

Zbigniew ŁOSIEWICZ<sup>1</sup>

### **WALORY EKSPLOATACYJNE ELEKTRONICZNEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA SIŁOWNIĄ OKRĘTOWĄ W ASPEKTCIE BEZPIECZEŃSTWA ŻEGLUGI**

*Współczesne siłownie okrętowe nasycone są elektronicznymi urządzeniami, które mają wspomagać operatora w podejmowaniu decyzji eksploatacyjnych. Żeby mogły spełniać swoją rolę powinny wypracowywać trafne i wiarygodne diagnozy. Zależy to od stopnia przystosowania do kontrolowanego obiektu, trafnego rozmieszczenia punktów pomiarów, odpowiedniej dokładności i niezawodności przyrządów pomiarowych oraz rzetelnej wiedzy eksperckiej, żeby odpowiednio zaprogramować systemy opracowujące dane. Jeżeli zastosowane systemy są w stanie wyeliminować część błędów popełnianych przez człowieka i mogą wypracować informacje wspomagające operatora w podjęciu trafnych decyzji eksploatacyjnych to przyczynią się tym samym do podniesienia bezpieczeństwa żeglugi.*

### **OPERATING VALUES OF THE ELECTRONICAL MANAGEMENT SYSTEM OF THE ENGINE ROOM IN THE ASPECT OF THE SAFETY OF SAILING**

*Modern engine rooms are filled with electronic equipment, which are to support an operator when making exploitational decisions. For them to act, they should produce accurate and liable diagnosis. It depends on the level of adjustment to control the unit, accurate deployment of the measurement points, appropriate precision and liability of the measurements and appropriate expert know how to program data processing systems the right way. If the applied systems are capable to eliminate some of the mistakes made by a human and can process data supporting an operator in making right exploitation decisions, then they will contribute to improving sailing safety.*

#### **1. WSTĘP**

Spektakularne katastrofy wywołują dyskusje i debaty naukowe na temat bezpieczeństwa transportu morskiego. Głównym podmiotem jest statek morski, transportujący (relatywnie do innych środków transportu) wielkie ilości towaru o wielkiej wartości, obsługiwany przez ludzi tworzących załogę statku. Współczesny statek morski jest bardzo skomplikowanym obiektem technicznym, w którego strukturę wchodzi zarówno urządzenia przetwarzające energię jak i systemy sterowania i dozoru tych urządzeń. Zarówno zbieranie danych

---

<sup>1</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej, Al. Piastów 41  
Tel. 600 275 871, e-mail HORN.losiewicz@wp.pl

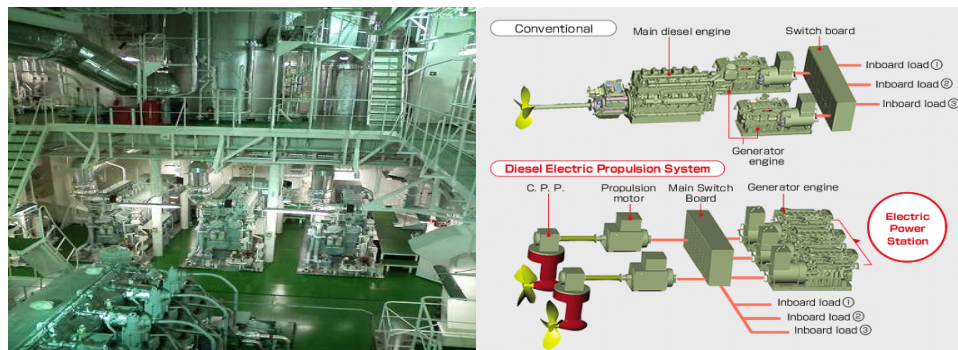
jak i ich przetwarzanie wymaga stosowania najnowszych osiągnięć technicznych, w tym nowych technologii materiałowych oraz elektroniki. Bardzo istotnym elementem jest niezawodność systemów, szczególnie w siłowni okrętowej, która zapewnia zasilanie energetyczne wszystkim urządzeniom statku. Zaletą zastosowania zaawansowanej elektroniki jest możliwość zbierania oraz przetwarzania wielkiej ilości danych, przekraczających zdolności percepcyjne człowieka. Jednak coraz większym problemem staje się język komunikacji między systemami elektronicznymi i operatorami – załogą statku. Stopień skomplikowania systemów, nasyconych zabezpieczeniami przekracza w wielu wypadkach wiedzę operatorów.

