

**Marcin DREWKA, Zbigniew KOWALSKI**  
POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI

## Koncepcja komputerowego wspomagania procesu projektowania kablowych instalacji energetycznych i sterowniczych na statkach

Mgr inż. Marcin DREWKA

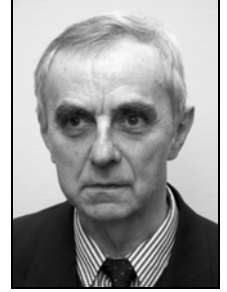
Absolwent Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej w 2003 r. Od 2004 r. zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Obszar zainteresowań to systemy z bazą wiedzy, komputerowe wspomaganie procesu projektowania, zagadnienia bezpieczeństwa sieciowego.



e-mail: m.drewka@ely.pg.gda.pl

Prof. dr hab. inż. Zbigniew KOWALSKI

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Gdańskiej w 1963 r. w specjalności Elektrotechnika Morska. Doktorat uzyskał w 1971 r., stopień doktora habilitowanego zdobył w 1981. Od 2002 r. profesor zwyczajny Politechniki Gdańskiej, emerytowany w r. 2006. Obszar zainteresowań to automatyka okrętowa, elektrotechnika morska i komputerowe wspomaganie procesu projektowania układów automatyki statku.



e-mail: z.kowalski@ely.pg.gdapl

### Streszczenie

W artykule scharakteryzowano elementy wchodzące w skład instalacji kablowych na statkach i przedstawiono skrótkowo analizę procesu projektowania instalacji kablowych i wykazano przyczyny zapotrzebowania na komputerowe wspomaganie tego procesu. Zaprezentowano koncepcję i założenia systemu z bazą wiedzy do wspomagania projektowania instalacji kablowych oraz wyniki dotychczasowych prac nad tym systemem.

**Słowa kluczowe:** System elektroenergetyczny statku, instalacje kablowe, system z bazą wiedzy.

### Conception of an expert system for aiding ship's wiring system design process

#### Abstract

This paper presents the construction of a typical ship's wiring system and a short analysis of its design process. An analysis of a demand for knowledge-based system to aid the ship's wiring system design process has been introduced. A conception, functional and technical assumption data of such knowledge - based system, as well as the results of its current research are presented in this paper.

**Keywords:** Ship's electrical system, wiring systems, knowledge-based system.

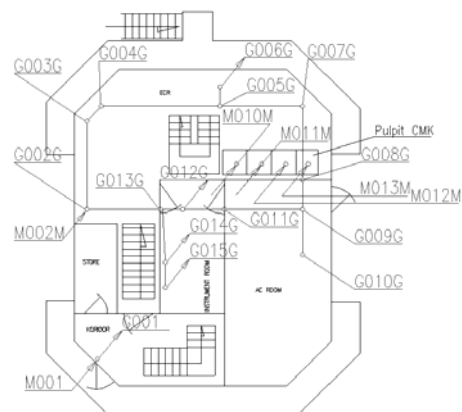
### 1. Wstęp

W prowadzonych inwestycjach szuka się rozwiązań pozwalających zlecone zadanie wykonać terminowo i oszczędnie, przy zachowaniu wymagań jakościowych. Projekt techniczny inwestycji winien zachować wysoką jakość, wewnętrzną spójność, być zrealizowanym w możliwie najkrótszym czasie, pozwalać na elastyczne wprowadzanie zmian oraz umożliwiać emisję dokumentacji z dowolnym podziałem prac. Dotychczasowe metody projektowania okazują się być niewystarczające. Zastosowanie systemu z bazą wiedzy do wspomagania projektowania instalacji kablowych pozwoli na skrócenie czasu projektowania instalacji kablowych, jak również na zmniejszenie pracochłonności [1]. System umożliwiać będzie m.in. automatyczne wyznaczanie i optymalizację tras kablowych, weryfikację poprawności danych wprowadzanych przez projektanta, automatyczną generację dokumentacji tekstowej na podstawie tworzonych przez projektanta dokumentacji rysunkowej i ułatwienie wprowadzania do projektu nowych elementów poprzez interaktywny dostęp do katalogowej bazy danych elementów wyposażenia. System zapewni spójność całego projektu oraz bezpieczną i łatwą współpracę wszystkich projektantów poprzez przechowywanie wszystkich informacji zawartych w projekcie w jednej bazie danych. Utworzone w bazie wiedzy relacje i zależności oraz mechanizmy weryfikacji poprawności danych pozwolą na znaczną automatyzację koordynacji pracy projektantów.

