

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kowalski, dr inż. Ryszard Arendt

Dr inż. Stefan Zieliński, mgr Maria Meler-Kapcia

Politechnika Gdańska

WYBRANE PROBLEMY TWORZENIA SYSTEMU Z BAZĄ WIEDZY DLA WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA UKŁADÓW AUTOMATYKI OKRĘTOWEJ

W referacie przedstawiono wyniki prac realizowanych w ramach projektu badawczego Komitetu Badań Naukowych, których celem było opracowanie systemu z bazą wiedzy dla wspomagania projektowania układów automatyki. W ramach projektu określono specyfikę projektowania układów automatyki okrętowej oraz zakresy czynności projektantów w poszczególnych etapach procesu projektowania. W tworzonym systemie wykorzystano szkieletowy system ekspertowy Exsys Developer firmy Multilogic. Przeprowadzono akwizycję wiedzy w obszarze zagadnień projektowych i zbudowano regułową bazę dla wspomagania wybranych funkcji projektowania. System ekspertowy współpracuje z bazą danych o obiektach i układach automatyki na statkach zbudowanych i informacjach katalogowych dotyczących elementów automatyki. Baza danych utworzona została w oparciu o oprogramowanie Access 7. Opracowano także podsystem badań symulacyjnych z zastosowaniem oprogramowania Matlab-Simulink, który zawiera bibliotekę modeli wybranych obiektów i układów automatyki i współpracuje z bazą wiedzy. Uzyskane wyniki wskazują na ich dużą praktyczną przydatność i potrzebę rozwijania podjętej tematyki badawczej.

SOME PROBLEMS OF CREATION OF A SYSTEM WITH KNOWLEDGE BASE FOR SHIP AUTOMATION AIDED DESIGN

In the paper results of works achieved in the frame of scientific research project of Polish State Committee are presented. The aim of the researches was the creation of the system with knowledge base for ship automation aided design. A specific of a designing process of a ship automation and ranges of designer operations in subsequent stages of the designing process were determined. In the created system the shell expert system Exsys Developer from Multilogic Inc. was used. A knowledge acquisition in design problems domain was carried out and rule base for chosen design functions was created. The expert system co-operates with database containing data of objects and control units of build ships and catalogue data of control elements. The database was developed using MS Access 7 software. A subsystem of simulation investigations with chosen object models and control unit models using Matlab-Simulink program, co-operating with knowledge base was created. Results achieved show their great practical utility and necessity of their development.

1. WPROWADZENIE

Proces projektowania układów automatyki statków, z uwagi na znaczny rozwój automatyzacji statków, stawia przed projektantami tych układów coraz większe wymagania natury technicznej, konieczność intensywnego uzupełniania wiedzy, a także częstego korzystania z opinii specjalistów różnych dziedzin. W biurach projektowo – konstrukcyjnych projektanci prowadzący określone odcinki projektu statku, stają się coraz bardziej organizatorami procesu projektowania, operującymi dużymi zasobami informacji. Proces projektowania i budowy statków jest ściśle związany z obiegiem i wykorzystaniem tych informacji. Wzmoczona konkurencja, spadek cen statków oraz drogie kredyty zmuszają stocznie do znacznego skracania cyklu produkcyjnego statków. Jednym z elementów tego cyklu jest projektowanie statków. Zdecydowanie największy wpływ na efektywność budowy statków ma praca projektantów, szczególnie we wczesnych etapach projektowania, gdzie określana jest zawartość kontraktu, zakres i funkcje statków, wyposażenie oraz ich ceny i typowani dostawcy wyposażenia.

Projektowanie statków rozpoczyna się od określenia: rodzaju i wielkości ładunków, głównych parametrów statków, kształtu kadłubów ich stateczności i wytrzymałości, parametrów napędów głównych, doboru urządzeń i wyposażenia w tym elektrycznego i układów automatyki. Dokumentacja wyposażenia elektrycznego i automatyki statków jest wykonywana w końcowej fazie całego procesu projektowania, po doborze wszystkich elementów, obiektów, wyposażenia i określenia konfiguracji projektowanych systemów statków. Stawia to szczególnie w trudnej sytuacji projektantów jeżeli uwzględnić, że dokumentacja projektu technicznego całego statku musi być opracowana w ściśle określonym terminie oraz, że decyzje projektowe automatyków i elektryków oddziałują na projektowane systemy statków.