## 2. CZYNNIKI MAJĄCE WPŁYW NA PRAWDŁOWĄ EKSPLOATACJĘ STATKU

Na prawidłową eksploatację statku ma wpływ wiele czynników, które można podzielić wg następujących kryteriów:

- ▶ prawidłowa nawigacja – utrzymanie zalecanej trasy żeglugi, dostosowanie prędkości i kursu statku do warunków atmosferycznych i zagrożeń trasy (wąskie przejścia, nasycenie ruchu, itp.), zapewnienie stateczności i pływerności statku
- ▶ niezawodność urządzeń i systemów - napędu głównego statku, napędu systemów pomocniczych i systemów awaryjnych
- ▶ bezpieczeństwo ładunku – utrzymanie warunków zgodnych z normami przewozowymi

Żeby ww. kryteria utrzymać na akceptowalnym poziomie niezbędne jest prawidłowe zarządzanie siłownią okrętową.



Rys. 1. Siłownia okrętowa zapewnia zasilanie energetyczne wszystkim urządzeniom statku

Na rynku istnieje wiele rozwiązań elektronicznych systemów wspomagających w zarządzaniu siłownią, które można podzielić na:

- systemy aplikacyjne – stosowane do kontroli i sterowania wybranymi procesami eksploatacyjnymi (należą do nich systemy kontroli i diagnostyki silników głównych)
- systemy integralne – wspomagające operatorów w zarządzaniu całą siłownią, dostarczające również dane o procesach ładunkowych.

Producenci systemów kontrolno –diagnostycznych koncentrowali się przez długie lata na silnikach napędu głównego (SG) statku, którego niezawodność jest głównym czynnikiem

przetwania na morzu. Konieczność stosowania wielokryterialnej oceny czynników mających wpływ na bezpieczeństwo ruchu SG zwróciła uwagę producentów na wagę niezawodności zarówno samego SG jak i urządzeń i systemów pomocniczych oraz odpowiednie zarządzanie częściami wymiennymi i obsługami silnika.

Wraz z rozwojem silników rośnie zagrożenia środowiska, które wymusiło rozwój prawa. zmuszającego konstruktorów do szukania optymalnych rozwiązań w tworzeniu modelu silnika zarówno ekonomicznego jak i ekologicznego [1]. Przykładem takiego rozwiązania jest koncepcja silnika zwanego „Inteligentnym Silnikiem” (IE – Intelligent Engine) sterowanego elektronicznie i wymagającego systemu zarządzającego-diagnostycznego najnowszej generacji [1,2].

### 3. WYBRANE SYSTEMY KONTROLNO-DIAGNOSTYCZNE

W ostatnich latach zmieniła się koncepcja eksploatacji okrętowego silnika spalinowego, a co z tym idzie jego budowa. Równocześnie zmieniły się wymagania stawiane systemom diagnostycznym. Mimo stosowania skomplikowanych systemów diagnostycznych, występują awarie silników, a ostateczną decyzję eksploatacyjną podejmuje mechanik i on ponosi odpowiedzialność za konsekwencje swoich decyzji. Systemami mającymi wspomagać mechanika w podejmowaniu racjonalnych decyzji eksploatacyjnych są CoCoS firmy MAN B&W oraz CBM firmy Wartsila-Sulzer.

#### 3.1 System diagnostyczny CoCoS (MAN&BW)

**CoCoS** (Computer Controlled Surveillance system) (SDG) jest nazwą oprogramowania aplikacyjnego stosowanego na silnikach firmy MAN B&W Diesel group [6,7]. Dla konstruktorów MAN B&W motywacją do stworzenia i udoskonalania nowoczesnego systemu kontrolno – pomiarowego silników okrętowych były następujące czynniki [1]:

- wzrost zapotrzebowania na statki o dużym tonażu, a co za tym idzie wzrost mocy silników napędu głównego,
- wzrost stopnia skomplikowania silników w wyniku rozwoju techniki i technologii
- tendencje do redukowania załóg pływających, obniżenie wymogów kwalifikacyjnych,
- przypadkowo dobrane międzynarodowe załogi oraz rotacja stałego personelu technicznych służb lądowych armatora powodowały zanik personalnego zżycia się z siłownią, które podnosiło efektywność działań prewencyjnych.