## 2. Proces projektowania instalacji kablowych

### 2.1. Charakterystyka obiektu

Instalacje kablowe na statkach i innych obiektach technicznych prowadzone są w torach kablowych [2]. Podczas projektowania instalacji kablowych przyjmuje się przestrzenne odwzorowanie układu torów w postaci siatki torów kablowych. Siatka torów kablowych stanowi geometrycznie zorientowany zbiór prostych, elementarnych odcinków torów oraz węzłów jako punktów połączeń odcinków. Fragment siatki torów kablowych w postaci rzutu pokładu z zaznaczonymi odcinkami torów kablowych oraz symbolicznie oznaczonymi węzłami przedstawiony został na rysunku 1. Każdy odcinek posiada przypisany pewien zbiór atrybutów, który charakteryzuje cechy toru kablowego na danym odcinku. Do atrybutów tych należą m.in.: typ odcinka (przeznaczony dla kabli energetycznych, sygnałowych lub mieszanych), maksymalna powierzchnia sumarycznego przekroju poprzecznego kabli, położenie odcinka toru względem pokładu, długość odcinka oraz unikatowe symbole wyróżniające każdy odcinek zgodnie z jego położeniem na obiekcie. Do każdego odcinka przypisuje się również parę węzłów, między którymi stanowi on połączenie.



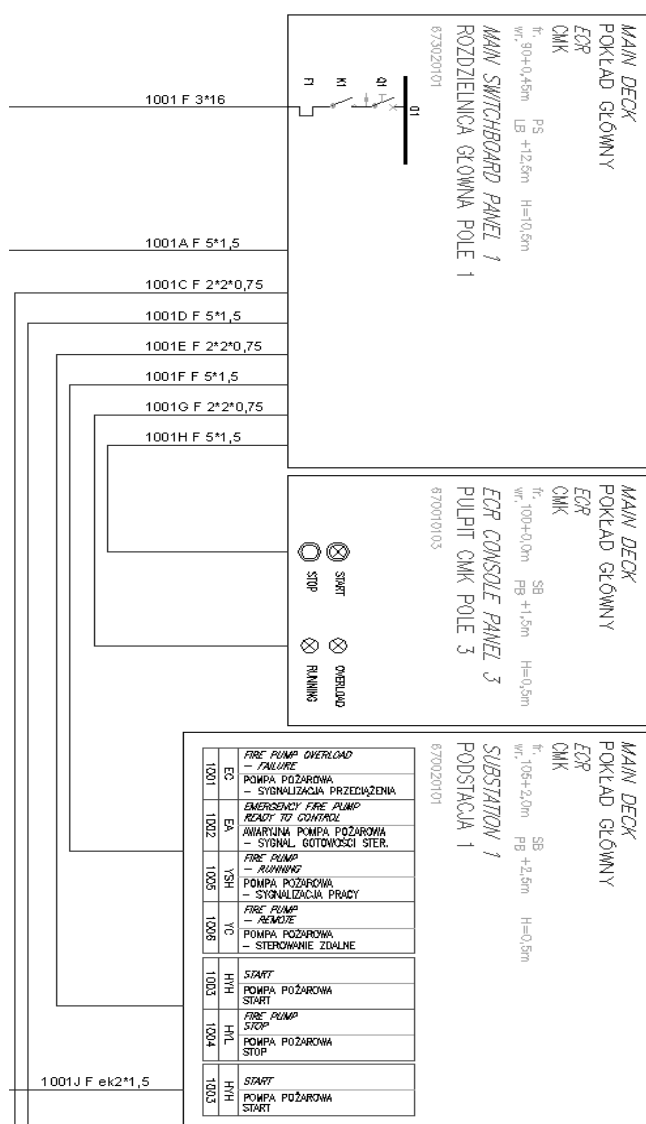
Rys. 1. Przykładowy schemat siatki torów kablowych  
Fig. 1. An example cable track net diagram

