiązań jest narzędzie służące szczegółowemu prowadzeniu analiz wszystkich zdarzeń wypadkowych. Wysoka wypadkowość wśród pracowników o stażu pracy do lat trzech to jeden z wniosków, wpływających z tych analiz (rys.1).



Rys. 1. Wypadki przy pracy wg stażu pracy poszkodowanych za okres od 2008 do 2010
 Fig. 1. Accidents at work according to work experience record of those affected for the period from 2008 to 2010.

Z danych wynika, że najczęściej wypadkom ulegają pracownicy o stażu poniżej trzech lat pracy. Wskaźnik wypadkowości w przeliczeniu na 1000 zatrudnionych w czterech grupach stażowych na koniec roku 2009 oraz 2010 roku przedstawia rys. 2.



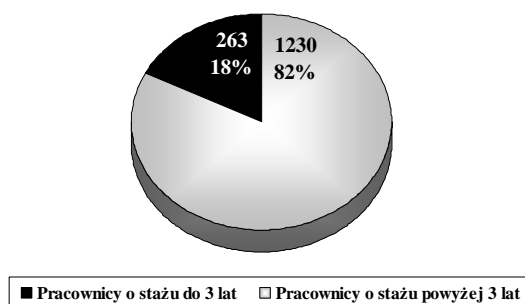
Rys. 2. Wskaźnik wypadkowości w przeliczeniu na 1000 zatrudnionych wg stażu pracy poszkodowanych za okres od 2009 do 2010.

Fig. 2. Accident rate per 1,000 employees according to work experience record of those affected for the period from 2009 to 2010.

Mając na uwadze, że priorytetem działania pracodawcy jest produkcja prowadzona z zachowaniem zasad bhp, poddano analizie okres pracy pracowników o stażu pracy do 3 lat. Istniejące w ostatnich kilkunastu latach ograniczenia w przyjmowaniu pracowników do zakładów górniczych doprowadziły do powstania luki pokoleniowej oraz niedoborów kadrowych, a w konsekwencji do zaniku szkolnictwa zawodowego, kształcącego na potrzeby górnictwa. Dodatkowo duża liczba odejść pracowników KW S.A. na emerytury, przy jednoczesnym ograniczeniu przyjęć, spotęgowała to zjawisko. W strukturze zatrudnienia pracownicy o stażu pracy do lat trzech stanowią 6% wszystkich zatrudnionych.

2. Analiza wypadkowości wśród pracowników o stażu pracy do trzech lat

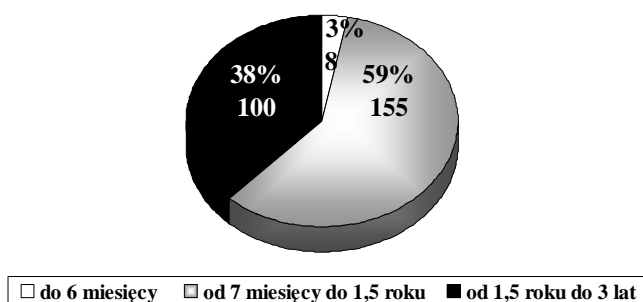
Na tle wypadkowości ogółem w oddziałach KW S.A. w okresie od 1 stycznia 2009 r. do 31 marca 2010 r. wypadkowość w grupie pracowników o stażu pracy do lat trzech w stosunku do pozostałej grupy stażowej kształtowała na wysokim poziomie (rys.3).



Rys.3. Wypadki przy pracy w KW S.A. wg stażu pracy poszkodowanych za okres od 1.01.2009 do 31.03.2010

Fig. 3. Accidents at work according to work experience record of those affected for the period from 01.01.2009 to 31.03.2010.

Wśród pracowników o stażu do trzech lat w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. w analizowanym okresie odnotowano ogółem 263 wypadki przy pracy. Analizowana grupa zawodowa stanowi w strukturze zatrudnienia jedynie 6% całej załogi, a generuje natomiast 18% wszystkich zaistniałych w Kompanii Węglowej S.A. wypadków przy pracy. Doświadczenie pracy w zawodzie górnika ma duży wpływ na bezpieczeństwo zatrudnionych, a co za tym idzie, na liczbę wypadków przy pracy. Z upływem czasu zatrudnienia pracowników o stażu do lat trzech, maleje liczba wypadków wśród tych osób, co przedstawia poniższy rysunek.

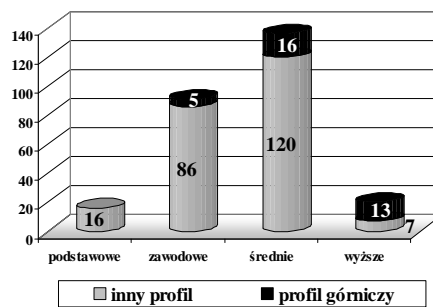


Rys. 4. Wypadki przy pracy pracowników o stażu do 3 lat za okres od 1.01.2009r. do 31.03.2010r.

Fig. 4. Accidents at work of employees with work experience record up to 3 years for the period from 01.01.2009 to 31.03.2010.

Najmniej wypadków odnotowano wśród pracowników, będących w okresie adaptacyjnym. Stan ten wynika z faktu, że osoby te wykonują pracę pod nadzorem swojego opiekuna, przy pracach o niskiej kategorii ryzyka zawodowego. Najwięcej wypadków wśród pracowników o stażu pracy poniżej trzech lat zaistniało w pierwszym roku pracy, po odbyciu okresu adaptacyjnego, czyli w przedziale od 7 miesięcy do 1,5 roku.

Poziom bezpieczeństwa pracy zależy od przygotowania zawodowego pracowników zatrudnionych w kopalniach KW S.A. Zależność tę przedstawiono na rys. 5.

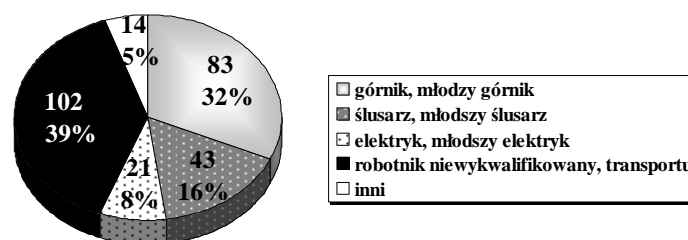


Rys. 5. Wypadki przy pracy pracowników o stażu do 3 lat wg ich poziomu wykształcenia za okres od 1.01.2009r. do 31.03.2010r.

Fig.5. Accidents at work of employees with work experience record up to 3 years according to their level of education for the period from 1.01.2009 to 31.03.2010.

Najwięcej wypadków zaistniało wśród pracowników posiadających wykształcenie średnie. Zaistniałych 136 wypadków w tej grupie stanowi 52 % ogólnej liczby wypadków (263). Ponadto najwięcej wypadków odnotowano wśród pracowników, którzy nie ukończyli szkół o profilu górniczym. Wśród tych osób odnotowano aż 87% ogólnej liczby wypadków tej grupy stażowej, co świadczy o tym, że przygotowanie zawodowe stanowi naprawdę istotny czynnik dla pracy w zakładach górniczych.

Kwalifikacje zawodowe to kolejny istotny element wpływający na wypadkowość. Największą grupę stanowili tutaj robotnicy niewykwalifikowani oraz robotnicy transportu.



Rys. 6. Wypadki przy pracy pracowników o stażu do 3 lat wg ich kwalifikacji zawodowych za okres od 1.01.2009r. do 31.03.2010r.

Fig. 6. Accidents at work of employees with work experience record up to 3 years according to their professional qualifications for the period from 1.01.2009 to 31.03.2010.

Oprócz tego, że najczęściej wypadkom przy pracy ulegają pracownicy niewykwalifikowani to także duża wypadkowość występuje wśród górników i młodszych górników. Ukończone przez nich specjalistyczne szkoły i odpowiednie kursy nie gwarantują bezwypadkowej pracy [2]. Pracownicy ci ulegają wypadkom częściej niż ślusarze czy elektrycy. Przyczyny i okoliczności wypadków, którym ulegli górnicy i młodszy górnicy wskazują na brak odpowiedniego przygotowania praktycznego prowadzonego w szkołach czy na kursach.

3. Proces adaptacji zawodowej w Kompanii Węglowej S.A.

W Kompanii Węglowej S.A. mając na uwadze bezpieczeństwo pracowników nowo przyjmowanych, prowadzi się działania zapewniające adaptację tych osób do środowiska pracy w kopalni oraz taki proces szkolenia pracowników, aby w jak najkrótszym czasie

osiągnęli sprawność zawodową [1]. W tym celu każdy nowy pracownik przechodzi trwający od 3 do 6 miesięcy proces adaptacji zawodowej. W trakcie pierwszych trzech miesięcy realizowany jest program adaptacji zawodowej, który odbywa się w dwóch etapach: pierwszy – obejmuje szkolenie wstępne, na które składa się instruktaż ogólny i stanowiskowy, drugi – obejmuje adaptację zawodową w środowisku pracy. W trakcie tego etapu pracownikowi nowo przyjętemu zostaje przydzielony oddział oraz odpowiednio przeszkolony do prowadzenia instruktażu stanowiskowego opiekun. Po zakończeniu okresu adaptacji pracownik oceniany jest przez powołaną do tego celu komisję, którą tworzą pracownicy dozoru oraz psycholog. Uzyskanie pozytywnej oceny z okresu adaptacji zawodowej jest podstawą do podpisania z pracownikiem kolejnej umowy na czas określony. W razie uzyskania negatywnej oceny adaptacja zawodowa ulega przedłużeniu na okres kolejnych trzech miesięcy, po odbyciu której przeprowadzana jest ponowna ocena, której wynik, jeżeli jest negatywny, skutkuje niepodpisaniem kolejnej umowy o pracę. Znaczącą pozycję w okresie adaptacji pracownika do środowiska pracy było wydłużenie okresu nadzoru nad pracownikiem. Pracownik objęty jest szczególnym nadzorem przez pierwsze 1,5 roku jego pracy. W tym okresie zawierane są dwie umowy na czas określony: pierwsza - na czas określony w wymiarze sześciu miesięcy, druga - na czas określony w wymiarze jednego roku, a dopiero trzecia jest umową na czas nieokreślony. Warunkiem zawarcia z pracownikami umów o pracę na czas jednego roku oraz na czas nieokreślony jest wydanie przez komisję, dokonującą oceny procesu adaptacji zawodowej, pozytywnej opinii w aspekcie zachowań i postaw wobec wymagań zawartych w przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

4. Podsumowanie

Adaptacja zawodowa ma zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa pracy, gdyż rzutuje na dalsze funkcjonowanie pracownika w kopalni. Dlatego też kładzie się duży nacisk na jej prawidłowe i skuteczne funkcjonowanie [3]. Mając na uwadze powyższe, wprowadzono w październiku 2010 roku nowe rozwiązania:

- zatrudnianie w pierwszej kolejności osoby z wymaganym wykształceniem,
- w okresie adaptacyjnym pracowników kierować do prac zgodnych z ich kwalifikacjami oraz traktować ich na równi z pozostałymi,
- zatrudnianie pracowników najpierw na okres adaptacyjny, później na czas określony w wymiarze 1 roku, a dopiero po drugiej weryfikacji umiejętności i wiedzy zawieranie umowy na czas nieokreślony,
- po okresie adaptacyjnym, przez okres jednego roku, przydziela się nowo przyjętego do grupy pracowników doświadczonych; w okresie tym pracownicy wykonują prace w brygadach, a kierowane do nich polecenia są precyzyjne; pracownicy są kontrolowani w szczególności w zakresie sposobu i techniki wykonywanych czynności oraz znajomości zasad i przepisów bhp przy pracach, które wykonują,
- zajęcia praktyczne przeprowadza się w sztolniach ćwiczebnych, warsztatach bądź wyrobiskach.

W wyniku wprowadzonych działań Kompania Węglowa S.A. odnotowała już pozytywne efekty w postaci zmniejszenia liczby wypadków przy pracy w ostatnim kwartale roku 2010.

Odpowiednie przygotowanie robotników oraz kadry inżyniersko-technicznej ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo pracy. Proces adaptacji zawodowej przede wszystkim

powinien przekazać wzorce zachowań wymaganych od pracownika w przyszłości jak również wyeliminować negatywne postawy pracownika.

W kopalniach pracuje coraz mniejsza liczba pracowników z kierunkowym wykształceniem. Większość z zatrudnianych osób nigdy nie miała kontaktu z górnictwem, co powoduje, że samodzielna praca po trzymiesięcznym okresie adaptacji zawodowej była zagrożeniem dla nich samych i dla otoczenia. Profil ukończonej szkoły w górnictwie ma bardzo istotny wpływ na bezpieczeństwo wykonywanej pracy.

Ponadto dokonana analiza programów nauczania wykazała, że podczas kształcenia w szkołach średnich nie ma możliwości nabycia odpowiednich nawyków i zachowań probezpiecznych, gdyż brakuje przedmiotu *Bezpieczeństwo i higiena pracy*. Obecnie w szkołach bezpieczeństwo pracy jest jedynie elementem programu nauczania w ramach konkretnych przedmiotów zawodowych. Wypadki przy pracy najczęściej występują wśród pracowników o średnim wykształceniu. Świadczy to o tym, że tak pobieżnie przedstawiany materiał nie jest wystarczający, aby osiągnąć pełną świadomość z dziedziny bezpieczeństwa. Dlatego też dla poprawy tego stanu należy rozszerzyć programy nauczania w szkołach o przedmiot ściśle związany z bezpieczeństwem i higieną pracy oraz wystarczającą liczbę godzin do praktycznej nauki zawodu. Działanie takie na pewno przyniesie pozytywne efekty.

Literatura

1. Davis P.: *Adaptacja zawodowa*, Wyd. Petit; Warszawa; 2003.
2. Milczarek M.: *Młodzi pracownicy – bezpieczny start*. „Bezpieczeństwo Pracy” 1(412)/2006.
3. Stefaniak A., Pakura A., Kowalkowski W.: *System szkoleń wstępnych w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz adaptacji zawodowej w zakładach górniczych KW S.A. „WUG: bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie”*; 2009; nr 3, s.15 – 18.

THE PROFESSIONAL TRAINING INFLUENCE ON SAFETY OF WORKERS WITH A SENIORITY LESS THAN 3 YEARS

Abstract: The article presents importance of professional training and professional adaptation process for safety at work in hard coal mining. Professional adaptation, as a group of activities aiming to prepare rightly a new worker for tough conditions occurring in hard coal mines, is an important element of safety at work and it impacts on employee's further functioning in a mine plant. In accordance with OHS Management System accomplished in KW S.A. regular control of OHS condition is carried out. The above tool has indicated, that employees with the least seniority cause accidents most frequently. A detailed analysis of Occupational Health and Safety situation in mines of KW S.A. was carried out with the emphasis on employees with a seniority less than 3 years. In the article were described results of analysis and new solutions, which will improve professional adaptation process and will simultaneously have significant impact on improvement of occupational health and safety situation among the youngest employees.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Czesław PYPNO*

Politechnika Śląska Wydział Transportu Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego
*czeslaw.pypno@polsl.pl

WIELOKONDYGNACYJNY ZAUTOMATYZOWANY NADZIEMNY GARAŻ DLA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH – ROZWIĄZANIEM PROBLEMÓW Z PARKOWANIEM SAMOCHODÓW W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH

Streszczenie: W pracy przedstawiono koncepcję zautomatyzowanego garażu o przepustowości 600 samochodów na godzinę w dwie strony. Garaże takie będą zaspokajać potrzeby parkingowe wynikające ze wzrostu liczby samochodów w rozwijających się aglomeracjach miejskich. Budowa wielokondygnacyjnych garaży stwarza możliwość rozwiązania potrzeby w zakresie parkowania, zapewniając jednocześnie, przy wysokich kosztach gruntów, uzyskanie minimalnej absorpcji powierzchni terenu na stworzenie jednego stanowiska postojowego.

1. Wstęp

Rozwój motoryzacji w ostatnich latach spowodował, że sprawa parkowania i garażowania samochodów, zwłaszcza w dużych aglomeracjach, zaczyna być problemem społecznym. Konieczność zapewnienia dostatecznej liczby miejsc postojowych w bezpośrednim sąsiedztwie centrów miast, centrów handlowych, dużych firm, lotnisk wynika z przepisów prawnych i jest efektem polityki ujętej w planie zagospodarowania przestrzennego miast. Budowa wielokondygnacyjnych garaży stwarza możliwość rozwiązania problemów w zakresie parkowania, zapewniając jednocześnie, przy wysokich kosztach gruntów, uzyskanie minimalnej absorpcji powierzchni terenu na stworzenie jednego stanowiska postojowego. [1]. Warto przy tym pamiętać, że poprawne rozstrzygnięcie kwestii parkingowej i garażowej umożliwia prawidłowe funkcjonowanie miasta, natomiast błędne może stać się progiem ograniczającym jego rozwój.

Pierwsze systemy mechanicznego parkowania samochodów wprowadzono w Stanach Zjednoczonych już w latach trzydziestych XX wieku. Ich powstanie wynikało ze zwiększającego się zapotrzebowania na przestrzeń parkingową i bardzo wysokich kosztów gruntów w centrach dużych miast. Obecne bezobsługowe sterowane komputerowo mechaniczne systemy umożliwiają parkowanie bądź odbiór jednego samochodu w ciągu 40 -120 s, co daje zaledwie 90 – 30 samochodów na godzinę. Fakt ten świadczy o ograniczonej przepustowości tych garaży i wpływa na ich stosowanie przede wszystkim

tam, gdzie zapełnianie lub rozładowywanie może odbywać się w sposób powolny. Na rys. 1 widać, że garaże te są niewypełnione samochodami! Nasuwa się pytanie: dlaczego? Przyczyną jest długi czas oczekiwania na wjazd, co zniechęca kierowców do korzystania z nich. Wybierają wtedy inne miejsce do zaparkowania swojego samochodu. Problem ten jest wspomniany również w opisach patentowych [6].

2. Krótka prezentacja garaży zautomatyzowanych

W Europie, na świecie i również w Polsce [4] znane są rozwiązania garaży zautomatyzowanych nadziemnych ukształtowanych na rzucie prostokąta [3] lub koła (rys. 1). Jedne i drugie wyposażone są w elektryczne lub hydrauliczne dźwigi z obrotnicą, która umożliwia zawsze ustawienie samochodu przodem w kierunku wyjazdu z garażu. Budowle te mogą mieć nawet do 30 kondygnacji i mieszczą od kilkuset do kilku tysięcy samochodów[7].

2.1. Wskaźniki określające charakterystykę garaży zautomatyzowanych

Wielkościami charakterystycznymi tych garaży są wskaźniki [1]:

- wskaźnik absorpcji powierzchni netto W_1 – powierzchnia rzutu garażu przypadająca na stanowisko postojowe, bez powierzchni dróg manewrowych i ramp (transport pionowy),
- wskaźnik absorpcji powierzchni brutto W_2 – powierzchnia rzutu garażu powiększona o drogi manewrowe przypadająca na stanowisko postojowe,
- wskaźnik kubatury W_3 – objętość garażu przypadająca na jedno stanowisko postojowe.

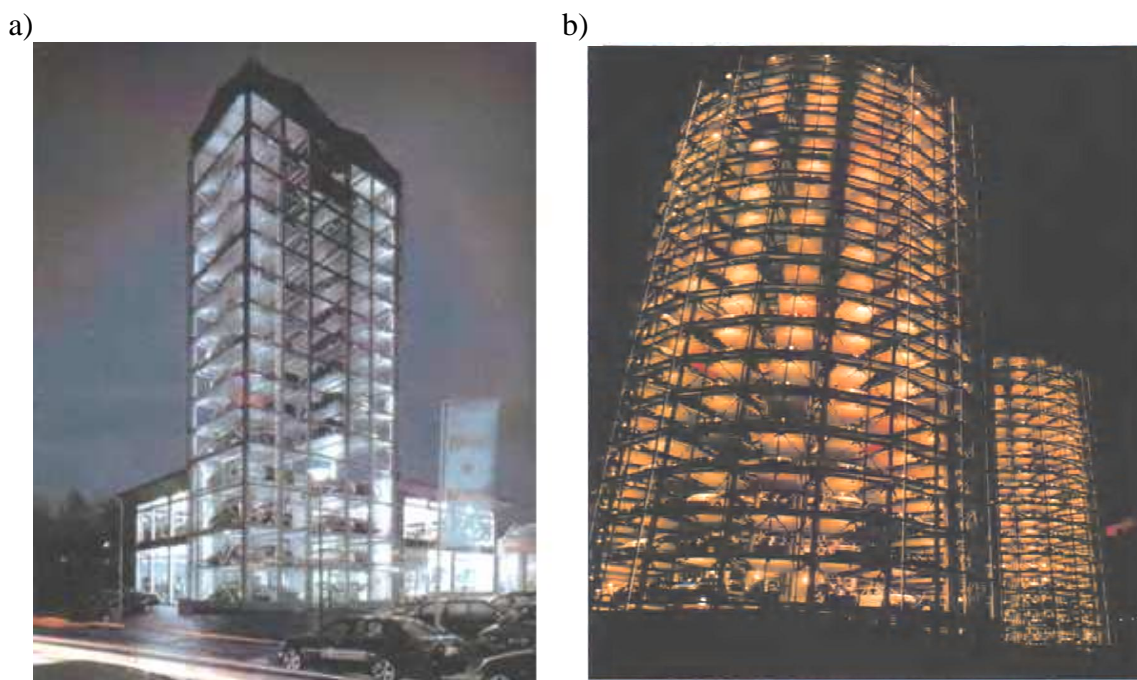
W projektowanym garażu wskaźniki te są korzystne i wynoszą około:

$$W_1 = 1.10 \text{ m}^2 / 1\text{sam.}$$

$$W_2 = 1.72 \text{ m}^2 / 1\text{sam.}$$

$$W_3 = 58 \text{ m}^3 / 1\text{sam.}$$

Budowanie garaży o tak dużej przepustowości, wynoszącej 600 samochodów na godzinę w dwie strony, może mieć znaczenie tam, gdzie jednoczesne rozpoczęcie/zakończenie pracy wywołuje szczyt komunikacyjny, a setki lub tysiące kierowców kończy lub zaczyna jazdę samochodem w tym samym miejscu. Stworzy to możliwość rozwiązania problemów w zakresie parkowania, zapewniając jednocześnie, przy wysokich kosztach gruntów, uzyskanie minimalnej absorpcji powierzchni terenu na utworzenie jednego miejsca parkingowego.



Rys. 1. Garaż zautomatyzowany nadziemny widok z zewnątrz: a) na rzucie prostokąta, b) na rzucie koła [3]

Fig. 1. The automated overground garage, outside view, a) automated garage, b) the projection.

3. Zautomatyzowany garaż o przepustowości po 600 samochodów na godzinę w dwie strony

3.1. Krótki opis konstrukcji nośnej i wybranych urządzeń mechanicznych garażu

Garaż, według przedstawionej koncepcji (rys. 2) zbudowany na rzucie prostokąta, posiada od 16 do 21 kondygnacji: parter i 15 do 20 pięter. Na każdym piętrze jest 52 miejsc parkingowych, co daje ich łączną sumę od 720 do 1040 sztuk i klasyfikuje go w grupie garaży dużych, a nawet bardzo dużych. Konstrukcja nośna garażu wykonana jest w formie szkieletowej z profili stalowych walcowanych lub giętych. W części mechanicznej na parterze garaż posiada przenośniki do przyjmowania (1, 2) i wydawania samochodów (3, 4). Z parteru na paletach (8) samochody transportowane są na poszczególne piętra dźwigiem elektrycznym stacjonarnym (6). Na poziomie każdego piętra garażu samochody na paletach za pomocą dwóch platform (9) są rozprowadzane na miejsca parkingowe. Z pięter samochody na paletach transportowane są dźwigiem elektrycznym stacjonarnym (7) w dół. Na rys. 2 przedstawiono opisany garaż [2,3].

3.2. Cykl przyjmowania samochodów do garażu

Przyjmuje się, że w stanie początkowym analizowanego przypadku w garażu nie ma samochodów. Garaż posiada na parterze 2 x po 10 wjazdów dla samochodów na przenośniki odbierające prawy (2) i lewy (1), gdzie kierowcy pozostawiają swoje samochody.

Maksymalny i wystarczający czas wjazdu i przyjęcia 10 samochodów na przenośnik odbierający, np. lewy wynosi 60 s. Po tym czasie w drugiej minucie pracy garażu dźwig (6) transportuje samochody w górę, które na piętrach są sukcesywnie rozprowadzane na platformach (9) do boksów. Jednocześnie w czasie tej drugiej minuty pracy garażu na przenośnik odbierający prawy wjeżdża kolejnych dziesięć samochodów, które będą transportowane tym samym dźwigiem do góry w czasie trzeciej minuty i jednocześnie w tym samym czasie na przenośnik (1) wjedzie kolejnych dziesięć samochodów, które będą transportowane dźwigiem do góry w czasie czwartej minuty pracy garażu itd.

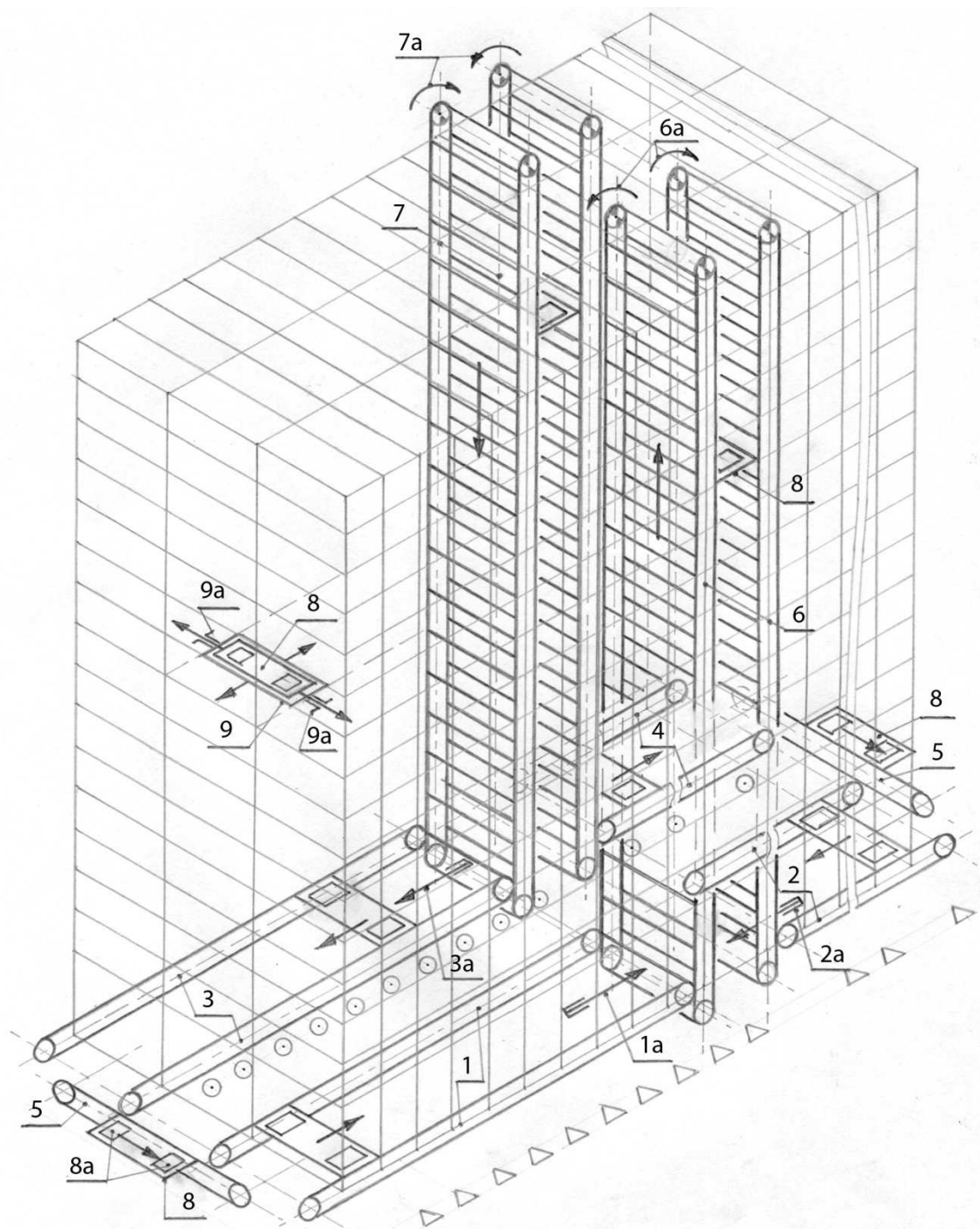
Praca przenośników odbierających/wydających samochody, dźwigów transportujących samochody do góry i w dół i platform jest zsynchronizowana. Kiedy przenośnik przyjmujący samochody przez okres jednej minuty zostanie zapełniony, zaczyna się ich cykliczne przesuwanie do dźwigu podnoszącego, z którego również cyklicznie samochody są przesuwane na platformy na piętrach garażu .

3.3. Cykl wydawania samochodów z garażu

Właściciele samochodów przychodzą do pasażu garażu i deklarują chęć odebrania samochodów. W pasażu jest 2 x po 10 wejść na przenośniki wydające (3 i 4). Nad każdym wejściem na przenośnik wydający znajdują się tablice świetlne wyświetlające numery rejestracyjne odbieranych samochodów. System działa odwrotnie niż to jest opisane w rozdziale poprzednim ale czas na oczekiwanie samochodu może się wydłużyć tylko w przypadku gdyby w jednej chwili z tego samego piętra garażu miało być sprowadzonych na parter kilka samochodów.

3.4. Jednoczesne wydawanie i przyjmowanie samochodów przez garaż

Czynności opisane w rozdziale 3.2 i 3.3 mogą odbywać się jednocześnie, a tak działający garaż sterowany komputerowo zapewnia przyjmowanie i wydawanie samochodów i może w ciągu jednej godziny przyjąć i wydać 600 samochodów.



Rys. 2. Schemat projektowanego garażu z podstawowymi urządzeniami mechanicznymi.
 1 – przenośnik odbierający lewy, 2 – przenośnik odbierający prawy, 3 – przenośnik wydający lewy,
 4 – przenośnik wydający prawy, 5 – przenośnik pośredni, 6 – dźwig podnoszący, 7 – dźwig
 opuszczający, 8 – paleta, 9 – platforma.

Fig. 2. Diagram of the designer garażu with Basic mechanical devices.
 1 – left take-in conveyor, 2 – right take-in conveyor, 3 – left give-out conveyor, 4 – right give-out
 conveyor, 5 – halfway conveyor. 6 – lift conveyor, 7 – lowering lift, 8 – palette, 9 – platform.

4. Podsumowanie

Przedstawiony garaż będzie miał bardzo dużą przepustowość godzinną, co może mieć znaczenie tam gdzie rozpoczęcie/ zakończenie pracy wywołuje szczyt komunikacyjny a setki kierowców jednocześnie kończy lub zaczyna jazdę samochodem w tym samym miejscu (biurowce, urzędy, lotniska, osiedla mieszkaniowe, fabryki itp.).

Garaż według koncepcji pozwala na to, że będą zaspokajane potrzeby parkingowe wynikające ze wzrostu liczby samochodów w rozwijających się aglomeracjach miejskich gdzie są bardzo wysokie ceny gruntów. Takie garaże mogą być budowane w pobliżu biur, urzędów, centrów handlowych, fabryk lotnisk a nawet osiedli mieszkaniowych. Przedstawiony garaż zautomatyzowany ma parametry takie że: kierowcy nie tracą czasu na poszukiwanie miejsc parkingowych, jest dużo bezpieczniejszy od tradycyjnych, jego eksploatacja generuje niższe koszty operacyjne [5].