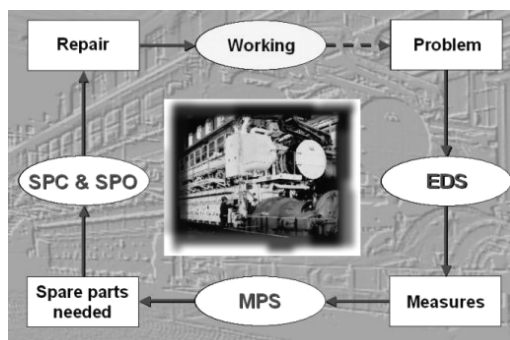
Głównym celem było stworzenie „inteligentnego systemu zarządzania eksploatacją silnika” mającego zapewnić [1,2]:

- zwiększenie dyspozycyjności i niezawodności silnika,
- efektywne ograniczenie kosztów eksploatacyjnych i strat,
- efektywne planowanie konserwacji i obsługi silnika,
- łatwą i jednoznaczna identyfikacja części zamiennych,
- integrację gospodarki częściami zapasowymi z systemem zamówień części zamiennych.

**System CoCoS składa się z czterech modułów:**

- a) **CoCoS EDS** (Engine Diagnosis System ) – system diagnostyczny silnika – w skład którego wchodzi oprzyrządowanie stałe i przenośne silnika, sprzęt komputerowy (hardware) oprogramowanie (software) operacyjne silnika.

- b) CoCoS MPS ( Maintenance Planning System )** – system planowania obsługi silnika – w skład wchodzi: oprogramowanie aplikacyjne oraz archiwum z twardych kopii czyli zestawu kart podstawowych i wyznaczonych wydruków.
- c) CoCoS SPC ( Spare Parts Catalogue )** – katalog części zamiennych – w skład wchodzi: oprogramowanie aplikacyjne oraz archiwum z twardych kopii.
- d) CoCoS SPO ( Stock Handling and Spare Part Ordering )** - zarządzanie magazynem i zamawianie części zamiennych – w skład wchodzi oprogramowanie aplikacyjne oraz archiwum z twardych kopii.



Rys. 2. Schemat funkcjonalny systemu CoCoS przedstawiony przez producenta [7]

Każdy z wymienionych programów może pracować niezależnie lub może być sprzęgnięty z pozostałymi programami w różnych konfiguracjach za pomocą programu zwanego CoCoS-Shell zawierającego program operacyjny licznika godzin oraz program operacyjny kalibracji przetworników pomiarowych.

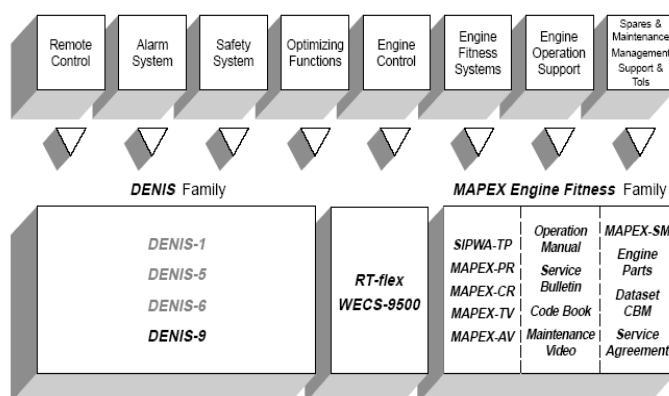
Zadania, które postawiono systemowi CoCoS to: zbieranie, przetwarzanie i analiza danych, planowanie, kontrola, zarządzanie majątkiem statkowym, szkolenie załogi [7].