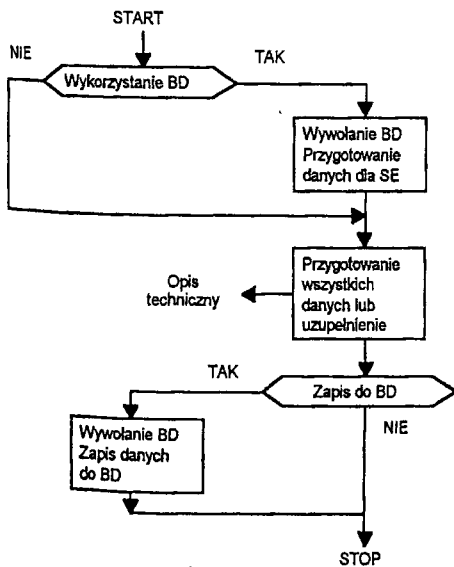
Proces projektowania statków jest dzielony na standardowe etapy (projekty: ofertowy, kontraktowy i techniczny) z określonymi przez towarzystwa klasyfikacyjne, armatorów, dostawców wyposażenia i wydziały produkcyjne stoczni, zakresami opracowanej dokumentacji dla poszczególnych etapów. Warunkiem poprawnego projektowania automatyki statku jest przestrzeganie procedury projektowania w zakresie sukcesywnego zasilania projektanta w niezbędne informacje wejściowe uzyskiwane z następujących podstawowych źródeł: armator i generalny projektant, pracownie projektowe w tym elektryczna i automatyki, dostawcy wyposażenia automatyki, towarzystwa klasyfikacyjne, instytucje normalizacyjne (krajowe i zagraniczne), administracje (akwenów krajów armatora). Dane napływają w miarę zawansowania projektu w poszczególnych pracowniach i kontraktów z dostawcami wyposażenia. Zastosowanie systemu z bazą wiedzy do projektowania układów automatyki statków poprzez wykorzystanie reguł wiedzy i udostępnienie zbioru informacji zawartego w bazie danych o zbudowanych statkach, stosowanych systemach, układach i elementach automatyki, wspomaga proces projektowania [1,2].

W referacie przedstawiono zadania zrealizowane w systemie z baza wiedzy dotyczące utworzenia opisu technicznego, kalkulacji kosztów automatyki, określania podobieństwa statków z wykorzystaniem metody logiki rozmytej, wykorzystania informacji z bazy danych i zastosowania badań symulacyjnych w projektowaniu.

2. SYSTEM EKSPERTOWY

Zrealizowano system ekspertowy (SE) dla wspomagania projektowania układów automatyki statków z zastosowaniem skorupowego system Exsys Developer (poprzednio ReSolver). Pierwszym prototypowym zadaniem dla tego systemu było utworzenie opisu technicznego automatyki statku co wymagało opracowania standardowej postaci tego opisu oraz określenia zależności pomiędzy pewnymi fragmentami opisu a informacjami wejściowymi [3]. Informacje wejściowe i wyjściowe oraz wzajemne ich powiązania stanowiły podstawę do opracowania bazy wiedzy. Przy realizacji tego zadania wystąpiła potrzeba współpracy systemu eksperckiego z bazą danych (BD) zawierającą informacje o statkach zbudowanych oraz o systemach, urządzeniach i elementach automatyki.

Kompletny zestaw danych wejściowych, określających opis techniczny przekazywany jest do bazy danych, w celu zapisania do tablicy statków zbudowanych. W przyszłości, przy tworzeniu opisu technicznego w oparciu o statek podobny, zestaw ten może być przekazany z bazy danych do systemu ekspertowego. Wymianę tych informacji zrealizowano za pośrednictwem plików tekstowych. System ekspercki Exsys Developer posiada bowiem możliwość zapisania w dowolnym pliku tekstowym wszystkich danych wejściowych, niezależnie czy zostały one wprowadzone przez użytkownika, czy odczytane z pliku, zapisanego przez bazę danych. Posiada on także zdolność wywołania dowolnego programu zewnętrznego. Cały realizowany przez system ekspertowy, proces przygotowania opisu technicznego, przedstawić można w postaci schematu blokowego (rys.1).



