

System ekspercki projektowania automatyki statków

Zbigniew Kowalski

Ryszard Arendt

Stefan Zieliński

Maria Meler-Kapcia

Przedstawiony system ekspercki wspomaganie projektowania układów automatyki statków obejmuje: bazy wiedzy dotyczące metod i procedur projektowania układów automatyki statków, bazy danych obiektów automatyzowanych, elementów i układów automatyki, wymagań towarzystw klasyfikacyjnych oraz podsystem badań symulacyjnych współpracujący z bazą wiedzy i pakietem Matlab Simulink. Do realizacji systemu wykorzystano szkieletowy system ekspercki Exsys Developer, charakteryzujący się regułową reprezentacją wiedzy, różnymi metodami wnioskowania, możliwością korzystania z logiki rozmytej i współpracy z innymi programami oraz bazami danych.

Jednym z ważnych elementów cyklu produkcyjnego statku wpływającym w sposób decydujący na koszty i jakość wyrobu jest projektowanie. Współczesne projektowanie wymaga efektywnych działań, poprzez stosowanie najnowszych technik informatycznych. Jedną z dziedzin projektowania wymagających stosowania nowoczesnych narzędzi programowych, jest projektowanie automatyki – integrującej różne systemy i obszary funkcjonalne statku. Zaprojektowanie i integracja układów automatyki statku wymaga przeanalizowania dużej ilości informacji dotyczących różnych systemów i obiektów. Operowanie tak dużą ilością nieustannie rosnących informacji, wymagających uwzględnienia wielu różnorodnych czynników, staje się procesem coraz bardziej pracochłonnym i złożonym.

Prezentowany System Ekspercki Projektowania Automatyki Statków (SEPAS) [1] stanowi inteligentne narzędzie informatyczne, zaimplementowane na komputerach klasy PC, wspomagające w znacznym stopniu proces projektowania automatyki statku w etapach projektowania ofertowego, kontraktowego i technicznego.

W ramach Projektu Badawczego Komitetu Badań Naukowych w zespole interdyscyplinarnym (projektanci, informatycy, automatycy), zastosowano metody sztucznej inteligencji w systemie z bazą wiedzy, wspomagającym projektowanie układów automatyki statków. Opracowanie i implementacja laboratoryjna eksperckiego systemu wymagała przeprowadzenia szeregu prac badawczych, a w szczególności: rozpoznania i opisanie procesu projektowania układów automatyki siłowni statków, opracowania bazy danych i baz wiedzy dotyczących tego procesu oraz zaprojektowania i uruchomienia złożonego wielofunkcyjnego systemu informatycznego [2-5]. W ramach projektu określono specyfikę projektowania układów automatyki statków, zakres czynności projektantów w poszczególnych etapach procesu projektowania (projekty: ofertowy, kontraktowy i techniczny) z określonymi przez towarzystwa klasyfikacyjne, armatorów i stocznie zakresami opracowywanej dokumentacji. Opracowano

bazę danych urządzeń, elementów i układów automatyki statków oraz wymagań towarzystw klasyfikacyjnych. Baza danych utworzona za pomocą oprogramowania MS Access, obejmuje informacje o obiektach i układach automatyki na statkach zbudowanych i informacje katalogowe dotyczące elementów automatyki. Wspomaganie projektowania układów automatyki statków jest oparte w znacznej mierze na wykorzystaniu informacji o projektach automatyki na statkach zbudowanych. W tym celu opracowano algorytm określający podobieństwo statku projektowanego do poszczególnych statków, na podstawie informacji zawartych w bazie danych. W realizacji systemu z bazą wiedzy do wspomaganie projektowania układów automatyki statków zastosowano szkieletowy system ekspercki Exsys Developer. Oprogramowanie to charakteryzuje się regułową reprezentacją wiedzy, różnymi metodami wnioskowania, możliwością wykorzystania logiki rozmytej i współpracy z bazami danych oraz innymi programami [6].