### 3.2 System diagnostyczny CBM [132,133,134]

Wartsila stworzyła swój system z założeniem, że będzie on znacząco wspierał mechanika w podejmowaniu decyzji eksploatacyjnych. Wartsila ma świadomość, że doświadczenia użytkowników dotyczące niezawodności silników tego samego typu są różne i wynikają z różnicy między wiedzą i doświadczeniem załóg, różnicami między decyzjami armatorów, a co za tym idzie stosowaniem różnej jakości paliwa, olejów smarowych, jakością części zamiennych, częstością i jakością obsług planowych. Równocześnie mając świadomość, że pierwszy alarmujący sygnał może generować różne decyzje eksploatacyjne przy ograniczonym dostępie w warunkach morskich do najwyższej wiedzy i doświadczenia technicznego serwisantów, Tworząc system zarządzający eksploatacją silników dwusuwowych typu Sulzer – CBM (Condition-Based Maintenance), Wartsila bazowała na wybranych rozwiązaniach technicznych japońskiej firmy „Kaidara”. System CBM zawiera następujące panele:

a) **DENIS** (**D**iesel **E**ngine **C**o**N**trol and **o**pt**I**mizing **S**pecification) - zawiera dane potrzebne do sterowania i kontroli silnika, korzysta z systemów firm: norweskiej KMSS i japońskiej NABCO [10]

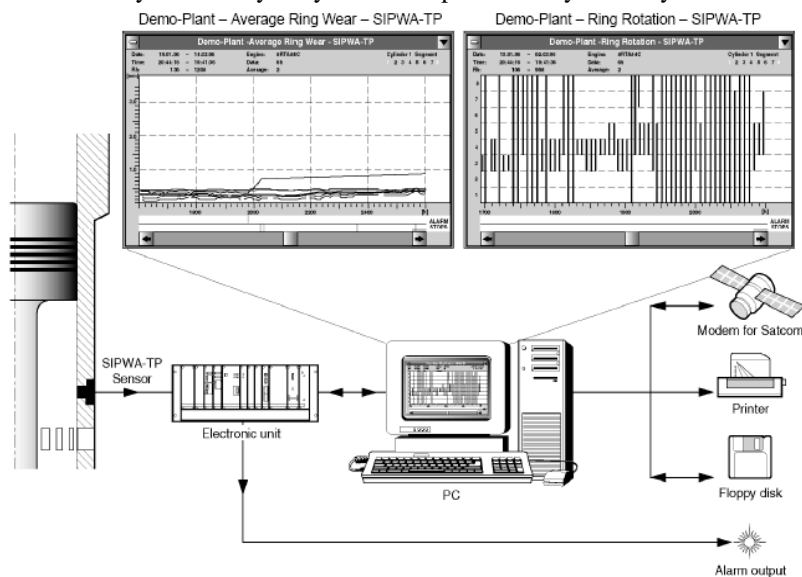
b) **WECS-9500** (**W**artsila **E**ngine **C**ontrol **S**ystem) – zawiera elementy potrzebne do komputerowego sterowania silnikami typu RT-flex, w tym programy, złącza, czujniki z oprzyrządowaniem, przetworniki sygnałów



Rys.3. Schemat ogólny systemu diagnozującego CBM [4,5]

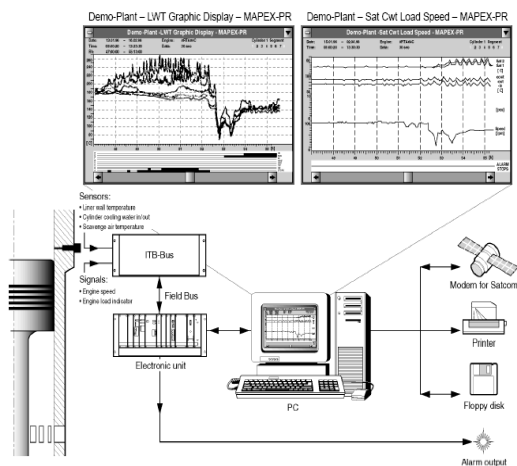
c) **MAPEX** (**M**onitoring and **m**Aintenance **P**erformance **E**nhancement with **e**Xpert knowledge)-panel zawierający rozwiązania techniczne służące jako narzędzia do wykonania konkretnego zadania:

