

## MODEL INTEGRACJI ANALIZ RAMS W RAMACH SYSTEMU UTRZYMANIA RUCHU KLASY CMMS

Adam PIETRZYK

EC ELECTRONICS sp. z o.o.

ul. Lublańska 34, 31-476 Kraków, Polska, +48 12 418 0715, [apietrzyk@energocontrol.pl](mailto:apietrzyk@energocontrol.pl)

Tadeusz UHL

KATEDRA ROBOTYKI I MECHATRONIKI AGH

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska, ul. Reymonta 9, budynek D1, [tuhl@agh.edu.pl](mailto:tuhl@agh.edu.pl)

### Streszczenie

Metody związane z analizą niezawodności, gotowości i bezpieczeństwa systemów technicznych (ang. Reliability, Availability, Maintainability and Safety), odgrywają coraz większą rolę w planowaniu produkcji i utrzymaniu parku maszynowego. Coraz powszechniej przedsiębiorstwa produkcyjne wykorzystują lub wdrażają systemy klasy CMMS (ang. Computerised Maintenance Management System). W publikacji przedstawiono potrzebę oraz koncepcję ogólnego modelu systemu informatycznego integrującego analizy RAMS w ramach funkcjonalności systemu CMMS. Proponowane rozwiązanie umożliwia modelowanie procesów eksploatacji w oparciu o zbierane rzeczywiste dane eksploatacyjne.

Słowa kluczowe: utrzymanie maszyn, metody RAMS, systemy CMMS.

### MODEL OF RAMS ANALYSIS METHODOLOGY INTEGRATION IN CMMS SYSTEMS

#### Summary

RAMS methodology can play significant role in formulating maintenance and production schedules. Computerized Maintenance Management Systems are widely used by manufacturers yet and still will be used in future. This paper discuss need for integration, presents concept and model of software platform for integrated RAMS centered CMMS system. Presented system aids in creating different RAMS analysis documents based on real data collected during system operation.

Keywords: Maintenance models, CMMS, RAMS methods.

## 1. SYSTEMY CMMS

Wraz z obserwowanym ciągłym wzrostem wymagań dotyczących niezawodności, gotowości operacyjnej, bezpieczeństwa i kosztów utrzymania parków maszynowych, znacząco wzrasta również rola i stopień zaawansowania systemów utrzymania ruchu. Z roku na rok systemy te stają się coraz bardziej związane z innymi systemami funkcjonującymi w przedsiębiorstwach (np. systemami księgowymi, magazynowymi, diagnostycznymi). Tak znaczny wzrost złożoności systemów utrzymania ruchu spowodował powstanie systemów informatycznych określanych mianem CMMS (ag. Computerised Maintenance Management System). Wdrożenie tego typu systemów wpływa na zmianę organizacji procesu utrzymania majątku trwałego, zwiększa z reguły poziom kultury technicznej i jakości realizacji napraw i konserwacji. Podstawowym zadaniem systemów tej klasy jest rejestrowanie i zarządzanie

procesem obsługi nieplanowanych jak i planowanych zdarzeń eksploatacyjnych, planowanie i rozliczanie napraw i konserwacji. Bardzo często systemy takie oferują szereg dodatkowych funkcjonalności wspomagających służby utrzymania ruchu w codziennej pracy [1]. Informacje gromadzone przez te systemy dotyczą z reguły zdarzeń pojawiających się w określonych chwilach czasowych. Z tego względu informacje te mogą być analizowane statystycznie, co pozwala uzyskać istotną wiedzę o wybranych klasach urządzeń, przydatną z punktu widzenia analiz długoterminowych zarówno technicznych jak i ekonomicznych.

## 2. SYSTEMY CMS

Wzrost znaczenia systemów planowego utrzymania ruchu wpływa na ciągły wzrost znaczenia systemów monitorowania i diagnostyki CMS (ang. Conditio Monitoring System).

Właściwe wykorzystanie systemów diagnostycznych umożliwia realizację funkcji utrzymania ruchu w sposób najbardziej efektywny z punktu widzenia ekonomicznego [2]. Systemy monitorowania i diagnostyki przyczyniają się również w znaczący sposób do zwiększenia gotowości operacyjnej i bezpieczeństwa eksploatacyjnego. Systemy CMS operują zazwyczaj na danych pomiarowych i procesowych, rejestrowanych na konkretnym urządzeniu, przez co pozwalają na formułowanie decyzji związanych z konkretnym urządzeniem lub podzespołem w krótszym horyzoncie czasowym [3].

