

KORNASZEWSKI Mieczysław

ODNOWA URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Streszczenie

Odnowa urządzeń technicznych oznacza naprawę lub wymianę tych urządzeń na nowe. W przypadku złożonych urządzeń sterowania ruchem kolejowym przywraca im podatność i niezawodność. Odnowa jest problemem bardzo kosztownym, często nie docenianym i pomijanym. Na PKP PLK S.A. obowiązuje polityka eksploatacyjna odbywająca się zgodnie z uproszczoną strategią wg resursu. Artykuł zawiera informacje dotyczące procesu eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym, ze szczególnym naciskiem na proces ich odnowy.

WSTĘP

W przypadku nadmiernego pogorszenia się stanu technicznego obiektów sterowania ruchem kolejowym (srk) zachodzi pilna potrzeba odnowy własności struktury systemu sterowania ruchem kolejowym. W przeciwnym razie, jeśli takiej odnowy nie ma, powstają uszkodzenia, które mogą spowodować znaczne naruszenia spójności struktury kontrakcyjnej systemu i związane z tym duże straty. Profilaktyczna działalność, w celu odnowy stanu systemu srk, ma więc istotne znaczenie. Stan techniczny obiektów wchodzących w skład systemu sterowania ruchem kolejowym zależy nie tylko od czasu pracy i warunków zewnętrznych wpływających na jego poprawne funkcjonowanie, ale także od podejmowania trafnych decyzji eksploatacyjnych.

Proces starzenia i zużycia poszczególnych obiektów wchodzących w skład systemu srk, wyznaczają potrzeby w zakresie posiadania odpowiednich elementów składających się na stan infrastruktury kolejowej oraz zapasów różnych rodzajów części zamiennych. Wszystko to wywołuje konieczność, stosownego do tych potrzeb, planowania i realizacji obsługi profilaktycznych, a także wykonywania obsługi wymuszonych. W przypadku obsługi planowanych (profilaktycznych) zachodzi potrzeba wyróżnienia niezbędnych rodzajów obsługi profilaktycznych, ustalenia czasu, po upływie którego należy wykonywać te usługi i określenia warunków, dla których wykonywanie tych usług jest celowe.

Racjonalne zarządzanie procesem eksploatacji systemu sterowania ruchem kolejowym wymaga odnowy jego uszkodzonych podzespołów w optymalnym czasie (proces starzenia). Problem właściwego doboru metod odnowy nabiera coraz większego znaczenia wobec szybkiego rozwoju techniki przejawiającego się wprowadzeniem nowoczesnych komputerowych urządzeń technicznych, jak również wskutek powstawania dużych zintegrowanych systemów. W skład tych systemów, poza środkami technicznymi (maszyny, urządzenia), wchodzi także systemy organizacyjne wraz z odpowiednimi metodami zarządzania.

Rozpatrując możliwe warianty odnowy urządzeń srk należy zwrócić uwagę na fakt, że odnowa jest celem działania, zaś obsługa sposobem działania. Przy takim rozumieniu odnowy można wyróżnić m.in.:

- odnowę stanu pełnej zdatności systemu sterowania ruchem kolejowym,
- odnowę potencjału eksploatacyjnego systemu srk,
- odnowę własności fizyko-chemicznych materiałów, z których są wykonane newralgiczne podzespoły systemu srk,
- odnowę zapasów części zamiennych (elementów, modułów, podzespołów srk), itp.

1. PROCESY UŻYTKOWANIA I ODNOWY URZĄDZEŃ SRK

Eksploatacja obiektu technicznego polega na takim sterowaniu jego działaniem, aby utrzymując jego parametry w dopuszczalnym przedziale zmienności, zachować korzystny stosunek uzyskanych efektów do ponoszonych nakładów.

Proces użytkowania obiektów srk polega na wykonywaniu działań, które pozwalają właścicielowi urządzenia (np. firmie PKP PLK S.A.) osiągać spodziewane korzyści. Jest to podstawowy element procesu eksploatacji. Dla jego realizacji wymagane jest aby, użytkowane urządzenie srk znajdowało się w stanie zdatności.