Literatura

1. Michalak H.: Kształtowanie konstrukcyjno-przestrzenne garaży podziemnych na terenach silnie zurbanizowanych. Warszawa: Ofic. Wyd. Pol. Warsz., 2006, str. 9-19.
2. Pypno C.: Multi-storey automated over ground garage for cars – solution of parking problems in big urban areas, Problemy Transportu. t.3/z 3, Gliwice 2008, str.. 59 – 63.
3. Pypno C.: Wielokondygnacyjny zautomatyzowany nadziemny garaż o dużej przepustowości rozwiązaniem problemów z szybkim parkowaniem samochodów w dużych aglomeracjach miejskich. W: IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Systemy logistyczne - teoria i praktyka”, Rawa Mazowiecka, Wrzesień 2009, „LOGISTYKA” 4/2009, s. 84.
4. Ryś J., Kasperek T.: Automatyczne parkingi wielopoziomowe, „Transport Przemysłowy”, Wydawnictwo Lektorium, Wrocław, 4/2004, s. 50-53.
5. Szymonik J. : Zautomatyzowane garaże wielko pojemne. „Logistyka” 3/2010, str. 76-77.
6. Wyłożenie patentowe: USA 4 039 089, WO 91/16515.
7. www.maski.com.pl: Parkingi i garaże wielopoziomowe. MA-SKI auto park systemy, 24.05.2011.

MULTI-STOREY AUTOMATED OVER GROUND GARAGE FOR CARS – SOLUTION FOR PARKING PROBLEMS IN BIG URBAN AREAS

Summary: In the paper a preliminary project of automated garage with capacity of 600 cars per hour in both directions was presented. These garages can meet parking needs resulting from an increasing number of cars in developing urban areas. The number – 600 parking places was chosen fortuitous. It is possible to design a garage with capacity of 720 cars in and out per hour. The presented garage has a very high capacity, which has never been met before and which can be very beneficial to the drivers who start and finish driving in the same place during rush hours. It has been submitted to grant a patent for the invention: Multi-storey automated overground garage for cars.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Daniel RECLI^{*}, Paweł KACZMARCZYK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

^{*}daniel.reclik@polsl.pl

PROJEKT MECHATRONICZNEGO INTERFEJSU PROGRAMOWANIA ROBOTÓW ON-LINE TYPU FANTOM DOSTOSOWANEGO DO APLIKACJI FANUC ROBOTICS - CZĘŚĆ MECHANICZNA

Streszczenie: Celem realizowanej pracy jest zaprojektowanie oraz wykonanie części mechanicznej fantoma dostosowanego do robotów przemysłowych FANUC ARCMate100iB, dzięki któremu będzie możliwe programowanie fizycznego manipulatora metodą "teaching by showing" - nauczanie przez pokazywanie. W artykule przedstawiono etapy prac, które pozwoliły w rezultacie na utworzenie części mechanicznej urządzenia. Są to: zaprojektowanie modelu CAD robota, przystosowanie modelu CAD do umieszczenia w nim urządzeń pomiarowych w postaci liniowych rezystorów regulowanych klasy laboratoryjnej (pomiar kąta metodą absolutną). Kolejne podpunkty artykułu opisują proces wydruku 3D elementów konstrukcyjnych modelu za pomocą metody szybkiego prototypowania FDM. Po wykonaniu wydruku modelu fantoma konieczne było usunięcie elementów podporowych pozostałych po procesie drukowania. W dalszej części wykonano lakierowanie elementów, a następnie, precyzyjny montaż elementów pomiarowych i okablowania. Ponieważ etapy te były bardzo ważne z punktu widzenia ostatecznego montażu podzespołów funkcjonalnych fantoma, zatem zostały szczegółowo opisane i zilustrowane dokumentacją zdjęciową. Całość pracy zamykają wnioski wynikające ze zdobytego podczas realizacji projektu doświadczenia.

1. Wstęp

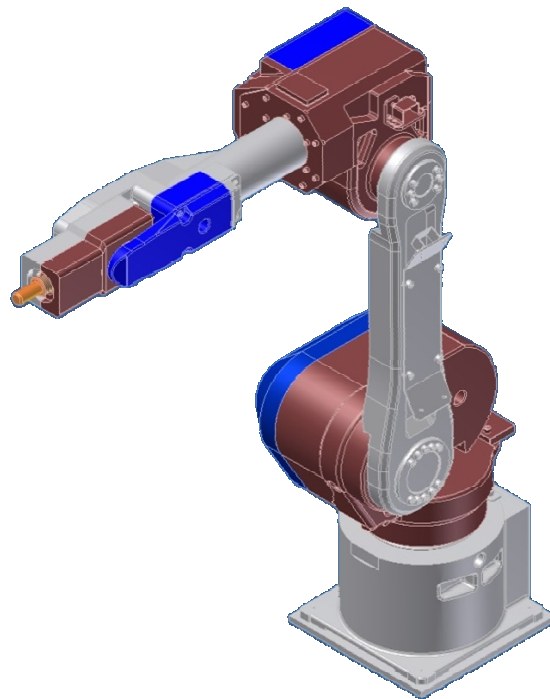
W przemyśle spawalniczym bardzo często stosuje się roboty firmy FANUC. Model AM100iB jest robotem dedykowanym do zastosowań spawalniczych [1]. Bardzo ważną częścią obsługi robota przemysłowego jest jego umiejętne programowanie. Interfejs programowania robota powinien być przyjazny użytkownikowi, oraz umożliwić szybkie oraz łatwe programowanie. Obecnie istnieje wiele metod programowania robotów, jedną z nich jest "teaching by showing", czyli nauczanie przez pokazywanie [1,2]. Metoda ta jest rzadko wykorzystywana ze względu na rozwijające się możliwości komputerów oraz coraz lepsze oprogramowanie do tworzenia programów w trybie OFF-LINE [1,3]. Jednak do celów dydaktycznych, pokazujących inne, dawniej stosowane metody ułatwiające programowanie

robota bez fizycznego wyłączenia go z procesu produkcji, nadaje się bardzo dobrze. Ponieważ wyprodukowane fantomy (głównie w USA) nie odzwierciedlają posiadanych, współczesnych robotów, postanowiono wykonać własny model robota Fanuc ARCMate100iB, a następnie wyposażić go w urządzenia pomiarowe, które wraz z odpowiednim oprogramowaniem będą tworzyły fantoma.

W artykule przedstawione zostały kolejne etapy prac wykonanych przy projektowaniu oraz wytworzeniu modelu robota AM100iB, który umożliwi programowanie jego oryginalnego przemysłowego odpowiednika.

2. Prace projektowe

Pierwszym etapem było wykonanie modelu robota w zaawansowanym programie graficznym klasy CAD. Należało zwrócić uwagę na przystosowanie modelu do umieszczenia w nim elementów pomiarowych - potencjometrów precyzyjnych, a także odpowiednie zaprojektowanie pokryw oraz ich mocowań. Skala modelu została przyjęta na 1:4, kryterium jej wyboru było rozmieszczenie elementów pomiarowych wewnątrz modelu oraz łatwość obsługi, która w przypadku zbyt małego obiektu byłaby znacząco utrudniona. Ostatecznie przyjęta skala jest kompromisem pomiędzy kosztem wytworzenia a niezbędnymi walorami użytkowymi. Podczas projektowania szczególną uwagę należało zwrócić na poszczególne wymiary elementów konstrukcyjnych modelu, gdyż kolejnym etapem było wydrukowanie go metodą szybkiego prototypowania FDM. Na rysunku 1 przedstawiono wykonany model.

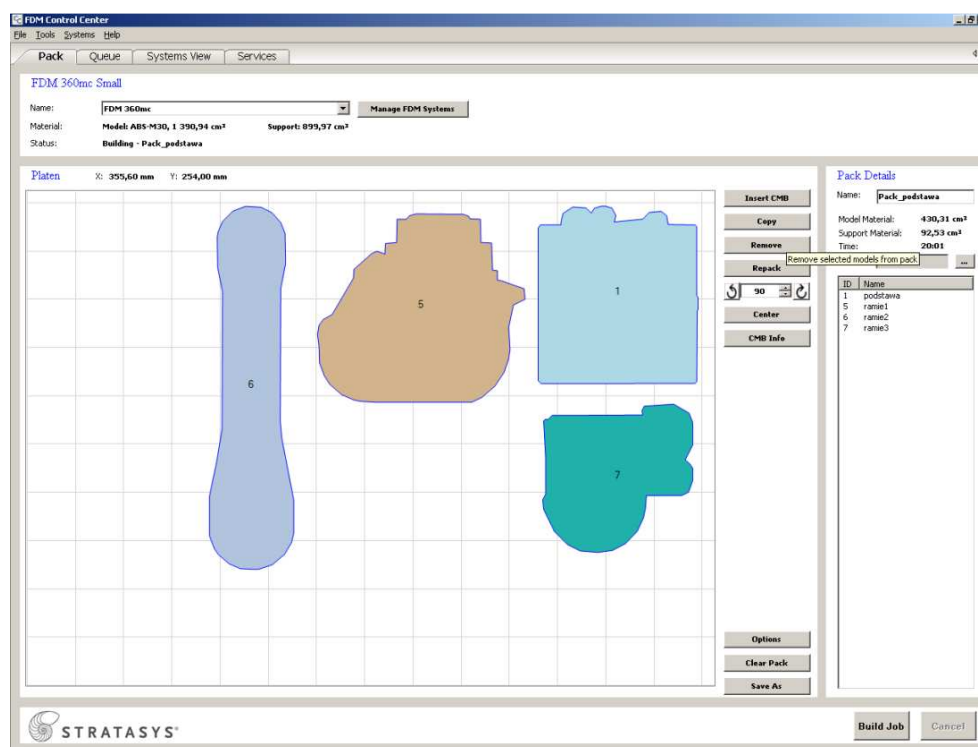


Rys.1. Model CAD robota przemysłowego FANUC AM100iB w skali 1:4

Fig.1. Industrial robot FANUC AM100iB CAD model in 1:4 scale

3. Wytwarzanie modelu metodą szybkiego prototypowania

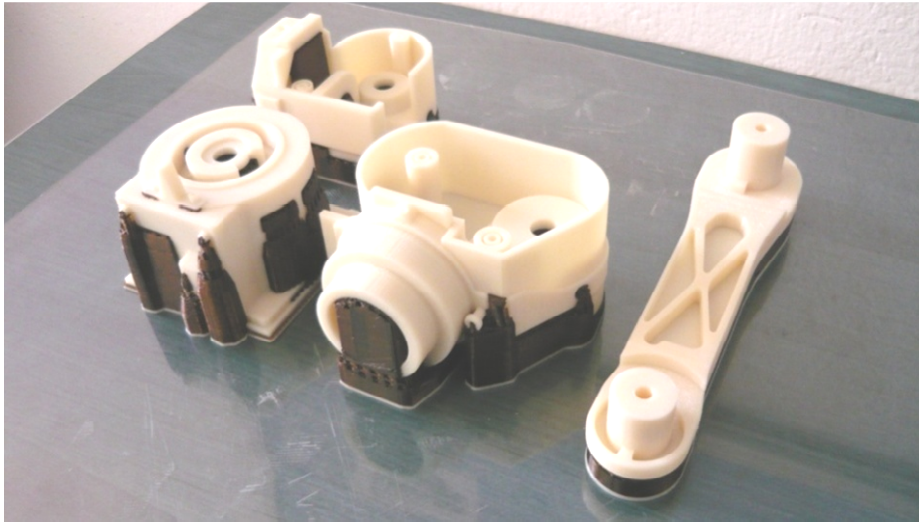
Po przeprowadzeniu prac projektowych przystąpiono do wykonania modelu. Zostało do tego celu wykorzystane urządzenie szybkiego prototypowania FDM 360mc firmy Stratasys znajdujące się w Instytucie Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania. Przed przystąpieniem do wydruku fantoma należało przeprowadzić analizę przygotowanych elementów w celu wykluczenia błędów podczas procesu drukowania. Następnie dokonać eksportu elementów do formatu STL, który jest obsługiwany przez program sterujący pracą urządzenia. Następnym krokiem jest odpowiednie umieszczenie elementów w przestrzeni roboczej drukarki. Optymalne rozmieszczenie oraz orientacja części w przestrzeni to bardzo istotny aspekt przygotowania do procesu druku. Wynika to z faktu, że podczas tworzenia elementu przez urządzenie nakładane są kolejne warstwy uplastycznionego ABSu. Warstwowość nakładania materiału skutkuje tym, że powierzchnie prostopadłe do płaszczyzny roboczej urządzenia charakteryzują się większą dokładnością wykonania oraz szczegółowością. Jest to ważne w przypadku powierzchni, które muszą ze sobą współpracować. Rysunek 2 przedstawia rozmieszczenie elementów w przestrzeni roboczej urządzenia.



Rys.2. Rozmieszczenie elementów w obszarze roboczym urządzenia
Fig.2. The elements location in the workspace of the FDM device

Na wytworzenie wszystkich elementów urządzenie FDM 360mc potrzebowało 38 godzin. Ze względu na tak długi czas trwania procesu podzielono go na 2 etapy, aby nieoczekiwanie przerwanie pracy urządzenia nie powodowało utraty wszystkich elementów. Na rysunku 3 pokazano gotowe elementy. Jak widać na ilustracji należy jeszcze usunąć zbędny materiał

podporowy. W tym celu zostały one umieszczone w myjce ultradźwiękowej zawierającej roztwór rozpuszczający ten materiał na ok. 8 godzin.



Rys.3. Rozmieszczenie elementów w obszarze roboczym urządzenia FDM
Fig.3. The elements location in the workspace of the FDM device

4. Lakierowanie elementów składowych fantoma

W celu poprawy wyglądu zewnętrznego modelu pomalowano gotowe elementy na kolor odpowiadający oryginałowi. Do malowania użyto akrylowych farb modelarskich o podwyższonej odporności na ścieranie. Dla uzyskania odpowiedniego pokrycia powierzchni nałożono 3 warstwy tej farby. Pomalowane elementy składowe modelu robota widoczne są na rysunku 4. Podczas malowania pominięte zostały powierzchnie współpracujące, gdyż farba obecna na tych fragmentach może wpływać na zacieranie się przegubów modelu.



Rys.4. Elementy modelu robota po procesie lakierowania
Fig.4. The robot's elements after painting process

5. Montaż oraz okablowanie przygotowanych elementów

Ostatnim etapem prac było złożenie, umieszczenie czujników oraz okablowanie modelu. Przed przystąpieniem do tej części prac należało nagwintować przeznaczone do tego celu otwory jak też przeszlifować powierzchnie współpracujące w celu zminimalizowania tarcia między nimi. Kolejne etapy prac montażowych wraz z okablowaniem pokazano na rysunku 5.



*Rys.5. Kolejne etapy prac montażowych
Fig.5. The next stages of the submissionsl*

Dzięki zastosowaniu śrub dociskowych na każdej z osi swobody robota możliwe jest dobranie siły potrzebnej do przemieszczenia każdego z poszczególnych jego ramion.

6. Podsumowanie

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych prac model robota został umieszczony na tymczasowej platformie podtrzymującej. Następnymi etapami pracy będzie opracowanie elektronicznego układu pomiarowego oraz programu komputerowego integrującego działanie modelu z prawdziwym robotem. Na rysunku 6 przedstawiono wykonaną część mechaniczną fantoma. Model ten umożliwi programowanie robota FANUC ARCMate100iB bez konieczności wgłębiania się w strukturę kodu programu. Jest to co prawda ograniczona metoda programowania, lecz dzięki niej można w łatwy sposób zobrazować działanie programu jak i sam proces programowania osobom rozpoczynającym działania w tej dziedzinie. Dzięki temu opisany projekt przyczyna się do zrozumienia zagadnienia programowania robotów.



Rys.6. Gotowy model robota FANUC ARCMate 100iB w skali 1:4
Fig.6. Finished robot model FANUC AM100iB in 1:4 scale

Literatura

1. Kost G.G.: Programowanie robotów przemysłowych. Gliwice: WPŚ, 1996.
2. Craig J.J.: Wprowadzenie do robotyki. WNT, Warszawa 1993.
3. Honczarenko L.: Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie. WNT, Warszawa 2004.

MECHATRONIC INTERFACE PROJECT OF ON-LINE ROBOT PROGRAMMING OF FANTOM TYPE ADJUSTED TO FANUC ROBOTICS APPLICATION- MECHANICAL PART

Summary: The aim of this study is to design and create a phantom for industrial FANUC AM100iB robot through programming its equivalent by the “teaching by showing” method. This article presents the work stages of implementation which allow for creating the mechanical items of the device. These are as follows: CAD robot model design, adaptation for mounting measuring devices and manufacturing methods, printout of structural model parts using the FDM rapid prototyping method, removal the supporting material remaining after the printout, part’s painting, work finishing for submission of all parts, the process of assembling parts measurement and phantom wiring, making all parts as the final model.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Daniel RECLI^{*}, Paweł KACZMARCZYK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice

^{*} daniel.reclik@polsl.pl

PROJEKT MECHATRONICZNEGO INTERFEJSU PROGRAMOWANIA ROBOTÓW ON-LINE TYPU FANTOM DOSTOSOWANEGO DO APLIKACJI FANUC ROBOTICS - CZĘŚĆ ELEKTRONICZNA

Streszczenie: W pracy zaprezentowano interfejs pomiarowy współpracujący z fantomem dostosowanym do robota przemysłowego FANUC ARCMate 100iB. Interfejs elektroniczny przekształca w czasie rzeczywistym położenia katowe poszczególnych ogniw łańcucha kinematycznego modelu na wielkość elektryczną [5,6] możliwą do pomiaru poprzez układ elektroniczny. W artykule zawarte są informacje o doborze rodzaju oraz wartości elementów pomiarowych [4], analizie wartości wielkości fizycznej, która jest mierzona, sposobie programowania mikroprocesorowej jednostki przetwarzania wyników pomiaru oraz jej komunikacji z otoczeniem. Ponadto został opisany program komputerowy odbierający, analizujący oraz przekształcający otrzymane położenia katowe modelu robota (fantomu) na kolejne położenia osi fizycznego robota (tworzenie programu ruchu robota w czasie rzeczywistym). Dodatkowo opisano sposób kalibracji układu pomiarowego, a także algorytm zapisu plików w formacie zgodnym ze składnią niekompresowanych podprogramów ruchu Fanuc Robotics (*.LS).

1. Wstęp

Bardzo ważnym aspektem edukacyjnym w zakresie robotyki stacjonarnej jest pokazanie historii rozwoju systemów sterowania robotów przemysłowych. Jednym z ciekawszych sposobów programowania off-line robotów przemysłowych było zastosowanie pomniejszonego modelu robota (fantomu) do determinacji kolejnych położeń osi łańcucha kinematycznego rzeczywistego robota. Metoda ta [1,2,3] była rozwijana w USA i została nazwana „teaching by showing”. Niestety, produkowane wówczas fantomy nie mogą być zastosowane do programowania współczesnych robotów przemysłowych, co ogranicza możliwość realizacji pokazu działania tego typu systemu. Postanowiono zatem wykonać fantom dostosowany do współczesnych robotów FANUC. Ze względu na bazę laboratoryjną Instytutu Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania przyjęto do budowy model zgodny z manipulatorem ARCMate 100iB. Zasada

działania fantoma pozwala na wyróżnienie 2 głównych podzespołów funkcjonalnych urządzenia. Pierwszym jest układ mechaniczny możliwie wiernie odtwarzający cechy fizycznego obiektu (manipulatora). Drugim podzespołem funkcjonalnym jest dedykowany układ elektryczno-elektroniczny [4,5], którego zadaniem jest przekształcanie sygnałów elektrycznych pochodzących z czujników pomiarowych położenia kątowych na postać cyfrową, a następnie wysyłanie ich w zrozumiałym formacie do komputera PC. Dodatkowym elementem jest aplikacja translatora położenia na składnię sterującą robotem FANUC AM100iB (zgodnie ze specyfikacją kontrolera RJ3iB). W artykule przedstawiono kolejne, kluczowe etapy wykonanych prac przy projektowaniu, wykonaniu i oprogramowaniu części elektrycznej i elektronicznej budowanego fantoma.

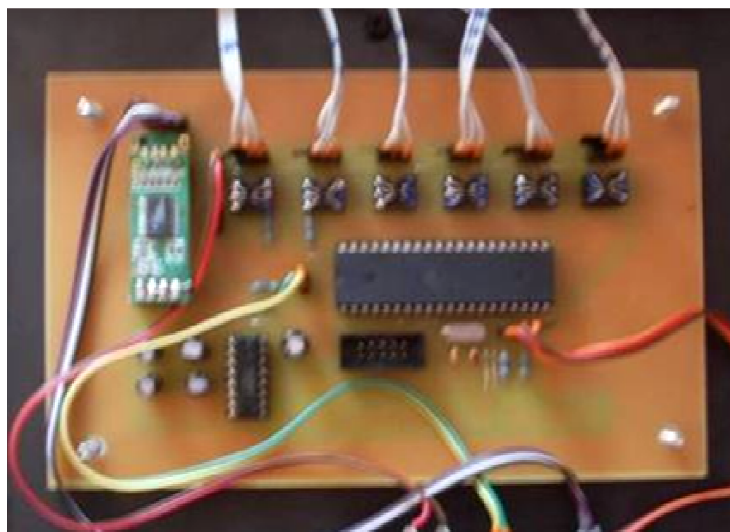
2. Projekt układu elektronicznego

Układ elektroniczny oparty został na mikrokontrolerze ATmega16. Koordynuje on pracę przetworników analogowo - cyfrowych. Taktowany jest zewnętrznym rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 16 MHz, dzięki czemu uzyskano oczekiwaną częstość odświeżania danych. Informacje przesyłane są z przetworników A/C do mikrokontrolera za pośrednictwem dwóch linii sygnałowych interfejsu I2C. Układy przetworników pracują z rozdzielczością 15 bitów, dając dużą dokładność pomiarów kątów poszczególnych osi modelu, co pokazano w tabeli 1.

Tabela 1 Dokładność odwzorowania trajektorii ruchu modelu

Numer osi	Rozdzielczość kątowa [°]
J1	0,01
J2	0,01
J3	0,02
J4	0,02
J5	0,01
J6	0,02

Komunikacja między układem elektronicznym a komputerem PC odbywa się za pomocą wirtualnego portu COM, uzyskanego dzięki konwerterowi USB do RS232. Port USB pełni także rolę układu zasilającego układ elektroniczny, dzięki czemu nie jest konieczne podłączanie dodatkowego źródła zasilania do układu. Powoduje to jednak komplikację wywołaną różnymi wartościami napięcia na porcie USB komputera, negatywnie wpływając na dokładność pomiarów. Problem ten rozwiązano dzięki zaprojektowaniu kreatora kalibracji układu pomiarowego, który znajduje się w programie komputerowym obsługującym fantom. Układ elektroniczny wyposażony został w złącze programatora, co umożliwiło przeprogramowanie procesora bez konieczności usuwania go z płytki drukowanej. Po wykonaniu testów układu wszystkie elementy elektroniczne zostały umieszczone na jednostronnej płytce drukowanej wykonanej metodą termotransferu [6] (rys.1).



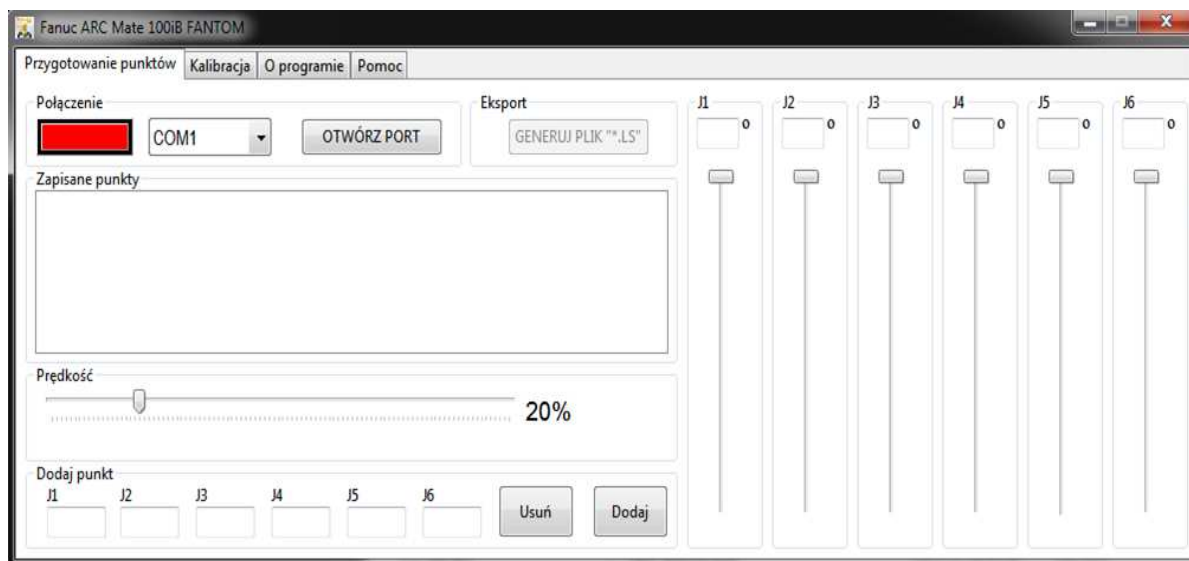
*Rys.1. Płytką drukowaną z układem elektronicznym
Fig.1. Printed board with electronic circuit*

3. Program sterujący pracą procesora ATmega16

Kod programu napisano w środowisku BASCOM AVR, posiadającym wiele gotowych bibliotek obsługujących urządzenia peryferyjne, protokoły transmisji danych oraz funkcje matematyczne. Umożliwiło to stosunkowo szybkie przygotowanie sprawnie pracującego programu. Oprócz konwersji oraz przesyłania danych mikrokontroler musi także obsługiwać przyciski znajdujące się na panelu przednim fantoma, więc w kodzie programu należało umieścić funkcję eliminującą zakłócenia powodowane drganiem styków przycisków. Po naciśnięciu jednego z przycisków na panelu modelu program przystępuje do wysyłania danych poprzez interfejs sprzętowy RS232. Są one przesyłane w ramach zawierających znacznik początku ramki (2 bajty), informacje o stanie przycisków (1 bajt) oraz dane o położeniu wszystkich ramion modelu (12 bajtów). Informacje następnie trafiają do programu komputerowego, którego zadaniem jest ich przetworzenie na wartość kątową położenia wszystkich osi.

4. Program komputerowy

Program komputerowy, komunikujący się z układem elektronicznym, napisano w środowisku LAZARUS Free Pascal. Okno główne programu pokazano na rys.2. Zawiera ono wszystkie niezbędne komponenty umożliwiające odbiór, archiwizację oraz przetwarzanie danych. Zadaniem programu jest konwersja danych otrzymanych z układu elektronicznego oraz zapisywanie ich w macierzy. Program został wyposażony w zabezpieczenia uniemożliwiające wprowadzenie błędnych wartości położenia osi lub wartości przekraczających możliwości ruchowe programowanego robota.

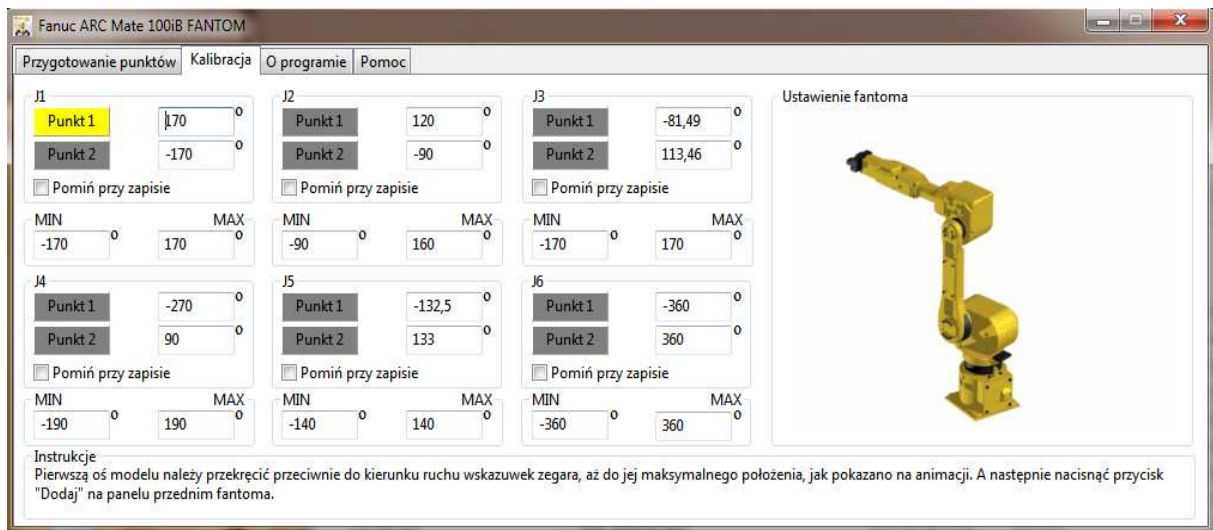


Rys. 2. Okno główne utworzonego programu
 Fig.2. The main screen of the developed application

Po prawej stronie okna programu znajdują się suwaki przedstawiające orientacyjne położenie ramion modelu. Nad nimi wyświetlane są ich aktualne wartości kątowe. Podświetlają się one na czerwono, gdy zostanie przekroczony zakres ruchu robota. Osiągnięcie krańcowej pozycji ruchu powoduje zablokowanie funkcji dodawania punktów trajektorii ruchu, co w sposób wystarczający zabezpiecza przyszły program ruchu robota przed błędami „*Gxx.Limit Error*”

Użytkownik, po zapisaniu wszystkich wymaganych punktów trajektorii, ma możliwość wygenerowania programu sterującego ruchem robota przemysłowego. Wykonuje się to poprzez naciśnięcie przycisku „Generuj plik *.LS”, plik zapisywany jest w wybranej przez użytkownika lokalizacji. Może być on przeniesiony wprost do pamięci robota lub, w celu sprawdzenia poprawności wygenerowanej ścieżki ruchu, do programu symulującego jego pracę.

Ponieważ zasilanie elektronicznego układu pomiarowego pobierane jest wprost z portu USB komputera, program musi mieć możliwość skalibrowania układu pomiarowego. W tym celu przygotowano kreator kalibracji układu. Znajduje się on w drugiej zakładce programu, jak zostało to pokazane na rys.3. Podczas procesu kalibracji w dolnej części okna programu wyświetlane są instrukcje dla użytkownika. Ponadto w prawej części okna programu znajduje się animacja obrazująca, w jakim położeniu musi znajdować się model podczas kolejnych etapów kalibracji. Do prawidłowego przeprowadzenia kalibracji niezbędne są również informacje o ograniczeniach ruchu wszystkich ramion robota, na którego ma być wygenerowany program. Informacje te umieszcza się w przeznaczonych do tego celu polach. Przykładowo roboty AM100iB mają większe zakresy ruchu niż tańsza wersja ACRMate100iBe (economy), zatem aby program był w sposób prawidłowo odtworzony, konieczne jest wprowadzenie ograniczeń zgodnych z posiadanym manipulatorem. Opisane są one kolejno "MIN" oraz "MAX". Kalibrację układu należy przeprowadzać każdorazowo przy zmianie komputera, na którym pracuje program.



Rys. 3. Okno kalibracji
Fig.3. The calibrations window

Prezentowane rozwiązanie dynamicznego przeliczania odczytywanych napięć na zakresy ruchu pozwala również zastosować przygotowany fantom do programowania ruchu robotów posiadających dodatkowe, programowe ograniczenia zakresu ruchów. Bardzo często można spotkać aplikacje zrobotyzowane z ograniczonym zakresem ruchu pierwszej osi (np. celem wyłączenia z przestrzeni zadaniowej naroża lub ściany).