Rys. 1. Schemat działania SE w zakresie opisu technicznego

W dalszych etapach prac baza wiedzy dla opisu technicznego została rozszerzona o następujące zadania - generowanie warunków technicznych załączanych do zapytań ofertowych oraz szacowanie kosztów automatyki w ramach projektu ofertowego. Istotnym zastosowaniem systemu ekspertowego jest także wyszukiwanie statków podobnych w oparciu o metodę wnioskowania na podstawie przypadków (ang. Case-Based Reasoning) [4,5,6]. Podstawowym problemem w zastosowaniach tej metody jest zdefiniowanie sposobu określania podobieństwa przypadku rozwiązywanego i poszczególnych przypadków zrealizowanych. Ogólnie metoda taka bazuje na wartościach pewnych cech przypadków. Cechy te mogą mieć różnorodny charakter: liczbowy, binarny, tekstowy, obiektowy i inny. Metoda określania podobieństwa winna uwzględniać jak najwięcej cech oraz ich różnorodność i w wyniku dawać jednoznaczną miarę podobieństwa.

W zadaniu wspomaganie projektowania automatyki siłowni statku podobieństwo odnosi się nie do zrealizowanych projektów automatyki ale do cech charakteryzujących siłownie statków zbudowanych i statku, dla którego projektowana jest automatyka. Zakłada się bowiem, że rozwiązania dotyczące automatyki są uwarunkowane pewnymi, wytypowanymi cechami siłowni statku. Ze względu na dużą liczbę uwzględnianych cech określanie podobieństwa statków zrealizowano w podziale na:

- podobieństwo ogólne statków,
- podobieństwo napędu głównego,
- podobieństwo elektrowni statku,
- podobieństwo instalacji siłownianych,
- podobieństwo sumaryczne.

W opracowanym algorytmie obliczania miary podobieństwa zastosowano trzy metody:

- sprawdzanie identyczności parametrów tekstowych oraz liczbowych całkowitych o małej liczbie wartości,
- wykorzystanie funkcji symetrycznego podobieństwa z dolną granicą dla parametrów liczbowych całkowitych o nieco większej liczbie wartości,
- wykorzystanie logiki rozmytej do parametrów liczbowych o dużych zakresach wartości i nieporównywalnych skalach oraz do wyników cząstkowych uzyskanych dwoma poprzednimi sposobami [7].

Ze względu na łatwość realizacji obliczenia według dwóch pierwszych metod wykonywane są w bazie danych Access, a obliczenia oparte na logice rozmytej wykonywane są w systemie ekspertowym Exsys Developer. Zarówno w obliczeniach podobieństw cząstkowych, jak również w obliczeniach podobieństwa sumarycznego wprowadzono współczynniki wagowe, umożliwiające różnicowanie ważności poszczególnych parametrów oraz wyników podobieństw cząstkowych. W tabeli 1 zamieszczono parametry uwzględniane w obliczeniach podobieństwa statków w odniesieniu do napędu głównego oraz podano sposoby ich wykorzystania.

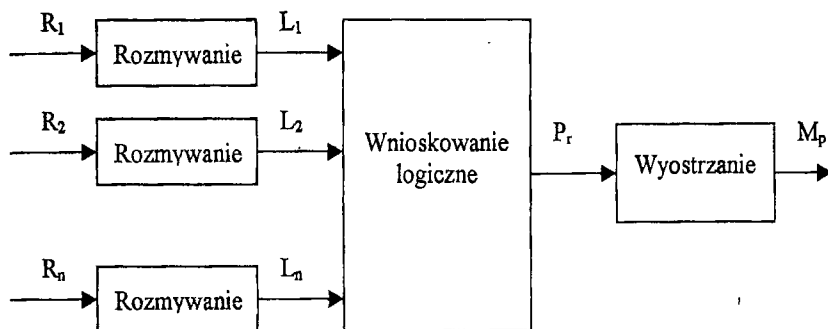
Jak widać z tabeli 1 w systemie ekspertowym Exsys Developer realizowane są obliczenia dotyczące tylko parametrów o wartościach typu numerycznego. Do parametrów tych zaliczono także podobieństwa cząstkowe w poszczególnych grupach podziału obliczane w bazie danych. Metodę logiki rozmytej zastosowano do różnic pomiędzy wartościami wyszczególnionych parametrów.

Tabela 1.