Zrealizowano także podsystem badań symulacyjnych wykorzystujący pakiet Simulink zawierający bibliotekę modeli wybranych obiektów i układów automatyki [2]. Podsystem ten współpracuje z bazą wiedzy i umożliwia szybką ocenę poprawności przyjętych rozwiązań układów sterowania i regulacji.

Funkcje i struktura systemu

Omawiany system ekspercki wspomaganie projektowania układów automatyki statków realizuje następujące funkcje:

- gromadzenie i udostępnianie informacji liczbowych, tekstowych i graficznych o statkach zaprojektowanych oraz informacji katalogowych o elementach i układach automatyki oferowanych przez różnych dostawców;
- wyszukiwanie w bazie danych statku najbardziej podobnego, z punktu widzenia automatyki, do statku projektowanego w celu wykorzystania informacji o automatyce tego statku;
- tworzenie opisu technicznego automatyki siłowni i systemów ogólnostatkowych, stanowiącego podstawowy dokument określający zakres automatyki i podstawę dalszych prac projektowych.
- wspomaganie doboru aparatury kontrolno-pomiarowej;

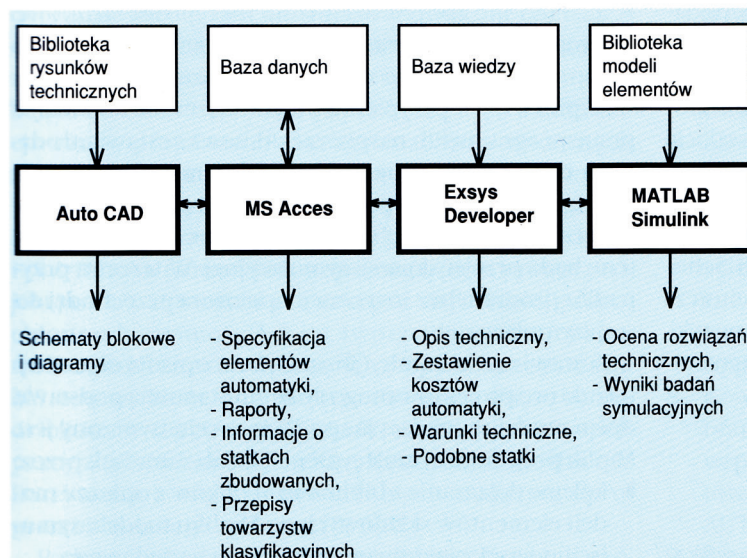
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kowalski, dr inż. Ryszard Arendt, dr inż. Stefan Zieliński i mgr Maria Meler-Kapcia są pracownikami Politechniki Gdańskiej.

- wspomaganie tworzenia schematów blokowo-funkcyjnych automatyzowanych systemów;
- wyszukiwanie w bazie danych, wymagań przepisów towarzystw klasyfikacyjnych, stosownych do rozważanego obiektu;
- tworzenie warunków technicznych i zapytań ofertowych dotyczących układu automatyki i jego elementów;
- szacowanie kosztów automatyki statku we wstępnych etapach projektowania i ich śledzenie w dalszych etapach;
- generowanie raportów i gotowych dokumentów niezbędnych w procesie projektowania, koordynacji rozwiązań, uzgodnień, zatwierdzeń oraz kooperacji;
- ocenę przyjętych rozwiązań poprzez modelowanie i symulację.

Przewiduje się, że zastosowanie systemu przyniesie znaczące efekty w postaci:

- usprawnienia i usystematyzowania procesu projektowania automatyki statku;
- uściślenia procesu szacowania kosztów automatyki na potrzeby ofertowe i kontraktowe statku;
- skrócenia cyklu i obniżenia kosztów projektowania automatyki;
- usprawnienia i przyspieszenia uzgodnień kooperacyjnych;
- obniżenia kosztów automatyki przez wspomaganie wyboru odpowiednich dostawców;
- podniesienia jakości rozwiązań projektowych przez ich porównanie i weryfikację z rozwiązaniami na wcześniej zbudowanych statkach;
- poprawy jakości dokumentacji, eliminacji wielu błędów przez automatyczne przetwarzanie informacji na użytek różnych odbiorców.