Węzły rozmieszczone są we wszystkich istotnych z geometrycznego punktu widzenia miejscach na torach kablowych. Węzły przypisane są m.in. do wszystkich odgałęzień i zakrętów torów kablowych, na początku oraz końcu każdego toru, w miejscach przejść torów przez ściany, grodzie i inne przeszkody. Podobnie jak do odcinków, również do węzłów przypisywane są pewne określone atrybuty charakteryzujące ich cechy. Należą do nich m.in. usytuowanie węzła względem przyjętego układu współrzędnych, typ węzła, jak również symbole odcinków torów, dla któ-

rych węzeł stanowi zakończenie. Szczególnym przypadkiem węzła jest przejście toru kablowego przez ścianę lub inną przeszkodę (w przypadku statku np. pokład, wręg lub gródź wodoszczelna). Węzeł taki nosi nazwę przejścia i musi mieć przypisane dodatkowe cechy, jak: wyróżnik przejścia charakteryzujący producenta, typ przejścia oraz maksymalny dopuszczalny sumaryczny przekrój kabli.

Elementy wyposażenia elektrycznego na statku lub innym obiekcie technicznym, przyłączone na stałe do instalacji kablowych, umownie nazywane są w procesie projektowania odbiorami. Z punktu widzenia instalacji kablowych każdy odbiór charakteryzowany jest, podobnie jak elementy siatki torów kablowych, przez zbiór określonych atrybutów. Do atrybutów odbiorów należą m.in.: lokalizacja odbioru, rejon wyposażeniowy, nazwa odbioru, napięcia występujące w odbiorze czy symbole wszystkich kabli przyłączonych do odbioru.

Każdy kabel łączący ze sobą bezpośrednio dwa urządzenia elektryczne nazywany jest obwodem. Obwody charakteryzowane są głównie poprzez atrybuty określające przekrój i typ kabli w obwodzie, a także poprzez przypisanie ich do konkretnych odbiorów oraz określenie trasy przypisanej dla każdego kabla. Na rysunku 2 przedstawiono fragment schematu elektrycznego jako element projektu instalacji kablowych.



Rys. 2. Przykładowy schemat fragmentu instalacji elektrycznej statku  
Fig. 2. An example diagram of ship's wiring system fragment

## 2.2. Charakterystyka procesu projektowania

Proces projektowania instalacji kablowych jest procesem wieloetapowym i złożonym. Projekt taki stanowi zbiór wielu dokumentów rysunkowych oraz tekstowych wykonywanych przez kilkunastu projektantów jednocześnie. Każdy projektant pracuje nad wyodrębnionym fragmentem projektu, jednak sporządzone dokumenty w znacznej części zawierają elementy wspólne, a duża ilość zawartych w poszczególnych dokumentach informacji jest powtarzalna. Niezbędna jest zatem ścisła koordynacja pracy wszystkich projektantów. Podczas wykonywania projektu wskutek nieprzewidzianych wcześniej czynników częstokroć pojawia się konieczność modyfikacji już zakończonego etapu projektu. Dodatkowo wiele zadań realizowanych przez projektanta, jak np. wyznaczenie tras kablowych, polega na zmuszonym wykonywaniu prostych czynności i nie zapewnia uzyskania optymalnego rozwiązania.

Proces projektowania instalacji kablowych w uproszczeniu podzielić można na następujące etapy [2]:

- wstępne schematy elektryczne najważniejszych instalacji,
- ustalenie lokalizacji najważniejszych odbiorów na statku lub innym obiekcie,
- wstępny projekt siatki torów kablowych,
- wstępny plan torów kablowych,
- schematy robocze instalacji elektrycznych,
- projekt roboczy siatki torów kablowych,
- szczegółowy plan torów kablowych.

Należy zaznaczyć, że podział procesu na etapy jest podziałem wyłącznie umownym, który w warunkach rzeczywistej pracy pracowni projektowej wyznacza jedynie ogólny schemat realizacji projektu. W rzeczywistości proces projektowania jest procesem bardzo złożonym, a projekt najczęściej realizowany jest równoległe z fazą produkcji. Wskutek nie przewidzianych przez projektanta czynników technicznych lub formalnych bardzo często pojawia się potrzeba aktualizacji niektórych fragmentów projektu. Pociąga to za sobą konieczność modyfikacji dokumentów, które stanowią podstawę wykonywanych już kolejnych etapów projektu, lub nawet takich, które zostały już przekazane do produkcji. Przeważająca część projektu realizowana jest w postaci rysunkowej przy wykorzystaniu edytora graficznego AutoCAD lub innego, jednak znaczna część dokumentacji roboczej musi być dodatkowo wykonywana w postaci tabelaryczno – tekstowej do celów produkcji.