d) **SIPWA-TP** - system oceny zużycia i stanu pierścieni cylindrowych



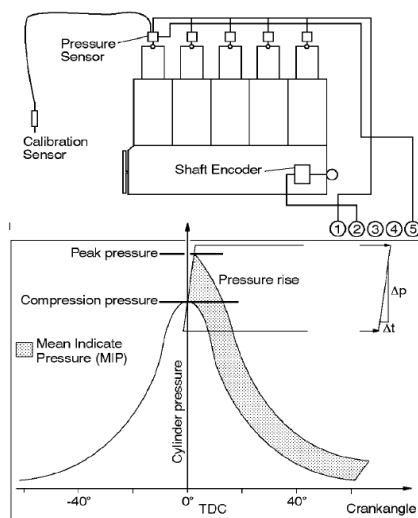
Rys4. Schemat funkcjonowania systemu SIPWA-TP [4]

e) **MAPEX-PR**- system kontroli współpracy tłoka i tulei cylindrowej



Rys. 5. MAPEX-PR- system kontroli współpracy tłoka i tulei cylindrowej [4]

f) **MAPEX-CR (Combustion Reliability)** – system kontroli procesu spalania

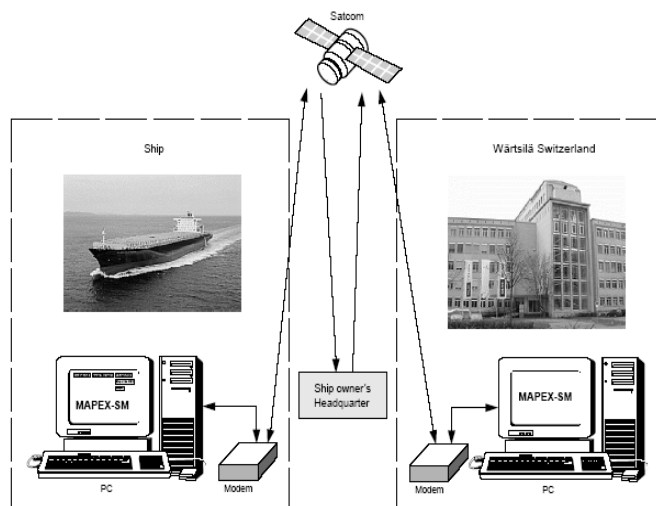


Rys. 6. System MAPEX-CR kontrolujący przebieg procesu spalania [4]

g) **MAPEX-TV/AV (Torsional Vibration/Axial Vibration Detection)** - system kontroli drgań skrętnych i osiowych

h) **MAPEX-SM (Spare parts and Maintenance)**:

- zawiera katalogi części wymiennych z oryginalnymi oznaczeniami Wartsili, wzory kart pomiarów kontrolnych, wzory druków zamówień,
- ułatwia dokonywania zamówień w formie eliminującej błędy.



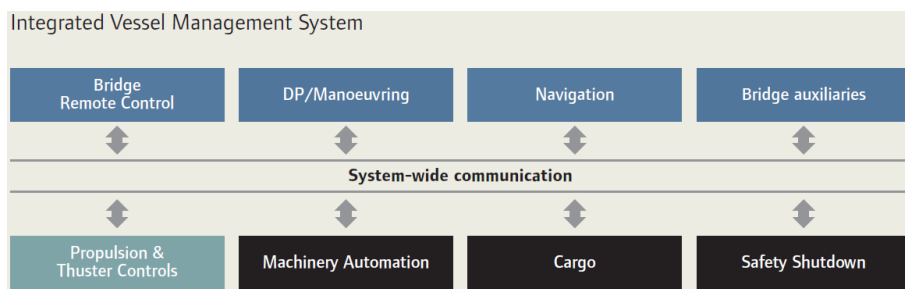
Rys. 7. System MAPEX – SM służący do zarządzania częściami wymiennymi i planowania obsługi, stała łączność z serwisem producenta [5]

### 3.3 SYSTEM DIAGNOSTYCZNY KONGSBERG K-CHIEF AUTOMATION

Jest to uniwersalny system firmy KONGSBERG, która dostosowuje program do każdego statku, biorąc pod uwagę jego cechy konstrukcyjne i zastosowanie (typ statku).