Jak już wspomniano, w realizacji systemu wykorzystano różne narzędzia softwarowe. Powiązania między tymi narzędziami oraz główne funkcje systemu zaprezentowano schematycznie na rysunku 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat strukturalny systemu wspomagania projektowania automatyki statku

Charakterystyka przykładowych funkcji systemu

Wyszukiwanie statku najbardziej podobnego do statku projektowanego

Przy realizacji wielu funkcji systemu eksperckiego wspomaganie projektowania układów automatyki statków wykorzystuje się informacje zgromadzone w bazie danych dotyczące statków zbudowanych. W tym celu opracowano algorytm, w którym wykorzystano podejście zwane wnioskowaniem na podstawie przypadków [7], gdzie jako przypadki traktuje się statki zbudowane, o których informacje zawarte są w bazie danych. Głównym problemem w tym podejściu jest wyszukiwanie statku podobnego do statku projektowanego. Odbywa się ono na podstawie wytypowanych parametrów w następujących grupach: dane ogólne, napęd główny, elektrownia oraz wybrane instalacje. Obliczenia miary podobieństwa statku projektowanego i statku z bazy danych przebiega w dwóch etapach – najpierw określone są tzw. podobieństwa cząstkowe (dla poszczególnych grup parametrów), a następnie podobieństwo wynikowe jako suma ważona podobieństw cząstkowych. W zależności od typu parametru została przyjęta jedna z poniższych metod obliczania podobieństwa.

Test identyczności jest stosowany w odniesieniu do parametrów tekstowych oraz liczbowych takich jak: typ statku, towarzystwo klasyfikacyjne, klasa automatyki, typ silnika, liczba i rodzaj śrub, liczba przekładni, typ zespołów prądotwórczych głównych, liczba i typ zespołów prądotwórczych awaryjnych, typ prądnicy wałowej. Wartości tych parametrów dla statku budowanego są porównywane z wartościami odpowiednich parametrów statków zbudowanych. Jeśli wartości te są identyczne w odpowiedniej tabeli wpisywane jest 1, jeśli różne – 0.

Symetryczne podobieństwo z dolną granicą jest stosowane w odniesieniu do parametrów liczbowych o większych zakresach wartości takich jak: liczba silników głównych, liczba zespołów prądotwórczych głównych oraz parametrów wybranych instalacji. W metodzie tej podobieństwo do wybranego parametru określa się według zależności:

$$S(p) = 1 - \frac{|p_1 - p_2|}{\max\{p_1, p_2\} - p_d}$$

gdzie: p_1 – wartość parametru statku projektowanego, p_2 – wartość parametru statku zbudowanego, p_d – dolna granica wartości parametru.

Łatwo zauważyć, że wartości podobieństw S są zawarte w przedziale $[0, 1]$.

Logika rozmyta jest stosowana do parametrów liczbowych takich jak: wyporność statku, liczba kontenerów chłodzonych, moc i prędkość obrotowa silnika głównego i zespołów prądotwórczych oraz liczba zaworów wybranych instalacji. Metoda ta pozwala określić miarę podobieństwa jednocześnie dla dowolnej liczby parametrów.

Obliczenia według dwóch pierwszych metod są realizowane w bazie danych, a za pomocą logiki rozmytej w systemie Exsys. Cały proces obliczeniowy jest powtarzany dla każdego statku zbudowanego, przechowywanego w bazie danych. Głównym wynikiem obliczeń jest identyfikator statku o największej wartości podobieństwa sumarycznego – uznany za najbardziej podobny do statku projektowanego. Określone są także maksymalne podobieństwa cząstkowe wraz z identyfikatorami statków. Stwarza to możliwość wykorzystania informacji projektowych z różnych zbudowanych statków.

Dobór aparatury kontrolno-pomiarowej

Dobór aparatury kontrolno-pomiarowej polega na wytypowaniu elementów automatyki dla poszczególnych punktów kontrolno-pomiarowych. Można go wykonywać w różnych wariantach:

- samodzielnie przez projektanta na podstawie struktury punktów kontrolno-pomiarowych zdefiniowanej przez dostawcę, przedstawionej w katalogu elementów automatyki,
- z wykorzystaniem projektu bazowego statku podobnego, wyszukanego automatycznie lub wybranego statku zbudowanego,
- przez dołączanie pojedynczych systemów lub obiektów statków zbudowanych.