## 2.3. Przebieg procesu projektowania

Podczas projektowania siatki torów kablowych projektant wykonuje w edytorze graficznym schematyczny rzut torów kablowych na plan pokładu. Wielkości torów kablowych i ich rozmieszczenie, lokalizacja węzłów, wielkości przejść i pozostałe elementy siatki torów kablowych projektowane są na podstawie rzutu pokładu, na którym zaznaczone zostały lokalizacje najważniejszych odbiorów. Ten etap projektowania wykonywany jest w głównej mierze w oparciu o wiedzę heurystyczną i doświadczenie projektanta. Brak jest sformalizowanych reguł określających rozmieszczenie i wielkości torów kablowych oraz przejść.

Schematy instalacji elektrycznych statku tworzone są przez projektanta w postaci rysunkowej w edytorze graficznym. Podstawą do tworzenia schematów jest projekt kontraktowy statku, określający dokładnie wyposażenie statku. Ten etap w dużej mierze realizowany jest przy wykorzystaniu wcześniej wykonanych dla innych statków projektów poprzez ich adaptację. Doświadczenie projektanta również na tym etapie ma duże znaczenie ze względu na niezbędną znajomość osprzętu, wyposażenia i okablowania występującego na statkach.

Projektowanie tras kablowych wykonywane jest przez projektanta w postaci tabelarycznej przy wykorzystaniu utworzonego wcześniej projektu siatki torów. Projektant określa trasę każdego obwodu w postaci listy węzłów, przez które ma przechodzić dany kabel. Korzystając z planu siatki torów, określa długość każdego odcinka torów i wyznacza sumaryczną długość kabla. Projektant

musi również przewidzieć odpowiednią długość kabla na podejście do najbliższego toru kablowego z każdej strony. Podczas wykonywania tego etapu projektu muszą być uwzględnione liczne czynniki, takie jak:

- minimalizacja kosztów kabli – kable powinny być prowadzone najkrótszą dostępną trasą,
- wymogi dotyczące bezpieczeństwa i przepisy towarzystw klasyfikacyjnych – redundancyjne obwody nie mogą być poprowadzone zbliżonymi trasami, a niektóre trasy mogą być wykluczone dla określonych kabli,
- założone wielkości torów kablowych i przejść – nie wolno przekraczać dopuszczalnego przekroju sumarycznego kabli dla każdego toru i przejścia.

Zagadnienie optymalizacji tras kabli podczas projektowania jest zagadnieniem złożonym i wieloatributowym. Projektant w szczególnych sytuacjach celowo może lub jest zmuszony zignorować wybrane ograniczenia, jeśli jest to uzasadnione. Może wystąpić np. sytuacja, w której przyjęta wielkość przejścia lub toru okazuje się zbyt mała, zaś prowadzenie kabli okrężną drogą jest nieuzasadnione ekonomicznie w porównaniu do wymiany przejścia i toru na większe. Każda zmiana wiąże się jednak z daleko idącymi modyfikacjami już wykonanych dokumentów.

## 2.4. Zapotrzebowanie na komputerowe wspomaganie procesu projektowania

Na złożoność procesu projektowania instalacji kablowych wpływają liczne przedstawione powyżej czynniki. Wszystkie te czynniki, wraz z możliwością ich częściowej lub całkowitej eliminacji przy wykorzystaniu odpowiednio zaprojektowanego oprogramowania, wykazują celowość opracowania systemu z bazą wiedzy do wspomaganie projektowania instalacji kablowych.