Przykładowe parametry wykorzystywane w określaniu podobieństwa

Parametr	Typ wartości	Metoda obliczeń	Miejsce obliczeń
Liczba silników głównych (SG)	Numeryczny	Symetryczne podobieństwo	Baza danych
Typ SG	Tekstowy	Test identyczności	Baza danych
Moc SG [KM]	Numeryczny	Logika rozmyta	Exsys
Prędkość obrotowa SG [1/min]	"-"	"-"	"-"
Liczba śrub	Numeryczny	Test identyczności	Baza danych
Rodzaj śrub	Tekstowy	"-"	"-"
Liczba przekładni	Numeryczny	"-"	"-"
Podobieństwo NG cząstkowe	"-"	Logika rozmyta	Exsys

Metoda zbiorów rozmytych pozwala przejść od wartości liczbowych do wartości lingwistycznych (wyrażeń języka naturalnego), za pomocą których w łatwy sposób można realizować wnioskowanie logiczne. Przejście takie uniezależnia od znaczenia i skali wartości liczbowych rozważanych parametrów. Ogólny schemat realizacji omawianej metody określania podobieństwa przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schematyczna prezentacja metody zbiorów rozmytych

Na rysunku tym wprowadzono następujące oznaczenia:

R_1, R_2, \dots, R_n - różnice wartości liczbowych rozważanych parametrów;

L_1, L_2, \dots, L_n - zbiory określeń lingwistycznych związane z przyjętymi zbiorami rozmytymi określonymi odpowiednio na wartościach R_1, R_2, \dots, R_n ;

P_r - podobieństwo rozmyte,

M_p - liczbowa miara podobieństwa.

Jak widać z rysunku 2 wartość wynikowa liczbowej miary podobieństwa M_p zależy od:

- przyjętych funkcji przynależności, za pomocą których realizowane jest rozmywanie wartości wejściowych,
- definicji reguł, według których odbywa się wnioskowanie,
- sposobu realizacji wyostżania.

3. BAZA DANYCH

Baza danych przeznaczona do wspomagania projektowania automatyki statku obejmuje zarówno informacje o automatyzowanych obiektach statku, jak i informacje o elementach i urządzeniach, które służą do automatyzacji tych obiektów. Do obiektów statku zalicza się m.in.: silnik główny, śrubę napędową, zespoły prądowców, prądnicę wałową, wirówki, sprężarki itd. Dobór elementów automatyki do obiektów dokonywany jest w obrębie systemów okrętowych, takich jak np.: system paliwa, system elektroenergetyczny, system sprężonego powietrza, system zęzowy, system balastowy

Zaprojektowany system bazy danych jest aplikacją wspomagającą w znacznym stopniu proces projektowania automatyki siłowni statku na etapie projektu ofertowego, kontraktowego i projektu technicznego. Aplikacja stworzona została przy zastosowaniu systemu zarządzania bazą danych ACCESS 7.0. i przewidziana jest do współpracy z systemem ekspertowym Exsys; w ograniczonym zakresie może również stanowić niezależne narzędzie projektanta-automatyka.

W utworzonej bazie danych przechowywane są informacje o zróżnicowanym przekroju tematycznym, takie jak:

- informacje ogólne o statkach zbudowanych: wyporność statku, typ i producent silnika głównego towarzystwo klasyfikacyjne, klasa automatyki, itp.
- dane katalogowe elementów i układów automatyki wraz z ich dostawcami,
- informacje dotyczące automatyki na statkach zbudowanych w zakresie: napędu głównego, elektrowni oraz poszczególnych systemów jak np. paliwa, zęzowego, sprężonego powietrza,
- opisy techniczne statków zbudowanych,
- wykaz automatyzowanych obiektów statku,
- zestawienia aparatury kontrolno-pomiarowej na statkach zbudowanych,
- wykaz punktów kontrolno-pomiarowych dotyczących dostawców silników głównych.