Celem użytkowania urządzeń srk jest umożliwienie bezpiecznego i sprawnego przemieszczania się taboru kolejowego. Użytkowanie urządzenia jest jednocześnie czynnikiem powodującym jego zużycie.

Każdy z obiektów ulega zużyciu z czasem. Zużyciem nazywamy stopniową utratę pierwotnej zdolności, do wykonywania wyznaczonej pracy. Po pewnym czasie następuje pogorszenie stanu technicznego i użyteczności. W procesie zużycia zachodzą zmiany wymiarów geometrycznych, odkształcenie, zmiany naprężeń, strukturalne, zmniejsza się sprawność technologicznej maszyn [7, 8].

Dla prostych urządzeń wskazuje się dwie klasy stanów technicznych:

- stan zdatności do użytkowania, nazywany też stanem gotowości technicznej,
- stan niezdatności do użytkowania.

W stanie zdatności wartości parametrów urządzenia nie przekraczają przedziału granicznego. Natomiast stan niezdatności oznacza, że graniczne wartości parametrów zostały przekroczone i urządzenie nie może być użytkowane.

W przypadku złożonych obiektów technicznych, ocenę stanu technicznego odnosi się najczęściej do czterech klas: sprawności, zdatności, niesprawności, niezdatności.

Odnowa jest celem działania, natomiast obsługa sposobem działania. Działania związane z obsługiwaniem urządzeń sterowania ruchem kolejowym powinny prowadzić więc do określenia możliwie największej liczby przedsięwzięć prowadzących do wydłużenia okresu ich eksploatacji poprzez podtrzymywanie lub przywracanie obiektowi srk stanu zdatności użytkowej.

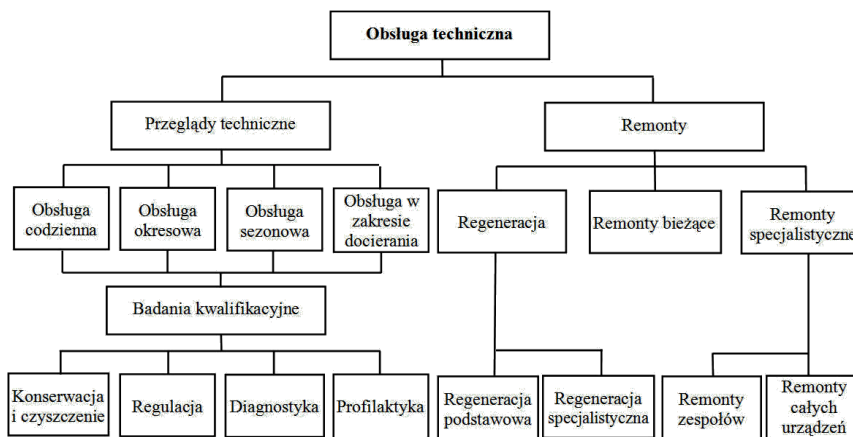
Urządzenie srk w charakterze obiektu obsługi generuje wiele różnych procesów obsługowych (obsług). W przypadku obsługi urządzeń srk rozróżnia się w zależności od celu jej dokonywania [3, 4, 5]:

- obsługę jednokrotną i wielokrotną,
- obsługę techniczną,
- obsługę organizacyjną.

Mogą to być obsługi jednokrotne, jak wprowadzanie (docieranie) i wycofywanie urządzenia srk z eksploatacji, jak również obsługi wielokrotne, jak przygotowanie do użytkowania, konserwowanie, obsługa techniczna, przegląd techniczny, naprawa, remont, transportowanie, przechowywanie urządzenia. Każdy z powyższych rodzajów usług można jeszcze szczegółowiej podzielić, np. remonty na bieżący, średni i kapitalny (główny), prace

okresowe (konserwacje) na codzienne, tygodniowe (dekadowe), miesięczne, kwartalne, półroczne, roczne, dwuletnie, itp.