## 2. ANALIZY RAMS

Wzrost wymagań dotyczących poziomu bezpieczeństwa eksploatacyjnego i środowiskowego, jakości produkcji, jakości utrzymania maszyn, wskaźników niezawodności, gotowości operacyjnej znajduje odzwierciedlenie zarówno w odpowiednich normach jak i w działaniach oraz inicjatywach podejmowanych przez producentów urządzeń i eksploatorów. W większości przypadków są to inicjatywy związane z wprowadzaniem programów strategicznych opartych na filozofiach takich jak TPM (ang. Total Productive Maintenance) czy RCM (ang. Reliability-centered Maintenance). W praktyce realizacja tych metodyk wiąże się z stosowaniem metod z zakresu analiz RAMS (ang. Reliability, Availability, Maintainability, Safety). Bazując na wynikach analiz RAMS możliwe jest budowanie wskaźników ekonomicznych istotnych z punktu widzenia planowania strategicznego zarówno w obszarze produkcji jak i utrzymania.

Ze względu na dużą ilość wariantów i technik prowadzenia analiz RAMS do chwili obecnej na potrzeby różnego rodzaju branż przemysłowych powstało kilka standardów jak np. MIL-STD 2173 czy MSG-3 [4].

Metody RAMS znajdują zastosowanie zarówno na etapie projektowania nowych wyrobów, a także w obszarze utrzymania urządzeń już eksploatowanych.

Stosowanie analiz RAMS w istotnym stopniu prowadzi do dobrze zorganizowanego i sprawnie zarządzanego systemu utrzymania ruchu.

## 3. POTRZEBA INTEGRACJI

Modelowanie procesów eksploatacji i utrzymania było dotychczas tematem wielu publikacji i prac naukowych oraz naukowo-badawczych zarówno ośrodków naukowych w kraju jak i za granicą. Pomimo obszernej literatury oraz opracowanych licznych modeli opisujących zagadnienia eksploatacji i utrzymania, trudno znaleźć obecnie na rynku systemy CMMS implementujące w większym stopniu wyniki tych prac. Powszechnie stosowane systemy CMMS

ograniczają się zazwyczaj do obszaru logistyki utrzymania i eksploatacji, przechowywania informacji dotyczącej zdarzeń eksploatacyjnych oraz oferują rozbudowane systemy raportowania. Są to narzędzia usprawniające pracę i częściowo wspomagające kadrę zarządzającą w podejmowaniu decyzji. Widoczny jest w nich jednak brak podejścia modelowego.

W dużo większym stopniu na modelach bazują systemy diagnostyczne operujące na danych pochodzących z systemów monitorowania. Niestety w większości są to systemy rozwijane w połączeniu z dedykowaną elektroniką pomiarową co powoduje, że są to systemy autonomiczne, a często nawet wprost dedykowane [3].

Równoległe z rozwojem systemów CMMS i CMS trwa rozwój aplikacji pozwalających na prowadzenie komputerowego wspomaganie badań symulacyjnych jak również analitycznych związanych z wybranymi zagadnieniami eksploatacyjnymi (niezawodnością, bezpieczeństwem, usterkowością). Systemy te bazują w znacznym stopniu na wykorzystaniu modeli statystycznych oraz teorii niezawodności systemów i połączeniu ich z kryteriami ekonomicznymi w celu prowadzenia badań optymalizacyjnych. Przykłady takich modeli można znaleźć w wielu publikacjach krajowych jak i zagranicznych [5][6][7].

W większości przypadków użyteczność takich systemów uwarunkowana jest pozyskaniem odpowiednich informacji z systemów CMMS. Jest to zadanie trudne i czasochłonne, wymagające zaangażowania odpowiednich zasobów jak również integracji wielu istniejących rozwiązań.

Z tego powodu pożądane jest stworzenie systemu integrującego wspomniane wyżej obszary funkcjonalności. Powstaje w ten sposób swego rodzaju system CMS/CMMS ukierunkowany na implementację metodyki RAMS. Pozwala to na zwiększenie efektywności procedur RAMS, a jednocześnie stwarza możliwość łatwego wykorzystania ich wyników bezpośrednio w planowaniu utrzymania.

W dalszej części pracy przedstawiono system RAMS Studio łączy w sobie cechy klasycznego systemu CMMS jak również wybrane cechy systemów modelowania, które można znaleźć w dostępnych komercyjnych produktach.