Na rys. 4 przedstawiono przykładowy program wygenerowany przez oprogramowanie współpracujące z fantomem.

```

/PROG PR1
/ATTR
OWNER          = ASCBIN;
COMMENT        = "";
PROG_SIZE      = 649;
CREATE         = DATE 11-05-08 TIME 13:35:48;
MODIFIED       = DATE 11-05-08 TIME 13:35:48;
FILE_NAME      = ;
VERSION        = 0;
LINE_COUNT     = 3;
MEMORY_SIZE    = 969;
PROTECT        = READ_WRITE;
TCD: STACK_SIZE = 0,
TASK_PRIORITY   = 50,
TIME_SLICE     = 0,
BUSY_LAMP_OFF  = 0,
ABORT_REQUEST  = 0,
PAUSE_REQUEST  = 0;
DEFAULT_GROUP  = 1,*,*,*;
CONTROL_CODE   = 00000000 00000000;
/MN
1:J P[1] 20% FINE ;
2:J P[2] 20% FINE ;

3:J P[3] 20% FINE ;
/POS
P[1]{
GP1:
UF : 1, UT : 1,
J1= 1.65 deg, J2= 16.98 deg, J3= 2.87 deg,
J4= -0.20 deg, J5= -0.02 deg, J6= 1.02 deg
};
P[2]{
GP1:
UF : 1, UT : 1,
J1= 2.44 deg, J2= 42.76 deg, J3= -42.58 deg,
J4= -0.49 deg, J5= -0.04 deg, J6= 1.02 deg
};
P[3]{
GP1:
UF : 1, UT : 1,
J1= 5.21 deg, J2= 79.38 deg, J3= -55.73 deg,
J4= -4.89 deg, J5= -30.03 deg, J6= -0.72 deg
};
/END

```

Rys. 4. Wygenerowany program ruchu robota
Fig.4. The generated robot's movement program

5. Wnioski

Przeprowadzając testy odwzorowania pozycji, wykazano, że opracowane narzędzie pozwala na łatwe i wierne odwzorowanie położenia poszczególnych osi fantoma. Przeprowadzając próby symulacyjne wykazano wierne odtwarzanie trajektorii przez rzeczywistego robota zarówno w trybie ruchu PTP, jak i z wykorzystaniem interpolacji liniowej. Obecnie trwają przygotowania do przeprowadzenia nauczania w czasie rzeczywistym fizycznego robota. Postanowiono przygotować model obiektu podlegającego spawaniu. Autorzy postanowili zaprogramować robota bazując na obwiedni przygotowanego modelu, po czym planują porównanie warunków geometrycznych końcowej trajektorii rzeczywistego robota z przygotowanym wzorcem.

Literatura

1. Kost G.G.: Programowanie robotów przemysłowych. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 1996.
2. Craig J.J.: Wprowadzenie do robotyki. Warszawa: WNT, 1993.
3. Honczarenko L.: Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie. Warszawa: WNT, 2004.
4. Mroczek Cz., Urządzenia elektroniki i automatyki, Warszawa: PWSZ, 1990.
5. Pióro B., Pióro M.: Podstawy elektroniki. Warszawa: WSiP, 1997.
6. Czasopisma: „Elektronika Praktyczna” „Radioelektronik”
7. Witryny internetowe : www.ep.pl, www.elektronika.prv.pl

PROJECT OF MECHATRONIC INTERFACE OF ON-LINE ROBOT PROGRAMMING FANTOM TYPE ADJUSTED TO FANUC ROBOTICS APPLICATION- ELECTRONIC PART

Summary: The main goal of this study is to perform measurement's interface cooperating with phantom adjusted to the industrial FANUC AM100iB robot. The role of described interface is transforming the angle location on the volume of electricity possible to measure by the electronic system. This article contains information about type and value of the measuring items selection, physical quantity that is measured, chosen measurement method, selection of measurement items and their communication with the process management processor. Furthermore, it describes the communication interface with the computer, computer program receiving, analyzing and transforming obtained data on the position of each robot axis, the calibration of the measuring system, as well as algorithm of file saving in a format compatible with the files "*.LS" text entry Fanuc Robotics software.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Rafał RZAŚIŃSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* rafal.rzasinski@polsl.pl

WERYFIKACJA I SYMULACJA PROCESU ZGRZEWANIA DLA TYPOSZEREGU RUR PE

Streszczenie: W związku z rozwojem nowych generacji polietylenów (PE), oraz z produkcją rur o coraz większych gabarytach (średnica, grubości ścianek) duże znaczenie ma prawidłowy dobór parametrów procesu. Praca przedstawia algorytm weryfikacji procesu zgrzewania opracowany dla typoszeregu rur PE. Zaprezentowany algorytm pozwala weryfikować przebieg procesu i stanowi bazę informacji dotyczących poprawności wykonania połączenia. Aplikacja sugeruje poprawne czynności obsługowe w celu uzyskania prawidłowego zgrzewu. Proces przedstawiony jest w sposób blokowy. Wykonano również symulację tego procesu z zastosowaniem zgrzewarki do rur o średnicach od $\varnothing 110$ do $\varnothing 225$.

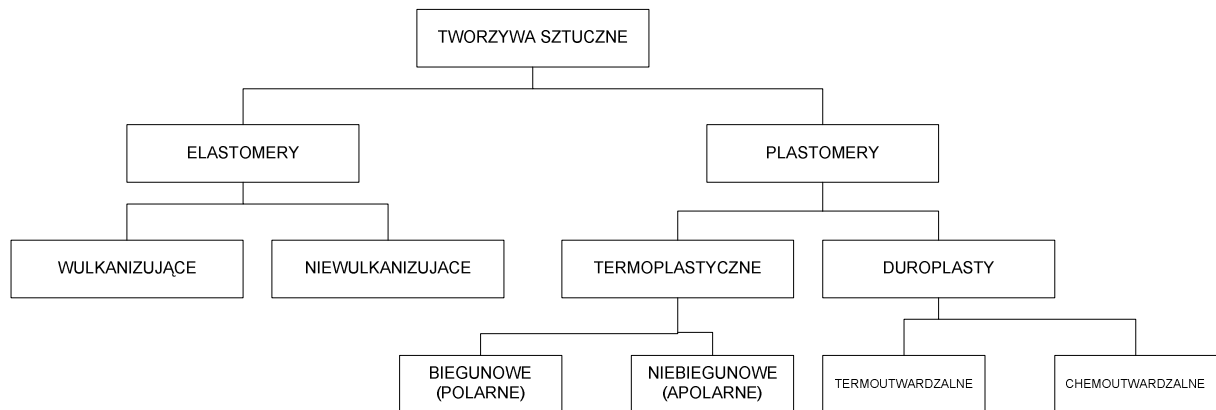
1. Wstęp

W pracy dokonano analizy procesu zgrzewania doczołowego rur PE pod względem poprawnego doboru parametrów złącza. W pierwszym etapie pracy przedstawiona zostanie analiza procesu zgrzewania. Na podstawie ogólnego schematu procesu zgrzewania w kolejnej części pracy przedstawiono schemat aplikacji doboru parametrów zgrzewania. Proces ten będzie dotyczył typowych czynności obsługowych podczas wykonywania zgrzewu [1,4]. Proces zgrzewania doczołowego i cała procedura przygotowawcza określana jest wymogami stawianymi przez niemiecką normę DVS 2207. W rzeczywistości wiele firm prowadzi własne badania, mające na celu usprawnienie procesu i dostosowanie parametrów do własnych produktów.

2. Charakterystyka procesu zgrzewania

Proces doboru parametrów zgrzewania realizowany jest dla tworzyw PE [4]. Tworzywa polimerowe, zwane potocznie tworzywami sztucznymi lub polimerami, są materiałami syntetycznymi wytwarzanymi z produktów naftowych w procesie polireakcji związków o małej masie cząsteczkowej, zwanymi monomerami [2,3].

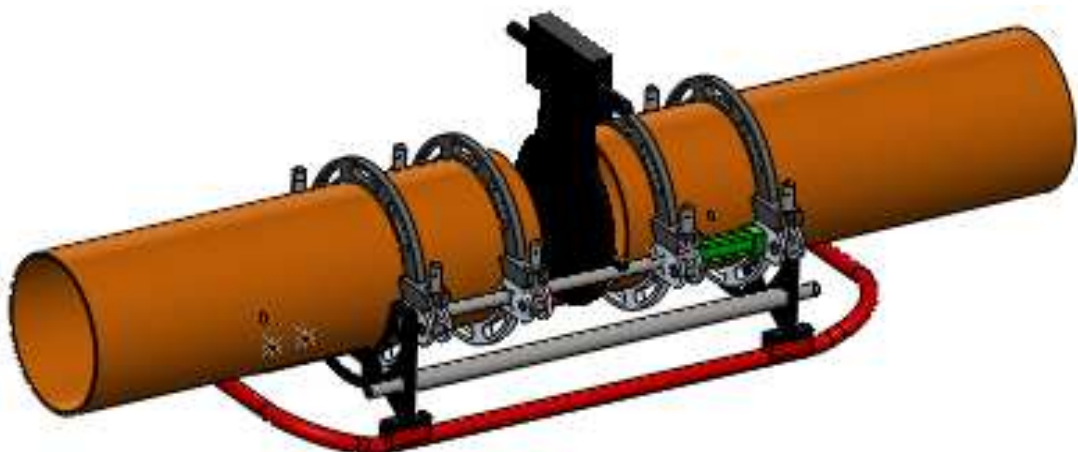
Podstawowe tworzywa wielocząsteczkowe ze względu właściwości reologiczne (pierwsze kryterium) dzielą się na dwie grupy: elastomery i plastomery, a te z kolei na tworzywa termoplastyczne (termoplasty) i duroplasty (kryterium drugie), (rys. 1).



*Rys. 1. Podział tworzyw sztucznych[3]
Fig.1. Division of Plastic[3]*

Zgrzewać można jedynie termoplasty, które mięknią w podwyższonej temperaturze, a tym samym dają się łączyć przez docisk. W zależności od źródła i sposobu doprowadzania ciepła rozróżnia się następujące sposoby zgrzewania: zgrzewanie stykowe, zgrzewanie promiennikowe, zgrzewanie cierne, zgrzewanie dielektryczne, zgrzewanie ultradźwiękowe. Podstawą analizy będzie zgrzewanie stykowe [4,5]. Proces zgrzewania zewnętrznym elementem grzejnym przebiega w etapach: nagrzanie obszaru styku zgrzewanych przedmiotów do określonej temperatury zgrzewania (ETAP I oraz II), wysunięcie elementu grzejnego z obszaru zgrzewania (ETAP III), dociśnięcie do siebie i spęczenie obszaru zgrzewania łączonych przedmiotów oraz schłodzenie łącza (ETAP IV oraz V).

Maszyną używaną do wykonywania połączeń zgrzewanych za pomocą płyty grzewczej, jest zgrzewarka doczołowa lub automat zgrzewalniczy. Przykład zgrzewarki przedstawia rys. 2. Model został wykonany w programie Solid Edge na podstawie danych istniejącego urządzenia, [5].



*Rys. 2. Model zgrzewarki
Fig.2. Model of welding machines*

3. Schemat aplikacji

Algorytm utworzono na podstawie instrukcji zgrzewania za pomocą płyty grzewczej zawartej w typowej karcie egzaminacyjnej. Algorytm przedstawiono w sposób blokowy. Poniżej opisano i objaśniono jego poszczególne bloki.

BLOK I

Obejmuje czynności związane z przygotowaniem zarówno elementów zgrzewanych jak i samych elementów zgrzewarki do procesu zgrzewania.

BLOK II

Obejmuje cały proces zgrzewania. Uwzględnia pobieranie parametrów wymuszonych elementami zgrzewanymi, rejestr parametrów uzyskanych podczas zgrzewania, kontrolę poszczególnych etapów oraz generowanie komunikatów o błędach podczas przebiegu procesu.

BLOK III

Jest to etap, w którym podejmowana jest decyzja o poprawności zgrzewa

BLOK NASTAW I KONTROLI (BNK)

Obejmuje on zegary nastawiające czas trwania poszczególnych etapów,

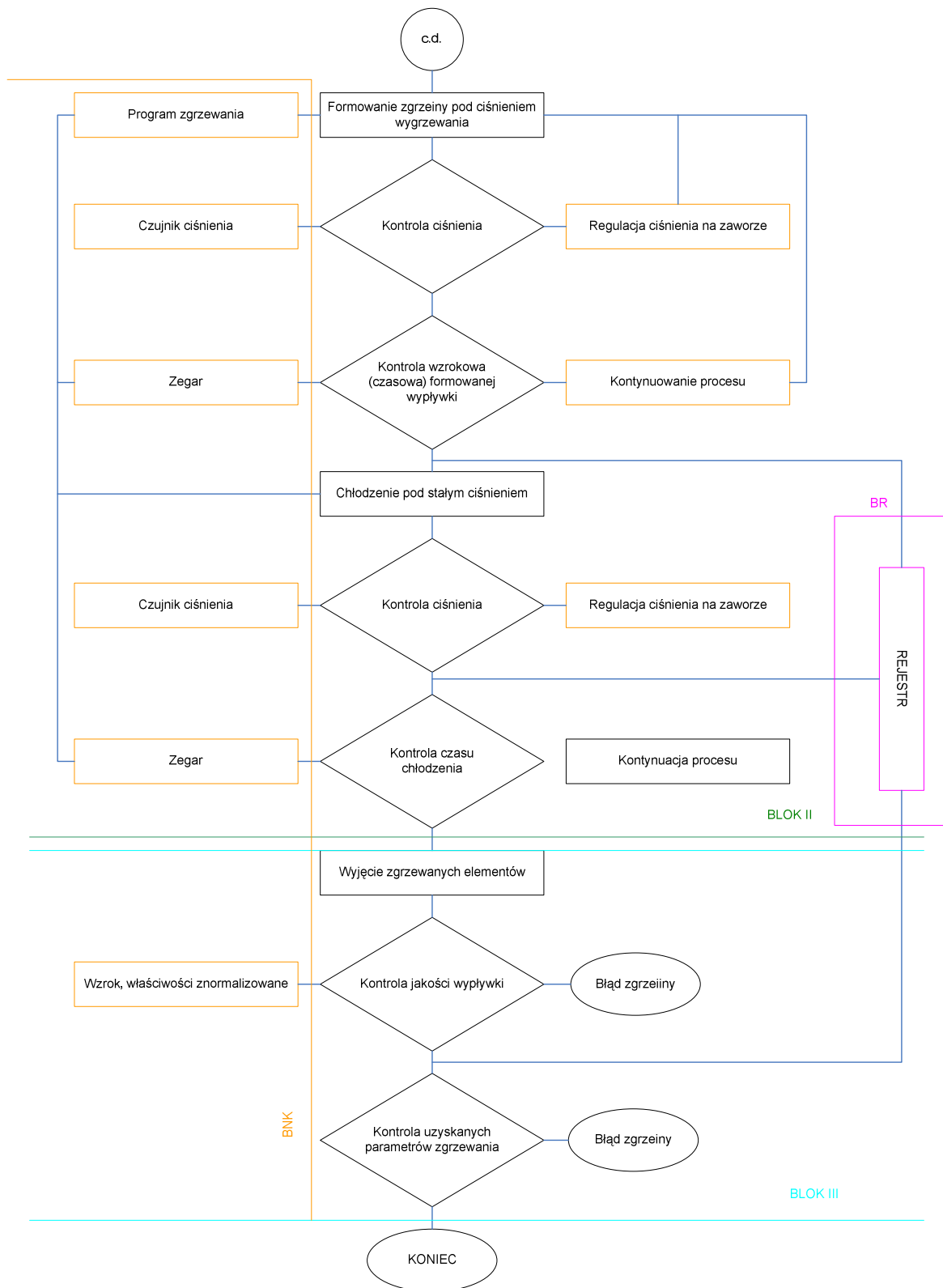
BLOK REJESTRU (BR)

Obejmujący rejestr parametrów uzyskanych podczas procesu oraz błędów krytycznych.

Ze względu na obszerność przedstawiono jedynie fragment boku I, (rys. 3).



Rys. 3. Schemat blokowy początku aplikacji
Fig.3. Block diagram of the beginning of the application

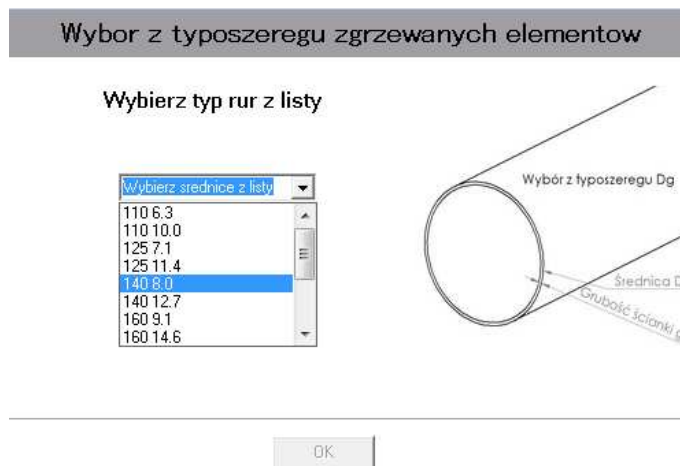


Rys. 4. Końcowe etapy zgrzewania wraz z kontrolą zgrzeiny
 Fig. 4. The final stages of welding and weld control

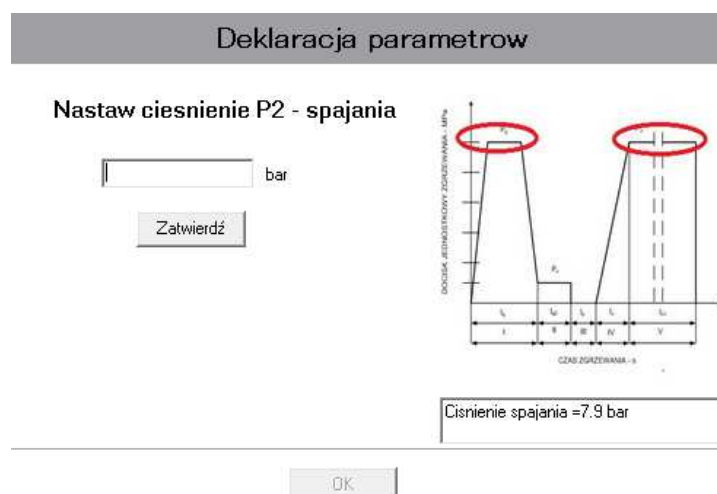
4. Symulacja procesu zgrzewania

Symulacja programowa procesu zgrzewania została przeprowadzana wyłącznie wirtualnie na komputerze. Program oparty jest na komendach i poleceniach połączonych ze sobą w sposób szeregowy. Czynności na zgrzewarce są wykonywane jedna po drugiej, bez możliwości powrotu do poprzedniej. Takie postępowanie skutkowałoby wykonaniem złego połączenia. Mimo to istnieją w programie pewne odstępstwa od tej reguły wynikające z charakteru niektórych czynności powtarzalnych, np. przygotowanie elementów przed zgrzewaniem bądź nadzorowanie stanu ciśnienia (regulacja parametrów).

Program składa się z 24 instrukcji powiązanych i zależnych między sobą w sposób szeregowy tzn. że tylko poprawne wykonanie całej instrukcji umożliwi przejście do następnej. W przypadku niespełnienia danych warunków program generuje komunikat błędu bądź procedury, którą należy wykonać w celu zlikwidowania błędu. Przykładowe okna dialogowe przedstawia rys. 5, 6, 7.



Rys. 5. Wybór rodzaju zgrzewanych elementów z typoszeregu
Fig. 5. Selection of the type welded elements from the series of types



Rys. 6. Okno nastawy ciśnienia dla procesu
Fig.6. The dialog box set pressure for the process

I i II Etap zgrzewania		Zastawienie parametrów																																					
<p>Etap I zgrzewania</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Narzut ciśnienia do wartości P2</p> <p>Etap II zgrzewania</p> <p>Wysokość wstępnego uformowania wypłytki</p> <p><input checked="" type="radio"/> TAK <input type="radio"/> NIE</p> <p>Wymagana wysokość = 0.5 mm</p>		<table border="1"> <tr><td>Średnica D=</td><td>125</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Grubość ścianki=</td><td>7.1</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Cisnienie nagrzewania max.=</td><td>4.3</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Czas nagrzewania=</td><td>120</td><td>[s]</td></tr> <tr><td>Czas przestawienia=</td><td>6</td><td>[s]</td></tr> <tr><td>Czas spajania pod ciśnieniem=</td><td>7</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Czas chłodzenia pod ciśnieniem=</td><td>10</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Cisnienie max.=</td><td>7.9</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Temperatura płyty=</td><td>220</td><td>[C]</td></tr> </table> <p>Parametry zadane</p> <table border="1"> <tr><td>Średnica D=</td><td>125</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Grubość ścianki=</td><td>7.1</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Cisnienie nagrzewania=</td><td>4.0</td><td>[bar]</td></tr> </table>		Średnica D=	125	[mm]	Grubość ścianki=	7.1	[mm]	Cisnienie nagrzewania max.=	4.3	[bar]	Czas nagrzewania=	120	[s]	Czas przestawienia=	6	[s]	Czas spajania pod ciśnieniem=	7	[bar]	Czas chłodzenia pod ciśnieniem=	10	[bar]	Cisnienie max.=	7.9	[bar]	Temperatura płyty=	220	[C]	Średnica D=	125	[mm]	Grubość ścianki=	7.1	[mm]	Cisnienie nagrzewania=	4.0	[bar]
Średnica D=	125	[mm]																																					
Grubość ścianki=	7.1	[mm]																																					
Cisnienie nagrzewania max.=	4.3	[bar]																																					
Czas nagrzewania=	120	[s]																																					
Czas przestawienia=	6	[s]																																					
Czas spajania pod ciśnieniem=	7	[bar]																																					
Czas chłodzenia pod ciśnieniem=	10	[bar]																																					
Cisnienie max.=	7.9	[bar]																																					
Temperatura płyty=	220	[C]																																					
Średnica D=	125	[mm]																																					
Grubość ścianki=	7.1	[mm]																																					
Cisnienie nagrzewania=	4.0	[bar]																																					

Rys.7. Panel zestawienia wyników zgrzewania
Fig. 7. Panel welding compilation of results

5. Podsumowanie

Program przeznaczony jest doboru parametrów zgrzewu, dla zgrzewarek z płytą grzewczą. Wykonany jest w formie aplikacji do celów szkoleniowych, gdyż w sposób prosty i intuicyjny przeprowadza operatora przez cały proces zgrzewania. Dostarcza wszystkich informacji na temat czynności obsługowych dla operatora. Brak odniesienia do czujników zewnętrznych oraz połączenia z układem sterującym powodują, że parametry osiągnięte będą zawsze zbliżone do idealnych.

Literatura

1. Bąkowski K.: Sieci i instalacje gazowe. Warszawa: WNT, 2007.
2. Hyla I.: Tworzywa sztuczne własności, przetwórstwo, zastosowanie. Warszawa: WNT, 2004.
3. Klimpel A.: Technologie zgrzewania metali i tworzyw termoplastycznych. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 1999.
4. Urbaniak Z.: Zgrzewanie tworzyw sztucznych zgrzewarki i generatory. Warszawa: WNT, 1997.
5. Warzecha M.: Modelowanie i symulacja pracy zgrzewarki do rur PE, Praca dyplomowa, Gliwice, 2009.

VERIFICATION AND SIMULATION OF WELDING PROCESS FOR A TYPE SERIES OF PE PIPES

Summary: The correct selection of welding process is important as a consequence of development of new generation polyethylene and the production of pipes with increasing dimensions (diameter, wall thickness). The paper presents algorithm of choosing the welding process and the type series of PE pipes. The presented algorithm allows verifying the process and provides a database of information about the correctness of the connection. The application suggests proper maintenance operations in order to obtain correct seal. The process is shown in a block. Moreover, simulations of this process using the welding machines of pipes in diameters from $\varnothing 110$ to $\varnothing 225$ were performed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr SASKA^{1*}, Jerzy CZMOCHOWSKI²

¹ Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im gen. T. Kościuszki, Wrocław

² Politechnika Wrocławska, Wrocław

* piotrsaska@wp.pl

KONCEPCJA STANOWISKA DO BADAŃ ODDZIAŁYWANIA FALI UDERZENIOWEJ WYBUCHU NA OSŁONY O RÓŻNYM KSZTAŁCIE

Streszczenie: W pracy przedstawiono projekt stanowiska badawczego do pomiaru parametrów fali uderzeniowej wybuchu, oddziałującej na osłony o różnym kształcie. Koncepcję stanowiska przygotowano w oparciu o założenie, że nadciśnienie fali uderzeniowej i impuls nadciśnienia są zasadniczymi charakterystykami fali uderzeniowej wybuchu wpływającymi na powstawanie zagrożeń dla otoczenia oraz określającymi jej mechaniczne oddziaływanie. Opisane stanowisko, zdaniem autorów ma umożliwić pomiar przebiegu wybranych parametrów fali swobodnej i odbitej oddziałującej na osłony ustawione w stosunku do podłoża pod różnymi kątami oraz oddalonymi od centrum ładunku wybuchowego w różnych odległościach.

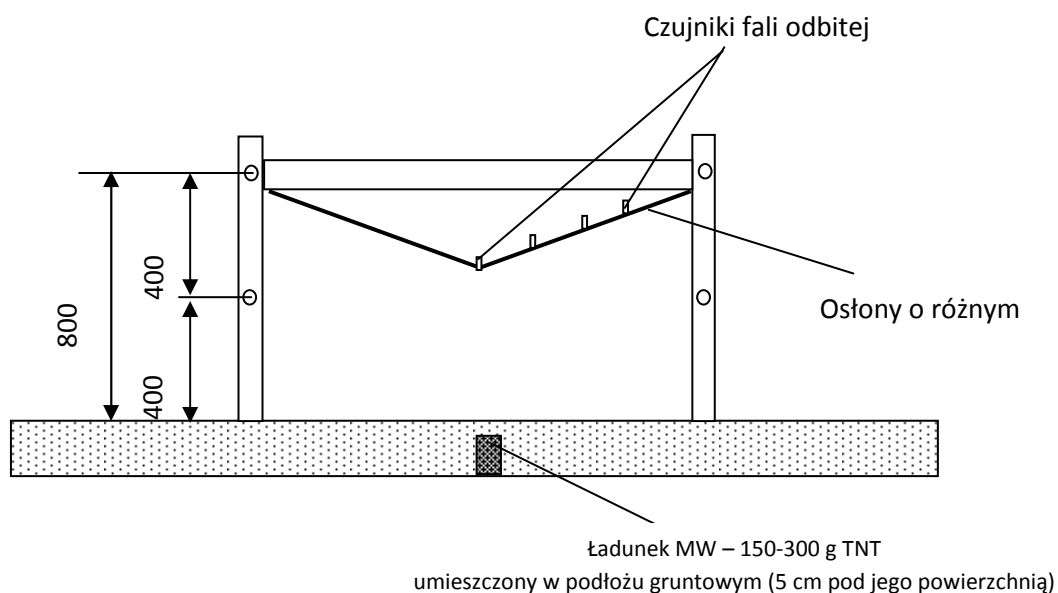
1. Wstęp

Charakter konfliktów zbrojnych w Iraku i Afganistanie, w których głównym środkiem walki stosowanym przez ugrupowania terrorystyczne przeciwko regularnym wojskom koalicyjnym są improwizowane urządzenia wybuchowe (IED) oraz miny lądowe implikuje potrzebę prowadzenia badań nad szeroko pojętym zjawiskiem wybuchu i jego wpływem na otoczenie. Obecnie wiele ośrodków naukowych zajmuje się problematyką wyznaczenia charakterystyk fali uderzeniowej wybuchu, powstałej po detonacji ładunku o różnych właściwościach. Najczęściej badanymi parametrami są ciśnienie i impuls ciśnienia. Ich wartości mają bowiem zasadniczy wpływ na powstawanie zagrożeń dla otoczenia oraz określają mechaniczne oddziaływanie fali uderzeniowej. W celu osiągnięcia miarodajnych wyników eksperymenty prowadzone są w warunkach zbliżonych do rzeczywistych z wykorzystaniem ładunków wybuchowych o cechach analogicznych do używanych w trakcie działań bojowych. Oprócz metod doświadczalnych do określania charakterystyk fali podmuchowej wykorzystuje się metody teoretyczne i numeryczne. Badanie zjawiska oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu ma szczególne znaczenie przy projektowaniu pojazdów wojskowych, które będą wykorzystywane przez żołnierzy w rejonach konfliktów zbrojnych. Zasadniczym elementem konstrukcyjnym pojazdu, powodującym rozpraszanie energii generowanej przez eksplozję ładunku wybuchowego jest osłona (deflektor), montowana do dolnej części podwozia lub nadwozia. Kształt, kąt pod jakim ustawiona jest

w stosunku do podłoża, a także odległość od miejsca detonacji ma bezpośredni wpływ na wielkości ciśnienia fali swobodnej i odbitej oraz impulsu ciśnienia.

2. Projekt stanowiska badawczego

Stanowisko badawcze do oceny oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu na osłony o różnym kształcie przedstawiono na rysunku 1. Całość konstrukcji wykonana ze stali S235JR umożliwi dokonywanie pomiarów parametrów fali uderzeniowej, generowanej eksplozją ładunków materiału wybuchowego o masie około 150 - 300 g TNT, i oddziaływającej na osłony o wymiarze 1 x 1m. Badany element przy pomocy tzw. ramki dociskowej i śrub mocowany jest od spodu do wykonanej z dwuteownika kwadratowej ramy połączonej na stałe z podporami, które dzięki usytuowanym w dolnej części otworom można umieszczać na kolumnach na różnej wysokości (Rys. 2).



Rys. 1. Stanowisko do badania oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu na osłony o różnym kształcie

Konstrukcja stanowiska badawczego umożliwia przeprowadzenie badań osłon, o kształtach identycznych, do tych jakie są obecnie stosowane w pojazdach używanych przez nowoczesne armie na całym świecie. W trakcie eksperymentu przeanalizowane zostaną trzy typy osłon (deflektorów):

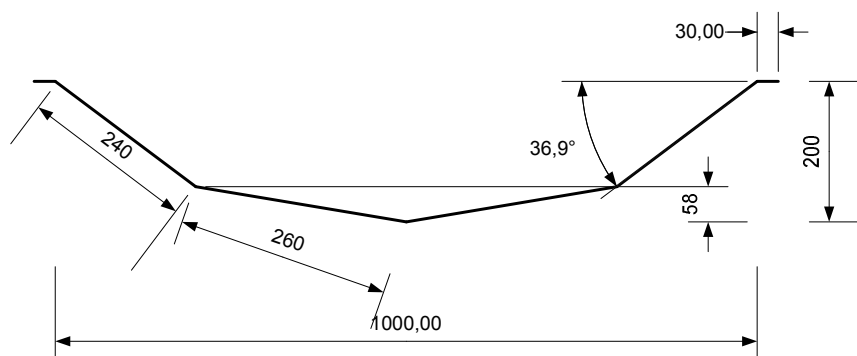
- osłony ustawione równoległe do podłoża;
- osłony w kształcie litery „V”, ustawione pod kątem $21,8^{\circ}$ do podłoża;
- osłony w kształcie spłaszczonego „U” (Rys. 3).

Na każdej z osłon umieszczone są cztery gniazda z czujnikami ciśnienia fali odbitej w sposób jak pokazano na rysunku 1. Zastosowano piezoelektryczne czujniki ciśnienia fali odbitej PCB Piezotronics, serii 134.

Ładunek materiału wybuchowego w postaci trotylu (naboje wiertnicze) o masie 150 i 300 g umieszczony zostanie w podłożu gruntowym na głębokości 5 cm. Odległość pomiędzy środkiem ładunku, a dolną częścią osłony wynosiła będzie 20, 40 i 80 cm.



Rys. 2. Wykonane stanowisko badawcze z widocznymi elementami umożliwiającymi regulację wysokości osłony w stosunku do podłoża.



Rys. 3. Osłona w kształcie spłaszczonego „U”

3. Pomiar charakterystyk fali uderzeniowej wybuchu

Zaprojektowane stanowisko badawcze pozwala ocenić wpływ fali uderzeniowej wybuchu na podwozia pojazdów wojskowych. Głównym założeniem autorów jest porównanie charakterystyk fali podmuchowej, obciążającej pojazdy wojskowe o płaskim podwoziu, ustawionym równolegle do podłoża z pojazdami, których ten element konstrukcyjny jest ukształtowany w sposób zapewniający rozpraszanie energii generowanej wskutek eksplozji ładunku wybuchowego. Podczas prowadzenia eksperymentu zostaną zmierzone następujące parametry:

- ciśnienie fali odbitej;
- ciśnienie fali uderzeniowej swobodnej;
- prędkość rozchodzenia się czoła fali uderzeniowej.