Wśród zbioru usług danego urządzenia sterowania ruchem kolejowym można dodatkowo wyróżnić tzw. usługi techniczne, gdy urządzenie srk staje się obiektem obsługi ze względu jego aktualny stan techniczny oraz tzw. usługi organizacyjne. Obsługa techniczna ma na celu podtrzymanie lub odtworzenie stanu zdadności urządzenia srk do przewidywanych zadań (np. obsługa bieżąca, przegląd techniczny, konserwacja, naprawa). Obsługa organizacyjna ma na celu stworzenie warunków organizacyjnych do wykorzystania urządzenia srk zgodnie z jego przeznaczeniem (np. przechowywanie i przewożenie urządzeń). Potrzeba tego ostatniego rodzaju usług wynika ze względów organizacyjnych, ponieważ albo urządzenie srk w danej chwili nie jest użytkownikowi potrzebne (należy go przechowywać do chwili późniejszej), albo też urządzenie srk nie jest użytkownikowi potrzebne w danym miejscu (należy go przewieźć w inne miejsce).



Rys. 1. Podstawowe czynności wchodzące w skład obsługi technicznej [5]

2. CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH STRATEGII ODNOWY URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

Strategia odnowy (eksploatacyjna) to sposób działania z obiektami technicznymi, ustalony na podstawie wyników badań naukowych, polegający na osiągnięciu pożądanego stanu w systemie eksploatacji, będącego celem, którego osiągnięcie jest zdarzeniem losowym z powodu braku zespołu informacji o warunkach, w których ten stan będzie osiągnany. System (urządzenie), w którym po dłuższym okresie funkcjonowania zachodzi znaczny spadek założonej wydajności lub dochodzi do uszkodzeń, musi być nieefektywny w dalszym procesie eksploatacji (np. nadmierna: masa, moce silników, zużycie energii czy paliwa). Z tego też powodu strategia eksploatacji powinna być modyfikowana lub zamieniana w zależności od przyjętego kryterium. Mogą to być np. ilości godzin przepracowanych przez system.

W eksploatacji urządzeń wyróżnia się następujące strategie [3, 4, 5, 8]:

- wg resursu,
- w zależności od stanu technicznego,
- mieszaną,
- autoryzowaną,
- wg efektywności ekonomicznej,
- wg niezawodności.

2.1. Strategia według resursu

Generalną zasadą w strategii wg resursu (potencjału eksploatacyjnego) jest zapobieganie uszkodzeniom zużyciowym i starzeniowym poprzez konieczność wykonywania zabiegów

obsługowych w oznaczonych limitach wykonanej pracy, przed osiągnięciem granicznego poziomu zużycia. Podstawowymi założeniami realizacji tej strategii są:

- ustalony zakres czynności obsługowych przyporządkowany konkretnej obsłudze,
- okresowość realizacji ustalonych obsług i napraw urządzeń,
- hierarchizacja obsług i napraw.

Terminy oraz zakresy obsług i napraw przyjętych realizacji w tej strategii są stałe, ustalone na podstawie wyników wieloletnich badań eksploatacyjnych i są niezależne od stanu technicznego urządzenia. Natomiast hierarchizacja realizowanych obsług i napraw oznacza, że obsługa lub naprawa wyższego rzędu zawiera w sobie zakresy czynności obsług lub napraw niższego rzędu.

Z punktu widzenia wykorzystania rzeczywistego potencjału użytkowego urządzenia jest to strategia mało efektywna, gdyż podstawą przyjmowania dopuszczalnej ilości pracy są ekstremalne warunki pracy. Przyjmuje się w niej najniekorzystniejsze warunki pracy, najsłabsze ogniwa urządzenia, ekstremalne obciążenia, które nie zawsze i w nierównym stopniu mogą się ujawnić podczas eksploatacji.

Podstawową wadą tej strategii jest konieczność realizacji obsług i napraw urządzeń znajdujących się w różnych stanach technicznych, o stałym zakresie w ściśle ustalonych terminach, wynikających z wykonania przez te urządzenia porównywalnych zadań mierzonych czasami pracy, przejechanymi kilometrami lub innymi jednostkami.