## 2.5. Obecnie stosowane narzędzia do wspomaganie procesu projektowania

Przeważająca część stosowanych obecnie w przemyśle stoczniowym zintegrowanych i rozbudowanych systemów do wspomaganie projektowania statków (jak np. Tribon, ShipConstructor, IntelliShip, Nupas – Cadmatic) pozbawiona jest całkowicie funkcjonalności związanej z projektowaniem instalacji kablowych. Jedynym systemem wyposażonym w pewnym zakresie w funkcjonalność wspomaganie projektowania instalacji kablowych jest system Foran hiszpańskiej firmy Sener. System Foran w zakresie wspomaganie projektowania instalacji kablowych posiada pewną funkcjonalność jak np. optymalizacja tras kablowych. Nie posiada jednak funkcjonalności wynikającej z zastosowania bazy wiedzy, która pozwala na automatyzację podejmowania decyzji przy uwzględnieniu wymogów bezpieczeństwa, przepisów administracyjnych i innych czynników wpływających na dopuszczalne przebiegi tras kablowych. Trzeba również podkreślić, że system Foran generalnie przeznaczony jest do wdrażania w obrębie całości biura projektowego stoczni, we wszystkich dziedzinach i etapach projektowania statku.

Spśród systemów przeznaczonych wyłącznie do wspomaganie projektowania instalacji kablowych statku wyróżnić można Selekt opracowany przez Zakład Informatyki Przemysłu Okrętowego we współpracy ze Stoczną Gdańską. Selekt powstał w latach '70 i jest rozwiązaniem stosowanym w Stoczni Gdańskiej od ponad 20 lat. Zaletą systemu Selekt jest generacja całkowitych i optymalnych rozwiązań okablowania statków, które owocują oszczędnościami materiałowymi rzędu 15%. Pracuje on jednak w trybie wsadowym, czyli jako zbiór danych wejściowych musi otrzymać pełen projekt osprzętu i wyposażenia elektrycznego statku, a dopiero wtedy generuje pełen projekt instalacji kablowych. Nie posiada również możliwości współpracy z edytorem graficznym, a przygotowywanie zbiorów wejściowych może być wykonywane tylko z jednego stanowiska, stąd jest ono bardzo pracochłonne. Nie oferuje możliwości bieżącej ingerencji w aktualny

stan projektu. Cechy ta czynią go całkowicie nieprzydatnym w procedurach projektowania, jakie stosowane są we współczesnych biurach projektowych. System ten przeznaczony jest raczej do wspomaganie projektowania w przypadku budowy serii statków, niż w przypadku budowy czy remontu pojedynczych obiektów.

## 3. System z bazą wiedzy do wspomaganie projektowania instalacji kablowych

### 3.1. Założenia systemu

Celem prowadzonych prac jest opracowanie systemu z bazą wiedzy do wspomaganie procesu projektowania instalacji kablowych na dużych budowanych obiektach. Zadaniem systemu będzie wspomaganie prac projektowych na wszystkich etapach projektowania wyposażenia elektrycznego. System zakłada optymalizowanie procesu projektowania poprzez:

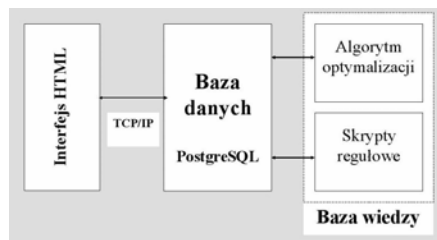
- eliminację wielokrotnego wprowadzania danych – wszystkie dokumenty projektowe mają być tworzone i modyfikowane wyłącznie w postaci rysunkowej w edytorze graficznym AutoCAD,
- przechowywanie kompletnego projektu w bazie danych – wszelka dokumentacja dotycząca realizowanego projektu będzie przechowywana w bazie danych,
- umożliwienie jednoczesnej pracy wielu projektantom – system ma działać w architekturze klient – serwer przy wykorzystaniu sieci komputerowej,
- zapewnienie możliwości współpracy biura projektowego z zewnętrznymi podwykonawcami części projektu z wykorzystaniem sieci lokalnej oraz sieci Internet,
- zapewnienie spójności i bezpieczeństwa danych oraz eliminację błędów – system wyposażony będzie w procedury zapewniające spójność i poprawność wprowadzanych danych,
- automatyczną generację technologiczno – materiałowej dokumentacji tekstowej – dokumentacja będzie generowana automatycznie na podstawie danych wprowadzanych w postaci rysunkowej,
- automatyczne wyznaczanie optymalnych tras kablowych – system będzie automatycznie proponować optymalne trasy kablowe wykorzystując bazę wiedzy do analizy przestrzennej czynników wpływających na przebieg tych tras,
- wspomaganie opracowywania dokumentacji montażowej – system będzie umożliwiał tworzenie dokumentacji montażowej w uproszczonej postaci tabelarycznej,
- automatyczne tworzenie wszystkich żądanych zestawień, wykazów itd. w postaci tabelarycznej i tekstowej,
- ułatwienie wprowadzania danych poprzez możliwość korzystania ze stałej bazy danych osprzętu i wyposażenia elektrycznego.