Podstawowe bloki to:

- Zarządzanie alarmami
- Automatykacja procesów operacyjnych urządzeń i systemów (w tym siłowni)
- Zintegrowany system zarządzania statkiem
- Automatykacja operacji ładunkowych
- System bezpieczeństwa
- Pozycjonowanie i manewrowanie
- Zarządzanie danymi



Rys. 8 Schemat blokowy systemu KONGSBERG K-CHIEF AUTOMATION





#### 4. WNIOSKI

Współczesne systemy CoCoS, CBM, KONGSBERG K-CHIEF AUTOMATION posiadają wiele cech „optymalnego modelu systemu diagnostycznego”. Producenci, po starannej analizie potrzeb rynku, stworzyli własne modele racjonalnej eksploatacji silników. W konstrukcjach systemów widoczna jest znajomość realiów statkowych, potrzeb załogi maszynowej oraz potrzeb armatora.

Systemy bazujące na systemach operacyjnych Windows są przyjazne operatorowi i ułatwiają obsługę. Widoczna jest wzajemna współpraca modułów systemu, dobra komunikacja i przepływ informacji.

Wiedza producentów, zdobyta podczas prac badawczo-rozwojowych, z doświadczeń serwisowych oraz od użytkowników silników jest podstawą do bieżącego tworzenia i doskonalenia „wiedzy eksperckiej” systemów.

Poprzez ciągłą kontrolę działań mechaników systemy zmuszają ich do ciągłego podnoszenia kwalifikacji. Dają możliwość instalowania na burcie statku programów instruktażowych, symulacyjnych oraz testów sprawdzających wiedzę i percepcję mechaników. Równocześnie umożliwiają firmom ubezpieczeniowym i klasyfikacyjnym ocenę prawidłowości obsługi silnika jak i umożliwiają producentom porównanie działań załogi maszynowej z zaleceniami ujętymi w programach systemu.

Równocześnie należy zauważyć, że pełną efektywność systemy mogą osiągnąć tylko przy zastosowaniu CoCoS na silnikach firmy MAN B&W, a CBM tylko na silnikach Wartsila-Sulzer oraz przy ścisłej współpracy z producentami [2,3]

Firma KONGSBERG współpracuje z producentami silników i urządzeń, co pozwala korzystać z ich doświadczeń eksploatacyjnych, a co za tym idzie system KONGSBERG K-CHIEF AUTOMATION ułatwia pracę operatorom. Wypracowując sugestie decyzji eksploatacyjnej w sytuacjach kryzysowych i w pewnym stopniu eliminując emocjonalność człowieka przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa obsługi statku.

Nadzór nad całą siłownią, nad operacjami ładunkowymi, kontrolując warunki atmosferyczne oraz umożliwiając załodze samodoskonalenie umiejętności stosowanie ww. systemów przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa obsługi siłowni, a co za tym idzie bezpieczeństwa żeglugi. Należy jednak pamiętać, że systemy te są tak dobre jak dobrze są zaprogramowane i zawsze operator powinien dokonywać weryfikacji informacji i sugestii uzyskanych z systemów wg swojej wiedzy i doświadczenia.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] MAN B&W Diesel AS – *CoCoS EDS, Augsburg 2002*
- [2] MAN B&W Diesel A/S: *CoCoS Ekspert System for Two and Four-stroke Engines, Paper No 16, Kopenhaga 1998*
- [3] MAN B&W Diesel A/S: *CoCoS Maintenance, Designed for Maintenance Excellence, Kopenhaga 2005*
- [4] Wartsila Corporation: *Service News from Wartsila Corporation 2 2002/1 2003, CBM for two stroke engines, Kaidara Software, Wartsila Corporation Helsinki, marzec 2003*
- [5] Wartsila Corporation, *Condition Based Maintenance, Wartsila Corporation, Waasa 2003*
- [6] [www. KONGSBERG.com](http://www.KONGSBERG.com)