2.2. Strategia według stanu technicznego

Strategia ta polega na ciągłym kontrolowaniu stanów technicznych urządzeń i opracowywaniu na tej podstawie informacji diagnostycznych, umożliwiających decydom różnym szczebli podejmowanie racjonalnych działań w konkretnym systemie eksploatacji i w jego otoczeniu. Aktualny stan techniczny urządzenia odwzorowany jest wartościami mierzonych symptomów stanu. Poprawna realizacja tej strategii wymaga skutecznych metod i środków diagnostyki technicznej oraz przygotowanego personelu technicznego. Wymaga też przezwyciężenia nieufności decydentów co do efektywności takiego sposobu eksploatacji. Efekty ekonomiczne z takiego sposobu eksploatacji są niewspółmiernie wyższe niż w innych strategiach, co warunkuje powodzenie i ogromne zainteresowanie tym rozwiązaniem.

W systemie tym nie ustala się stałych terminów obsług i napraw. Wszelkie decyzje o potrzebie ich realizacji podejmuje decydent na podstawie informacji diagnostycznych zawierających dane m.in.: o stanach technicznych urządzeń, stanach operatorów, stanach otoczenia oraz prognoz dotyczących zmian tych stanów w trakcie realizacji przez urządzenia wyznaczonych zadań, w wyznaczonym przedziale czasu. Niezbędne dane zbiera podsystem diagnostyczny, a podsystem informatyczny przetwarza je i przygotowuje dla podsystemu decyzyjnego.

2.3. Strategia autoryzowana

Potrzeby i uwarunkowania gospodarki rynkowej uzasadniają konieczność wprowadzenia nowoczesnych autoryzowanych strategii wytwarzania i eksploatacji urządzeń technicznych. W propozycji takiej strategii nie traci się dotychczasowych dokonań strategii eksploatacji wg stanu, lecz twórczo się ją modernizuje.

Autoryzowana strategia eksploatacji imiennie wskazuje na producenta i odpowiedzialnego za wyrób. Producent zainteresowany jakością i późniejszym zbytem jest odpowiedzialny za wyrób od projektu, poprzez konstrukcję, wytwarzanie i eksploatację, aż do ewentualnej likwidacji obiektu.

2.4. Strategia mieszana

Rozwiązania tego typu polegają na wyposażeniu systemów eksploatacyjnych realizujących strategię wg resursu w podsystemy diagnostyczne wspierające racjonalne

działania eksploatacyjne z urządzeniami, nazywane w zależności od zakresu ich zastosowania:

- sekwencyjnymi, tzn. realizującymi diagnozowanie w ciągu ograniczającym się tylko do wybranych sekwencji (węzłów, podzespołów) urządzeń technicznych,
- quasi-dynamicznymi, tzn. realizującymi kontrolę poprzez monitorowanie zmian wybranych sygnałów diagnostycznych, których wartości wpływają lub mogą wpływać na zmiany terminów i zakresy obsługi i napraw urządzeń,
- pośrednimi – realizującymi ciągle diagnozowanie stanu urządzeń w stopniach i zakresach zależnych od uzasadnień ekonomicznych, uzupełniających przestrzeń między uprzednio opisanymi strategiami eksploatacyjnymi.

2.5. Strategia według efektywności ekonomicznej

Wzrost popytu na nowoczesne i bardziej efektywne urządzenia powoduje wprowadzenie na rynek przez producentów w coraz krótszych przedziałach czasowych, nowych rozwiązań urządzeń technicznych. Działania te powodują ciągle skracanie czasu i istnienia na rynku określonego typu urządzenia.

Strategia eksploatacji wg efektywności dotyczy takich zdarzeń, gdy „relatywne” starzenie urządzeń technicznych wyprzedza ich fizyczne zużycie i gdy urządzenia te, chociaż są w stanie zdatności technicznej, to są wycofywane z użytkowania na skutek niezadowolającej efektywności lub z powodu niespełnienia kryteriów, które zaczęły obowiązywać (np. bezpieczeństwo, ekologia).