Do wykonania pomiarów wykorzystany zostanie sprzęt pomiarowy w skład którego, obok wymienionych wcześniej czujników ciśnienia fali odbitej wejdą: czujniki ciśnienia fali swobodnej firmy PCB Piezotronics, serii 137A23, ultraszybka kamera optyczna Phantom, urządzenia rejestrująco – zapisujące oraz przenośny mikrokomputer.

Pomiar parametrów fali uderzeniowej wybuchu przeprowadzony zostanie dla dwóch mas ładunków wybuchowych, tj 150 g i 300 g. Dla każdej masy oraz położenia zostaną wykonane 2 lub 3 próby. Ładunki materiału wybuchowego dla wszystkich prób ustawiane będą w taki sam sposób i na podłożu gruntowym posiadającym jednakowe właściwości. Niezachowanie tych warunków może bowiem spowodować, iż otrzymane wyniki będą znacząco różniły się przebiegami niektórych charakterystyk dla ładunków trotylowych o identycznej wadze, co w konsekwencji może oznaczać ich niewiarygodność.

4. Podsumowanie

Przedstawione stanowiska do badań oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu na osłony o różnym kształcie pozwala w oparciu o stosunkowo małe masy ładunków wybuchowych dokonać analizy wpływu niektórych parametrów fali podmuchowej na konstrukcję elementów zabezpieczających pojazd i jego załogę przed eksplozją środków wybuchowych stosowanych we współczesnych konfliktach zbrojnych. Eksperymenty prowadzone w sposób, jak opisano w artykule pozwalają zdaniem autorów wskazać optymalny kształt osłony (deflektora), której zadaniem jest maksymalne rozproszenie energii wybuchu.

Literatura

1. Borkowski W., Rybak P.: Eksperymentalne badania gąsienicowego wozu bojowego obciążonego wybuchem miny przeciwdennej. „Biuletyn WAT” 2000, nr 5, s. 71 – 83.
2. Panowicz R., Barnat W.: Wpływ umiejscowienia ładunku wybuchowego na intensywność fali podmuchowej. „Biuletyn WAT” 2010, nr 1, s. 144 – 151.
3. Trzciniński W., Paszula J., Trębiński R.: Badanie charakterystyk fali podmuchowej generowanej detonacją cylindrycznego ładunku kruszącego materiału wybuchowego. „Biuletyn WAT” 2003, nr 2, s. 45 - 62.

THE CONCEPTION OF STATION FOR TESTS OF INFLUENCE OF BLAST WAVE ON DIFFERENT SHAPE PROTECTION ELEMENTS

Summary: The article presents the project of station for measurement of influence of blast wave parameters on different shape protection elements. A conception of station is prepared compatibly with theory that overpressure and impulse are main blast wave parameters, which cause danger for surroundings and define mechanical impact. In the opinion of authors described position allows the analysis of protection structure elements, which are positioned in different angle and distance to ground and are loaded by free and reflected blast wave parameters.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Marcin SZCZYGIEŁ*

Katedra Mechatroniki, Wydział Elektryczny, Politechnika Śląska, Gliwice
*marcin.szczygiel@polsl.pl

SILNIK INDUKCYJNY O DWÓCH STOPNIACH SWOBODY RUCHU

Streszczenie: Referat jest poświęcony 3-fazowemu silnikowi indukcyjnemu o dwóch stopniach swobody ruchu. Obiektem zainteresowania autora jest silnik liniowo – obrotowy o niekonwencjonalnym rozwiązaniu konstrukcyjnym, wynikającym z przyjęcia nietypowych założeń konstrukcyjnych. Tym głównym przyjętym założeniem jest jak najszersze wykorzystanie gotowych elementów 3-fazowego silnika indukcyjnego produkowanego seryjnie, a w szczególności – gotowego: spakietowanego i uzwojonego stojana. Przyjęte założenie upraszcza w znaczący sposób technologię wykonania silnika i obniża koszty jego wytworzenia. Według rozeznania autora taki silnik, powstały na bazie 3-fazowego silnika indukcyjnego produkowanego seryjnie, nie był dotychczas w literaturze rozważany [1].

1. Wstęp

Silniki o dwóch stopniach swobody ruchu: obrotowym oraz liniowym, dają możliwość bezpośredniej realizacji (w stanie ustalonym) ruchu spiralnego bez potrzeby stosowania złożonych mechanicznych układów przeniesienia siły i momentu. Oczywiście, oprócz trajektorii spiralnej, możliwa jest realizacja innych trajektorii, w obrębie przestrzeni, będącej powierzchnią walca. Przy zasilaniu tylko jednego z modułów silnika – tylko modułu R lub tylko modułu L – silnik może pracować odpowiednio w trybie silnika obrotowego lub też w trybie silnika liniowego. Tym samym w jednym napędzie są zintegrowane dwa napędy o różnym charakterze [2-9].

W układach napędowych wiertarek, obrabiarek lub urządzeń do mieszania element napędzany wykonuje ruch złożony (obrotowo – liniowy). Tradycyjnie stosuje się w tych urządzeniach silniki o jednym stopniu swobody (obrotowe lub liniowe) współpracujące z przekładnią mechaniczną. Alternatywnym rozwiązaniem może być w tym przypadku silnik bez przekładni, realizujący dwa stopnie swobody ruchu.

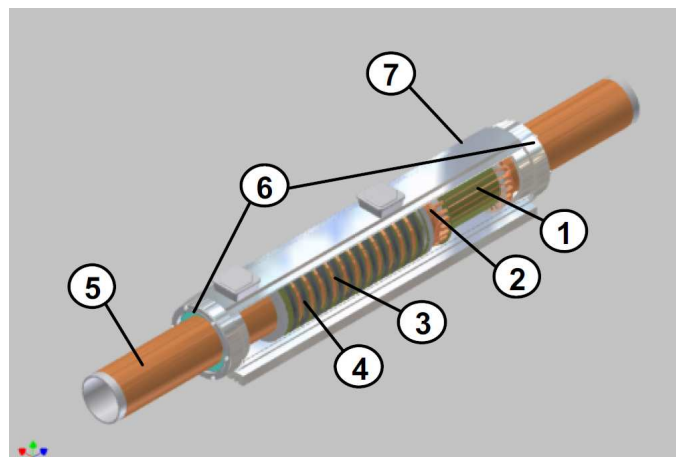
Ze względu na nietypową budowę silników indukcyjnych liniowo – obrotowych i konieczność zastosowania niestandardowych technologii wytwarzanie ich jest kosztowne. Autor podczas opracowywania prototypu skupił się na określeniu możliwości zbudowania silnika indukcyjnego liniowo – obrotowego na bazie standardowego silnika 3-fazowego klatkowego i potwierdzeniu celowości takiego postępowania, które wynika ze znacznie mniejszych kosztów produkcji silnika indukcyjnego o dwóch stopniach swobody, jak też ze znacznego uproszczenia procesu technologicznego wykonania nietypowego napędu.

2. Obiekt badań

Silnik indukcyjny o dwóch stopniach swobody przedstawiony na rysunku 1, jest konstrukcją o dwóch oddzielnych stojanach, umieszczonych w jednej obudowie (o wspólnym korpusie). Moduł realizujący ruch liniowy silnika liniowo – obrotowego jest nazywany modułem L (ang. Linear module), natomiast moduł realizujący ruch obrotowy silnika liniowo – obrotowego jest nazywany modułem R (ang. Rotary module).

Dwa oddzielne stojany silnika liniowo – obrotowego współpracują ze wspólną częścią wtórną – wirnikiem tubowym (rura ferromagnetyczna z naniesioną przewodzącą warstwą miedzi). W stanie ustalonym moduł L wytwarza pole wędrujące osiowe, a moduł R wytwarza pole wirujące kołowe. Moduł L stanowi stojan taki, jaki jest stosowany w silnikach liniowych tubowych, natomiast moduł R posiada konstrukcję taką, jaka jest stosowana w silnikach obrotowych klatkowych.

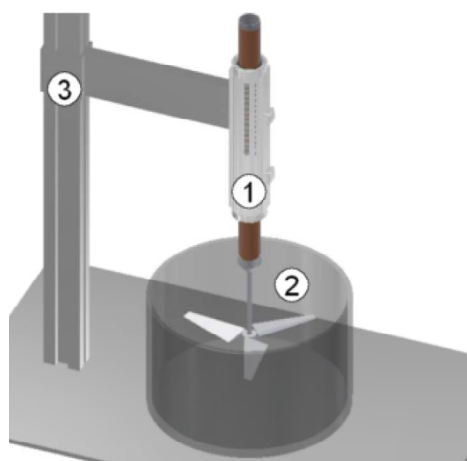
Silniki liniowo – obrotowe mogą znaleźć różnorodne zastosowanie np. jako napędy do urządzeń wykorzystywanych w procesach technologicznych mieszania, mielenia, wiercenia (jako napędy mieszalników, młynków i wiertarek), czy też – jako napędy par kinematycznych IV klasy (przegub rotacyjno – pryzmatyczny) w manipulatorach robotów.



Rys.1. Konstrukcja silnika liniowo – obrotowego o dwóch stojanach: 1 – jarzmo stojana modułu R, 2 – uzwojenie modułu R, 3 – jarzmo stojana modułu L, 4 – uzwojenie modułu L, 5 – wirnik tubowy z litą, miedzianą warstwą przewodzącą, 6 – zespoły łożyskowe ślizgowo – toczne, 7 – korpus silnika

Fig.1. Construction of linear – rotary induction motor: 1 – yoke of stator of rotary module, 2 – winding of rotary module, 3 – yoke of stator of linear module, 4 – winding of linear module, 5 – tubular rotor with conducting copper layer, 6 – bearings system, 7 – casing

Przykładową aplikację silnika liniowo – obrotowego, w której moduł obrotowy jest napędem głównym, a moduł liniowy pozycjonuje końcówkę roboczą względem kadzi mieszalnika, przedstawiono na rysunku 2.



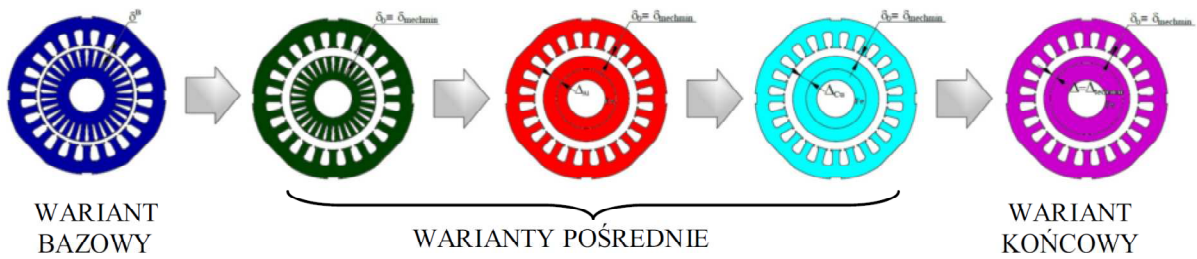
Rys.2. Przykładowa aplikacja silnika liniowo – obrotowego w urządzeniu do mieszania: 1 – silnik liniowo – obrotowy, 2 – mieszadło, 3 – mocowanie silnika

Fig.2. Exemplary application of linear – rotary induction motor in devices for milling: 1 – linear – rotary induction motor, 2 – stirrer, 3 – motor mounting

3. Algorytm projektowania

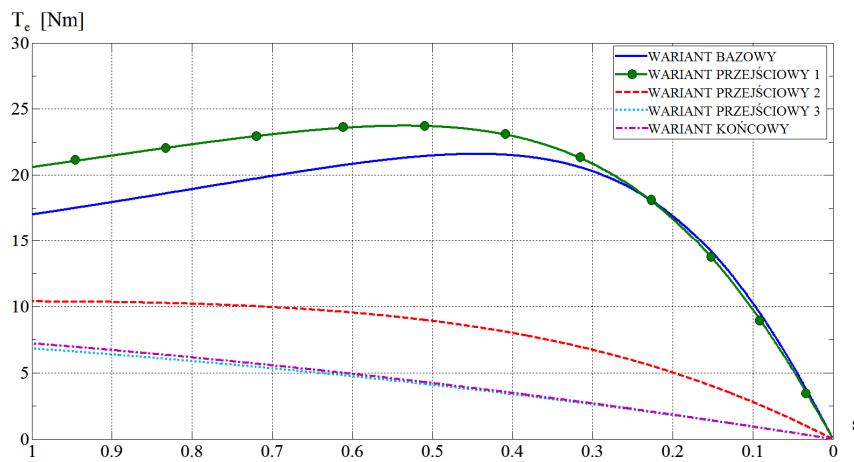
W projekcie silnika liniowo – obrotowego za moduł podstawowy (roboczy) przyjęto moduł R (powstały na bazie 3-fazowego silnika indukcyjnego ShR 90X-8M, produkowanego seryjnie przez Fabrykę Silników Elektrycznych BESEL w Brzegu), który napędza końcówkę roboczą (narzędzie), zaś moduł L (powstały przy wykorzystaniu adaptowanych elementów silnika indukcyjnego ShR 90X-8M) – za moduł dodatkowy (element wykonawczy o ruchu postępowym – aktuator liniowy), służący przede wszystkim do pozycjonowania końcówki roboczej (narzędzia) w przestrzeni roboczej np. względem kadzi, w której wykonywany jest proces mielenia lub mieszania – rysunek 2. Głównym założeniem przyjętym w algorytmie projektowania 3-fazowego silnika indukcyjnego liniowo – obrotowego, jest wykorzystanie maksymalnej liczby gotowych elementów 3-fazowego silnika indukcyjnego klatkowego, produkowanego seryjnie. Konstrukcja nowego, oryginalnego przetwornika na podstawie istniejącego rozwiązania konstrukcyjnego silnika indukcyjnego klatkowego nie wymaga projektowania obwodu magnetycznego stojana oraz uzwojeń stojana dla modułu R. Konieczne jest zaprojektowanie wirnika tubowego oraz dobór obwodu magnetycznego stojana i uzwojeń stojana dla modułu L.

Opracowany „Algorytm projektowania silnika liniowo – obrotowego wykonanego na bazie 3-fazowego silnika indukcyjnego” wykorzystuje metodę „Transformacji struktury” [1]. Metoda „Transformacji struktury” polega na wprowadzeniu kolejnych zmian obwodu elektromagnetycznego 3-fazowego silnika indukcyjnego bazowego, w wyniku których następuje przekształcenie struktury silnika bazowego z wirnikiem o żłobkach kropłowych, zalanych aluminium – do modułu R silnika indukcyjnego liniowo – obrotowego o wirniku tubowym z litą warstwą przewodzącą miedzią (Rys. 3). Specyfika metody pozwala na śledzenie w trakcie transformacji struktury zmian charakterystyk: mechanicznej $T_e = f(s)$ i prądu stojana $I_s = f(s)$ w funkcji poślizgu (przy przyjętych założeniach upraszczających).



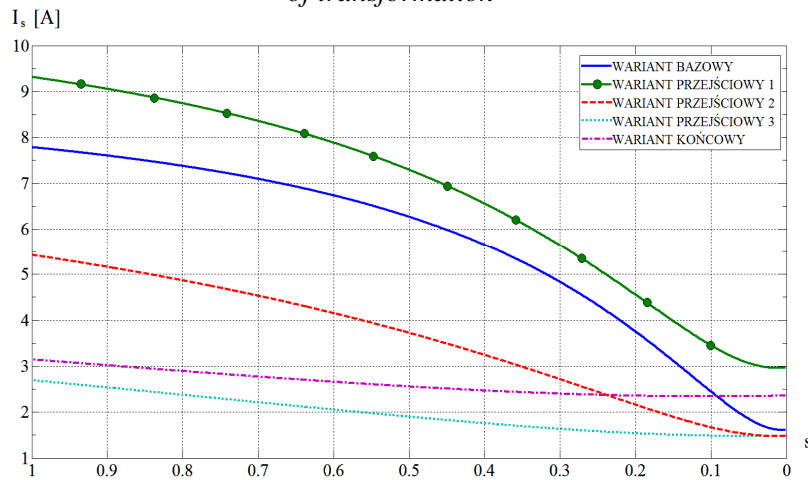
Rys.3. Idea „Transformacji struktury” silnika klatkowego (bazowego) do postaci modułu R silnika liniowo – obrotowego

Fig.3. Idea of „Transformation of structure” induction cage motor to rotary module of linear – rotary induction motor



Rys.4. „Transformacja struktury” – charakterystyki prądu stojana $I_s = f(s)$ dla poszczególnych wariantów transformacji

Fig.4. „Transformation of structure” – stator current versus slip curve $I_s = f(s)$ for adequately stages of transformation



Rys. 5. „Transformacja struktury” – charakterystyki mechaniczne $T_e = f(s)$ dla poszczególnych wariantów transformacji

Fig.5. „Transformation of structure” – electromagnetic torque versus slip curve $I_s = f(s)$ for adequately stages of transformation

4. Właściwości eksploatacyjne silnika

Właściwości eksploatacyjne zaprojektowanego silnika liniowo – obrotowego w ruchu obrotowym można zebrać i przedstawić w następujących punktach:

- Istnieje możliwość pracy ciągłej w całym zakresie prędkości od prędkości synchronicznej $n = n_s$ do $n = 0$ (właściwość pożądana w procesach technologicznych mieszania, mielenia i wiercenia),
- W stanie zwarcia silnika ($n = 0$) nie występuje niebezpieczeństwo uszkodzenia silnika $I_{\text{start}}^R = I_{\text{max}}^R$, albowiem prąd pobierany przez silnik w stanie zwarcia jest równy prądowi dopuszczalnemu,
- Moment rozruchowy silnika jest równy momentowi maksymalnemu (w zakresie pracy silnikowej) $T_{\text{start}}^R = T_{\text{max}}^R = 6 \text{ Nm}$,
- Istnieje możliwość przeprowadzenia bezpośredniego rozruchu przy dowolnym momencie obciążenia w zakresie od $T_m^R = 0$ do $T_m^R = T_{\text{max}}^R$,

Ze względu na wyżej wymienione cechy, zaprojektowany silnik liniowo – obrotowy jest predysponowany do wykorzystania jako napęd w procesach technologicznych mieszania, mielenia, wiercenia itp., które powszechnie występują w przemyśle spożywczym, chemicznym, farmaceutycznym oraz wydobywczym.

5. Podsumowanie

Ze względu na to, że silniki liniowo – obrotowe należą do kategorii napędów specjalnych (niekonwencjonalnych), będą najczęściej projektowane i konstruowane na potrzeby konkretnych procesów technologicznych (do zastosowania w konkretnych urządzeniach) dla realizacji ściśle zdefiniowanych zadań napędowych, wymagających specjalnych i często zróżnicowanych właściwości eksploatacyjnych. Te wymagania odnoszące się do napędu o ruchu liniowym i obrotowym muszą być zawsze jasno i ściśle zdefiniowane w założeniach projektowych. W przedstawionym, w artykule silniku liniowo – obrotowym za moduł podstawowy (roboczy) przyjmuje się moduł R (powstały na bazie 3-fazowego silnika indukcyjnego ShR 90X–8M, produkowanego seryjnie), który napędza końcówkę roboczą (narzędzie), zaś moduł L (powstały przy wykorzystaniu adaptowanych elementów silnika indukcyjnego ShR 90X–8M) – za moduł dodatkowy (element wykonawczy o ruchu postępowym – aktuator liniowy), służący przede wszystkim do pozycjonowania końcówki roboczej. Stąd też w artykule uwagę poświęcono głównie modułowi obrotowemu.

Opracowany „Algorytm projektowania silnika liniowo – obrotowego na bazie silnika produkowanego seryjnie” ograniczono do części umożliwiającej opracowanie konstrukcji silnika liniowo – obrotowego dla wybranej aplikacji silnika przy mniejszych kosztach produkcji wynikających z uproszczenia procesu technologicznego wykonania nietypowego napędu.

Literatura

1. Szczygieł M.: Modelowanie silnika indukcyjnego o dwóch stopniach swobody ruchu oraz badanie jego właściwości eksploatacyjnych przy wykorzystaniu magnetoreologicznego hamulca obrotowo – liniowego, Rozprawa doktorska, Gliwice 2011.
2. Fleszar J., Mendrela E.A.: Twin-armature rotary-linear induction motor, IEE Proceedings, Vol. 130, Pt. B, No. 3, May 1983.
3. Gieras J.F.: Silniki indukcyjne liniowe, WNT, Warszawa 1990.
4. Kamiński G.: Silniki elektryczne o ruchu złożonym, WPW, Warszawa 1994.
5. Kamiński G., Przyborowski W.: Uzwojenia i parametry maszyn elektrycznych, WPW, Warszawa 1996.
6. Kamiński G.: Silniki elektryczne z toczącymi się wirnikami, WPW, Warszawa 2003.
7. Mendrela E. A., Gierczak E.: Double-Winding Rotary-Linear Induction Motor, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. EC-2, No. 1, 1987.
8. Mendrela E. A., Fleszar J.: Equivalent circuit of induction motors with two degrees of mechanical freedom. Acta Technica ČSAV 1985, No. 6.
9. Mendrela E., Fleszar J., Gierczak E.: Modeling of induction motors with one and two degrees of mechanical freedom. Kluwer Academic Publishers, Boston 2003.

INDUCTION MOTOR WITH TWO DEGREES OF FREEDOM IN MOTION

Summary: The paper is devoted to 3-phase induction motor with two degrees of freedom. The main object of the author's interest is a linear – rotary induction motor an unconventional design solution, resulting from the adoption of unusual design assumptions. The implicit assumption that the principal is the most extensive use of manufactured 3-phase induction, in particular – finished and complete stator. Assumption significantly simplifies the technology of the engine and reduces the cost of producing it. According to the author's discernment of such an motor, based upon the 3-phase induction motor production series, was not previously considered in the literature [1].

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Jerzy ŚWIDER, Mariusz HETMAŃCZYK*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*mariusz.hetmanczyk@polsl.pl

ZASTOSOWANIE JĘZYKA UML DO MODELOWANIA ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH

Streszczenie: Artykuł przedstawia wykorzystanie języka UML (Unified Modeling Language) do celów opracowania diagramów klas [4, 5] pozwalających na projektowanie złożonych struktur systemów komputerowych. Ujęcie modelowania oparto na przykładzie komputerowo zintegrowanego systemu sterowania i diagnostyki napędów rozproszonych, złożonego z niezależnych modułów funkcjonalnych. Artykuł stanowi kontynuację wcześniejszych publikacji autorów [1, 2, 3], a w jego treści ujęto jedynie część elementów opracowanego systemu ograniczoną do oprogramowania komputerowego zainstalowanego w zasobach węzła diagnostycznego. Elementy współdziałające z systemem komputerowym KSSiDNR (sterownik logiczny PLC, przetwornice częstotliwości oraz motoreduktory) zostały pominięte lub opisane w sposób pobieżny, umożliwiając określenie wzajemnych zależności funkcjonalnych oraz powiązań informatycznych.

1. Wstęp

Komputerowe wspomaganie monitorowania, diagnozy obiektów lub procesów przemysłowych znajduje coraz szersze zastosowanie w wielu aplikacjach wspomagających inżynierów utrzymania ruchu. Korzystanie z systemów SCADA lub HMI jest zjawiskiem powszechnym, jednak można zaobserwować tendencję rezygnowania ze środowisk uniwersalnych na rzecz aplikacji (opartych na językach wysokiego rzędu) dopasowanych do konkretnych wymagań użytkowników. Powodem wzrostu zainteresowania systemami dedykowanymi są m.in. dostępność wielu odmian języków programowania (w postaci uniwersalnych lub specjalizowanych platform), możliwość dowolnego kształtowania struktury zależności programowych, rozbudowy, itp.

W przypadku projektowania złożonych struktur komputerowych systemów składających się z wielu klas, powiązanych siecią wzajemnych zależności, przydatność wykazuje język UML [4].

Artykuł przedstawia przykład wykorzystania języka UML do celów opisu struktury komputerowego systemu sterowania i diagnostyki napędów rozproszonych (KSSiDNR) [1, 2, 3], stanowiącego rozbudowane narzędzie ukierunkowane na wspomaganie nadzoru jednostek napędowych.

2. Diagram klas złożonego systemu komputerowego

System KSSiDNR został opracowany jako środowisko dedykowane do celów monitorowania, diagnozy oraz sterowania systemem napędów rozproszonych firmy SEW Eurodrive, połączonych magistralą sieci ProfiBus DP oraz scentralizowanym sterowaniem, w postaci modułowego sterownika logicznego PLC. W środowisku komputerowym zaimplementowano kilka niezależnych modułów programowych, o różnym przeznaczeniu, stanowiących jedno spójne środowisko o wzajemnie uzupełniających się funkcjach.

Na rys. 1 przedstawiono widok diagramu klas systemu KSSiDNR. Na schemacie ujęto również uzupełnienie systemu KSSiDNR o zasoby sterownika logicznego PLC, bez wnikania w szczegółowe funkcje realizowane przez bloki diagnostyczno-sterujące. Klasy oprogramowania węzła diagnostycznego oraz sterownika logicznego PLC potraktowano jako system zależny, w którym poprawne przetwarzanie informacji wymaga współpracy klas składowych oraz wymiany danych zgodnej z jednym ze standardów komunikacji.

W celu zwiększenia przejrzystości część elementów systemu pogrupowano w pakiety. Dodatkowo moduły diagnozy off-line oraz weryfikacji wstępnej ujęto w postaci odrębnych diagramów (diagram klas systemu KSSiDNR, rys. 1, zawiera jedynie pakiet modułu wraz z zależnościami, w odniesieniu do innych klas oraz interfejsów opisywanego systemu).

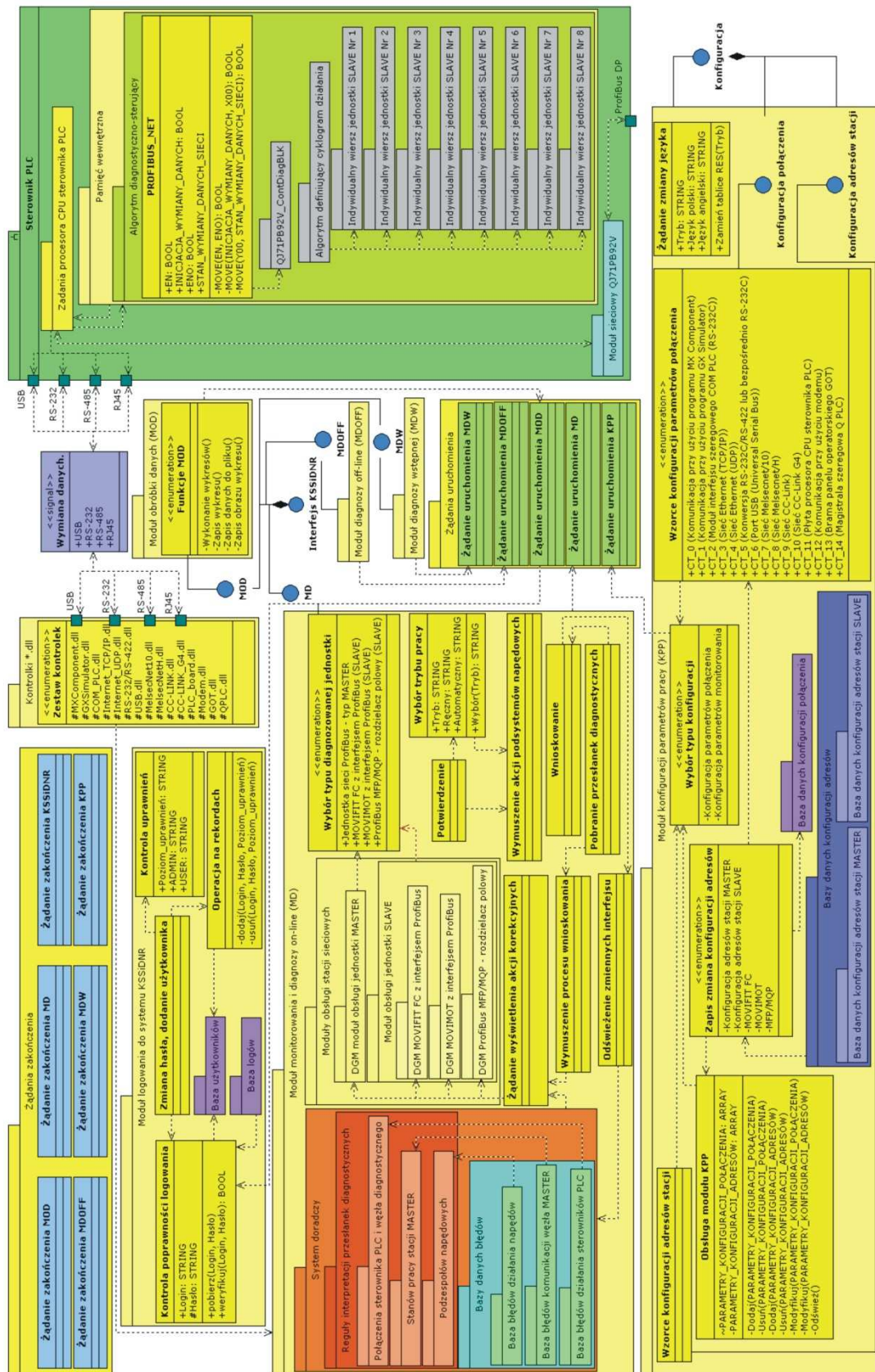
Zaimplementowany system doradczy (ulożony w zasobach komputera PC, pełniący rolę węzła diagnostycznego) jest używany w narzędziach modułu diagnozy off-line, on-line lub modułu obróbki i interpretacji danych historycznych (zapisanych w tablicach danych historycznych).

W przypadku monitorowania wartości bieżących nadzorowanego systemu (stan podglądu lub wymuszania stanów, w trybie on-line) nieodzowne jest wykorzystanie informacji pozyskiwanych przez zintegrowane bloki diagnostyczno-sterujące, zaimplementowane w pamięci sterownika logicznego PLC. Bloki diagnostyczno-sterujące realizują funkcję sterowania zgodnie z algorytmem definiującym cyklogram działania (niezależnie od systemu doradczego i funkcji węzła diagnostycznego).

Zdefiniowana zależność klas polega na przekazywaniu znaczników pozwalających na inicjację aktywności kolejnej klasy lub przekazaniu wartości liczbowych parametrów, pozwalających na wykonanie zdefiniowanych operacji.

Interfejs użytkownika systemu KSSiDNR stanowi element, w którego obrębie wyświetlane są interfejsy pozostałych modułów (zależność pomiędzy interfejsami dodatkowymi, a interfejsem głównym KSSiDNR określono w postaci relacji kompozycji [4, 5]).

Diagram klas modułu diagnozy off-line przedstawiono na rys. 2. Moduł diagnozy off-line [3] wywoływany jest z poziomu menu okna głównego, podobnie jak inne dostępne komponenty systemu KSSiDNR. Interfejs użytkownika modułu diagnozy off-line stanowi integralną część interfejsu systemu KSSiDNR (okno interfejsu głównego systemu KSSiDNR posiada status rodzica w stosunku do okien innych interfejsów).