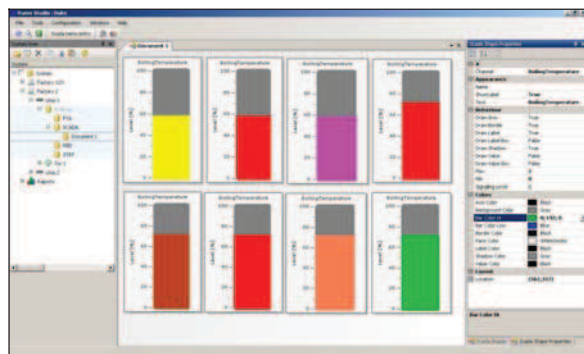
## 4. MODELOWANIE PROCESÓW EKSPLOATACYJNYCH W SYSTEMIE RAMS STUDIO

Idea systemu polega na maksymalnym zintegrowaniu funkcjonalności systemów CMMS, CMS i narzędzi wspomaganie komputerowego procedur RAMS w ramach jednego modułowego systemu informatycznego.

W chwili obecnej funkcjonalność systemu tworzą:

- centralna baza danych MS SQL
- moduł rejestracji serwisu oparty na technologii ASP
- moduł modelowania i analiz statystycznych
- moduł modelowania i analizy prawdopodobieństwa drzew zdarzeń FTA (ang. Fault Tree Analysis)
- moduł modelowania i analiz niezawodności systemów RBD (ang. Reliability Block Diagram) wraz z możliwością wyznaczania optymalnych parametrów serwisu profilaktycznego
- moduł analizy FMEA (ang. Failure Mode and Effects Analysis)
- moduł monitorowania wykorzystujący urządzenia serii VibDin, oferujący podstawowe funkcje analizy sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości
- moduł wizualizacji danych pomiarowych w postaci tablic synoptycznych
- możliwość tworzenia raportów w formacie HTML, również w oparciu o system skryptów PHP
- otwartość architektury realizowana poprzez system wtyczek i skrypty

Istnieje możliwość integracji w systemie RAMS Studio innych systemów monitorowania i diagnostyki. W ten sposób możliwe jest tworzenie prostych aplikacji typu SCADA.

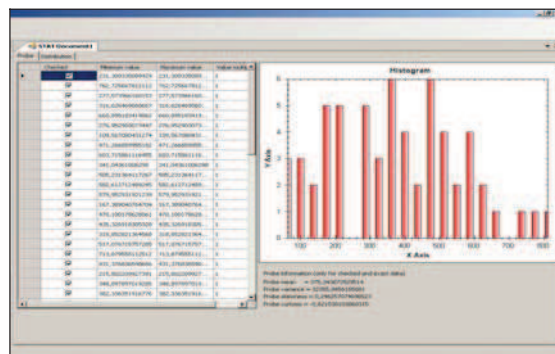


Rys. 1. Wizualizacja danych na ekranach synoptycznych

Centralnym elementem systemu jest baza utrzymania wraz z modułem „Serwis” dostępnym z poziomu przeglądarki internetowej. Moduł „Serwis” umożliwia rejestrację, przydział i planowanie zadań związanych z utrzymaniem majątku produkcyjnego. Składa się z dwóch podsystemów związanych z serwisem i obsługą magazynu. Dane rejestrowane w module serwisowym mogą zostać bezpośrednio wykorzystane do budowania wybranych analiz. Proces tworzenia modeli realizowany jest za pomocą dedykowanej aplikacji. Z jej pomocą użytkownicy mogą tworzyć dla poszczególnych elementów systemu specjalizowane analizy

związane z wybranymi zagadnieniami RAMS. Możliwe jest tworzenie dla jednego podzespołu wielu dokumentów rozróżniających różne warianty prowadzenia analiz.

Pierwszym i podstawowym typem analizy jest zazwyczaj analiza statystyczna, która poprzez wykorzystanie metodyki Weibulla pozwala opisać statystycznie wybrane klasy elementów systemu. Interfejs jaki oferuje użytkownikom moduł analizy statystycznej przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Ekran modułu analiz statystycznych

Wyniki uzyskane w ramach analizy statystycznej mogą być wykorzystane w kolejnych analizach. Moduł analizy FTA pozwala na probabilistyczną ocenę ryzyka wystąpienia awarii lub innych niepożądanych zdarzeń. Tworząc model FTA tworzymy jednocześnie dokument który zostaje zapamiętany w systemie. Interfejs analizy FTA przedstawia rysunek 3.