2.6. Strategia według niezawodności

Strategia eksploatacyjna wg niezawodności sprawdza się do podejmowania decyzji eksploatacyjnych na podstawie wyników okresowej kontroli poziomu niezawodności urządzeń (wskaźniki niezawodnościowe) eksploatowanych aż do wystąpienia zwiększonej intensywności uszkodzeń elementów. Strategia wg niezawodności, zwana inaczej strategią „według uszkodzeń” polega na eksploatacji obiektu do chwili wystąpienia uszkodzenia. Badania niezawodności urządzeń w tej strategii prowadzono dotychczas przy wykorzystaniu metod statystycznych dla obserwowanych zdarzeń, a obecnie używa się komputerową technikę symulacyjną i programowane badania niezawodności. Wyróżniane w badaniach niezawodności urządzeń słabe ich ogniwa stanowią cenne informacje dla konieczności prowadzenia badań diagnostycznych.

Strategia może być stosowana tylko wówczas, gdy następstwa uszkodzeń nie naruszają zasad bezpieczeństwa pracy i nie zwiększają kosztów eksploatacji urządzeń technicznych.

3. PROCES ZMIAN STANÓW EKSPLOATACJI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH

Stan obiektów technicznych jest uwarunkowany głównie czynnikami konstrukcyjnymi i czynnikami technologicznymi (np. stopniem automatyzacji procesów produkcyjnych, prawidłowością montażu podzespołów). W procesie eksploatacji działają różnorodne czynniki zewnętrzne (np. wymuszenia meteorologiczne, biologiczne, mechaniczne, kwalifikacje użytkowników, itp.), a także czynniki wewnętrzne (np. wielkości nacisków jednostkowych, rodzaju ruchu). Czynniki te mają charakter losowy, co sprawia, że zbiór cech opisujących właściwości obiektów w danej chwili ma również charakter losowy. Nie jest wykluczone, że obiekty, które przepracowały ten sam okres czasu mogą znajdować się w różnych stanach technicznych.

W każdej chwili $t \in T$ obiekt znajduje się w jednym z możliwych stanów technicznych $w_i(t)$. Stan techniczny $w_i(t)$ obiektu jest to zbiór X_{zn} wartości niezależnych i zupełnych cech stanu $x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)$ w danej chwili t .

$$W_i(t) = \{x_m \in X_{zn} \subset X\}, \quad (1)$$

$$X = \{x_m(t)\}; m = \overline{1, M} \quad (2)$$

gdzie:

X - zbiór możliwych cech stanu obiektu,

X_{zn} - zbiór niezależnych i zupełnych cech stanu.

W przedziale czasu eksploatacji $\langle 0, t \rangle$ obiektu technicznego poszczególne stany $w_i(t)$ tworzą zbiór stanów, zgodnie z (2) zwanych przestrzenią stanów:

$$W = \{w_i(t)\}; i = \overline{1, N} \quad (3)$$

Proces zmian stanów obiektu technicznego w ujęciu matematycznym jest funkcją odwzorowującą zbiór chwil T w zbiór stanów technicznych W . Proces ten charakteryzuje się tym, że zmiana stanu w_i na stan w_j zależy wyłącznie od stanu w_i , a nie zależy od stanów w_{i-1} , w_{i-2}, \dots , które ten stan poprzedzały. Zatem można powiedzieć, że jest to proces semimarkowski. Elementy tego zbioru są wartościami semimarkowskiego procesu $\{W_t; t \in T\}$. Zmiany tego procesu zachodzą w chwilach t_0, t_1, t_2, \dots , będących zmiennymi losowymi [1, 2].

Podobnie wygląda sytuacja z procesem zmian stanów eksploatacyjnych obiektu. W ujęciu matematycznym jest on funkcją odwzorowującą zbiór chwil T w zbiór stanów eksploatacyjnych E . Zbiór stanów eksploatacyjnych można uważać za zbiór wartości procesu stochastycznego $\{E(t); t \in T\}$ przedziałami stałych i o prawostronnie ciągłych realizacjach. Zmiany stanów procesu $E(t)$ zachodzą w chwilach t_0, t_1, t_2, \dots , będących również zmiennymi losowymi [1, 7, 8].