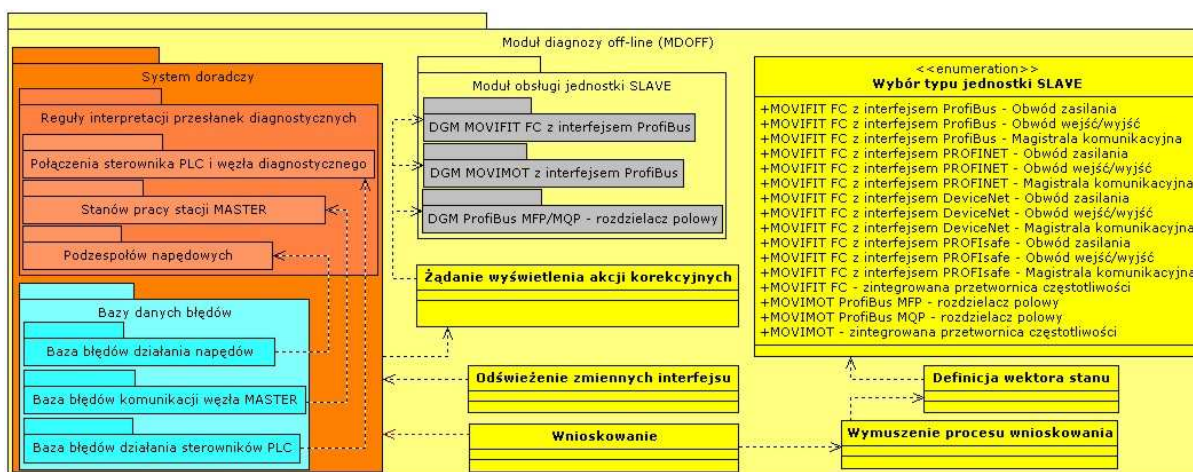


Rys. 1. Widok diagramu klas systemu KSSiDNR
Fig. 1. View of the class diagram of the KSSiDNR system

Czynności realizowane w module diagnostyki off-line, pozwalające na identyfikację błędu, można przedstawić w następujących krokach (rys. 2):

- wybór diagnozowanego podsystemu,
- odwzorowanie stanów urządzenia (definicja postaci wiersza binarnej macierzy diagnostycznej) - każdemu uszkodzeniu przyporządkowano jednoznacznie zdefiniowany zbiór binarnych sygnałów diagnostycznych, stanowiący wzorzec porównawczy funkcji definiujących błąd,
- wykonanie żądania identyfikacji i interpretacji błędów,
- wybór opcji powodującej wygenerowanie akcji korekcyjnych (tj. zbioru czynności pozwalających na identyfikację źródła nieprawidłowości).

Zaprojektowany interfejs użytkownika umożliwia [3] zdefiniowanie wektora stanów, bazującego na wewnętrznym algorytmie diagnozowanych modułów. Dzięki takiemu rozwiązaniu jest możliwe określenie przyczyny błędu bez konieczności bezpośredniego połączenia z diagnozowaną jednostką (nie jest wymagane pobranie pakietu danych z zasobów sterownika logicznego PLC).

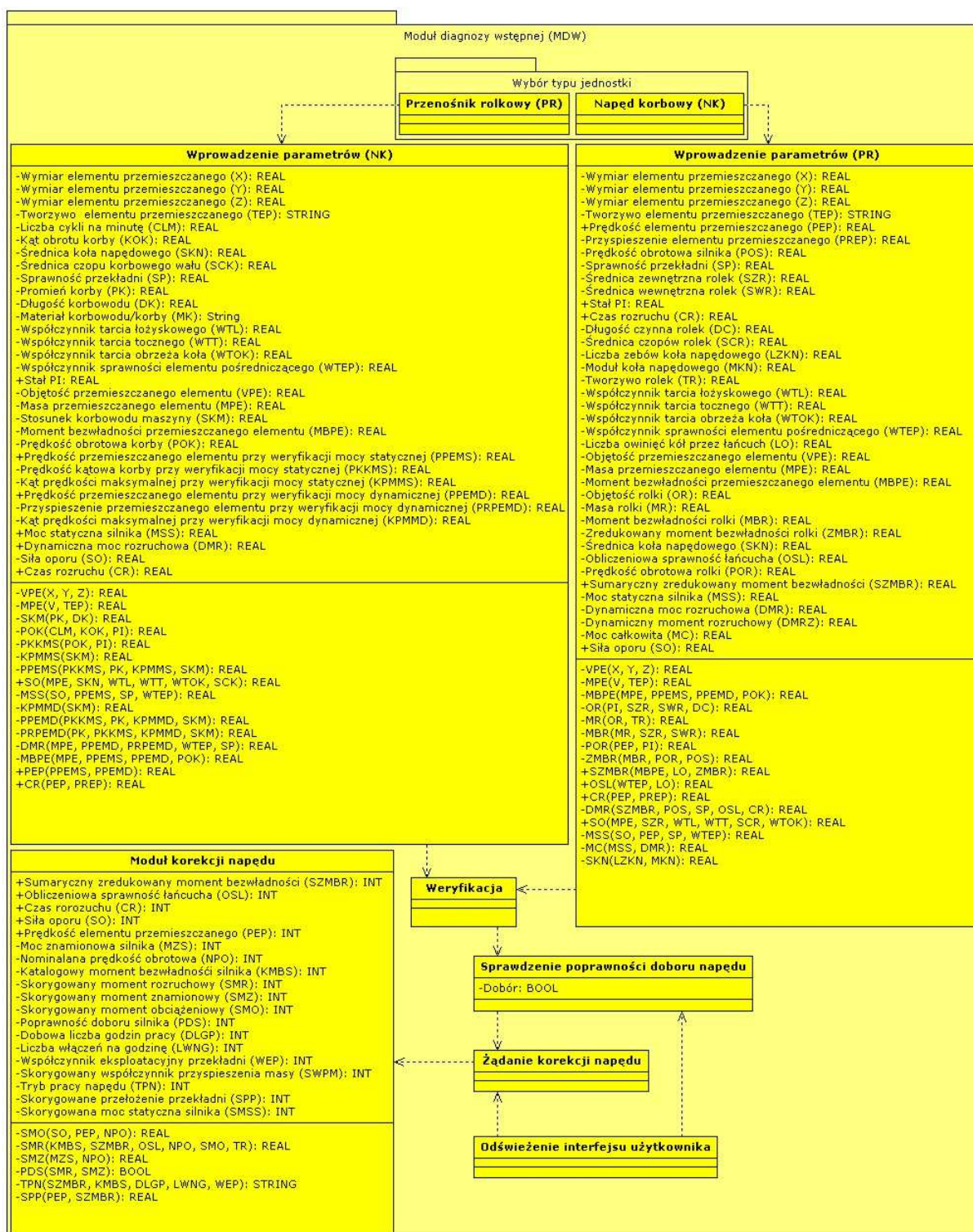


Rys.2. Widok diagramu klas modułu diagnostyki off-line
Fig.2. View of the class diagram of the off-line diagnosis module

Diagram klas modułu diagnostyki wstępnej przedstawiono na rys. 3. Inicjacja modułu następuje w oknie głównym w wyniku wyboru odpowiedniej opcji menu (wybór żądania uruchomienia, MDW, rys. 1).

Klasa zawarta w ramach modułu korekcji napędu przejmuje część wartości liczbowych z klas weryfikacji napędu (dane dotyczące wartości liczbowych parametrów elementów konstrukcyjnych korby, korbowodu, przenośnika rolkowego, itp.), natomiast użytkownik wprowadza wartości liczbowe parametrów elementu napędu będącego przedmiotem korekcji lub weryfikacji (np. zależności momentu znamionowego silnika oraz jego mocy, w odniesieniu do wartości rzeczywistej obciążenia zewnętrznego).

Wynikiem obliczeń są skorygowane wartości parametrów napędu oraz informacja o stanie doboru (dobór poprawny lub niepoprawny).



Rys.3. Widok diagramu klas modułu diagnozy wstępnej
 Fig.3. View of the class diagram of the preliminary diagnosis module

Wzajemne powiązanie funkcji zaimplementowanych w poszczególnych klasach pozwala na zbudowanie kompletnego systemu umożliwiającego obsługę napędów rozproszonych.

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wykorzystanie diagramów klas zapisanych zgodnie z notacją języka UML. Należy nadmienić, że opisywany język wyposażono w szereg innych możliwości reprezentacji struktur systemowych (diagramy obiektów, przypadków użycia, stanów, przebiegu, czynności, itp.), jednak wybrana przez autorów reprezentacja została uznana za wystarczającą do potrzeb opracowania systemu KSSiDNR. Zastosowanie języka UML w modelowaniu złożonych struktur programów niesie z sobą wiele niezaprzeczalnych korzyści, w postaci możliwości:

- przejrzystego zapisu wzajemnych zależności pomiędzy poszczególnymi klasami,
- zmian, na etapie projektowania, struktury oprogramowania,
- określenia liczby zmiennych, ich typu oraz funkcji przetwarzających pozwalających zrealizować zamierzony algorytm pracy,
- sprawdzenia poprawności toku myślowego projektanta systemu oraz wstępnej weryfikacji modelu, bez nadmiernego nakładu pracy.

Literatura

1. Świder J., Hetmańczyk M.: Method of indirect states monitoring of dispersed electric drives. BINDT, 2009, p. 1171÷1179.
2. Świder J., Hetmańczyk M.: Adaptation of the expert system in diagnosis of the connection of the PLC user interface system and field level. "Solid State Phenomena" 2010, No. 164, s. 201÷206
3. Świder J., Hetmańczyk M.: Komputerowe wspomaganie diagnozy stanów przetwornic częstotliwości. „Problemy Maszyn Roboczych” 2009, nr 33, s. 57÷66
4. O’Docherty M.: Object-oriented analysis and design understanding system development with UML 2.0. John Wiley & Sons Ltd, 2005.
5. Schmuller J.: UML dla każdego. Gliwice: Helion, 2001.

APPLICATION OF UML LANGUAGE FOR MODELLING OF COMPLEX COMPUTER SYSTEMS

Summary: The article presents an application of the UML language (Unified Modeling Language) for an elaboration of class diagrams which allow to design of complex structures of computer systems. An approach based on an example of the Computer Integrated Control and Diagnostic System of Distributed Drives is composed from independent functional modules. The article is continuation of earlier publications of the authors and its content contains only a part of elements of the elaborated system limited to the computer software installed in the resources of the diagnostic node. Elements which co-operate with KSSiDNR system (for example a Programmable Logic Controller, frequency inverters and gear-motors) were omitted or described in a superficial way, allow determining of reciprocal functional relationships or informatics’ dependences.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Jerzy ŚWIDER, Adrian ZBILSKI*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

* adrian.zbilski@polsl.pl

WIRTUALNE STANOWISKO LABORATORYJNE DO OPRACOWYWANIA I WERYFIKACJI NOWYCH METOD IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW

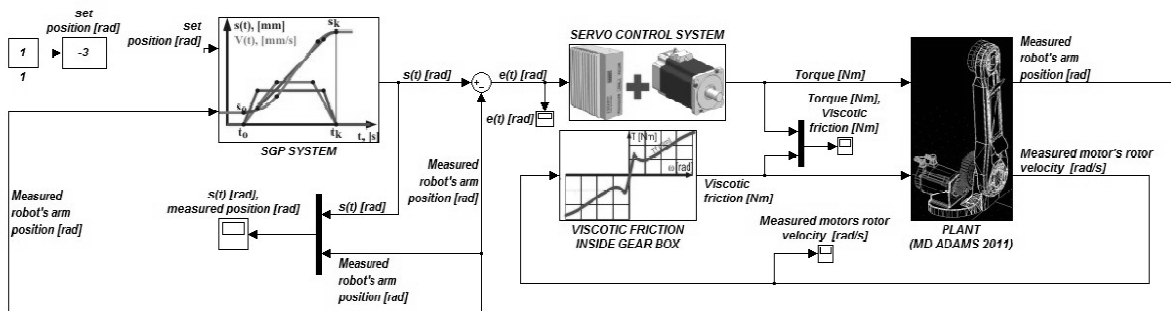
Streszczenie: Praca zawiera opis budowy wirtualnego stanowiska laboratoryjnego do badania metod identyfikacji obiektów. Stanowisko wirtualne pozwala na kompletny opis modelu obiektu sterowanego oraz układu sterującego za pomocą metod numerycznych. Łatwy dostęp do wszystkich informacji zapewnianych przez wirtualny model stanowiska pozwala na opracowywanie i badanie nowych metod identyfikacji obiektu. Na stanowisku rozwijane i weryfikowane będą metody identyfikacji tarcia wiskotycznego w przegubach robotowych oraz metody identyfikacji masowych momentów bezwładności ramion robota zredukowanych na wały silników.

1. WSTĘP

Głównym zadaniem wirtualnego stanowiska jest opracowanie metody identyfikacji wartości masowego momentu bezwładności ramienia robota oraz wiskotycznego momentu oporowego przekładni zębatej zredukowanych na wał silnika. Zastosowanie zweryfikowanej numerycznie metody podczas badania rzeczywistego urządzenia pozwoli uzyskać bardziej wiarygodne wartości poszukiwanych parametrów. Najważniejszym parametrem mierzonym na wirtualnym stanowisku jest moment oporowy działający na wał silnika. Jest to ten sam parametr, który może zostać pobrany z rzeczywistego modelu robota FANUC AM100iB i na podstawie którego możliwe jest wyznaczenie wszystkich poszukiwanych danych. Na wytworzenie tego oporu wpływa moment siły bezwładności działający na ramię robota, moment wiskotyczny przekładni zębatych oraz siła grawitacji, a w całym robocie należy dodatkowo uwzględnić wpływ obrotów sąsiadujących ramion. Problematicznym zagadnieniem w tym procesie jest wyodrębnienie momentów siły bezwładności i momentów wiskotycznych z jednego wykresu całkowitych momentów oporowych działających na wał silnika. W tym celu należy opracować taką metodę identyfikacji poszukiwanych parametrów, aby możliwe było zastosowanie jej przy dostępnych możliwościach funkcjonalnych, w które wyposażony jest układ sterowania robotem.

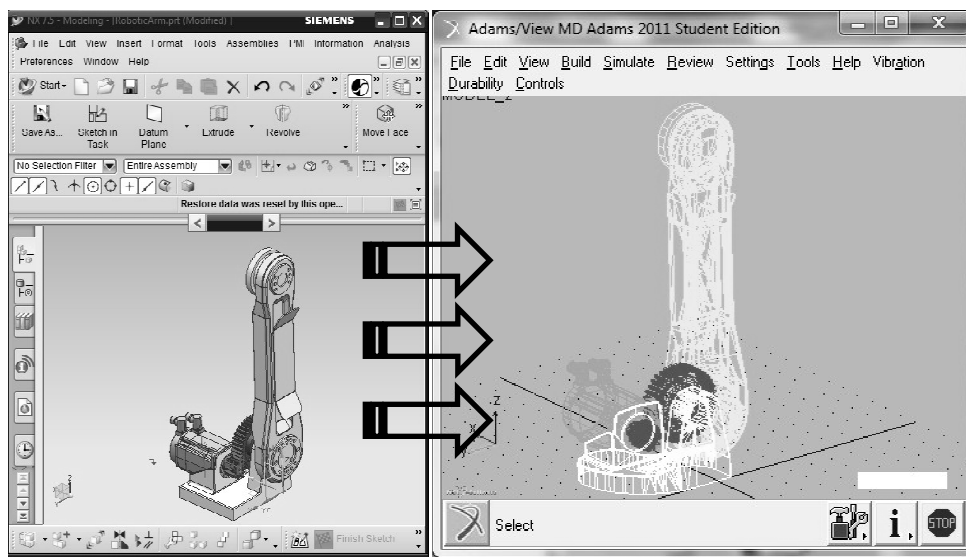
2. Wirtualny model stanowiska laboratoryjnego

Aby proces badania obiektu wirtualnego oraz działania metody identyfikacji możliwie najlepiej odzwierciedlał proces badania obiektu rzeczywistego, opracowano odpowiednio wiarygodny model numeryczny układu sterowania, układu napędowego oraz napędzanego członu maszyny. Do budowy wszystkich podsystemów zastosowano program do symulacji procesów w czasie rzeczywistym Simulink oraz program do analizy dynamiki maszyn MD ADAMS. W programie Simulink zaprojektowano wszystkie elementy układu sterowania położeniem ramienia robota, niezbędne do wiarygodnej symulacji działania stanowiska. Natomiast w programie MD ADAMS zaprojektowano napędzany obiekt w postaci złożenia modeli 3D komponentów wchodzących w skład zastępczego modelu przegubu robota (Rys.1).



Rys.1. Schemat blokowy wirtualnego stanowiska laboratoryjnego
Fig.1. Block diagram of virtual laboratory station

Złożenie to jest typowym numerycznym modelem 3D obiektu wykonanego w środowisku CAD, którym w tym przypadku był program NX7.5 (Rys.2). Zastępczym modelem przegubu robota jest przegub składający się z elementów, które za pomocą najprostszej formy złożenia zastępują cały komponent, zachowując jednocześnie ich funkcjonalność.



Rys.2. Model 3D wirtualnego przegubu oraz ramienia robota
Fig.2. 3D model of virtual robots joint and robots arm

Na przykład przekładnię planetarną o przełożeniu 1:70 i masowym momencie bezwładności zredukowanym na wał wejściowy J_{red} zastąpiono dwoma współpracującymi kołami zębatymi o tym samym przełożeniu i tym samym masowym momencie bezwładności. W rzeczywistości żadne z tych wartości nie są znane i należy je dopiero wyznaczyć, jednak nie zaburza to koncepcji działania stanowiska. Bez względu na wartości parametrów charakteryzujących wirtualny obiekt, funkcjonalność wszystkich jego komponentów nie odbiega od sposobu działania tych samych elementów w przegubie rzeczywistego robota [1].

Aby symulacja procesu pozycjonowania obiektu oraz generowania odpowiednich momentów oporowych była w lepszym stopniu zbliżona do procesu rzeczywistego, między kołami zębatymi nałożono funkcję 3D Contact, dzięki której symulowany był proces wytwarzania tarcia ciernego między zębami kół. Tarcie to wprowadza losowe zaburzenia całkowitego momentu oporowego, jaki rozwijany jest na wałach serwośilników. Ma to największe znaczenie w stanach, w których siły bezwładności oraz siły grawitacji mają najmniejszy wpływ na wytwarzanie momentu oporowego. Do takiej sytuacji dochodzi w trakcie obrotu ramienia robota ruchem jednostajnym w najbliższym sąsiedztwie zerowej wartości kąta odchylenia ramienia od pionu lub kąta 180 stopni.

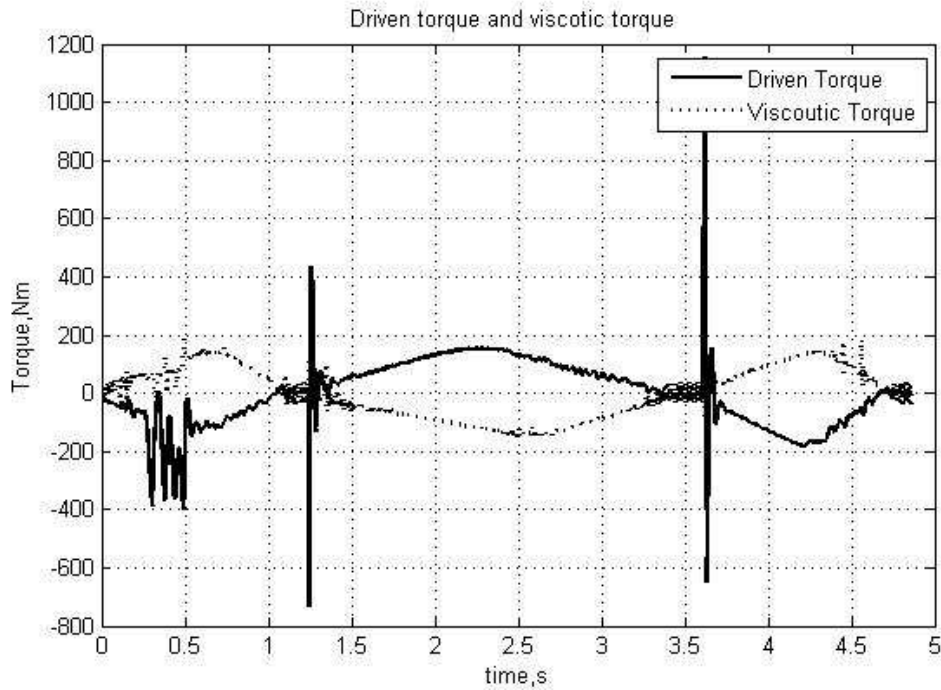
Aby proces symulacji sterowania obrotem ramienia był wiarygodny i realizowany w czasie rzeczywistym oraz interaktywnie, układ sterowania położeniem ramienia robota wyposażono w system generowania profili jazdy SGP, który odpowiada za generowanie sygnału zadanego położenia w postaci funkcji zależnej od czasu. Następnie sygnał ten przekazywany jest do układu napędowego, sterującego położeniem ramienia pracującego w pętli zamkniętej SERVO CONTROL SYSTEM. Informacje o bieżącym położeniu ramienia pobierane są z programu MD ADAMS za pomocą techniki co-symulacji [2] (rys.1).

Kolejnym elementem stanowiska jest model tarcia wiskotycznego, działającego w przegubie robota [3]. Na wejściu modelu podawana jest wartość bieżącej prędkości obrotowej mniejszego koła zębatego, które bezpośrednio związane jest wałem silnika. W zależności od wartości obrotów wirnika wytwarzany jest odpowiedni wiskotyczny moment oporowy, działający zawsze przeciwnie do kierunku rotacji (rys.1). Wartość prędkości obrotowej wirnika silnika odpowiada wartości zadanej prędkości obrotowej ramienia robota, zredukowanej przez przekładnię zębatą. Prędkość obrotowa ramienia robota zadawana jest za pomocą systemu SGP.

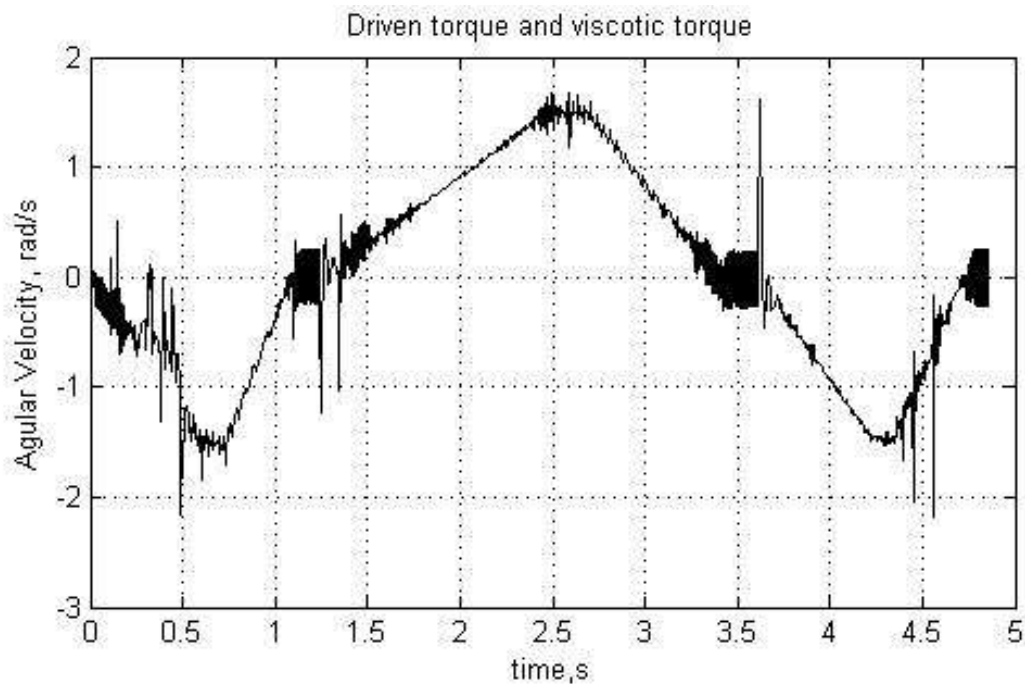
3. Symulacja pracy oraz wyniki

Symulacja pracy wirtualnego stanowiska laboratoryjnego polegała na zadawaniu kolejnych położeń, do których dotrzeć powinno ramię robota. Z punktu widzenia identyfikacji obiektu najważniejszym elementem jest sposób przejazdu ramienia, a dokładnie wartości parametrów kinematycznych, z jakimi realizowany był ruch. Dlatego oprócz punktów docelowych ramię robota musiało poruszać się zgodnie z zadanymi wartościami przyspieszenia i opóźnienia, prędkości maksymalnej, czasu przyspieszania i opóźnienia, drogi przyspieszania i opóźniania oraz całkowitego czasu trwania ruchu. Mając z góry zadane i znane wartości parametrów kinematycznych ruchu, znane wartości wszystkich parametrów charakteryzujących napędzany obiekt oraz układ napędowy działający w technice serwo po wprowadzeniu sygnałów wejściowych, odczytywano wartości zmierzonych momentów oporowych działających na wał silnika. Dodatkowo mierzono wartości pozostałych parametrów

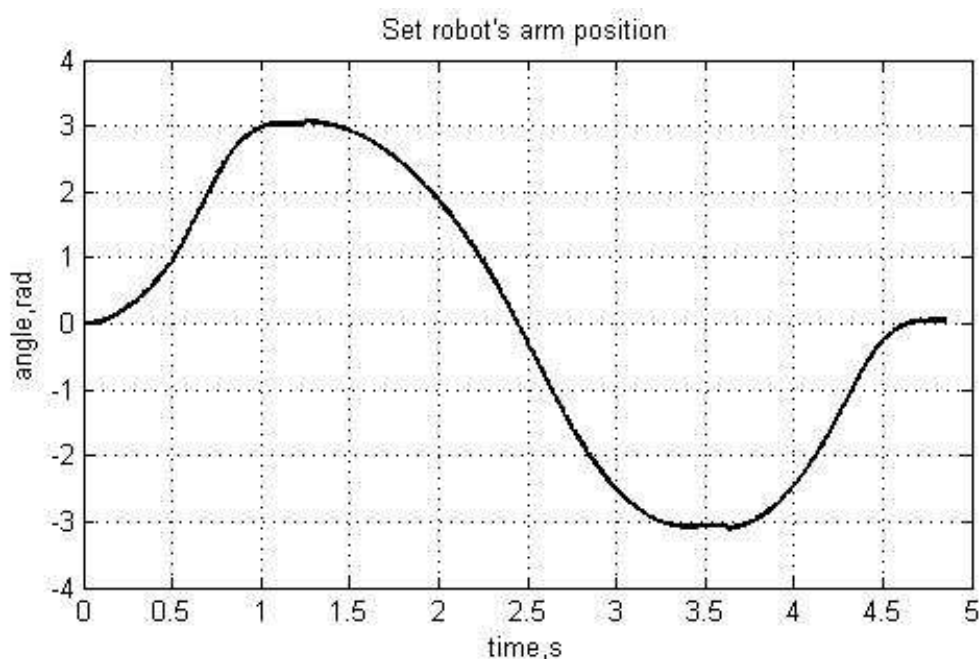
kinematycznych ruchu. Przykładowe wykresy zebranych danych przedstawiają rysunki od 3 do 5.



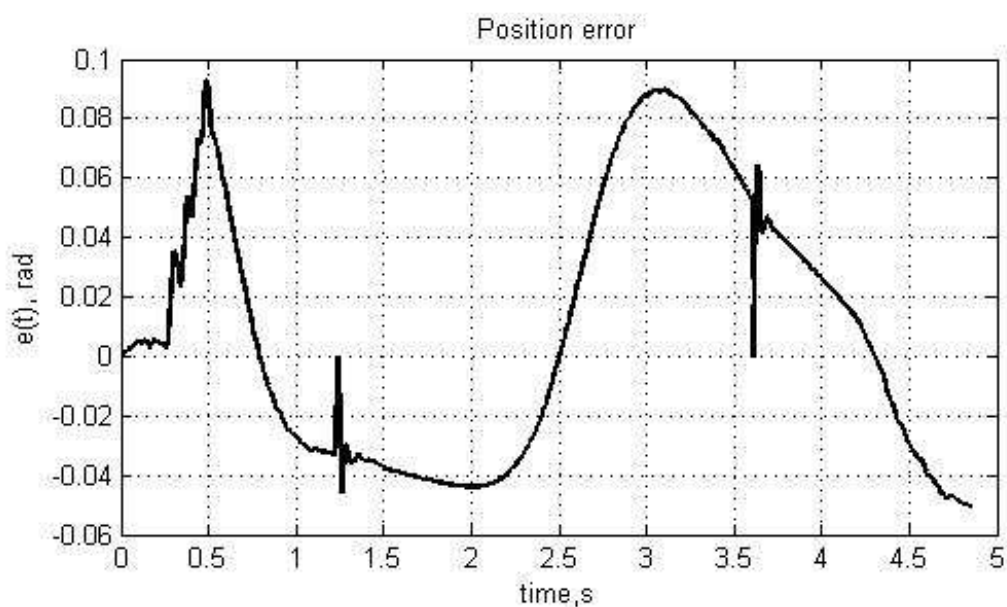
Rys.3. Moment napędowy oraz moment wiskotyczny
Fig.3. Driven torque and viscotic torque



Rys.4. Zmierzona prędkość obrotowa wirnika silnika
Fig.4. Measured motor's rotor velocity



Rys.5. Sygnał położenia zadanego (linia żółta) oraz położenia bieżącego (linia fioletowa)
Fig.5. Setpoint signal of position (yellow line) and measured position (purple line)



Rys.6. Uchyb położenia
Fig.6. Position error

Na rys. 3 zawarte są wartości zadawanych przez serwonapęd momentów napędowych rozwijanych na wale silnika oraz wiskotyczny moment oporowy działający w przekładni zębatej. Należy podkreślić, że przed badaniem rzeczywistego obiektu nie są znane wartości tychże momentów oraz ich wzajemny stosunek. Na tym etapie nie można zatem ocenić, jaki procent całkowitego momentu napędowego stanowi wartość momentu wiskotycznego.

4. Podsumowanie

Mierzone podczas procesu symulacji dane umożliwiają wyznaczenie masowych momentów bezwładności oraz wiskotycznych momentów oporowych przekładni zębatych, jednak konieczne jest opracowanie metodycznego podejścia do ich wydobywania. W tym celu wykonano opisane wirtualne stanowisko pomiarowe. Wszystkie z mierzonych podczas symulacji parametrów możliwe są do pobrania z rzeczywistego robota przemysłowego za pomocą przemysłowych technik wymiany danych między urządzeniami automatyki przemysłowej. W ramach dalszej pracy uzyskane z symulacji dane poddawane będą analizie, na której podstawie opracowywane będą metody identyfikacji poszukiwanych parametrów. Do tego celu wykorzystywane będą wykresy momentów oporowych oraz prędkości obrotowych ramienia robota i wirnika silnika.

Literatura

1. <https://cours.etsmtl.ca/gpa774/Cours/old-24-03-04/Documentations/Fanuc/index.html>
2. MSC Software Corporation: System pomocy programu MD ADAMS
3. Waiboer R.: Dynamic modelling, identification and simulation of industrial robots – for off-line programming of robotised laser welding. Veldhoven, the Netherlands Ipskamp, 2007.

VIRTUAL LABORATORY STATION FOR FORMULATION AND VERIFICATION OF NEW METHODS OF OBJECTS IDENTIFICATION

Summary: In the paper virtual laboratory station to test of object method identification is presented. Virtual station enables for full description of controlled object and control system using numerical methods. Easy access to all information provided by virtual laboratory station allows the development and testing a new object identification methods. On the laboratory position friction identification method in robot joints and moment of inertia identification method of robots arms reduced in to motors rotors will be developed.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Łukasz ŚWIĘTEK*, Ireneusz WIĘCKOWSKI

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Szkoła Zarządzania,
41-500 Chorzów, ul. 75 Pułku Piechoty 1

* lukanus1980@o2.pl

MIEJSCE JAKOŚCI WŚRÓD DETERMINANT ZASTOSOWANIA OUTSOURCINGU

*„Jeżeli jest coś, czego nie potrafimy zrobić wydajniej,
taniej i lepiej niż nasi konkurenci, nie ma sensu,
żebyśmy to robili. Powinniśmy zatrudnić do wykonania
tej pracy kogoś, kto robi to lepiej”*

Henry Ford

Streszczenie: Celem artykułu jest ukazanie korzyści płynących z zastosowania narzędzia, jakim jest outsourcing, a w szczególności przybliżenie możliwości, jakie stwarza dla budowania pożądanej jakości świadczonych usług bądź oferowanych produktów. Kluczowe w tej materii jest umiejętne zawarcie w treści kontraktu outsourcingowego zagadnienia jakości jak również wybór właściwego rodzaju outsourcingu.

1. Wstęp

Postępujące procesy globalizacji, z którymi w parze podąża dynamiczny rozwój technologiczny, wsparty tendencją umiędzynarodowienia praktyk biznesowych, otwały przed przedsiębiorstwami dostęp do nowych rynków pracy, niejednokrotnie dużo tańszych.

