

# WYKORZYSTANIE MODELI REMONTOWYCH DO ZARZĄDZANIA EKSPLOATACJĄ ELEMENTÓW SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

Łukasz DZIERŻANOWSKI

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono zarys problematyki zarządzania eksploatacją i remontami w systemie elektroenergetycznym ze wskazaniem na rosnącą potrzebę prowadzenia działań w oparciu o rzeczywisty stan urządzeń w celu obniżenia kosztów i zwiększenia niezawodności. Zostały zaprezentowane trzy modele remontowe różniące się zakresem naprawy – doskonałej, niedoskonałej i minimalnej. W konkluzji wskazano konieczność uporządkowania systemów eksploatacji sieci elektroenergetycznych oraz możliwość adaptacji opracowanych rozwiązań z obszaru modelowania CBM.

**Słowa kluczowe:** modele remontowe, eksploatacja, system elektroenergetyczny, RCM, CBM, doskonała naprawa, niedoskonała naprawa, minimalna naprawa, perfect repair, imperfect repair, minimal repair, break-down policy.

## 1. Wprowadzenie

Do czasu przełomu politycznego w Polsce obowiązywały jednolite „Przepisy Eksploatacji...” obejmujące całość systemu elektroenergetycznego, posiadające rangę prawną Rozporządzenia Ministra. Przy pełnej własności państwowej sektora elektroenergetycznego przepisy te zapewniały zachowanie na terenie całego kraju jednakowych reguł i wymagań w zakresie eksploatacji oraz stosowanych rozwiązań technicznych. Obsługa prewencyjna (przeglądy, pomiary, remonty okresowe) były z reguły oparte o kryteria czasowe. Usuwanie skutków awarii jest realizowane współcześnie w podobnych strukturach organizacyjnych jak w przeszłości, jednakże przy użyciu znacznie lepszego sprzętu i nowych rozwiązań technologicznych.

Prowadzenie obsługi prewencyjnej w kryterium okresu eksploatacji jest nieefektywne ekonomicznie. Przeglądom i naprawom mogą być poddane urządzenia zdolne do dalszej pracy, powodując zbędne koszty.

Przełom gospodarczy zmienił podejście do zarządzania eksploatacją wszelkich urządzeń, wprowadzając jako cel obniżenie kosztów eksploatacji. Wprowadzenie zaawansowanych metod pomiarowych do diagnostyki stanu urządzeń umożliwiło zmianę podejścia do działań eksploatacyjnych. Decyzje o rozpoczęciu określonych działań można podejmować w oparciu o identyfikację rzeczywistego stanu urządzeń.

W elektroenergetyce francuskiej rozwija się system eksploatacji zmierzający do utrzymania określonej niezawodności urządzeń elektroenergetycznych RCM (*Reliability Centred Maintenance*) [1]. System ten zakłada, że działania eksploatacyjne wraz z naprawą uszkodzeń zapewniają stałe utrzymanie niezawodności określonych urządzeń elektroenergetycznych. Według posiadanego rozeznania stosowanie systemu RCM jest najdalej zaawansowane w sieciach przesyłowych.

Podstawowym problemem przy wprowadzaniu systemu RCM jest wyznaczenie

optymalnego poziomu niezawodności. Funkcją celu to minimalizacja kosztów operatora.

Koszty te składają się z: kosztów ogólnych, niezależnych od poziomu niezawodności, kosztów bezpośrednich, zależnych od zawodności (koszty usuwania awarii oraz koszty związane z niedostarczoną energią), kosztów utrzymania poziomu niezawodności (diagnostyka, monitoring, remonty prewencyjne, upgrading itp.)

## 2. Modelowanie procesów eksploatacyjnych

Celem modelowania procesu eksploatacji jest wyznaczenie procedur diagnostycznych, działań remontowych i modernizacyjnych stosowanych w wyznaczonych warunkach (wyznaczonych odstępach czasu). Urządzenia elektroenergetyczne mogą być traktowane jako systemy naprawialne. Można rozróżnić trzy modele remontowe różniące się poziomem naprawy [2]:

- **naprawę doskonałą**, zapewniającą stan „jak nowy” po naprawie (PR – *Perfect Repair*)
- **naprawę niedoskonałą**, zapewniającą stan urządzenia sprzed awarii (IR – *Imperfect Repair*),
- **naprawę minimalną**, obiekt utrzymuje swoją funkcję, lecz jego stan może być gorszy niż przed awarią, np. w wyniku zastosowania do naprawy części zastępczych lub używanych (MR – *Minimal Repair*).