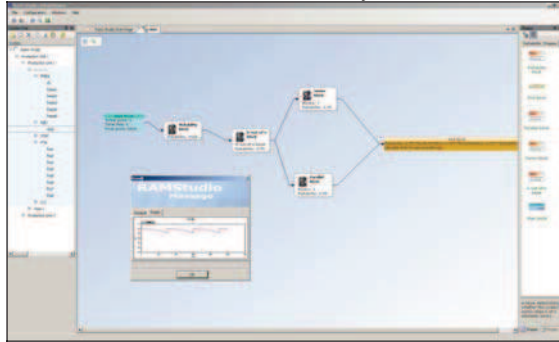


Rys. 3. Interfejs analizy FTA

Analiza niezawodności jest kluczowym elementem oceny systemów technicznych oraz jednym z podstawowych narzędzi podejmowania decyzji eksploatacyjnych. Moduł RBD systemu RAMS Studio dostarcza interfejsów wizualnej analizy schematów niezawodności. Elementy systemu tworzące moduł RBD, mogą bezpośrednio wykorzystywać wyniki uzyskiwane z modułu statystycznego. Ekran dokumentu RBD przedstawiono na rysunku 4. Moduł RBD posiada wbudowany optymalizator genetyczny który umożliwia wyznaczenie optymalnych czasów dla działań zapobiegawczych.



System wyposażony jest w bibliotekę standardowych elementów wykorzystywanych w modelowaniu niezawodności systemów.



Rys. 4. Dokument analizy RBD

Bardzo ważnym i często wykorzystywanym w przemyśle narzędziem jest analiza FMEA lub różne jej modyfikacje. Metoda ta pozwala na analizę ryzyka i krytyczności zdarzeń. System pozwala automatycznie wykorzystać zapisane w modelu FMEA informacje przy wprowadzaniu zgłoszenia awarii poprzez sugerowanie operatorowi list słownikowych opisujących przyczyny awarii.

Widok dokumentu analizy FMEA przedstawia rysunek 4.

Rys. 5. Analiza FMEA

Całość systemu RAMS Studio zamyka moduł tworzenia dynamicznych raportów HTML wykorzystujących skryptowy język PHP.

## 5. PODSUMOWANIE

Obecnie w większości przedsiębiorstw wśród licznych informacji rejestrowanych każdego dnia coraz bardziej istotną rolę odgrywają właśnie informacje pochodzące z systemów CMMS, związane z konserwacją i naprawami urządzeń. Coraz widoczniej wzrasta rola diagnostyki i systemów planowego utrzymania ruchu.

Analizy RAMS stają się coraz bardziej znaczącym narzędziem pozwalającym przedsiębiorstwom osiągać długoterminowe korzyści ekonomiczne.

Prezentowany w opracowaniu system RAMS Studio łączy w sobie cechy klasycznego systemu

CMMS oferując jednocześnie część cech systemów modelowania niezawodności i bezpieczeństwa.

System jest wynikiem realizacji projektu realizowanego przez Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk oraz KRIM AGH i Grupę Energocontrol, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.



## LITERATURA

- [1] Niziński S.: *Elementy eksploatacji obiektów technicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2000
- [2] Niziński S.: *Diagnostyka a koszty obsługi maszyn*. Zesz. Nauk. Politechniki Świętokrzyskiej, Mechanika, 42, Kielce
- [3] Barszcz T. *Systemy monitorowania i diagnostyki maszyn* Radom, Wydawnictwo ITE Radom, 2006
- [4] Moubray J.: *Reliability-centered Maintenance*. Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 3358 1, 1999
- [5] Osaki S.: *Stochastic Models in Reliability and Maintenance*, ISBN 3-540-43133-0, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2002
- [6] Pawełscu D.: *Statistical calculation of wear rate and service life*. EUROTRIB'73. London 1973
- [7] Bobrowski D.: *Modele i metody matematyczne teorii niezawodności*. WNT, Warszawa, 1985



Dr inż. **Adam PIETRZYK** jest absolwentem Katedry Robotyki i Dynamiki Maszyn Akademii Górniczo-Hutniczej. W swojej pracy zajmuje się szeroko rozumianymi zagadnieniami ekonomiki utrzymania i eksploatacji maszyn.



Prof. dr hab. inż. **Tadeusz UHL** jest kierownikiem Katedry Robotyki i Mechatroniki, Akademii Górniczo - Hutniczej w Krakowie. W swoich pracach zajmuje się zagadnieniami dynamiki konstrukcji, a zwłaszcza ich analizy modalnej oraz diagnostyki opartej na modelu. Jego zainteresowania obejmują także układy aktywnej redukcji drgań oraz szeroko pojętą mechatronikę.