Korzystanie z tanich zasobów siły roboczej pozwoliło obniżyć koszty związane z działalnością. W związku z dużą dynamiką przenoszenia zakładów produkcyjnych do miejsc, gdzie wydatki na pracę są niższe, nastąpiła konieczność poszukiwania nowych, poza-kosztowych, zmiennych, które przyczynią się do utrzymania dotychczasowej pozycji rynkowej bądź stworzą przesłanki budowania przewagi konkurencyjnej. Jedną ze zmiennych, na którą można oddziaływać, jest jakość. Trzeba bowiem zauważyć, że często obniżce kosztów związanych z pozyskiwaniem tańszych zasobów pracy towarzyszy spadek jakości.

W aktualnych realiach gospodarczych związanych z kurczeniem się rynku zbytu, nasilającą się walką konkurencyjną, menadżerowie w większym stopniu powinni skupić swoją optykę na działaniach ukierunkowanych w stronę podniesienia jakości. Jedną z dróg prowadzącą do osiągnięcia tego celu jest wykorzystanie narzędzia, jakie stanowi outsourcing.

2. Pojęcie outsourcingu oraz korzyści płynące z jego zastosowania

Według aktualnej literatury przedmiotu pod pojęciem outsourcingu należy rozumieć dowolnego rodzaju umowę zawartą pomiędzy przedsiębiorstwem inwestycyjnym i dostawcą usług, na której podstawie dostawca wykonuje pracę, usługę lub działalność, która w innym przypadku zostałaby wykonana przez samo przedsiębiorstwo inwestycyjne¹.

Wielu badaczy, szukając początku dzisiejszego definiowania terminu outsourcing odnosi się do słów sformułowanych przez Henry'ego Forda. Ten dziewiętnastowieczny twórca potęgi motoryzacyjnej w przytoczonej formule uwypuklił dwie istotne korzyści związane z wydzieleniem funkcji z obszaru przedsiębiorstwa i powierzenia ich do wykonania podmiotom zewnętrznym, jakim są obniżka kosztów oraz podniesienie poziomu jakości delegowanego obszaru. Ekspert z obszaru outsourcingu poza wymiennymi na wstępie tekstu korzyściami, rozszerzają ten katalog, dodatkowo wskazując na:

- usprawnienie wewnętrznych procesów zarządzania przedsiębiorstwem,
- zwiększenie konkurencyjności podmiotu na rynku,
- możliwość korzystania z wiedzy i doświadczeń innych firm bez ponoszenia kosztów utrzymania własnego specjalistycznego personelu,
- uzyskanie dostępu do obszernej, wysoko wyspecjalizowanej i popartej doświadczeniem wiedzy praktyków.

Ponadto, w ten sposób przedsiębiorstwo może obniżyć stałe koszty działalności, związane z kosztami zatrudnienia, a przede wszystkim systematycznego szkolenia pracowników. Nie ponosi też kosztów rekrutacji kadr, a w razie rozwiązania umowy o pracę - wypłaty odprawy. Korzystając z usług zewnętrznych, ponosi tylko koszty związane z wykonaniem zadań określonych w umowie.

Dzięki powierzeniu realizacji zadań i funkcji pomocniczych firmie outsourcingowej kadra kierownicza ma możliwość skoncentrowania się na kluczowych dla biznesu zadaniach przedsiębiorstwa. Uwalniając kierownictwo od części obowiązków związanych z poznawaniem zagadnień specjalistycznych i korzystając z profesjonalnego doradztwa, osiąga się znacznie większą efektywność w zarządzaniu przedsiębiorstwem².

W literaturze przedmiotu oprócz powyższej typologii wskazano dodatkowo na korzyści w postaci „efektów dźwigni” towarzyszące zastosowaniu outsourcingu. Należą do nich:

- przyspieszenie zmian dzięki uwydatnieniu potrzeby udoskonaleń w innych działach firmy,
- zachęta, pomoc i wsparcie dla innych inicjatyw, tj. wdrożenie technologii informacyjnych, modelowanie procesów biznesowych, reeinginieering,
- zapoczątkowanie lub symulowanie zmian w kulturze organizacji dzięki uświadomieniu pracownikom nowych możliwości świadczenia usług i otwarcia na nie,
- zachęcenie do krytycznej analizy ekonomicznej wobec wymogu dokumentacji procesów biznesowych i ich kosztów,

¹ A. Krasulski: Outsourcing danych osobowych w działalności przedsiębiorstw. Warszawa 2010, s. 17.

² E. Szczepankiewicz: Audyt wewnętrzny własny czy na zasadach outsourcingu. „Biuletyn Rachunkowości” 15.04.2008 r., nr 8, s. 53.

- w razie sukcesu dostarczenie mocnych argumentów na rzecz wprowadzenia outsourcingu w innych działach firmy,
- ożywienie firmy, dzięki przekształceniu mało kreatywnych niekiedy obszarów funkcjonalnych w dynamiczne działy, których sukcesy zachęcają do konkurencji wewnątrz firmy i są źródłem satysfakcji³.

3. Przyczyny zastosowania rozwiązań outsourcingowych

Cenne są informacje płynące z badań dotyczących przyczyn powierzenia części zadań lub funkcji wyspecjalizowanym w konkretnym segmencie podmiotom.

W dalszym ciągu za główny powód korzystania z outsourcingu wskazuje się obniżenie kosztów działalności. Stan ten może wynikać z faktu, że ta zmienna jest najłatwiejsza do zaobserwowania w dokumentach finansowych. Znaczenie trudniej zidentyfikować pozytywny wpływ wydzielenia zewnętrznego na jakość. Nie dokonuje się go tylko i wyłącznie na podstawie rachunku ekonomicznego ale ocena jakości zdeterminowana jest wyrażeniem opinii w przedmiotowej sprawie przez rynek, który albo zaakceptuje oferowaną jakość albo ją odrzuci.

Aspekt jakościowy ujawnia się w dłuższym horyzoncie czasowym i ma charakter bardziej niematerialny w porównaniu do kosztowego aspektu delegowania pracy poza firmę. Kolejna „trudność” odnosząca się do zagadnienia jakości przy projektach outsourcingowych związana jest z jednoznacznym sformułowaniem kontraktu outsourcingowego. Za jakość odpowiedzialny jest nie tylko dostawca usługi outsourcingowej, ale także klient – podmiot zamawiający ją. W trakcie toczących się negocjacji i uzgadniania treści kontraktu to klient musi jasno i czytelnie przedstawić swoje oczekiwania względem dostarczanej przez kontrahenta usługi. Oczekiwania te nie powinny ograniczać się do kwestii ceny, terminu – składników bardzo istotnych - ale swoim zakresem uwzględniać muszą także wspomniany kontekst jakościowy. Dzięki temu prawdopodobieństwo sukcesu projektu w sposób znaczący wzrasta, a jednocześnie minimalizuje się ryzyko związane z trudnością kształtowania wzajemnych relacji.

W tym miejscu rodzi się pytanie, jak dogłębnie ma być położony akcent na problem jakości w treści kontraktu? Z jednej strony precyzyjnie i szczegółowo opisane oczekiwania klienta w tym względzie stanowią zabezpieczenie uzyskania tego, czego się oczekuje, a jednocześnie są podstawą dla ewentualnych roszczeń względem dostawcy, z drugiej jednak strony taki sposób konstrukcji treści umowy outsourcingowej stanowi dla wykonawcy swoistą barierę uniemożliwiającą mu wyjście poza narzucony przez klienta schemat i stworzenie dodatkowej jakości. Problem ten nie pozostaje bez znaczenia dla istoty projektu outsourcingowego, przed którym stawiane są szersze zadania niż tylko te sformułowane przez Forda, a wyrażone na wstępie artykułu.

Uwzględnienie w treści kontraktu problematyki jakości to wyraz próby wyjścia ponad ramy postrzegania outsourcingu tylko w aspekcie redukcji kosztów. To otwarcie pola do tworzenia innowacji, nawiązywania bliższych relacji między podmiotami projektu outsourcingowego, to także otwarcie na przepływ wiedzy i dostęp do najnowszych rozwiązań

³ Ch. L. Gay, J.Essinger: Outsourcing strategiczny: koncepcje, modele i wdrażanie. Kraków 2002 r., s. 18-19.

z danej dziedziny leżących u podstaw tworzenia nowej, oczekiwanej przez klientów jakości, a tym samym przewagi konkurencyjnej firmy.

Bez względu na to, czy przyjmiemy podejście „zamknięcia” dostawcy w ramach kontraktu, czy też pozostawimy mu większą przestrzeń, należy na bieżąco monitorować jakość wykonywanej przez niego pracy.

Błąd szybko wychwycony i niezwłocznie naprawiony nie zagraża sukcesowi, ponieważ marnotrawstwo zasobów jest ograniczone do minimum, a praca, jaką trzeba powtórzyć – marginalna. Jednak błąd zauważony z dużym opóźnieniem wymaga kosztownych korekt i cofnięcia się, a to może poważnie zagrozić całemu przedsięwzięciu⁴.

4. Jakość w kontekście rodzajów outsourcingu

Szukanie kompromisu pomiędzy dookreśleniem zagadnienia jakości w treści kontraktu outsourcingowego, a kreacją dodatkowej jakości zasada się na wyborze konkretnego rodzaju outsourcingu, których typologię przedstawiono w poniższym fragmencie artykułu:

Zlecenie funkcji. Zlecenie występuje wtedy, gdy angażuje się zewnętrzne firmy do wykonania usług, zadań, które dotąd wykonywał wewnętrzny dział przedsiębiorstwa. Zastosowanie tej koncepcji odbywa się w perspektywie taktyki postępowania firmy. W przeważającej części dotyczy funkcji pomocniczych.

Outsourcing usług. Aby zdecydować, czy wybiera się outsourcing, czy zwykłe zlecenie, należy najpierw określić, co chce się osiągnąć. Wybierając outsourcing, trzeba się skupić na sprecyzowaniu wymagań i miar wyników, które będą obowiązywać dostawcę, na przykład kryteria jakościowe lub kryteria kosztowe.

Co-sourcing. Jest to kontrakt, w którym odbiorca zapewnia własnych pracowników w celu wykonania usługi, ale nie są oni przenoszeni na stałe. Zastosowanie tej koncepcji outsourcingu wywołuje u pracowników poczucie bezpieczeństwa. Pokazuje pracownikom, że w przypadku sytuacji kryzysowej pracodawca stara się zapewnić im pracę.

Koncepcja oparta na udziale w korzyściach. W koncepcji udziału w korzyściach obie strony, dostawca i odbiorca usług, inwestują w outsourcing i dzielą się zyskami. Istota tych relacji polega na tym, że obie firmy uwzględniają pozycję wyjściową i współpracują dla osiągnięcia kluczowych celów. Uzyskane korzyści są dzielone między obie strony. Bardzo interesujące pozostaje definiowanie korzyści dla obydwu partnerów projektu outsourcingowego. Mogą to być korzyści natury ekonomiczno- finansowej, ale także korzyści na przykład wizerunkowo-marketingowe.

Koncepcja /BPO/ Business Process Outsourcing. Koncepcja BPO polega na tym, że dostawca usługi nie tylko odpowiada za przejmowaną funkcję lub proces, ale również projektuje je w taki sposób, aby lepiej wykorzystać istniejące zasoby zlecającego i zleceniobiorcy. Usprawniając proces, tworzy dodatkową wartość dla firmy. Najważniejsze w tej koncepcji jest określenie odpowiedzialności za projektowaną i przejętą funkcję, szczególnie w momencie wystąpienia nieprawidłowości.

⁴ M. J. Power, K. C. Desouza, C. Bonifazi: Outsourcing. Podręcznik sprawdzonych praktyk. Warszawa 2008 s. 178

Koncepcja Contracting Out. Contracting out to zakup towarów lub usług od zewnętrznego dostawcy, w tym przypadku kupujący kontroluje proces wytworzenia danej usługi lub towaru. Innymi słowy, wyraźnie określa, co chce otrzymać i jak to ma być zrobione. Koncepcja ta stanowi podstawę działania firm, które chcą uzyskać wysoką jakość swych produktów i usług.

Koncepcja outsourcingu internetowego. Polega na wykorzystaniu możliwości komunikowania się poprzez Internet. Koncepcja może istnieć autonomicznie, ale może wspomagać przedstawione wyżej koncepcje. Różni się rodzajem relacji pomiędzy pracownikami, reprezentującymi zleceniodawcę i zleceniobiorcę – brak relacji bezpośrednich⁵.

Outsourcing procesów wiedzy - /KPO/ Knowledge Process Outsourcing – strategia oparta na zmieniających się potrzebach firmy i jest kolejnym krokiem, po BPO, w procesie rozwoju outsourcingu jako metody biznesowej. KPO nie dotyczy ściśle samych procesów. W tym modelu wysoko wykwalifikowani pracownicy umysłowi (knowledge workers) dostarczają klientom wiedzy potrzebnej do podjęcia konkretnej decyzji albo uzyskania odpowiedniej perspektywy przy analizie rynku⁶.

Wyżej przywołane rozwiązania rozpatrywane w kontekście podjętej problematyki jakości wymagają indywidualnego podejścia. W przypadku zlecenia można przyjąć, że stopień skonkretyzowania w treści kontraktu outsourcingowego pożądanej jakości będzie bardzo wysoki, wyrażający się w przygotowaniu i przekazaniu dokładnej specyfikacji oraz porównaniu otrzymanego rezultatu z treścią kontraktu. Tego typu rozwiązanie stosowane jest np. przez firmę Nike która zleca produkcję swoich wyrobów do krajów Dalekiego Wschodu, precyzyjnie definiując swoje oczekiwania w tej materii. Sytuacja ta wynika z faktu, że przedmiotem tego rodzaju outsourcingu są czynności proste, nie wymagające specjalistycznej wiedzy czy fachowych umiejętności.

W zupełnie innym położeniu będą podmioty uczestniczące w projektach outsourcingowych typu BPO lub KPO. Trudność ujawnia się w rodzaju świadczonej usługi, która jest bardziej niematerialna w stosunku do zlecenia zewnętrznego. W przypadku KPO przedmiotem usługi outsourcingowej są prace, rozwiązania koncepcyjne, mające najczęściej charakter niematerialny, stąd trudno określić oczekiwaną jakość. Trudność ta spotęgowana jest faktem, że zlecając funkcję na zewnątrz, powierza się ją specjalistom z danej dziedziny, potrafiącym wykorzystać posiadany potencjał na znaczenie większym poziomie jakościowym, niejednokrotnie niedostępnym dla podmiotu delegującego daną funkcję.

Swoją specyfikę, w odniesieniu do zagadnienia jakości, posiada także rozwiązanie związane z wykorzystaniem outsourcingu internetowego. Powszechny dostęp do łączy internetowych sprawia, że poszerza się krąg potencjalnych dostawców usług outsourcingowych, istnieje więc możliwość nawiązania współpracy z tym, który gwarantuje najwyższą jakość świadczeń, pokonując barierę przestrzeni. Umiejętne korzystanie z nowoczesnych technologii dodatkowo wpływa na możliwość dostępu do informacji na temat jakości oferowanych przez kontrahentów usług lub produktów, jak również na poziom komunikowania się i bieżącego monitorowania jakości wykonywanej przez dostawcę pracy.

⁵ J. Foltys: Wybrane aspekty zastosowania outsourcingu w logistyce firm, w tym dla sektora MSP. „Logistyka” nr 4-5, 2009, s. 4-5

⁶ [Http://www.outsourcing.com.pl/9294,wiedza_z_zewnatrz.html](http://www.outsourcing.com.pl/9294,wiedza_z_zewnatrz.html)

Zagrożeniem dla jakości może wynikać z braku doświadczeń i utartych kanonów zarządzania relacjami outsourcingowymi opartymi na stosowaniu najnowszych technologii.

5. Podsumowanie

W artykule podjęto tematykę związaną z wykorzystaniem narzędzia, jakim jest outsourcing dla uzyskania pożądanych rezultatów jakościowych. Zastosowanie outsourcingu postrzegane jest przez podmioty gospodarcze przez pryzmat redukcji kosztów. Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że jest to niepełny sposób percepcji. Wybór odpowiedniego rodzaju outsourcingu w połączeniu z właściwie skonstruowaną treścią kontraktu outsourcingowego może zaowocować także, poza wspomnianym aspektem kosztowym, powstaniem nowej jakości.

Literatura

1. Foltys J.: Wieloaspektowy model outsourcingu na przykładzie sektora hutnictwa żelaza i stali. Katowice: Wyd. U. Śl., 2007,
2. Gay Ch. L., Essinger J.: Outsourcing strategiczny: koncepcje, modele i wdrażanie. Kraków: Wydawnictwo OE, 2002,
3. Krasulski A.: Outsourcing danych osobowych w działalności przedsiębiorstw. Warszawa: LexisNexis, 2010,
4. Power M. J., Desourza K. C., Bonifazi C.: Outsourcing. Podręcznik sprawdzonych praktyk. Warszawa. Wydawnictwo MTBiznes, 2008,
5. Foltys J.: Wybrane aspekty zastosowania outsourcingu w logistyce firm, w tym dla sektora MSP „Logistyka” 2009 nr 4, s.4-5,
6. Szczepankiewicz E.: Audyt wewnętrzny własny czy na zasadach outsourcingu „Biuletyn Rachunkowości” 2008, nr 8, s. 53,
7. http://www.outsourcing.com.pl/9294,wiedza_z_zewnatrz.html

THE PLACE OF QUALITY AMONG DETERMINE OF OUTSOURCING APPLICATION

Abstract: Main aim of article is to show benefits from outsourcing, mainly profits of outsourcing for creating of desirable value services or products quality. Crucial in this area is inclusion of outsourced contract in context of quality issue and choice of correct type of outsourcing.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Marek SZNURA*, Piotr PRZYSTAŁKA, Wojciech MOCZULSKI

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice,
*marek.sznura@gmail.com

UKŁAD LOKALIZACJI BEZWZGLĘDNEJ DO ZASTOSOWAŃ W ROBOTYCE MOBILNEJ

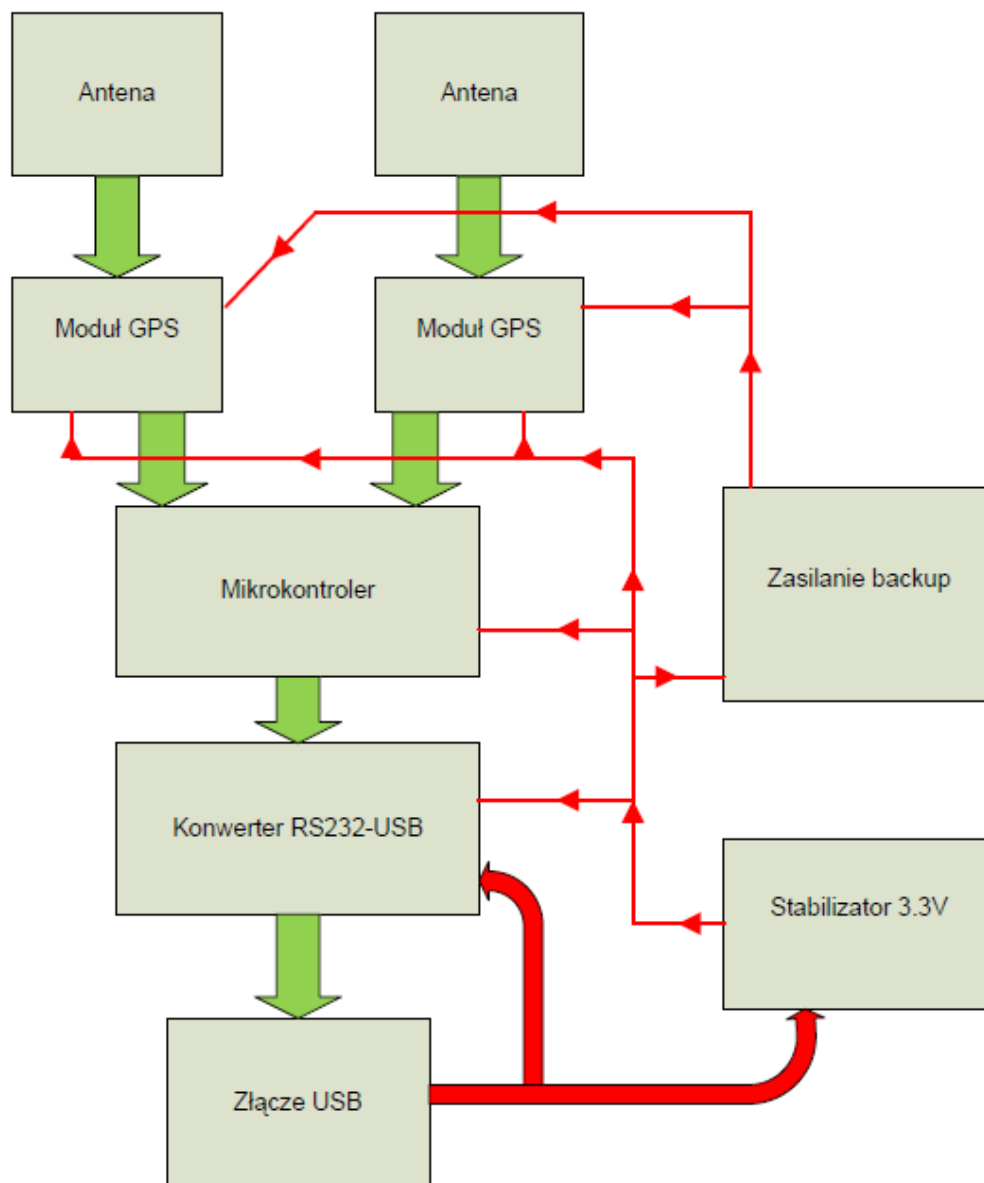
Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt i implementację prototypu układu do lokalizacji bezwzględnej robota mobilnego. Wykonany prototyp układu jest urządzeniem o niewielkich gabarytach i małej masie, niskim zapotrzebowaniu na energię oraz jest rozwiązaniem tanim w realizacji. Ponadto układ posiada uniwersalny interfejs komunikacji umożliwiający jego współdziałanie z różnymi architekturami sprzętowymi systemów sterowania wysokiego poziomu robotów mobilnych. Wstępne badania weryfikacyjne urządzenia dobrze rokują co do praktycznego wykorzystania tego rozwiązania do nawigacji robotów mobilnych.

1. Wstęp

Postęp w dziedzinie robotyki mobilnej, a szczególności rozwój autonomicznych układów mechatronicznych, wymusza stosowanie coraz dokładniejszych systemów lokalizacji. Spośród wielu metod lokalizacji bezwzględnej zazwyczaj wykorzystuje się system GPS [1]. System ten jednoznacznie określa pozycję robota na mapie. Standardowe moduły GPS dostępne w sklepach elektronicznych cechują się sporym błędem określania pozycji. Błędy segmentu kosmicznego, naziemnego oraz transmisji danych do użytkownika końcowego można łatwo niwelować, stosując własny odbiornik referencyjny lub korzystając z dostępnego w Polsce systemu różnicowego (DGPS) [1]. Znacznie trudniej zredukować poziom szumów odbiornika wpływających na precyzję określania pozycji. Odbiorniki klasy low-cost cechują się sporym poziomem szumów wewnętrznych skutkującym dużym rozrzutem pozycji.

2. Realizacja układu

Wzięto pod uwagę przytoczone powyżej argumenty i powstał pomysł wykorzystania dwóch odbiorników klasy low-cost [6]. Układ działa w ten sposób, że dane pozyskane z obu odbiorników przetwarzane są za pomocą specjalizowanego algorytmu. Dzięki temu obliczana jest pozycja robota z większą precyzją niż przy wykorzystaniu jednego modułu. Na rys.1 pokazano schemat blokowy układu.

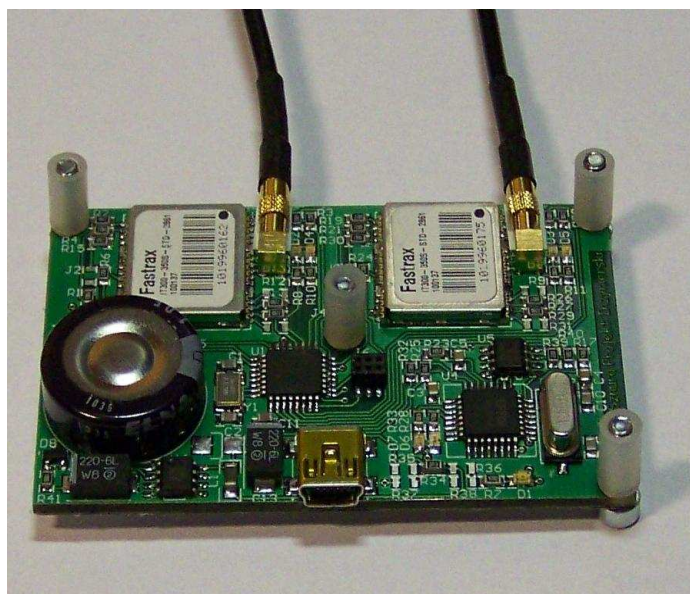


Rys.1. Schemat układu lokalizacji bezwzględnej

Po przeglądzie oferty modułów GPS, dostępnych w krajowych sklepach elektronicznych, zostały wybrane moduły itrax300 firmy Fastrax. Moduły te wysyłają dane z częstotliwością 1Hz [6]. Moduły GPS wyposażone są w asynchroniczne wyjścia, na poziomie napięć zgodnym z TTL. Układ podłączany jest do komputera poprzez port USB. Z uwagi na łatwość oprogramowania został wykorzystany układ FT232 będący konwerterem portu COM na USB [5] i będący standardowym złączem w każdym komputerze PC. Sterownik tego układu emuluje na komputerze port COM. Oprogramowanie niskiej warstwy (mikrokontroler) wysyła informacje poprzez port COM. Oprogramowanie wysokiej warstwy (komputer PC) odbiera dane z portu COM (podczas gdy transmisja odbywa się poprzez interfejs USB).

Aby odbierać dane z dwóch modułów GPS poprzez RS232 oraz komunikować się z komputerem poprzez ten sam interfejs, konieczne jest zastosowanie mikrokontrolera wyposażonego w co najmniej 3 sprzętowe układy USART (ang. *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*). Mikrokontrolery z taką liczbą USARTów są dostępne w dużych i wielopinowych obudowach. Dodatkowym ograniczeniem stosowalności takich jednostek jest ich duży koszt. Dlatego zdecydowano się na wykorzystanie małego, a zarazem taniego mikrokontrolera ATmega48 wyposażonego w jeden sprzętowy USART [4], który wykorzystany został do komunikacji z komputerem poprzez układ FT232. Natomiast dane z modułów GPS odbierane są dzięki programowej emulacji portu COM. Moduły GPS zasilane są napięciem 3,3V [6]. Mikrokontroler toleruje napięcie zasilania w zakresie 2,7V-5,5V [4]. Układ FT232 został wyposażony w specjalizowany system wejść/wyjść, który posiada własne zasilanie [5]. Z tego powodu pomimo konieczności zasilania układu napięciem 5V (bezpośrednio z USB) można go skonfigurować do pracy z urządzeniami pracującymi na napięciu 3,3V. Biorąc pod uwagę estymowany prąd zasilania, zdecydowano się zastosować popularny stabilizator typu low-drop o oznaczeniu LP2951 na napięciu 3,3V [7].

Moduły GPS wyposażone są w wejście zasilające typu backup, które podtrzymuje pamięć RAM. W pamięci RAM przechowywane są informacje o satelitach. Dane te pozwalają w krótkim czasie, po podłączeniu zasilania, otrzymać pozycję geograficzną (hot-start odbiornika GPS). Jako źródło zasilania backup został wykorzystany kondensator dyna-CAP o pojemności 1F. Kondensator jest wewnętrznie zabezpieczony rezystorem o wartości 30Ω [3], podłączonym szeregowo z właściwym kondensatorem. Zabezpieczenie to całkowicie eliminuje zagrożenie porażenia prądem przy zwarciu obładzin kondensatora.



Rys.2. Widok zmontowanego układu

Na rys.2 znajduje się fotografia płyty PCB układu z przylutowanymi elementami. Płytką została wykonana w specjalizowanej firmie, natomiast elementy przylutowano ręcznie,

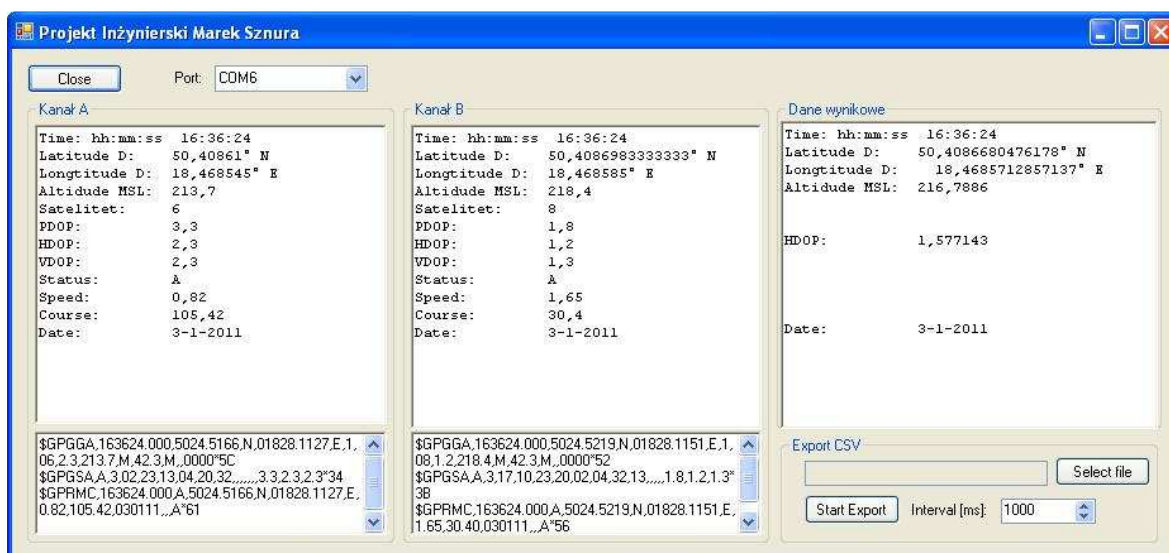
wykorzystując pastę ze spoiwem oraz lutownicę typu hot air. Na rys. 3 przedstawiono układ wyposażony w anteny obierające sygnał z satelitów.



Rys.3. Widok układu z zamontowanymi antenami

3. Aplikacja

W celu archiwizacji i wstępnej obróbki danych utworzono aplikację z zastosowaniem języka C#. Aplikacja wyświetla aktualne dane niezależnie z każdego z modułów GPS oraz średnią ważoną wg współczynnika HDOP z obu odbiorników. Dodatkowo przedstawione są takie informacje jak: liczba satelitów, wysokość nad poziomem morza, aktualna godzina czasu UTC, aktualna data, prędkość poruszania się obiektu oraz kierunek poruszania się obiektu. Na rys. 4 przedstawiono widok aplikacji. Aplikacja pozwala również użytkownikowi na zapis zgromadzonych danych do pliku tekstowego.



Rys.4. Widok okna aplikacji do testowania prototypu układu

4. Badania weryfikacyjne

Pierwszym stadium badań było oszacowanie rozmycia pozycji z otrzymywanych pomiarów. Zastosowane moduły cechują się współczynnikiem HDOP50 na poziomie 1,5m. Oznacza to, iż 50% pomiarów dokonywanych jest z precyzją lepszą niż 1,5m. Nie wiadomo jednak, które z pomiarów zawierają się w tych 50%. Rozmycie pomiarów wynosiło maksymalnie 26,69m. Obliczenie średniej ważonej z obu modułów GPS zredukowało rozmycie do 18,22m. Uśrednianie pomiarów w okresie 60s zmniejszyło rozmycie do poziomu 12,3m. Z racji redukcji błędu z 26,69m do 18,22m wydaje się uzasadnione wykorzystywanie dwóch modułów GPS w celu precyzyjniejszej lokalizacji położenia.

Kolejnym stadium badań była redukcja pozostałych składowych ogólnego błędu lokalizacji polegająca na zastosowaniu odbiornika referencyjnego. Odbiornik referencyjny był niemal identyczny jak odbiornik ruchomy, z tą różnicą, że był wyposażony tylko w jeden moduł GPS. Niedobór drugiego modułu GPS zastępowany był dłuższym czasem uśredniania danych odbieranych z pierwszego modułu. Postępowanie takie nie stanowi większego problemu, ponieważ odbiornik referencyjny pozostaje na stałe zlokalizowany w punkcie, którego położenie geograficzne jest znane z dużą dokładnością. Zastosowanie odbiornika referencyjnego pozwoliło zwiększyć dokładność określania pozycji o ponad 21m.