Przyjęty, w opracowanym systemie, tryb projektowania automatyki może być dwojaki:

- samodzielny, wspomagany korzystaniem z informacji katalogowych elementów i układów
- przy wykorzystaniu informacji o statkach zbudowanych

W drugim przypadku sposób projektowania może być:

- automatyczny – na podstawie statku podobnego tj. najbardziej zbliżonego do projektowanego
- półautomatyczny – w oparciu o cząstkowe rozwiązania pochodzące z różnych statków zbudowanych

Przyjęty tryb wspomagania projektowania obowiązuje zarówno na etapie projektu ofertowego, dając możliwość tworzenia opisów technicznych na podstawie opisów statków podobnych, jak i na etapie projektu technicznego przy doborze elementów automatyki, korzystając z rozwiązań na statkach zbudowanych. Dokonuje się to za pośrednictwem systemów lub obiektów automatyki pochodzących z różnych statków. Przeprowadzona analiza kilku zbudowanych jednostek wykazała konieczność dokonania konwersji struktury zgromadzonych informacji do struktury przyjętej w bazie danych. W przypadku braku odpowiednich rozwiązań na statkach zbudowanych udostępniany jest tryb „projektowania samodzielnego”.

W każdym z powyższych wariantów dopuszczalne jest dokonywanie własnych modyfikacji przez projektanta, co zapewnia elastyczność systemu. Przewidziana została ponadto możliwość realizacji wielu projektów niezakończonych, przeznaczonych do dalszej kontynuacji.

W systemie bazy danych przewidziano także możliwość współpracy z:

- systemem eksperckim Exsys w zakresie tworzenia opisu technicznego projektu, ustalania podobieństwa statków, doboru elementów automatyki, kalkulacji kosztów,
- bazą przepisów towarzystw klasyfikacyjnych w postaci przeglądarki HTML,
- edytorem graficznym do wspomagania tworzenia schematów blokowo-funkcyjnych automatyki siłowni wyposażonym w biblioteki makr poszczególnych obiektów oraz przykładowe rozwiązania schematów na statkach zbudowanych.

Opracowany system bazy danych realizuje następujące funkcje:

- tworzenie opisu technicznego automatyki siłowni na podstawie opisów statków zbudowanych,
- szukanie statków podobnych,
- dobór aparatury kontrolno-pomiarowej wraz z możliwością dostępu do schematów systemów pochodzących ze statków zbudowanych,
- dostarczanie informacji tekstowych i graficznych o automatyce statków zbudowanych oraz o układach i elementach automatyki z katalogów,

- tworzenie zestawień wynikowych w formie raportów najważniejszych dokumentów sporządzanych w procesie projektowania automatyki m.in. zestawienia aparatury kontrolno-pomiarowej z dobranymi elementami automatyki, zestawienia czujników wraz z ich parametrami, listy wejść/wyjść binarnych i analogowych dla poszczególnych punktów kontrolno-pomiarowych oraz listy dostawców układów i elementów automatyki.

4. ZASTOSOWANIE BADAŃ SYMULACYJNYCH

Opracowana aktualnie aplikacja w systemie ekspertowym Exsys Developer wspomaga proces projektowania układów automatyki podsystemów energetycznych staików i spełnia dwa zasadnicze zadania:

- umożliwia zestawianie danych opisujących strukturę i elementy projektowanego podsystemu oraz ocenę poprawności formalnej i merytorycznej wykonanego projektu,
- zestawia M-plik programu Simulink oraz umożliwia prowadzenie sesji badań symulacyjnych, w celu oceny statycznych i dynamicznych parametrów zaprojektowanego podsystemu.

Przy wprowadzaniu danych przez projektanta podsystemu podaje się kolejno:

- liczbę poszczególnych typów głównych elementów składowych podsystemu;
- nazwy własne stosowanych elementów;
- kolejne powiązania elementów przetwarzających energię począwszy od elementu początkowego do napotkania elementu końcowego.

Zbrane dane zestawiane są w ramie i wyświetlane w trakcie sesji na ekranie w celu ich akceptacji przez projektanta.

Zaprojektowany podsystem oceniany jest pod względem formalnym i merytorycznym. Do oceny poprawności projektu wykorzystano wiedzę zestawioną w postaci reguł. W regułach wiedzy oceniających poprawność zastosowanych elementów i przyjętej struktury projektowanych podsystemów energetycznych przyjęto założenia takie jak:

- niedopuszczalne jest bezpośrednie powiązanie ze sobą dwóch silników;
- między silnikiem, a śrubą okrętową powinien występować element pośredni – wał śrubowy;
- jeżeli silniki pracują równolegle poprzez przekładnię sumującą momenty obrotowe, to między silnikiem a przekładnią powinno występować sprzęgło;
- moment obrotowy jednego silnika nie powinien być przekazywany za pośrednictwem wału śrubowego do drugiego silnika;
- pomiędzy sprzęgłem, a śrubą powinien wystąpić element pośredniczący – wał śrubowy.