Proces $\{W_t(t); t \in T\}$ zmian stanów technicznych i proces $\{E(t); t \in T\}$ zmian stanów eksploatacyjnych obiektów są procesami wzajemnie zależnymi. W związku z tym tworzą one proces dwuwymiarowy $W_t(t), E(t)$:

$$Z(t) = [W_t(t), E(t)], t \in T \quad (4)$$

$$Z = \{z_i(t)\}; i = \overline{1, N} \quad (5)$$

W ten sposób zdefiniowany proces $Z(t)$ nazywamy procesem eksploatacji obiektów technicznych. Oznacza to, że proces eksploatacji jest łącznym procesem jednoczesnych zmian stanów technicznych – zbiór $W_t(t)$ i stanów eksploatacyjnych – zbiór $E(t)$ obiektów.

Jednoczesne uwzględnianie zbioru stanów technicznych $W_t(t)$, zbioru stanów użytkowania $W_u(t)$ i obsługi $W_o(t)$ umożliwia utworzenie zbioru Z stanów procesu eksploatacji obiektów [1, 7, 8]:

$$Z = W_t \cup E = \{(w^1, e_1), (w^1, e_2), \dots, (w^1, e_n), (w^0, e_1), (w^0, e_2), \dots, (w^0, e_n)\} \quad (6)$$

gdzie:

w^1 – stan techniczny zdatności,

w^0 – stan techniczny niezdatności,

$e_1 \dots e_n$ – zbiór możliwych stanów eksploatacyjnych.

Opisany proces eksploatacji obiektów technicznych posiada następujące właściwości [1, 4]:

- przedziały czasu t_i trwania poszczególnych stanów procesu eksploatacji z_1, z_2, \dots, z_i są nieujemnymi zmiennymi losowymi o różnych rozkładach, ciągłych gęstościach prawdopodobieństw i dodatnich wartościach oczekiwanych,
- przedziały czasu t_i trwania stanów są zmiennymi losowymi wzajemnie niezależnymi,

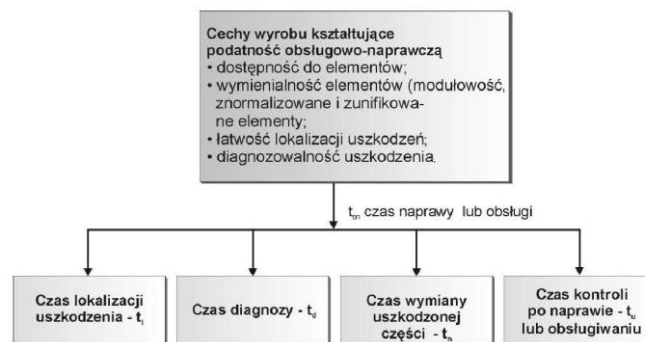
- prawdopodobieństwo przejścia procesu ze stanu z_i do dowolnego innego stanu z_j nie zależy od tego, w jakich stanach ten proces znajdował się wcześniej,
- zbiór stanów procesu eksploatacji $Z(t)$ obiektów technicznych jest zbiorem dyskretnym, a jego realizacje są funkcjami przedziałami stałymi i ciągłymi.

Na podstawie zapisu (6) istnieje możliwość modelowania procesu zmian stanów eksploatacyjnych urządzeń sterowania ruchem kolejowym, z uwzględnieniem stanów odnowy i ważnych obsługa, tj. przeglądów profilaktycznych, konserwacji, napraw bieżących, remontów, itp. Proces zmian stanów eksploatacyjnych urządzeń srk w okresie międzyobsługowym jest rozpatrywany w praktyce eksploatacyjnej jako proces stochastyczny o dyskretnym zbiorze stanów i ciągłym czasie trwania wyróżnionych stanów.