Dobór elementów automatyki do obiektów jest dokonywany w obrębie systemów okrętowych. Przy projektowaniu aparatury kontrolno-pomiarowej przyjęto następującą klasyfikację systemów: napędu głównego, elektroenergetyczny, paliwa, oleju smarnego, wody słodkiej, wody morskiej, sprężonego powietrza, zęzowy, balastowy, kotły i system pary, inne.

Tworzenie schematów blokowo-funkcyjnych

Schematy blokowo-funkcyjne są tworzone dla poszczególnych systemów siłowni i zawierają wszystkie obiekty automatyzacji, ich wzajemne powiązania oraz elementy i układy automatyki tych systemów. W systemie bazy danych przewidziano możliwość odwoływania się do modułu graficznego funkcjonującego w środowisku systemu AutoCAD, przeznaczonego do wspomagania tworzenia takich schematów. Odwołania takie mogą odnosić się zarówno do gotowych schematów systemów statków zbudowanych, jak i do aktualnie projektowanego systemu, po zakończeniu doboru elementów automatyki w bazie danych. Schematy blokowo-funkcyjne należą, poza opisem technicznym, do podstawowych dokumentów projektu automatyki siłowni. Tworzone są w ścisłym powiązaniu ze schematami opracowywanymi w innych pracowniach.

Korzystanie z bazy przepisów towarzystw klasyfikacyjnych

Baza danych przepisów wybranych towarzystw klasyfikacyjnych jest przeznaczona do przechowywania i udostępniania informacji o przepisach wybranych towarzystw klasyfikacyjnych. Głównym zadaniem tego modułu syste-

mu jest wygodne i efektywne wyszukiwanie przepisów dotyczących zagadnień interesujących projektanta. W tym celu jest generowana lista odpowiednich przepisów, a na żądanie, wyświetlana ich treść. Uzupełniającą funkcją jest tu wybór dostawców sprzętu posiadających certyfikat towarzystwa na wytypowane urządzenia. Baza przepisów zawiera wbudowaną przeglądarkę plików zapisanych w formacie HTML. Wyszukiwanie przepisów może dokonywać się według systemów i obiektów, do których zostały przypisane lub według odpowiednich haseł.

Badania symulacyjne

Badania symulacyjne systemu energetycznego statku umożliwia opracowana aplikacja w systemie eksperckim Exsys [2]. Założono, że wykorzystanie modeli matematycznych elementów, układów i systemów statków może stanowić źródło głębokiej wiedzy w systemie eksperckim. Aplikacja zawiera opcję wprowadzania danych w trybie konwersacyjnym przez projektanta systemu energetycznego statku. Program pyta kolejno o:

- liczbę poszczególnych typów głównych elementów składowych systemu,
- nazwy własne elementów,
- kolejne elementy przetwarzające energię, począwszy od elementu początkowego do końcowego.

Wprowadzone dane są zestawiane w ramie i wyświetlane w trakcie sesji na ekranie w celu akceptacji poprawności zestawionych danych przez projektanta.