Systematykę modeli remontowych pokazano na rys. 1.

Z technicznego punktu widzenia we wszystkich systemach eksploatacyjnych chodzi o te same czynności i w zasadzie te same technologie. Różnice dotyczą okresów czasu pomiędzy działaniami prewencyjnymi i stanami urządzeń po naprawach. W literaturze rozważa się zatem dwa podstawowe modele procesów eksploatacyjnych:

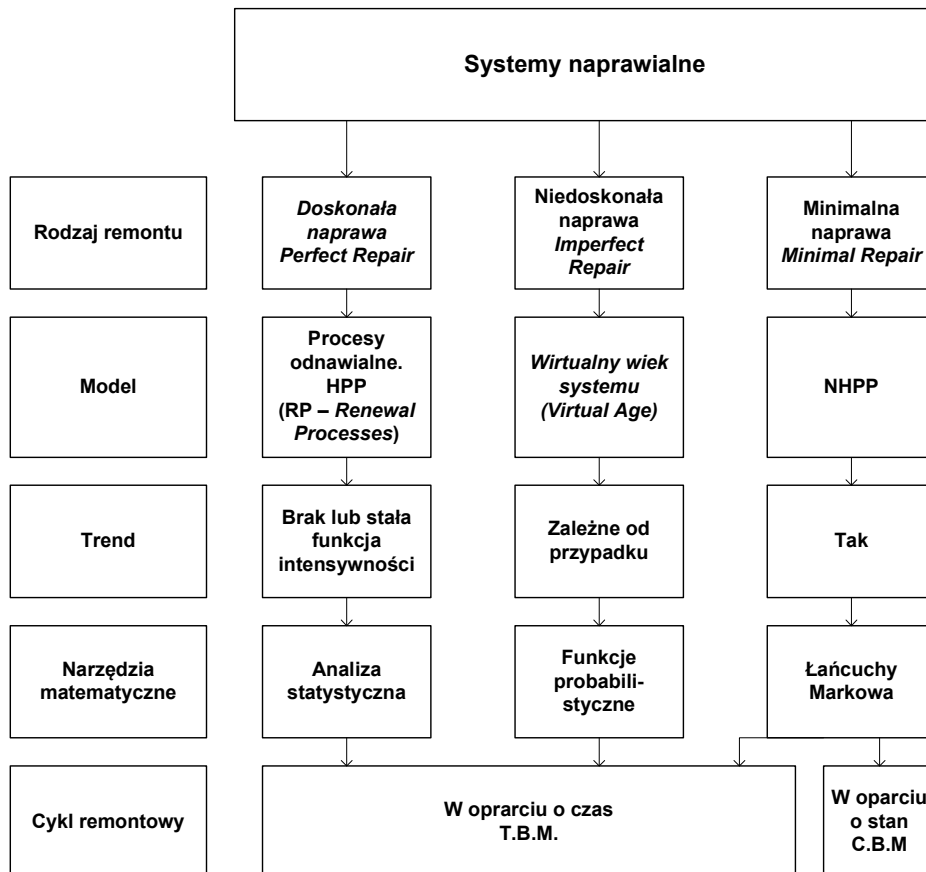
- **zależnych od czasu (TBM – Time Based Maintenance),**
- **zależnych od stanu (CBM – Condition Based Maintenance).**

Oba modele nie uwzględniają znaczenia ekonomicznego urządzenia. Przykładowo – dwie linie elektroenergetyczne o identycznej budowie i długości mogą zasilać znacznie zróżnicowane odbiory, a skutki ekonomiczne tego samego zdarzenia (awarii) mogą być bardzo zróżnicowane, jest zatem oczywiste, że oba modele TBM i CBM nie pozwalają na dopasowanie sposobu działania do realnych kosztów zdarzenia.