Każdy z zabiegów wprowadził sporą poprawę dokładności określania położenia geograficznego robota mobilnego. Badania weryfikacyjne przeprowadzane były w punkcie osnowy geodezyjnej, co miało umożliwić obliczenie błędu pomiarowego. Niefortunnie punkt ten znajdował się w zadrzewionym miejscu. Drzewa w znaczny sposób pogarszają precyzję pomiaru poprzez odbijanie sygnału z satelity. Prowadzi to do zjawiska zwanego wielotorowością sygnału.

5. Podsumowanie

Podczas realizacji opisanego w artykule projektu największym problemem okazała się weryfikacja działania utworzonego urządzenia. Po upewnieniu się co do niezawodności i pewności działania układu z zaimplementowanym oprogramowaniem, konieczne były szczegółowe pomiary kontrolne. W przeprowadzonych pomiarach ujawniono bardzo duże szумы. Dodatkowo wybór punktu pomiarowego wpłynął na uzyskane wyniki testów. Powodem tego stanu rzeczy jest najprawdopodobniej fakt odbijania się sygnału z satelity od złożonej struktury drzewa, w wyniku czego powstaje znane zjawisko wielotorowości fali. Jest to istotnie dużym problemem w określaniu pozycji GPS. Efekt ten eliminuje się, stosując specjalistyczne anteny, które w projekcie nie zostały wykorzystane.

Innym istotnym elementem wpływającym na szумы odbiornika, a w konsekwencji błędy pomiarowe, jest antena. W niniejszym projekcie wykorzystano tanie anteny dedykowane do samochodów. Producent anteny niestety nie podaje żadnych istotnych parametrów dotyczących anteny z wyjątkiem zysku wbudowanego wzmacniacza sygnału.

Najważniejszym elementem rozwoju układu jest opracowanie specjalistycznego algorytmu umożliwiającego odfiltrowanie pomiarów z największym błędem pomiarowym. Filtrowanie takie jest możliwe przy wykorzystaniu współczynnika HDOP. Przewiduje się również zweryfikowanie istniejącego układu w terenie, w którym nie występują drzewa, najlepiej na płaskim trawiastym gruncie.

Literatura

1. Januszewski J.: Systemy satelitarne GPS Galileo i inne. Warszawa: PWN, 2006.
2. Profesjonalne odbiorniki GPS. <http://www.szwajcarskaprecyzja.pl>, Grudzień 2010.
3. Dokumentacja kondensatora podtrzymującego. <http://www.pliki.jm.pl/karty/DB.pdf>, Grudzień 2010.
4. Dokumentacja mikrokontrolera atmega88. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf, Grudzień 2010.
5. Dokumentacja modułu FT232. <http://www.tme.eu/dok/ROZNE/ft232bl.pdf>, Grudzień 2010.
6. Dokumentacja modułu GPS. <http://wega.net.ua/Description/TH-F6A/iTrax300.pdf>, Grudzień 2010.
7. Dokumentacja stabilizatora lp2951. <http://www.national.com/ds/LP/LP2950.pdf>, Grudzień 2010.

GLOBAL LOCALIZATION SYSTEM FOR MOBILE ROBOT APPLICATIONS

Summary: The paper deals with the design and implementation of a global localization system for mobile robot applications. A developed prototype is a device that is small and light-weight, low-cost and energy-efficient. Moreover, the device possesses an universal communication interface that can be used in collaboration with various high-level control systems of mobile robots. The results of some preliminary tests of the prototype show that it can be applied for navigation of mobile robots.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Mirosław TARGOSZ*, Wojciech SKARKA,

Marek WYLEŻOŁ, Piotr KASZA, Wojciech MOCZULSKI

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn,
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
*miroslaw.targosz@polsl.pl

KONSTRUKCJA PLATFORMY NOŚNEJ ROBOTÓW MOBILNYCH

Streszczenie: Artykuł zawiera opis konstrukcji gąsienicowej platformy nośnej, przeznaczonej dla robotów mobilnych pod roboczymi nazwami Transporter oraz Explorer. Konstrukcja platformy nośnej została wykonana przez zespół badawczy z Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej w Gliwicach we współpracy z Instytutem Technologii Eksploatacji-PIB w Radomiu w ramach projektu badawczego nr RC/2/II.4.1/PS „Wielozadaniowe mobilne roboty wykorzystujące zaawansowane technologie” finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

1. Wstęp

Platforma nośna robotów mobilnych została skonstruowana w ramach projektu badawczego „Wielozadaniowe mobilne roboty wykorzystujące zaawansowane technologie”, który dotyczy opracowania i wykonania zespołu robotów mobilnych przystosowanych do monitorowania obiektów technicznych i wykonywania specjalistycznych zadań w ramach nadzoru eksploatacyjnego oraz ochrony przed zagrożeniami. Opracowanie konstrukcji gąsienicowej platformy nośnej było jednym z etapów realizacji projektu. Konstrukcja została opracowana przez zespół autorów. Na etapie opracowywania założeń wstępnych i koncipowania zespół był wspierany przez pozostałych wykonawców zadania, czyli pracowników i studentów Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej w Gliwicach oraz pracowników Instytutu Technologii Eksploatacji-PIB z Radomia.

W kolejnych rozdziałach przedstawiono wymagania stawiane robotom mobilnym oraz wynikające z tego założenia konstrukcyjne platformy nośnej. Następnie przedstawiono opis opracowanej konstrukcji. Opisano również przebieg pracy zespołu i wskazano obszar dalszych prac. Opracowane oryginalne rozwiązanie będzie stanowić bazę do budowy specjalizowanych robotów mobilnych, których fizyczne prototypy przewidziane są jako rezultat końcowy zadania badawczego. Dotychczasowe efekty pracy zespołu oraz dodatkowe informacje można znaleźć na stronie projektu <http://robotymobilne.polsl.pl> (strona ta jest okresowo aktualizowana).

2. Podstawowe wymagania

Na etapie konceptowania opracowano założenia dotyczące zakresów funkcjonalności robotów, w tym m.in.: przeznaczenie poszczególnych robotów oraz całej grupy, warunki pracy, sposoby sterowania i poruszania się, rodzaje i zasady współdziałania grupy robotów, wstępne parametry systemów komunikacji oraz lokalizacji. Zespół projektowy opracował przykładowe scenariusze misji dla robotów, tj. przewóz ładunków niebezpiecznych, pobranie próbek na skażonym terenie, detekcja i lokalizacja wycieków instalacji chemicznych oraz zagrożenia pożarowego, lokalizacja osób poszkodowanych na terenie gruzowiska, pogorzeliska, monitorowanie pomieszczeń i przestrzeni otwartych, wizualna ocena stanu otoczenia itp.

W ramach dalszych prac dokonano analizy stanu wiedzy [1,2] oraz opracowano koncepcje robotów „Transporter”, „Explorer” i małego robota kołowego „Pathfinder”.

Biorąc pod uwagę przykładowe misje grupy robotów, sprecyzowano przeznaczenie poszczególnych robotów.

Przeznaczenie robota „Transporter”:

- pobieranie i transport robotów typu „Pathfinder”,
- pobieranie i transport przedmiotów niebezpiecznych.

Przeznaczenie robota typu „Explorer”:

- inspekcja wizyjna obiektów z możliwością pobierania próbek, np. gleby,
- detekcja różnego rodzaju zagrożeń, tj. na przykład: nadmierne stężenie CO,
- zagrożenia pożarowe.

W tabeli 1 zaprezentowano podstawowe wymagania funkcjonalności robotów „Transporter” i „Explorer”, które stanowiły punkt wyjścia do założeń projektowo-konstrukcyjnych platformy nośnej.

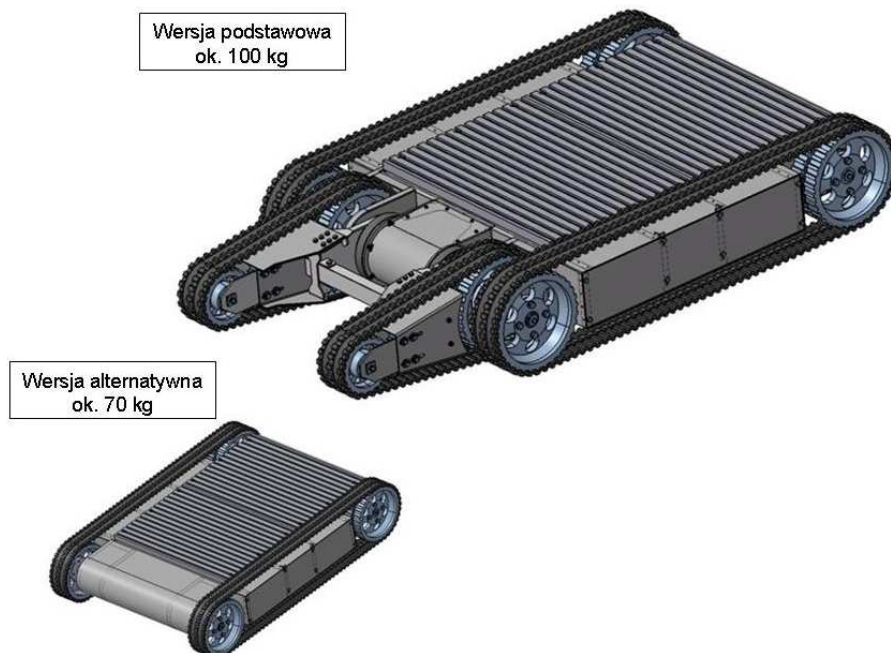
W celu opracowania koncepcji układu mechanicznego robotów „Transporter” i „Explorer” dokonano przeglądu rozwiązań konstrukcyjnych robotów spełniających podobne funkcje. W analizie porównawczej uwzględniono między innymi roboty polskie: Inspector, Expert, Scout oraz Ibis wytwarzane przez PIAP [3] oraz roboty zagraniczne: 510 Packbot, SUGV, 710 Warrior, 210 Negotiator firmy iRobot [6] oraz roboty innych producentów [2,5,6]. Duża masa robota oraz złożoność układu nośnego okazały się w wielu dotychczasowych rozwiązaniach układów nośnych w znanych konstrukcjach jednym z głównych czynników wpływających na ich małą przydatność w kontekście realizowanego zadania. Skutkiem tego przy opracowaniu koncepcji układu mechanicznego decydującym kryterium było uzyskanie jak najmniejszej masy całego układu oraz pewności działania i prostoty rozwiązań. Dla założonego zestawu funkcji robotów „Transporter” i „Explorer” zdecydowano się na zastosowanie dla obu robotów wspólnej gąsienicowej platformy bazowej. W kolejnym przybliżeniu rozpatrywano dwie wersje platformy nośnej robotów różniące się położeniem dodatkowej gąsienicy (po wewnętrznej lub zewnętrznej stronie głównych gąsienic napędowych). Ostatecznie wybrano rozwiązanie z gąsienicami pomocniczymi umieszczonymi po wewnętrznej stronie gąsienic napędowych.

Tab. 1. Wymagania dotyczące funkcjonalności robota „Transporter” i „Explorer”
 Tab. 1. Specification of functionality of robots “Transporter” and “Explorer”

Warunki pracy
<ul style="list-style-type: none"> • warunki terenowe: zalegający śnieg, błoto, piasek, tereny leśne o umiarkowanym zagęszczeniu runa leśnego i zróżnicowanej ściółce, podłoże trawiaste, podłoże kamieniste lub inne utwardzone, obszary o różnorodnej formie ukształtowania: umiarkowane pagórki, grzędy, rowy itp., • praca w terenie otwartym w dzień i noc, • praca w pomieszczeniach oraz ich obszarach o różnym stopniu oświetlenia i widoczności, • temperatura otoczenia: od -5 do 40°C, • warunki atmosferyczne: średni opad śniegu lub deszczu, umiarkowany wiatr, mgła, • poruszanie się w budynkach (pokonywanie standardowych otworów drzwiowych oraz schodów), • typowe przeszkody w terenie otwartym i w budynkach.
Zasilanie
<ul style="list-style-type: none"> • możliwość łatwej wymiany akumulatorów, • akumulatory doładowywane na robocie z zewnętrznego źródła zasilania, • zasilanie awaryjne z pominięciem akumulatorów, • monitorowanie stanu akumulatorów.
Sposób poruszania się
<ul style="list-style-type: none"> • ruch przód/tył z określoną prędkością ok. 5 km/h, • skręt lewo/prawo po łuku, • obrót lewo/prawo w sposób czołgowy.

3. Opis konstrukcji platformy nośnej

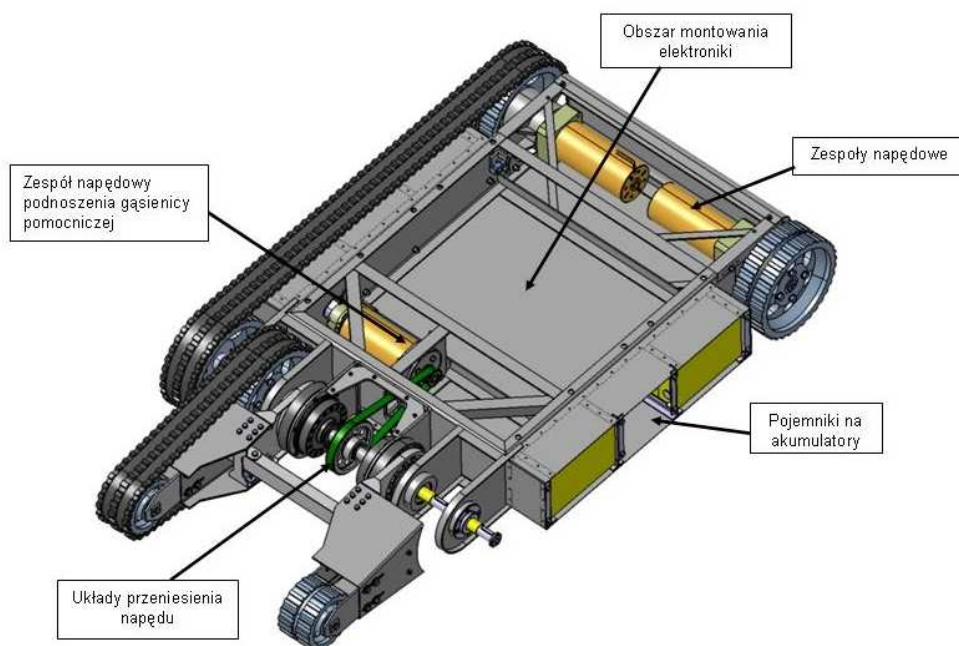
Podczas prac badawczych opracowano konstrukcję platformy nośnej. Model wirtualny pokazano na rys. 1. Skonstruowana platforma może również funkcjonować w wersji uproszczonej, bez przedniej gąsienicy, pozbawiając platformę pewnych możliwości mobilnych, ale za to wersja taka charakteryzuje się mniejszą masą. Platformę nośną stanowi podwozie gąsienicowe, zamocowane na ramie nośnej wykonanej z kątowników. Podłoga oraz powierzchnie boczne wykonane są z blachy ze stopów lekkich. Górną powierzchnię platformy mechanicznej robota stanowi płyta T-rowkowa zastosowana w celu umożliwienia szybkiego i uniwersalnego montażu oprzyrządowania dodatkowego (czujników, manipulatora, uniwersalnego kosza itp.).



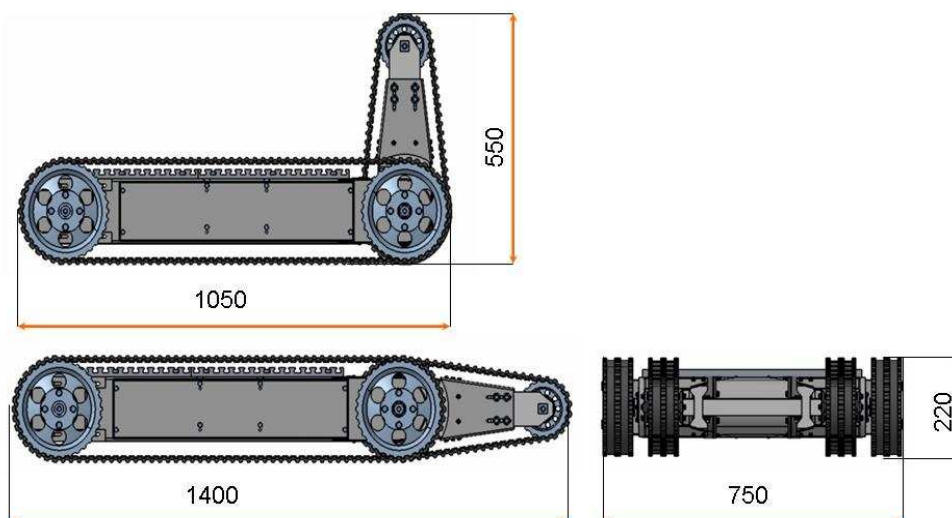
Rys.1. Model platformy nośnej robotów mobilnych
Fig.1. Model of base platform of mobile robots

Platforma wyposażona jest w dwa rodzaje gąsienic: główne oraz pomocnicze; przy czym gąsienice pomocnicze są o regulowanym pochyleniu w stosunku do platformy nośnej. Układ napędowy stanowią dwa niezależne silniki elektryczne 24 VDC, przekazujące moment poprzez przekładnię na koła napędowe gąsienic głównych. Na gąsienicę pomocniczą moment napędowy przekazywany jest poprzez sprzężenie koła zwrotnego gąsienicy głównej z kołem napędowym gąsienicy pomocniczej. Zmiana kąta pochylenia gąsienicy pomocniczej dokonywana jest również z użyciem silnika 24 VDC poprzez zespół przekładni. Zestaw podnoszenia gąsienic pomocniczych zawiera także hamulec w celu unieruchomienia ramion gąsienic w dowolnej pozycji. Zasilanie platformy stanowią akumulatory litowo-fosforowo-żelazowe (LiFePO₄) umieszczone w bocznej części robota, zainstalowane w specjalnie zaprojektowanych skrzyniach znajdujących się w przestrzeni pomiędzy gąsienicami głównymi. Dostęp do nich (np. w celu wymiany ogniw) jest możliwy poprzez kłapy boczne. W wewnętrznej części platformy znajduje się przestrzeń do montowania układów elektronicznych. Na rys. 2 zaprezentowano widok wewnętrznej części modelu platformy nośnej (dla skupienia uwagi niektóre elementy celowo nie zostały pokazane).

Wymiary oraz masa robotów powinny umożliwić przejazd przez drzwi oraz podjazd pod schody w standardowych budynkach. Przewiduje się, że masa całkowita platformy nośnej wyniesie ok. 100 kg. Masa robota „Transporter” po zainstalowaniu manipulatora oraz kosza ładunkowego wzrośnie do ok. 150 kg. Natomiast robot „Explorer” ze swoim oprzyrządowaniem będzie posiadał masę ok. 120 kg. Przeświet platformy nośnej to ok. 41-45 mm. Wymiary gabarytowe platformy nośnej przedstawiono na rys. 3.



Rys.2. Widok wewnętrznej części modelu platformy
Fig.2. Inside view of the platform model



Rys.3. Wymiary gabarytowe
Fig.3. Overall dimensions

4. Podsumowanie

Konstrukcja platformy mechatronicznej robotów „Transporter”/„Explorer” została opracowana przez zespół wykonawców z Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn. Prace modelowe wykonano z użyciem systemu CATIA V5. Na etapie konceptowania oraz rozwiązywania poszczególnych problemów dotyczących konstrukcji zespół projektowy był

wspomagany przez pozostałych uczestników zadania, którymi są pracownicy i studenci Katedry PKM oraz pracownicy Instytutu Technologii Eksploatacji-PIB z Radomia. Praca nad platformą wymagała współpracy całego zespołu i przebiegała wspólnie z projektem małego robota „Pathfinder” (którego konstrukcja nie stanowi zakresu niniejszej publikacji) oraz pozostałymi projektami specjalizowanego oprzyrządowania robotów. Wymiana informacji, danych projektowych, plików modeli była realizowana za pomocą serwera pracy grupowej E-Groupware, który pozwala na sprawne zarządzanie tego typu danymi. Dodatkowo zespół z Gliwic oraz zespół z Radomia spotykały się na cotygodniowych telekonferencjach, podczas których prezentowano wyniki pracy (używano do tego celu systemu Mikogo, który pozwala na tworzenie wirtualnych zebrań, dzielenie pulpitu operatora itp.).

Wyniki prac zespołu (w postaci dokumentacji technicznej) zostały przekazane pracownikom warsztatu w Radomiu w celu wykonania prototypu platformy nośnej. W bieżącym roku planuje się uruchomienie platformy i przeprowadzenie pierwszych testów. Po tych badaniach planuje się doposażenie platformy w specjalizowane układy w celu wykonywania założonych misji dla robotów „Transporter” oraz „Explorer”.

Prace wykonane w ramach zadania badawczego nr. RC/2/II.4.1/PS „Wielozadaniowe mobilne roboty wykorzystujące zaawansowane technologie” współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

1. Adamczyk M. i in. : Multi-robot group for inspecting large area objects. „Problemy Eksploatacji, Maintenance Problems” 2008, 3 (70), s. 19-29.
2. <http://www.themachinelab.com/Custom.html> z dnia 30.03.2011.
3. <http://www.antyterrorizm.com> z dnia 30.03.2011.
4. <http://www.irobot.com/gi/ground/> z dnia 30.03.2011.
5. <http://www.qinetiq-na.com/> z dnia 30.03.2011.
6. <http://www.robotnik.es/en/products/> z dnia 30.03.2011.

DESIGN OF BASE PLATFORM OF MOBILE ROBOTS

Summary: The paper deals with the design of a caterpillar base platform, used in mobile robots Transporter and Explorer. The design was made within the project No RC/2/II.4.1/PS "Multifunctional mobile robots using advanced technologies", co-financed by the European Union through the European Regional Development Fund, implemented by the Silesian University of Technology in cooperation with the Institute for Sustainable Technologies-National Research Institute.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Iwona WOSIK*

Institute of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems,
Silesian University of Technology, Gliwice

* iwona.wosik@polsl.pl

A PROBLEM OF PREDICTIVE SCHEDULING OF JOBS IN A PRODUCTION SYSTEM

Abstract: In the paper a classical model of failures is considered in that successive failure-free times are supposed to have Weibull distributions and are followed by exponentially distributed times of repairs. It is assumed that parameters of these distributions, in general, change with time. Basing on information about the number of failures, failure-free times, repair times, in a number of periods of the same duration in the past parameters of the model are estimated. Next, predictions of the most important reliability characteristics are found using classical regression technique.

1. Introduction

Reliability parameters in a production process depend on occurrence of disturbances that cause changes in a basic schedule. The basic schedule becomes unrealizable after the disturbances have appeared. In the basic schedule, any event which is possible to forecast should be planned. The more changes in the basic schedule are the lower robustness of the schedule is. Cost of reorganization of the production schedule increases and time is wasted.

A method for elaborating the robust basic schedule is searched. Analysis of historical data of a machine failures frequency, a number of the machine failures and data acquisition for forecasting a future time of the machine failure are essential. In the literature the machine failure and repair are described by: mean time between the machine failures and mean time of repair [1].

The goal of the paper is to answer for the question what distribution describes: a failure time of a machine, a repairing time of the machine, basing on information about failure free times and repairing times. For elaborating the robust schedule, the predicted failure time of the machine is needed.

2. A production scheduling model of failures

For historical data of machine M_i failure frequency and machine M_i repairing time histograms are built. Observing the histograms successive failure-free times are supposed to have Weibull distributions and are followed by exponentially distributed times of repairs. It is

assumed that parameters of these distributions, in general, change with time. Basing on information about the number of failures and failure-free times in a number of periods of the same duration in the past predictions of the reliability characteristics are searched.

Let us consider a classical model of failures in that successive periods of reliable work of a production system are followed by times of repair. Such the system, firstly, is observed on m successive time periods

$$[0, T), [T, 2T), \dots, [(m-1)T, mT) \quad (1)$$

of the same durations, for which the information about numbers of detected failures or failure-free times is known. The prediction of system behavior is being built for the next period $[mT, (m+1)T)$. We assume that failure-free times $X_{i,1}, \dots, X_{i,N_i}$ in the i th period $[(i-1)T, iT)$, $i=1, \dots, m+1$ have Weibull distribution. Here N_i denotes a random number of failures detected in $[(i-1)T, iT)$. At the end of reliable work period $X_{i,k}$, as the failure occurs, a repair time $Y_{i,k}$ begins immediately and so on. Repair times $Y_{i,1}, \dots, Y_{i,N_i}$ for $i=1, \dots, m+1$ are supposed to be exponentially distributed.

The evolution of the system can be observed on successive cycles $Z_{i,k} = X_{i,k} + Y_{i,k}$, $i=1, \dots, m+1$, $k=1, \dots, N_i$ which are independent random variables with DFs (=distribution functions) of the form

$$H_i(t) = \int_0^t h_i(y) dy = \alpha_i \lambda_i p_i \int_0^t e^{-\alpha_i y} \int_0^y x^{p_i-1} e^{\alpha_i x - \lambda_i x^{p_i}} dx dy, \quad t > 0. \quad (2)$$

3. Estimation of unknown parameters

In [2,4] the application of Maximum Likelihood Principle and Empirical Moments Approach to estimate unknown parameters λ_1, p_1 of Weibull distribution is presented. In the paper the parameter α_i for Exponential distribution is estimated.

This approach is based on the assumption that numbers, durations of repairing periods have been measured and are known. Suppose that in each of intervals $[0, T), [T, 2T), \dots, [(m-1)T, mT)$ we have given sample values of random variables $Y_{i,k}$, $k=1, \dots, N_i$ for any $i=1, \dots, m$, where n_i is the observed value of N_i , so we have the following observations:

$$(y_{1,1}, y_{1,2}, \dots, y_{1,n_1}), \dots, (y_{m,1}, y_{m,2}, \dots, y_{m,n_m}). \quad (3)$$

Consider firstly the interval $[0, T)$. Since $y_{1,1}, y_{1,2}, \dots, y_{1,n_1}$ are i.i.d. (independent and identically distributed) random variables one can apply the Maximum Likelihood Principle to estimate unknown parameter α_i for Exponential distribution. Define the likelihood functions as follows:

$$L(\alpha_1 | y_{1,1}, y_{1,2}, \dots, y_{1,n_1}) = \prod_{k=1}^{n_1} \alpha_1 e^{-\alpha_1 y_{1,k}} = \alpha_1^{n_1} e^{-\alpha_1 \sum_{k=1}^{n_1} y_{1,k}} \tag{4}$$

Logarithming and differentiating on variable α_1 for (4) one obtain the equation:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \alpha_1} = \frac{n_1}{\alpha_1} - \sum_{k=1}^{n_1} y_{1,k} = 0 \tag{5}$$

$$nL = n_1 \ln \alpha_1 - \alpha_1 \sum_{k=1}^{n_1} y_{1,k} \tag{6}$$

and differentiating both sides of (6) by $\sum_{k=1}^{n_1} y_{1,k}$ and multiplying by $\left(\frac{1}{n_1}\right)$ one can find values of $\tilde{\alpha}_1$

$$\tilde{\alpha}_1 = \frac{n_1}{\sum_{k=1}^{n_1} x_{1,k}} \tag{7}$$

The same equation (7) one can reach using Empirical moments approach. After finding estimators $\hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_m$ one can extrapolate values $\hat{\alpha}_{m+1}$ for the period $[mT, (m+1)T)$ for which one have no observation, using the regression method.

4. Numerical example

Let us consider the production shop of $W=4$ machines and $V=3$ products. The production routes are defined in MP (8), the operation times are defined in MOT (9). Butch sizes of the products are unlimited. It is assumed that there are $m=5$ successive time periods of the same durations, for which the information about numbers of detected failures, failure-free times $X_{i,3,1}, \dots, X_{i,3,N_{i,3}}$ and repair times $y_{i,3,1}, \dots, y_{i,3,N_{i,3}}$ of machine $w=3$ in the i th period $[(i-1)T, iT)$, $i=1, \dots, 5$ are given. Basing on information about numbers of detected failures and failure-free times $X_{i,3,1}, \dots, X_{i,3,N_{i,3}}$ of machine $w=3$ in the i th period $[(i-1)T, iT)$, $i=1, \dots, 5$ presented in [2,4], parameters for Weibull distribution \hat{p}_6 and $\hat{\lambda}_6$ for 6th period have been estimated. $\hat{p}_{6,3} = 2,919$ and $\hat{\lambda}_{6,3} = 0,002$ using the empirical moments approach.

$$MP = \begin{bmatrix} 3,2,1,0 \\ 2,0,0,1 \\ 0,1,0,2 \end{bmatrix}, \quad MOT = \begin{bmatrix} 3,5,10,0 \\ 3,0,0,1 \\ 0,5,0,1 \end{bmatrix} \tag{8,9}$$

The histogram for repair times $y_{i,w,1}, \dots, y_{i,w,N_{i,w}}$ for $i=1, \dots, m+1$ for w th machine is built (Fig. 1.). Basing on the histogram one can make the hypothesis that $H_i: \{ \text{the cumulative distribution function of the repair time } Y_i \text{ is } g_i(t) \}$, where $g_i(t)$ is an exponential distribution function.

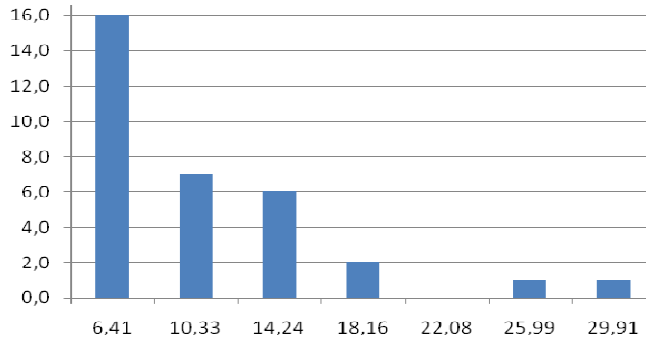


Fig. 1. The histogram of repair times $y_{i,3,1}, \dots, y_{i,3,N_{i,3}}$ of 3rd machine

In order to verify the hypothesis, a Kolmogorow’s test of goodness of fit between the valuated distribution of the sample and the theoretical distribution (1) is realised [5].

Let us consider the first sample $y_{1,3,1}, \dots, y_{1,3,33}$ with values of $\{6, 5.5, 8, 5.6, 6, 4.5, 6.7, 8, 6, 8, 15, 11, 12, 14, 6, 28, 15, 27, 16, 16, 8, 19.5, 10, 11.5, 11, 15, 10.5, 18, 7, 9.6, 4.5, 6.7, 8\}$. Making the Kolmogorow’s test of goodness of fit for the first sample, for the level of significance equaled to $\varepsilon = 0.01$, the hypothesis H_1 is not denied. The conclusion is drawn comparing the condition: $d_{1,k} < d_{1,k}(1 - \varepsilon)$, where $d_{1,k} = \max(d_{1,k}^+, d_{1,k}^-)$,

$$d_{1,k}^+ = \max_{1 \leq k \leq n_i} \left| \frac{k}{n_i} - F_o(y_{1,3,k}) \right| \text{ and } d_{1,k}^- = \max_{1 \leq k \leq n_i} \left| F_o(y_{1,3,k}) - \frac{k-1}{n_i} \right|, \text{ and } F_o(y_{1,3,k}) \text{ is a value of}$$

hypothetical distribution for a given ε and $1 \leq k \leq n_i$ [3]. The maximal absolute difference is $d_{1,1} = 0.9889$. For $\varepsilon = 0.01$ and $k = 1$, critical value of Kolmogorow’s statistics $d_{1,1}(1 - 0.01)$ equals to 0.995. The condition $0.9889 < 0.995$ is fulfilled, so the hypothesis H_1 for the level of significance equaled to $\varepsilon = 0.01$ is not denied.