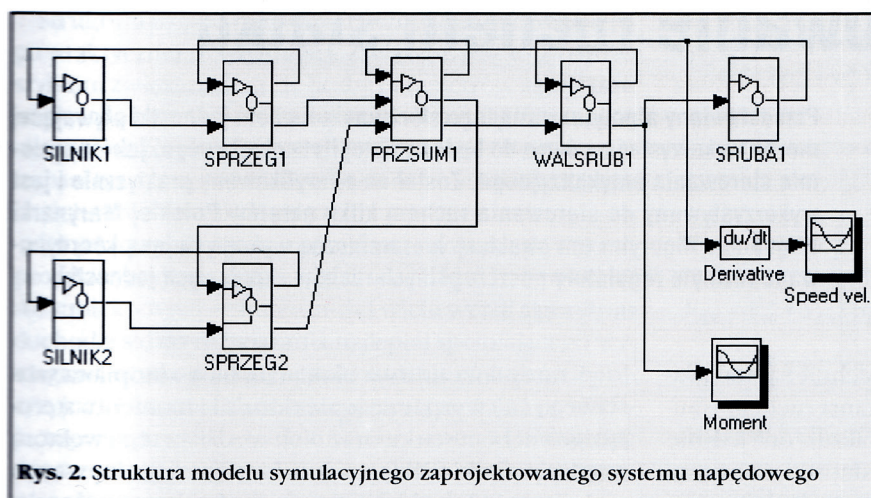
Do oceny poprawności projektu i zestawionych danych wykorzystano wiedzę opracowaną w postaci reguł. Reguły oceniające poprawność projektu sygnalizują osiągnięcie założonego celu, dla przyjętej pewności stwierdzenia. W zależności od wskazanego przez reguły celu i stopnia jego pewności, reguły warunkują dalszą pracę programu. Możliwe są następujące przypadki:

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

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

Zestawione w ramie (*frame*) dane opisują elementy i strukturę projektowanego systemu stanowią podstawę opisu modelu symulacyjnego. W tym celu tworzony jest M-plik programu symulacyjnego Matlab/Simulink przez:

- kolejne dołączanie z biblioteki M-plików z opisami modeli elementów składowych do M-pliku modelu symulacyjnego projektowanego systemu napędowego,
- dołączanie parametrów obrazu graficznego modelu symulacyjnego projektowanego systemu, określonych za pomocą reguł.



Algorytmy tworzenia modeli symulacyjnych projektowanych systemów również wykorzystują wiedzę zestawioną w postaci reguł.

Po zestawieniu pliku z opisem modelu symulacyjnego projektowanego systemu wywołany jest program **Matlab**. Następnie odpowiednia procedura wywołuje automatycznie program **Simulink** z modelem, wyświetlając na ekranie obraz graficzny modelu zaprojektowanego napędu głównego statku.

Na rys. 2, dla przykładu, zaprezentowano system napędowy statku złożony z dwóch silników pracujących równolegle poprzez sprzęgła, przekładnię sumującą momenty, wał śrubowy, na śrubę o stałym skoku. Po wprowadzeniu danych system ekspercki zestawia model symulacyjny. Podczas sesji symulacyjnej projektant, na podstawie przeprowadzonych badań, uzyskuje niezbędną wiedzę, która umożliwia ocenę wykonanego projektu.

Podsumowanie

Proces projektowania automatyki okrętowej jest złożony i trudny do sformalizowania, a ponadto wymaga przetwarzania wielu danych. To spowodowało, że do realizacji wspomaganie projektowania tego procesu zostały zastosowane takie narzędzia jak system ekspercki oraz baza danych, które umożliwiły dokonanie strukturalizacji wiedzy projektowej oraz zgromadzenia obszernych zbiorów danych.

Utworzona aplikacja systemu bazy danych urządzeń i elementów automatyki siłowni statku jest wygodnym i przyjaznym narzędziem wspomagającym proces projektowania automatyki w zakresie najbardziej pracochłonnych czynności jak np. tworzenie aparatury kontrolno-pomiarowej. Aplikację tę oparto na systemie **MS Access**. Może ona funkcjonować zarówno samodzielnie (w nieco węższym zakresie) jak i we współpracy z systemem eksperckim **Exsys**, dając możliwość korzystania z niej użytkownikom nie mającym oprogramowania tego systemu [8, 9].

Podsystem badań symulacyjnych umożliwia ich prowadzenie w sposób efektywny. Proces zestawiania danych opisujących projektowany system energetyczny i automatyczne przejście do sesji badań trwa zaledwie

kilka minut. Badania pozwalają na ocenę postawionych wymagań technicznych dotyczących procesów przejściowych w systemach pojawiających się przy: załączaniu, wyłączaniu, zmianie parametrów pracy systemu, jak również wystąpieniu czynników zakłócających jego działanie.