### 3.2. Struktura projektowanego systemu

System z bazą wiedzy będzie się składał z kilku elementów funkcjonalnych. Baza danych, w której system przechowywać będzie wszystkie dane projektu, jak również baza danych wyposażenia zrealizowana będzie w oparciu o system bazy danych PostgreSQL. Zdecydowano się na wykorzystanie bazy danych PostgreSQL z powodu dużej skalowalności oraz możliwości wykorzystania w niej procedur “zapalnikowych”, czyli skryptów obsługujących złożone funkcje na elementach bazy [4]. W systemie funkcjonować będzie baza wiedzy regułowej i proceduralnej, w tym algorytm optymalizacji tras kablowych oraz mechanizmy weryfikujące spójność projektu i poprawność wprowadzonych danych. Dostęp do systemu możliwy będzie z poziomu programu AutoCAD z zainstalowaną odpowiednią nakładką programową oraz w sposób tekstowy, poprzez formularze i kwerendy. Interfejs tekstowy zrealizowany będzie przy wykorzystaniu serwera HTML z parserem języka skryptowego PHP tak, aby jedynym wymogiem



korzystania z niego było posiadanie zainstalowanej przeglądarki internetowej. System zostanie wyposażony w moduł administracyjny, dostępny jedynie dla kierownictwa pracowni projektowej. Proponowana struktura systemu przedstawiona została na rysunku 3.



Rys. 3. Proponowana struktura systemu z bazą wiedzy  
Fig. 3. Proposed structure of the knowledge-based system

### 3.3. Baza wiedzy

Zadaniem wiedzy regulowej i proceduralnej, zawartej w systemie jest przede wszystkim zapewnienie spójności i bezpieczeństwa przechowywanych w bazie danych informacji projektowych. System będzie posiadał kilka poziomów zabezpieczeń przed wprowadzeniem błędnych danych. Ze względu na nieliniowy charakter procesu projektowania, system akceptować będzie możliwość wprowadzenia niepełnych lub niedokładnych danych, wraz z założeniem, że zostaną one uzupełnione i uszczegółowione dopiero na kolejnym etapie wykonywania projektu.

Kolejnym zadaniem bazy wiedzy proceduralnej będzie optymalizowanie pracy projektanta poprzez mechanizmy ułatwiające wprowadzanie danych, takie jak automatyczne uzupełnianie niepełnych wpisów i podpowiadanie najbardziej prawdopodobnego wyboru. System realizować będzie automatycznie wszystkie zadania nie wymagające bezpośredniego zaangażowania projektanta i możliwe do automatyzacji, takie jak np. generacja dokumentacji w formie tabelarycznej, zestawień i innych wydruków w oparciu o wybrane przez projektanta kryteria.

Ze względu na złożony charakter procesu projektowania tras kablowych oraz ograniczenia czasowe w procesie projektowania w systemie niemożliwe jest zastosowanie algorytmu globalnej optymalizacji tras kablowych dla całego statku. Zadaniem algorytmu będzie zatem optymalizacja trasy jednego kabla naraz, przy jednoczesnym uwzględnieniu dodatkowych ograniczeń na przebieg tras kablowych [5]. Proponowany algorytm optymalizacji spełniać będzie szereg innych kryteriów, takich jak bardzo krótki czas odpowiedzi i zapewnienie możliwości korzystania z systemu kilkunastu projektantom jednocześnie. Algorytm będzie zrealizowany tak, aby czas optymalizacji pojedynczej trasy nie przekraczał kilkunastu ms. Projektant będzie ponadto - w razie potrzeby - posiadał pełną kontrolę nad optymalizowanymi trasami. Algorytm przedstawi projektantowi w czytelnej postaci wynik uzyskanej optymalizacji, jak również zaproponuje ewentualne trasy alternatywne. Ponadto projektant może narzucić algorytmowi pewną liczbę pośrednich punktów trasy w przypadku, gdyby zaistniały dodatkowe, nie uwzględnione w systemie czynniki wpływające na przebieg trasy.