Poza wymienionymi systemami eksploatacyjnymi znajduje się Break-down Policy (BdP), tj. zrezygnowanie z działań diagnostycznych i prewencyjnych. Pozostaje zwykła naprawa uszkodzeń w momencie wystąpienia awarii oraz utrzymanie funkcjonowania przy minimalizacji kosztów bezpośredniej obsługi.

W odniesieniu do linii elektroenergetycznych celowy jest podział na co najmniej trzy grupy:

1. Linie zasilające ważnych odbiorców pobierających duże moce, o szczególnym znaczeniu dla bezpieczeństwa elektroenergetycznego. Modele eksploatacji takich linii winny zapewniać utrzymanie lub podnoszenie ich niezawodności, mimo procesów degradacji. Naprawy powinny być doskonałe (PR).
2. Linie nie należące do pierwszej grupy przeznaczone do długotrwałej eksploatacji (okres planowanej eksploatacji większy od 10 lat). Modele naprawy niedoskonałej (IR).
3. Linie przewidziane do likwidacji lub przebudowy o planowym okresie eksploatacji krótszym od 10 lat. Mogą być poddane naprawom minimalnym (MR).



Rys. 1. Systematyka najczęściej używanych modeli remontowych [1]

### 3. Podsumowanie

Wydaje się być konieczne uporządkowanie systemów eksploatacji sieci elektroenergetycznych np. na podstawie modeli CBM. Dotychczasowe prace [4, 5] wskazują na realną możliwość zastosowania modelu CBM w odniesieniu do sieci przesyłowych 400kV i 220kV.

Rozszerzenie modelu CBM o uwzględnienie redundancji w rachunku kosztów może pozwolić na wyznaczenie rozkładu kosztów obsługi i napraw dla każdej grupy linii elektroenergetycznych.

Docelowo zastosowanie wyników analiz może doprowadzić do racjonalizacji (obniżenia) kosztów eksploatacji linii przesyłowych.

Przeprowadzenie analiz stosowności modeli eksploatacyjnych typu CBM do problemu eksploatacji napowietrznych linii przesyłowych 400kV i 220kV pozwoli na: przewidywanie skutków technicznych (przerwy w zasilaniu) i ekonomicznych zdarzeń powtarzalnych wynikających z procesów degradacji, planowanie nakładów na eksploatację

linii zależnie od ich znaczenia, otwarcie możliwości obniżenia kosztów eksploatacji, analizę celowości wprowadzenia redundancji przy uwzględnieniu kryteriów ekonomicznych.

Konieczne jest poznanie doświadczeń innych operatorów sieci elektroenergetycznych w zakresie organizacji eksploatacji, a w szczególności:

- wskaźników niezawodności,
- kosztów awarii,
- kosztów prewencji,
- kosztów ogólnych systemu eksploatacji sieci,
- podziału zakresu realizowanych prac pomiędzy personel operatora i przedsiębiorstwa serwisowe.

System eksploatacji, jego organizacja, personel i wyposażenie muszą być przygotowane do działania w warunkach dużych awarii i współdziałania z podmiotami zewnętrznymi.

## Literatura

1. Rivard J., Delpet R., Lajoie-Mazenc C., The application of RCM method to RTE overhead transmission lines, CIGRE Session 2004, Paryż.
2. Linquist B. H.: On the statistical modelling and analysis of repairable systems. Series on Quality, Reliability and Engineering Statistics, Vol. 7, World Scientific Publishing, Singapore, 2003.
3. Dzierżanowski Ł.: *Failure processes modelling in repairable systems*. Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej nr 323, 2008,
4. Dzierżanowski Ł., Tomaszewski M., Matching the metrological databases of deterioration areas with the diagnostic data based on the OP-650 power boiler shields example, XIII Conference „Computer Applications in Electrical Engineering”, Poznań, 2008.
5. Dzierżanowski Ł., Tomaszewski M., „Wspomaganie podejmowania decyzji remontowych z wykorzystaniem modelu CBM” Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Knosala R. (red.), Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2009

Dr inż. Łukasz DZIERŻANOWSKI  
Instytut Elektroniki i Systemów Pomiarowych  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Sosnkowskiego 31  
tel./fax.: 77 400 6215  
e-mail: l.dzierzanowski@po.opole.pl



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Artykuł współfinansowany przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