Rozważane jest opracowanie opcji, w której proces prowadzenia badań symulacyjnych i oceny osiągniętych wyników byłby kontrolowany w pełni przez system ekspercki.

Bibliografia

1. Kowalski Z.: System Ekspertowy Projektowania Automatyki Statków SEPAS. Budownictwo Okrętowe i Gospodarka Morska, Gdańsk 2000, Nr 11, s. 26 – 27.
2. Arendt R., Kowalski Z.: An application of simulation investigation in an expert system for ship automation aided design. International Conference Unconventional Electromechanical and Electrical Systems. St. Petersburg, 1999, Vol. 2, s. 541 – 546.
3. Bertram V.: Knowledge-Based Systems for Ship Design and Ship Operation, 1st International EuroConference on Computer Applications and Information Technology in the Marine Industries COMPIT'2000, Potsdam, 1999, s. 63 – 71.
4. Kowalski Z., Arendt R., Zieliński S.: Inteligentny system wspomaganie projektowania układów automatyki statków. Materiały XIII Krajowej Konferencji Automatyki, Politechnika Opolska, Opole 1999, t. 2, s. 223 – 228.
5. Kowalski Z., Arendt R., Meler-Kapcia M., Zieliński S.: System ekspertowy wspomaganie projektowania układów automatyki statków. Materiały IV Krajowej Konferencji Naukowej „Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000, t. 2, s. 251 – 261.
6. Kowalski Z., Zieliński S., Dziworski J., Arendt R., Meler-Kapcia M., Olejnik B., Piotrowski J.: System ekspercki do wspomaganie projektowania układów automatyki siłowni statków, Budownictwo Okrętowe i Gospodarka Morska, 1999, nr 9, s. 24 – 28.
7. Lee D., Lee K. H.: An approach to case-based system for conceptual ship design assistant, Expert Systems with Applications, 1999, Vol. 16, nr 2, s. 97 – 104.
8. Kowalski Z., Arendt R., Zieliński S., Meler-Kapcia M.: Wybrane problemy tworzenia systemu z bazą wiedzy dla wspomaganie projektowania układów automatyki okrętowej. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej AUTOMATION 2000. Warszawa 2000, s. 223 – 232.
9. Kowalski Z., Arendt R., Zieliński S., Meler-Kapcia M.: An expert system for aided design of ship systems automation. Expert Systems with Application. 2001, Vol. 20, No. 3, pp. 261 – 266.

Streszczenia artykułów naukowych

System ekspercki projektowania automatyki statków, Zbigniew Kowalski, Ryszard Arendt, Stefan Zieliński, Maria Meler-Kapcia — s. 6

Prezentowany jest system ekspercki wspomagania projektowania układów automatyki statków obejmujący bazy wiedzy dotyczące metod i procedur projektowania układów automatyki statków, bazy danych obiektów automatyzowanych, elementów i układów automatyki, wymagań towarzystw klasyfikacyjnych oraz podsystem badań symulacyjnych współpracujący z bazą wiedzy i pakietem Matlab Simulink. Do realizacji systemu wykorzystano szkieletowy system ekspercki Exsys Developer, charakteryzujący się regułową reprezentacją wiedzy, różnymi metodami wnioskowania, możliwością korzystania z logiki rozmytej i współpracy z innymi programami oraz bazami danych.

An expert system for ship automation design, Zbigniew Kowalski, Ryszard Arendt, Stefan Zieliński, Maria Meler-Kapcia — p. 6

There is presented an expert system for ship systems automation designing. The system includes: knowledge bases regarding methods and procedures of ship systems automation design, databases of automated objects, control devices and elements, requirements of classification societies, and a subsystem for simulation investigations co-operating with the Matlab Simulink package and a knowledge base. The system preparation the shell expert system Exsys Developer is used. This system is characterized by a rule-oriented representation of knowledge, backward and forward chaining inference methods, various confidence modes to handle uncertain reasoning including fuzzy logic, and possibility to co-operation with other software and databases. Databases are prepared by using the MS Access software.