### 3.4. Interfejs użytkownika

Projektowany system wyposażony będzie w dwa interfejsy umożliwiające projektantom dostęp do bazy danych projektu. Podstawowym interfejsem będzie interfejs tekstowy, opracowany przy wykorzystaniu protokołu HTTP oraz serwera HTML z parsemem języka skryptowego PHP. Zastosowanie takiego rozwiązania posiada szereg zalet, m.in. umożliwi swobodny dostęp do bazy danych z dowolnego komputera wyposażonego w dostęp do sieci

komputerowej i przeglądarkę internetową. Pewien zakres funkcjonalności systemu dostępny będzie wyłącznie z poziomu tekstowego poprzez formularze i okna dialogowe. Do takich funkcji należą będą m.in. administracja bazą danych i zarządzanie autoryzacją dostępu do systemu, generacja dokumentacji tekstowej i tabelarycznej, tworzenie nowych projektów w bazie danych i zarządzanie stałą bazą danych.

Przeważająca część pracy projektowej wykonywana będzie przy wykorzystaniu interfejsu graficznego w postaci edytora AutoCAD z zainstalowaną nakładką programową. Nakładka umożliwi edytorowi odpowiednią współpracę z systemem. Wszystkie dokumenty projektowe tworzone i edytowane będą przez projektantów przy wykorzystaniu interfejsu graficznego. Wszelkie istotne dla projektu informacje wprowadzane w postaci graficznej zapamiętywane będą w bazie danych projektu i możliwe do późniejszego odczytania w postaci graficznej lub tekstowej. System na stałe łączyć będzie elementy umieszczone na rysunku z elementami zapisywanymi w bazie danych projektu, dzięki czemu możliwe będzie później ponowne przywołanie z bazy i edycja atrybutów każdego obiektu na rysunku [6].

## 4. Podsumowanie

Projekt systemu z bazą wiedzy do wspomaganie projektowania instalacji kablowych na statkach i innych obiektach technicznych powstał ze wspólnej inicjatywy Pracowni Elektrycznej Biura Projektowego Gdańskiej Stoczni Remontowej oraz Katedry Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Przeprowadzona analiza procesu projektowania wykazała możliwość zastosowania w tej dziedzinie systemu z bazą wiedzy, jak również oceniła pozytywnie potencjalną celowość wdrożenia takiego systemu w Biurze Projektowym Stoczni. Zastosowanie systemu z bazą wiedzy w zakresie wspomaganie projektowania instalacji kablowych, gdzie sumaryczna długość kabli energetycznych i sterowniczych osiąga nawet kilkaset kilometrów, pozwoli na skrócenie czasu projektowania instalacji kablowych, jak również na zmniejszenie pracochłonności procesu projektowania i podniesienie jakości realizowanych projektów.

Dotychczasowa współpraca Politechniki Gdańskiej oraz Gdańskiej Stoczni Remontowej zaowocowała opracowaniem szczegółowych wymagań stawianych systemowi oraz określeniem założeń technicznych dla takiego systemu. Aktualnie prowadzone są zaawansowane prace nad uruchomieniem algorytmu optymalizacji tras kablowych i osadzeniem go w bazie wiedzy. Projektowany jest również szablon bazy danych projektu instalacji kablowych statku oraz opracowywane są szczegółowe założenia techniczne dotyczące niezbędnych mechanizmów autoryzacji projektantów i zabezpieczenia dostępu do systemu poprzez sieć komputerową.

## 5. Literatura

- [1] Kowalski Z., Drewka M.: Układy automatyki statku oraz metody wspomaganie ich projektowania. Warszawa, Krajowa Konferencja Automatyki 2005.
- [2] Drewka M., Kowalski Z.: Komputerowe wspomaganie procesu projektowania instalacji kablowych na statkach. Wrocław. Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe 2006.
- [3] Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Warszawa, Wydawnictwa Naukowe PWN, 2005.
- [4] Dybikowski Z.: PostgreSQL. Warszawa, Helion, 2001.
- [5] Villeneuve D., Desaulniers G.: The shortest path problem with forbidden paths. European Journal of Operational Research, Vol. 165, 2005, 95-107.
- [6] Clark J.: AutoCAD 2002 i 2004. Tworzenie makr w VBA, Warszawa, Helion 2003.