The Maximum Likelihood estimator $\hat{\alpha}_{i,w}$ (7) for the i th period $[(i-1)T, iT)$, $i=1, \dots, m$ and for w th machine is counted. Values $\hat{\alpha}_{i,3}$ for the i th period $[(i-1)T, iT)$, $i=1, \dots, 5$ and for 3rd machine are presented in Tab. 1.

After finding estimators $\hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_m$ one can extrapolate values $\hat{\alpha}_{m+1}$ for the period $[mT, (m+1)T)$ for which we have no observation, using the regression method. $\hat{\alpha}_{6,3} = 0.11$ for

the 6th scheduling period for 3rd machine. The average value of repair time $EY_{6,3} = \frac{1}{\hat{\alpha}_{6,3}}$ for the 6th scheduling period for 3rd machine equals to 9,09.

Tab.1. Values $\hat{\alpha}_{i,3}$ for *i*th scheduling horizon and for 3rd machine

<i>i</i>	$N_{i,w}$	$\sum_{k=1}^{n_i} y_{1,k}$	$\hat{\alpha}_{i,3}$
1	33	363,6	0,090759
2	33	380,2	0,086796
3	33	384,6	0,085803
4	31	273,5	0,113346
5	31	298,6	0,103818

Basing on information about numbers of detected failures, failure-free times $X_{i,3,1}, \dots, X_{i,3,N_{i,3}}$ and repair times $y_{i,3,1}, \dots, y_{i,3,N_{i,3}}$ of machine $w=3$ in the *i*th period $[(i-1)T, iT), i=1, \dots, 5$ parameters for Weibull distribution $\hat{p}_{6,3} = 2,919$ and $\hat{\lambda}_{6,3} = 0,002 \hat{p}_6$ [4] and parameter of Exponential distribution $\alpha_{6,3} = 0.11$ for 6th period have been estimated.

Having values of Weibull parameters and Exponential parameter one can compute:

- the probability that the first failure of 3rd machine occurs after 5 unit of time is 0.99, $R_w(5) = P_w\{X_{6,3,1} > 5\} = 0.99$,
- the MTTF₃ for 3rd machine $MTTF_3 = 7.54$,
- the MTBF₃ for 3rd machine $MTBF_3 = 0.909$,
- the probability P_w that in the interval $[5, 10]$ there occurs at least one failure of 3rd machine is very small $P_3 = 1.239 \times 10^{-4}$

Predictive scheduling consists in placing time window in the schedule at time $[MTBF_3, MTBF_3 + Y_{m+1,3}]$ the time period $[mT, (m+1)T)$.

Having the values of $MTBF_3$ parameter for Weibull distribution and the average value of repair time $EY_{6,3}$ the predictive schedule using the ED system is generated. The production model is presented in Fig. 2.

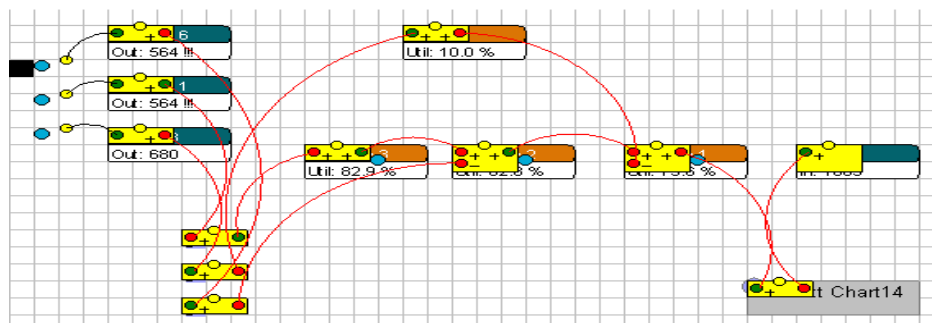


Fig.2. The production system modeled in ED system

Let us assume that the time unit for $MTBF_3$ parameter is 1 hour. The $MTBF_3$ for 3rd machine $MTBF_3 = 7.54h = 452min$. The time unit of $MTTR_3$ is a minute. The average value of repair time $EY_{6,3}$ for the 6th scheduling period for 3rd machine equals to 9.09 min. For the production process described by MP and MOT (6,7) and $MTBF_3 = 452min$ and $MTTR_3 = 9.09min$ the predictive Gantt chart (Fig. 3) is generated. The duration of the first operation of 13st batch of 1st product is longer because of the machine failure.

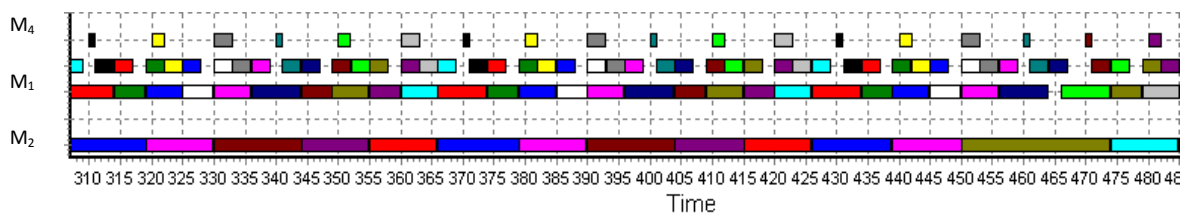


Fig 3. The Gantt chart with failure of 3rd machine

5. Conclusion

In the paper the numerical example for the production model with failures is presented where successive failure-free times are supposed to have Weibull distributions and are followed by exponentially distributed times of repairs. Basing on information about the number of failures, failure-free times and repair times in a number of periods of the same duration in the past unknown parameters are estimated. Having values of parameters: MTTF and MTTR, the predictive schedule is generated using ED system. The paper is the answer for the question about correctness of values of the parameter of exponential distribution appeared in [4].

References

1. Gurel S., Korpeglu E., Akturk M.S.: An anticipative scheduling approach with controllable processing times. "Computers and Operations Resesarch", 2010, Vol. 37, Is. 6, p. 1002-1013.
2. Kempa W. M., Wosik I., Skołod B.: Estimation of reliability characteristics in a production scheduling model with time-changing parameters – first part, theory. Management and control of manufacturing processes, Lublin 2011, p. 7-18.
3. Krysicki W.: Theory of probability and mathematical statistic with examples (in Polish), I and II part, Warsaw: PWN, 2002.
4. Skołod B., Wosik I., Kempa. W. M., Kalinowski K.: Estimation of reliability characteristics in a production scheduling model with time-changing parameters –second part, numerical example. Management and control of manufacturing processes, Lublin 2011, p. 19-30.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Andrzej WRÓBEL*, Łukasz PLOSKA

The Institute of Engineering, Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems,
Faculty of Mechanical Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

* andrzej.wrobel@polsl.pl

STUDY OF INNOVATIVE SHEATHING CONSTRUCTION OF WAGON DOORS USING STRAIN GAUGE METHOD AND FINITE ELEMENTS METHOD

Abstract: The purpose of this paper is to present the results of studies on the application of innovative sheathing construction of wagons doors. Measurements were made using strain gauge method. Verification of the results was carried out in a computer program using finite elements method. The strain gauge studies was conducted on model built in a scale 1:4. In the next step it is planned to perform the entire wagon doors from composite.

1. Introduction

Due to technological and computer progress, application of computer techniques, which help in engineering calculations and simulations is growing. Less frequently are used traditional measurement techniques. In this paper two methods were summarized: the method which uses the phenomenon of the resistance change that is caused by the change of geometric characteristics of the cable, and one of the computer simulation methods – the finite elements method. Object of the study are wagon doors made in scale 1:4. The initial load is transmitted by a hydraulic cylinder driven by a hand pump.

2. Finite Element Method

The basic principle of the finite element method analysis is a discretization of the geometry of the object under examination on the millions of small elements called the net. The first stage of FEM analysis is a division of the element geometry on the finite parts. The next step is to define a material from which the element is made. Then the forces which are aggravating the tested model were applied and the fixing were imposed.

FEM analysis was carried out in an advanced program UGS NX SIEMENS. By applying the appropriate modules allows carry out of FEM analysis, analysis and simulation of movement and 2D documentation generation.

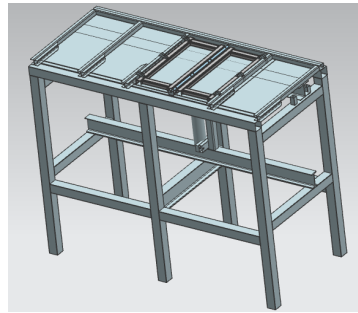


Fig. 2.1 CAD model of measurement stand

In figure 2.1 computer model of stand with mounted wagon wall with the doors was shown.

3. Strain gauge method

The basic principle of strain gauge method is a change of resistive properties of metal wire by changing its length. Strain gauge examined a deformation (elongation or shortening), changes its resistance is proportional to the elongation. This properties is used to deformation measure of different kinds of elements. Between the resistance R , the resistance change ΔR and a deformation there is a dependence written by the formula:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \varepsilon \quad (1)$$

The k value is the deformation sensitivity coefficient of strain gauge, commonly known as a strain gauge constant. Resistance strain gauges are used to measure of stress within the range of elasticity of the tested material. This is done in a such way that on the basis of known value k constant of strain gauge and measured unit increase of resistance $\Delta R/R$, from the equation 1 defines the quantity of unknown unit deformation ε , from which it is calculated stress σ . During measurements modern measurement devices were used, which includes: modular connection box CANHED, measuring amplifier MGCplus and computer with installed software CATMAN.

4. Composite materials

Composite materials are increasingly used in various engineering constructions. The basic idea of materials engineering is to obtain a material with a specific, desired properties. According to the definition construction composite is called a material distinguished by particularly selected properties, among which the crucial is an ability to transfer a mechanical loads. Since the structures of composite materials allow for significant reduction of object weight, and moreover in some cases reduction of production cost. Therefore it was decided to replace the steel side wall of wagon doors for composite material. The composite used for this purpose is a glass mat with a weight of 100g and epoxy resin matrix.



Fig. 4.1 The real measurement stand with doors with a composite side

5. Researches

Tests were conducted on two models. The first is the real model built in scale 1:4, on which the stress tests of wagon wall were conducted with loads: 20, 40 and 60 bar, and the results were obtained from the strain gauge method. The second model was the CAD model made in NX 7.5. program in which the FEA analysis was performed. The results were read from the resulting stress maps. This analysis was optimized by the boundary conditions, a density and a type of grid.

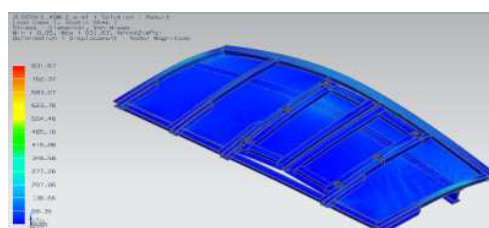


Fig. 5.1 FEA analysis stress map

In a table 5.1 the comparison of the results of both methods was shown.

Table 51. Comparison of stress values obtained at a pressure of 20 and 60 bar

Stress value obtained at a pressure of 20 bar								
Number of measuring point	1	2	3	4	5	6	7	8
Results from strain gauge method [MPa]	4	35	9	12	20	24	28	1
Results from Finite Element Method [MPa]	3,2	35	28	25	23	25	29	0,7
Error [%]	20	0	47	108	15	4	3	30
Stress value obtained at a pressure of 60 bar								
Number of measuring point	1	2	3	4	5	6	7	8
Results from strain gauge method [MPa]	12	177	79	49	81	71	189	7
Results from Finite Element Method [MPa]	7	120	79	54	73	71	95	4
Error [%]	41	32	0	10	10	0	49	42

After comparing results of strain gauge method and finite element method, the stress values, that occurred in tested wall while the side of wagon doors was made of steel sheet and of laminate, were compared. The comparison results are presented below.

Table 5.2 Comparison of the stresses arising in the steel and composite doors

Stress value obtained at a pressure of 20 bar								
Number of measuring point	1	2	3	4	5	6	7	8
Results from strain gauge method (steel) [MPa]	4	35	9	12	20	24	28	1
Results from strain gauge method (laminate) [MPa]	4	35	9	11	31	30	19	1
Difference [MPa]	0	0	0	1	11	6	9	0
Stress value obtained at a pressure of 60 bar								
Number of measuring point	1	2	3	4	5	6	7	8
Results from strain gauge method (steel) [MPa]	12	177	79	49	81	71	189	7
Results from strain gauge method (laminate) [MPa]	11	182	79	48	87	84	178	6
Difference [MPa]	1	5	0	1	6	13	11	1

6. Conclusions

Based on the conducted researches can be concluded that the results are different in both methods. The reason for this is definitely a „manual execution” of composites, and the idealization of certain elements of the CAD model. As a part of future researches will be an analysis of stresses in the railway carriage wall in a scale 1:1

Bibliography

1. Hyla I., Śleziona J.: Composites, Mechanics and Design Elements. (in Polish). Gliwice: WPS, 2004.
2. Roliński Z.: Strain gauge method, Fundamentals of Theoretical and Application Examples. (in Polish) Warszawa: WNT, 1981.
3. Samuel S., Stevenson B., Weeks E.: Advanced simulation using Nastran NX5/NX6. San Jose: Design Visionaries, 2008.

WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Marcin ZEMCZAK*

The Institute of Engineering, Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems,
Faculty of Mechanical Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice
*marcin.zemczak@polsl.pl

CASE STUDY: PRODUCTION ORDERS SCHEDULING IN MULTIVERSION AND MULTIASSORTMENT PRODUCTION SYSTEMS – PART I

Summary: This paper presents the issue of task scheduling, which aims in establishing a sequence of tasks, which maximizes the utilization of company's production capacity. The problem belongs to the NP-hard class, optimal method of solution has not yet been found, only approximate solutions have been offered. Regardless of specific production system, while considering reception of new tasks into the system, current review of the state of the system is required in order to decide whether and when a new order can be accepted for execution. In this paper, the problem of task scheduling is limited to determining the field of possible solutions to the problem of appropriate prioritization of production (production orders) which in turn will be accepted for execution on the assembly line in the car industry company. Simplified structure of the production system, orders transition paths and scheduling concepts within the system limitations have been presented.

1. Introduction

For many years, studies on the issue of optimization of scheduling and resource allocation have been conducted [1-6]. Optimization problems, both continuous and discrete are classified as NP-hard problems, due to their theoretical and computational complexity. These problems are encountered very often in the case of complex production systems, where on limited resources products must be finished within a specified time. Scheduling problem is to determine the sequence, in order to utilize resources remaining at the disposal of the company. Regardless of specific production system, its structure and organization, while admitting further orders it is required to review the current state of the system, and to decide whether and when a new order can be accepted for execution.

In literature many attempts to solve scheduling problems, e.g. with genetic algorithms can be found [7]. Unfortunately, as every solution, they have their advantages and disadvantages. In most cases, to obtain the best results time-consuming tuning of algorithm to a problem class is required.

Computational complexity and size of practical problems unequivocally eliminate the exact algorithms from consideration (due to the fact that a solution must be given within the prescribed time), leaving only the application of heuristic algorithms, allowing solving

problems in a short time and with sufficient precision. Research on heuristic algorithms, which provide solutions to issues where it is impossible or inefficient to use exact solutions are a very rapidly developing field of science [8-16].

Appropriate tasks scheduling leads to many benefits including: higher utilization of material resources (in this case, machines and tools), increasing the saturation of the production line, the appropriate management of employee time, and its optimum exploitation. This translates directly into increased productivity and reduces unit costs, on the basis of the so-called economies of scale.

2. Formulation of the problem

For the purpose of considered issue, the actual production system has been limited to a section located at the assembly department (*Fig. 1*).

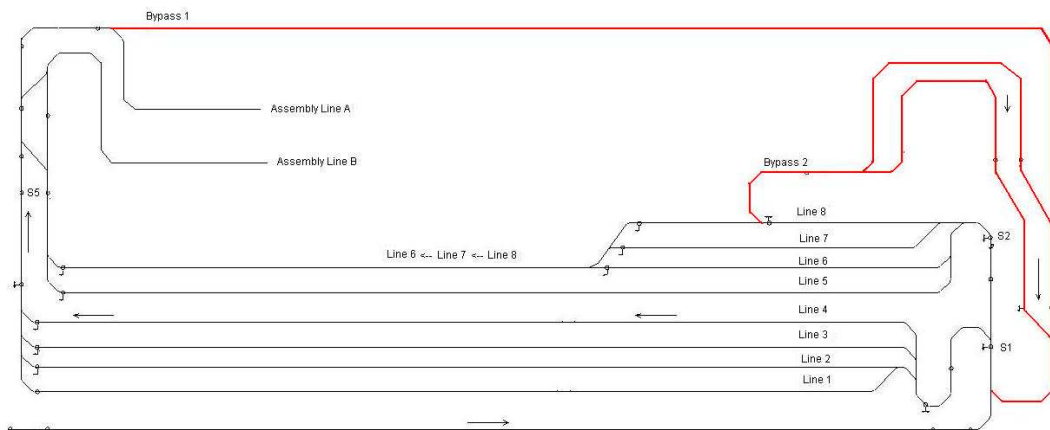


Fig. 1. Simplified diagram of a conveyor lines on an assembly department

Considered system consists of two assembly lines (A and B) unsynchronized with constant flow, into which production orders are distributed from a single buffer. Lines consist of several groups of assembly stations, on which various assembly and control operations are performed.

Three different car models are assembled in the plant, each with a large number of versions. For the purpose of scheduling problem, based on current research on the nature of production and the quantities and types of vehicles, produced versions were divided depending on the workload and labor factor into the classes from 1 to 7, where 7 indicates the most work- and time-consuming process of assembling the vehicle

Transportation is realized through a chain-driven conveyor. During the passage along the lines of the assembly department, the car body is equipped with parts specific to the task identification number, until the complete vehicle descends of the the line for a final inspection and transfer into the finished goods warehouse.

The conveyor moves at a constant speed through the whole line, setting a steady rhythm of production. An additional element, which allows greater freedom in determining the sequence of orders on the line, is so-called “bypass” - the part of conveyor line, into which the body may be sent to, in the case it can not be completed for various reasons. In the system there are

two such places, first identified as a bypass 1 (long bypass) (*Fig. 2*), located on the exit of the buffer, but before entering the assembly lines.

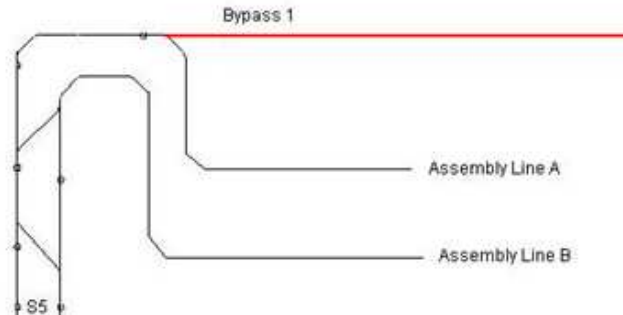


Fig. 2. Bypass 1

Bypass 2, which begins with a thread 8 in buffer (short bypass) (*Fig. 3*), a shorter route sends the body back to the beginning of the buffer.

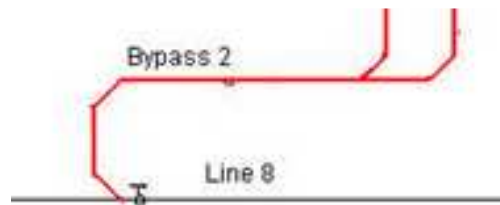


Fig. 3 Bypass 2

Buffer out of which orders are transmitted into assembly lines A and B, consists of eight threads, limited by a certain capacity. In this case, only a buffer and a section of the conveyor just before and after it are locations where it is possible to establish a sequence of admitting orders on line, and so to perform proper scheduling of production orders. Sequencing in the previous department – body shop, is not effective, since the car bodies are mixed in the next department – paint shop, because of the colors to be imposed on them. When after part availability check the information about shortage of some components required for the assembly process of particular car body is given, the car body should be directed to bypass, and therefore again to the input of buffer.

The capacities of buffer lines have been shown in Table 1. Each car body coming into the buffer has a specific identification code (ID). Orders selected for admission to assembly are released from the ends of various threads and get to the station S5. There, the decision is taken, on which of the assembly lines (A or B) should the vehicle be assembled. The choice of one of six orders that currently are on the exits of the lines is given.

2.1 Purpose

A sequence of tasks should be established to:

- Minimize completion time of a specific set of tasks (for the need of experiment a cut of production plan will be adopted),

- Provide adequate saturation of the line, the appropriate utilization of human resources,
- Accomplish production orders on time.

Tab. 1 Storage capacity of the buffer lines

Line number	Capacity [pc.]
1	24
2	24
3	25
4	25
5	25
6	23
7	8
8	7

3. Possible solutions

Field of possible solutions has been adopted as a three sets of scheduling rules: R_1 , R_2 , R_3 . Before admitting any car body to assembly, availability check of all required parts will be performed. When a deficiency is detected, car body will be sent to bypass.

3.1 Rule R_1

The orders brought to the buffer according to the R_1 rule are assigned to the appropriate line according to a predetermined position depending on a class of labor factor, obtained after reading the identification code. Each of the seven classes is assigned to a single thread, the line 8 is reserved in case of filling the remaining threads, for special orders and also as a entry to bypass 2 (Fig. 4). Admitting next car body to assembly is performed by another set of rules, which consider actual state of assembly line and demand for specific vehicles according to daily production plan.

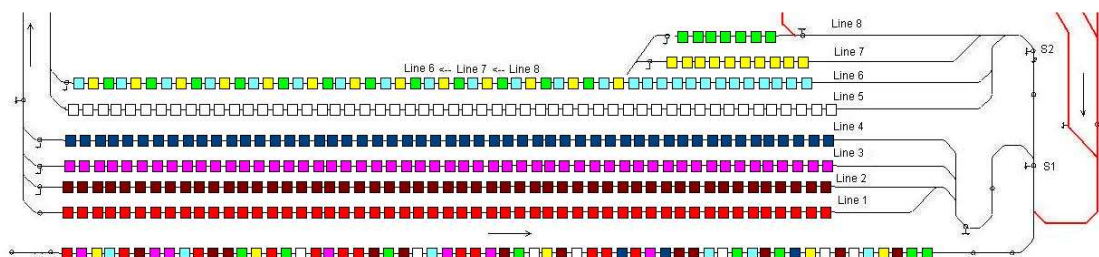


Fig. 4. Car bodies arranged according to R_2

3.2 Rule R_2

The orders brought to the buffer are allocated to the appropriate line in such a way, that the result is a sequence of car bodies, which in turn one after the other may be admitted into the assembly lines. In this solution, appropriate sequencing of orders is transferred from the

output of the buffer, to its entrance. The lines are filled simultaneously, taking into account the previous body, which has been placed on them (Fig. 5). It will be impossible to introduce into the line two class 7 bodies one after another, as it would affect the production effectiveness. If there isn't any other option available to assign the body to a different line, such a body would be directed to the line 8 and further to the bypass.

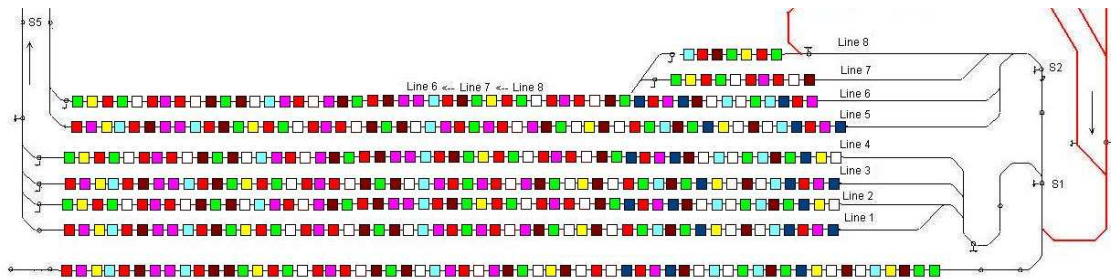


Fig. 5. Car bodies arranged according to R_2

3.3 Rule R_3

In the case of R_3 rule orders will be assigned randomly to the line, which at the moment has the smallest number of car bodies (in case of an equal number of orders in each line- the first randomly selected). Admitting next car body to assembly will be performed by another set of rules, which consider actual state of assembly line and demand for specific vehicles according to daily production plan.

4. Accepting orders for assembly

To be able to accept a particular order for assembly, using a calculation algorithm, simulation will be performed for each of the six bodies, possible to be introduced. Based on the analysis of the results the decision of acceptance or refusal of the order is made. This algorithm takes into account factors relevant to the proper functioning of the line after the order is admitted for assembly, and also considers which order will appear as a consequent. If one of the bodies at the buffer output can be accepted for assembly, bodies located in the following places will be analyzed. There is a possibility to send the first body from the line to the bypass, and hence there is a possibility to consider admitting the second in line to the assembly.

Each order admitted for assembly must satisfy certain conditions:

- There is a difference in classes between two consecutive orders not smaller than 3, in the case of admitting orders with classes of six or seven.
- There is a difference in classes between two consecutive orders not smaller than 1 (and it has to be lower), in the case of admitting orders with classes of four or five.
- The introduction of the car body does not lead to excessive crossing of the local labor factor, while it is not possible to introduce another order to compensate transgression of the parameters.
- It is not rejected due to the higher priority value of another order.
- On the line there has been no unplanned downtime, preventing completion of the order.

5. Summary

Appropriate sequencing of production orders in the case of mass multiversion and multiassortment production is a key factor, since it has a significant impact on efficiency throughout the enterprise. Identifying and applying a set of rules provides more efficient planning of the sequence of orders, and hence better utilization of resources remaining at the disposal of the company. Through the use of computational algorithms, and automatic analysis of the resulting sequence, rates of production can be checked in a real time, and so improvements can be proposed and implemented. The issue in later stage can be developed due to many factors, such as the form of the buffer, or balancing of the assembly line.

Bibliography

1. Krenczyk D., Kalinowski K., Skołod B.: Transition scheduling for multiassortment repetitive production (in polish). *Zeszyty Naukowe. Automatyka*, Z. 144, Gliwice 2006
2. Błażewicz J., Drabowski M., Węglarz J., Scheduling multiprocessor tasks to minimize schedule length, *IEEE Transactions on Computers*, 1996
3. Boctor F.F.: A new and efficient heuristic for scheduling projects with resources restrictions and multiple execution models, Université Laval, Québec, Canada, 1999
4. Ishii H., Martel Ch.: A generalized uniform processor system, *Operations Research*, Vol. 33 No. 2, 1985
5. Janiak A.: Single machine scheduling problem with a common deadline and resource dependent release dates, *European Journal of Operational Research*, Vol. 53, Issue 3, August 1991
6. Buchalski Z.: Optimization of programs scheduling and primary memory allocation in multiprocessing computer systems, *Information Systems Architecture and Technology ISAT '98*, Proceedings of the 20th international scientific school, Szklarska Poręba, 15-17 października 1998, Wrocław, 1998
7. Srikanth K., Saxena B.: Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem, *Computers & Operations Research*, Vol. 31, Issue 4, April 2004
8. Bachman A., Janiak A.: Minimizing the makespan for the single machine scheduling problem with start time and resource dependent job processing times (in polish). *Zeszyty Naukowe. Automatyka*, z. 129, Gliwice, 2000
9. Skołod B., Krenczyk D., Kalinowski K., Kampa A., Gołda G., Dobrzańska-Danikiewicz A. : The systems aiding decisions in production planning and control. *COMMENT'2005*, Gliwice-Wiśła [Ref.4.648 s.1-4]
10. Buchalski Z.: Task scheduling in multimachines systems with execution time depends on the number of resources,(in polish) *Zeszyty Naukowe. Automatyka*, Z. 129, Gliwice 2000
11. Janiak A., Kovalyov M.: Single machine scheduling subject to deadlines and resources dependent processing times, *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, 1996
12. Kalinowski K.: The concept of scheduling subsystem in an integrated management production system orders for SMEs, (in polish). *Przegląd Mechaniczny*. PM-90/06.
13. Józefowska J.: Solving discrete-continuous project scheduling problem via a continuous resource discretization (in polish), *Zeszyty Naukowe. Automatyka*, Z. 129, Gliwice 2000
14. Nowicki E., Smutnicki Cz.: The flow shop with parallel machines. A tabu search approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 106, Issues 2-3, April 1998
15. Skołod B., Krenczyk D., Kalinowski K., Grabowik C.: Wymiana danych w systemach sterowania przepływem produkcji SWZ I KBRS. *Automatyzacja procesów dyskretnych. Teoria i zastosowania*. Tom II, Gliwice 2010, str. 207-214

WYKAZ AUTORÓW

B

BAIER Andrzej, 85, 181, 239, 249
BANAŚ Wacław, 15, 23
BARBACHOWSKI Edward, 29, 197
BOBA Krzysztof, 35
BOGUCKI Rafał, 41
BUCHACZ Andrzej, 47

C

CHELARIU Romeu, 273
CHRUKIN Jarosław, 53
CIELNIAK Mateusz, 59
CIOFU Ciprian, 65, 261, 273
CZABANOWSKI Robert, 73
CZMOCHOWSKI Jerzy, 329

Ć

ĆWIKŁA Grzegorz, 79

D

DIENST Amadeusz, 85
DUCHACZEK Artur, 91
DUDZIŃSKI Piotr, 97
DYMAREK Andrzej, 293
DZITKOWSKI Tomasz, 293

G

GRABOWIK Cezary, 101, 177
GWIAZDA Aleksander, 41, 107, 113, 119, 255

H

HERBUŚ Krzysztof, 125, 129, 293
HETMAŃCZYK Mariusz, 339
HUSS Weronika, 133

J

JAMROZIAK Krzysztof, 139, 145
JANIK Witold, 151, 159
JEZIERSKI Piotr, 165, 171

K

KACZMARCZYK Paweł, 311, 317
KALINOWSKI Krzysztof, 101, 177
KAŁWAK Beata, 181
KAMIŃSKI Tomasz, 187
KASZA Piotr, 363
KLARECKI Klaudiusz, 29, 191, 197
KOSIARA Andrzej, 207
KOSOBUDZKI Mariusz, 203
KOST Gabriel, 15, 23, 213, 217
KRENCZYK Damian, 223, 229
KRZYSTAŁA Edyta, 235

L

LEPSZY Artur, 171

M

MAJZNER Michał, 239
MAKOWSKI Radosław, 245
MAŃKO Zbigniew, 91
MAREK Magdalena, 249
MATUSIK Tomasz, 113, 255
MEŻYK Arkadiusz, 235
MICHALSKI Piotr, 35, 187
MÍNDRU Teodor Daniel, 261
MOCZULSKI Wojciech, 53, 357, 363
MONICA Zbigniew, 267

N

NAGÓRNY Adrian, 171
NEDELUCU Dumitru, 65, 261, 273
NIERYCHLOK Andrzej, 15, 23, 213, 217
NOWORYTA Krzysztof, 171

O

OCHMAN Grzegorz, 281
OCIEPKA Piotr, 129, 287, 293

P

PAKURA Andrzej, 299
PAWLICZEK Piotr, 245
PINTILIE Uvel, 65
PŁACZEK Marek, 47
PRZYSTAŁKA Piotr, 53, 357
PYPNO Czesław, 305

R

RECLIK Daniel, 311, 317
RZAŚIŃSKI Rafał, 323

S

SASKA Piotr, 329
SKARKA Wojciech, 363
SKURJAT Aleksander, 97
SZAFRANIEC Marek, 107
SZCZYGIEŁ Marcin, 333
SZNURA Marek, 357

Ś

ŚWIDER Jerzy, 339, 345
ŚWIĘTEK Łukasz, 351

T

TARGOSZ Mirosław, 363

W

WIĘCKOWSKI Ireneusz, 351
WOSIK Iwona, 369
WÓJCIK Rafał, 245
WRÓBEL Andrzej, 375
WYLEŻOŁ Marek, 363

Z

ZBILSKI Adrian, 119, 345
ZEMCZAK Marcin, 379

Ż

ŻÓŁKIEWSKI Sławomir, 171

Nakł. 200 egz.

Papier offset. 80g

Oddano do druku 01.10.2011 r.

Wydrukowano w drukarni Epigraf s.c. Jan Kalnik, Teresa Kalnik

ul. Bernardyńska 19, 44-100 Gliwice