Przykładem realizacji ostatniego wymagania jest następująca reguła:

RULE NUMBER: 94

IF:

[POWSPRZ2]="SRUBASTAL1" OR [POWSPRZ2]="SRUBASTAL2" OR
[POWSPRZ2]="SRUBASTAL3" OR [POWSPRZ2]="SRUBASTAL4"

THEN:

Niewłaściwa struktura podsystemu - wyjście sprzęgła połączone bez
pośrednictwa wału ze śrubą - Confidence=5/10

Reguły oceniające poprawność zestawianych danych sygnalizują osiągnięcie założonego celu, przy przyjętej pewności stwierdzenia (0/10 do 10/10). W zależności od wskazanego przez reguły

celu i stopnia jego pewności reguły warunkują dalszą pracę programu. Możliwe są następujące przypadki:

- zestawione dane są niekompletne, źle zestawione, bądź zaprojektowany podsystem ma niedopuszczalną strukturę;
- zestawione dane wskazują na nietypową strukturę projektowanego podsystemu energetycznego;
- wprowadzone dane są poprawne i kompletne.

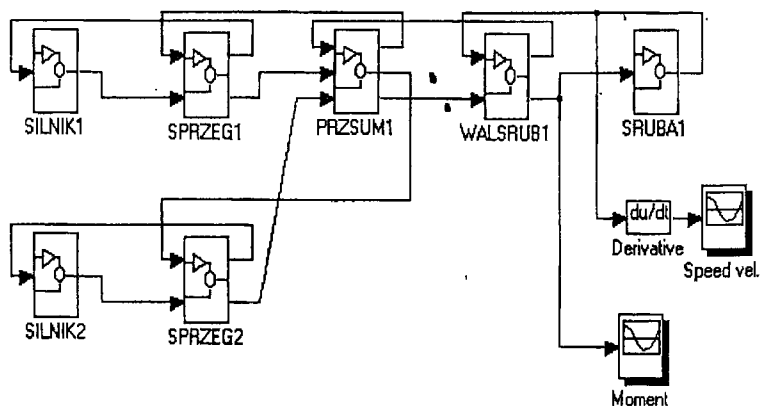
W pierwszym przypadku projektant może zakończyć pracę programu lub rozpocząć od nowa zestawianie danych opisujących projektowany podsystem energetyczny. W drugim przypadku projektant może rozpocząć od nowa zestawianie danych opisujących projektowany podsystem, bądź przejść do sesji symulacyjnej. W trzecim przypadku program bez ingerencji operatora przechodzi do sesji symulacyjnej.

Zestawione w ramie dane opisujące elementy i strukturę projektowanego podsystemu stanowią podstawę opisu modelu symulacyjnego. Proces zestawiania M-pliku z modelem symulacyjnym zaprojektowanego podsystemu w języku programu Simulink można podzielić na dwie podstawowe części:

- kolejne dołączanie M-plików z opisami modeli elementów składowych do M-pliku modelu symulacyjnego projektowanego podsystemu napędowego;
- utworzenie obrazu graficznego modelu symulacyjnego projektowanego podsystemu.

Jako przykład projektowy wybrano podsystem napędu głównego statku z zastosowaniem średnioobrotowych silników spalinowych pracujących równoległe przez sprzęgła podatne i cierne, przekładnię sumującą momenty, wał śrubowy na śrubę o skoku stałym.

Podczas sesji projektowej zestawiane są w trybie konwersacyjnym dane opisujące strukturę i elementy projektowanego podsystemu napędowego. Zestawione dane zapisywane są w ramie. Po zestawieniu danych przeglądane są reguły oceniające poprawność formalną wykonanego projektu. Reguły nie wykryły błędów, aplikacja zestawia model symulacyjny zaprojektowanego podsystemu napędowego (rys. 3) i możliwe jest prowadzenie sesji badań symulacyjnych.



Rys.3. Struktura modelu symulacyjnego zaprojektowanego podsystemu napędowego

Na rysunku 3 przyjęto następujące oznaczenia:

SILNIK1, SILNIK2 – modele wysokoprężnego silnika spalinowego,

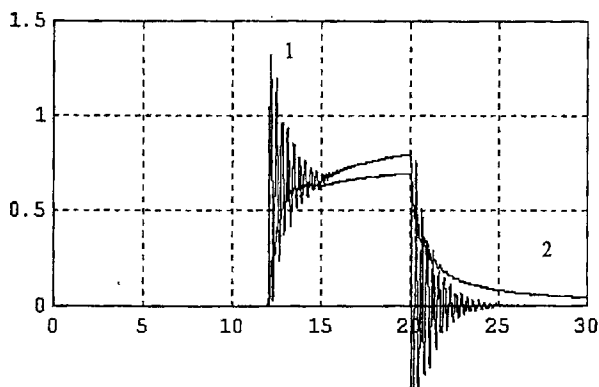
SPRZEG1, SPRZEG2 – modele sprzęgła ciernego i podatnego,

PRZSUM1 – model przekładni sumującej momenty,

WALSRUB1 – model wału śrubowego,

SRUBA1 – model śruby o skoku stałym

Przyjęto badanie symulacyjne prędkości obrotowej śruby (blok Speed vel.) i momentu obciążenia (blok Moment). W chwili 0s zostaje zadana maksymalna prędkość obrotowa silników, w chwili 12s załączone zostają sprzęgła, a w chwili 20s wyłączone zostają sprzęgła. Na rysunku 4 pokazano przebiegi prędkości obrotowej śruby i momentu obciążenia. Do symulacji przyjęto procedurę całkowania numerycznego Adams, o skoku maksymalnym 0,1, skoku minimalnym 0,001 i tolerancji 0,001. Skala czasu wyrażona została w sekundach, a skala prędkości i obciążenia wyrażona jest w jednostkach względnych; 1 – 100%



Rys. 4. Przebiegi prędkości obrotowej śruby (1) i momentu obciążenia (2).

5. UWAGI KOŃCOWE

Przeprowadzone prace związane z inteligentnym systemem do wspomagania projektowania układów automatyki statków są ukierunkowane na zastosowanie praktyczne.

Zrealizowany system z baza wiedzy dla wspomagania projektowania automatyki statków uzyskał pozytywną ocenę ekspertów – projektantów.

Opracowany system jest systemem otwartym, którego baza danych i baza wiedzy będą wzbogacane w miarę wykonywania przy jego pomocy nowych projektów automatyki siłowni statków.

System z bazą wiedzy umożliwia prowadzenie badań symulacyjnych obiektów siłowni i układów automatyki.

LITERATURA

- [1] Kowalski Z., Arendt R., Zieliński S., Koleśnikow A. W.: *Koncepcja systemu z bazą wiedzy wspomaganą projektowania układów automatyki okrętowej*; Materiały III Krajowej Konferencji Naukowej „Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe”, Wrocław, czerwiec 1997, s. 257-261.
- [2] Kowalski Z., Arendt R., Meler-Kapcia M., Zieliński S.: *An Expert System for Ship Automation Aided Design*; The Second International Scientific Symposium on Automatic Control of Ship Propulsion and Ocean Engineering Systems, PROPCON'98, Gdańsk November 1998, s. 99-107.
- [3] Kowalski Z., Arendt R., Meler-Kapcia M., Zieliński S.: *Prototypowy system ekspercki dla wspomagania projektowania układów automatyki statków*; Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, Automatyzacja - Nowości i Perspektywy AUTOMATION'99, Warszawa, marzec 1999, s. 295-301.
- [4] Watson I.: Case-Based Reasoning is a methodology not a technology. *Knowledge-Based Systems*, 12, 1999, s. 303-308.
- [5] Zbroja S.: Case-Based Reasoning w bazach danych i bazach wiedzy - wybrane aspekty formalnej reprezentacji przypadków. II Krajowa Konferencja Metody i Systemy Komputerowe w Badaniach Naukowych i Projektowaniu Inżynierskim, Kraków, październik 1999, s. 283-288.
- [6] Lee D., Lee K. H.: An approach to case-based system for conceptual ship design assistant. *Expert Systems with Applications*, 16, 1999, s. 97-104.
- [7] Yager R. R., Filev D. P.: *Podstawy modelowania i sterowania rozmytego*. WNT, Warszawa 1999.
- [8] Arendt R., Kowalski Z.: Simulations Investigations in an Expert System for Ship Automation Aided Design; Fourth International Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems, UEES'99 St. Petersburg, June 1999, s. 541-546.