4. MODELE ODNOWY URZĄDZEŃ SRK

Uszkodzenia obiektów technicznych są zmiennymi losowymi. Modelami dla zdarzeń losowych obserwowanych w czasie są procesy stochastyczne. Przyjmując, że liczba występujących uszkodzeń w jednym okresie nie zależy od liczby w okresach poprzednich, procesy uszkodzeń obiektów można rozpatrywać jako procesy Markowa.

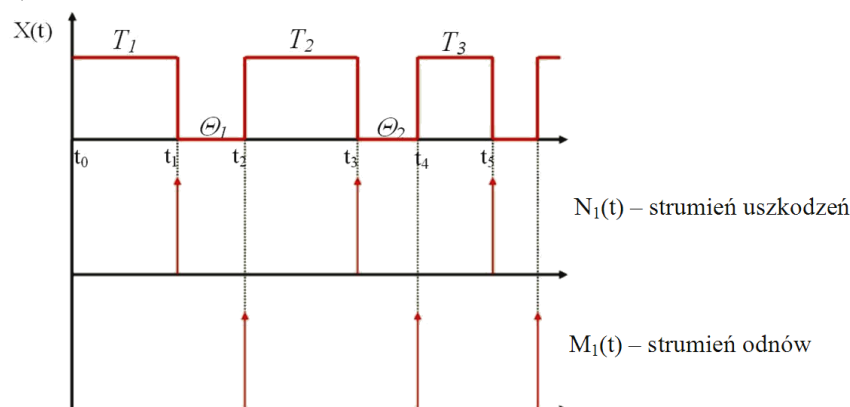
Przykładowe czasy składające się na całkowity czas odnowy przedstawiono na rys. 2. Jeżeli czas wymiany jest krótki w porównaniu z czasem życia obiektu to można go pominąć i traktować, że odnowa jest natychmiastowa.



Rys. 2. Czasy wpływające na odnowę obiektów technicznych [6]

Element odnawialny ma w ogólnym przypadku cztery stany podstawowe: funkcjonowania, remontu awaryjnego, remontu profilaktycznego i rezerwy.

Jeśli pominiemy stany remontu profilaktycznego i rezerwy to modelem procesu eksploatacji elementu odnawialnego jest proces odnowy o skończonym niezerowym czasie odnowy (rys. 3).



Rys. 3. Przykład procesu odnowy z niezerowym czasem odnowy [5, 8]

Ciąg $t_1, t_3, \dots, t_{2k+1}, \dots$ tworzą chwile kolejnych uszkodzeń, natomiast ciąg $t_2, t_4, \dots, t_{2k}, \dots$ chwile odnowień. Są tu również dwa ciągi zmiennych losowych $T_1, T_2, \dots, T_k, \dots$ oraz $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_k, \dots$ określające czasy użytkowania i czasy odnowy. Ciągi te tworzą dwa strumienie zdarzeń: strumień uszkodzeń $N_1(t)$ i strumień odnow $M_1(t)$.

Rzeczywisty proces odnowy można analizować za pomocą dwóch procesów losowych [8, 9]:

- $\{N(t), t > 0\}$, określającego liczbę uszkodzeń w przedziale czasowym $\langle 0, t \rangle$,
- $\{m(t), t > 0\}$, określającego liczbę odnowień w przedziale czasowym $\langle 0, t \rangle$.

W związku z tym można rozpatrywać dwie funkcje:

$$H(t) = E[N(t)] \quad (7)$$

wyrażającą oczekiwaną liczbę uszkodzeń w przedziale $\langle 0, t \rangle$, zwaną funkcją odnowy

$$I(t) = E[m(t)] \quad (8)$$

oraz drugą określającą oczekiwaną w danym przedziale czasowym liczbę odnow.

Gdy zmienne losowe T_k mają ten sam rozkład o czasach oczekiwanych $E(T)$ oraz zmienne losowe Θ_k o czasach oczekiwanych $E(\Theta)$, wówczas przy oszacowaniu funkcji można wykorzystać tzw. elementarne twierdzenie odnowy:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{H(t)}{t} = \frac{1}{E(T)} \quad (9)$$

Wskaźnikiem niezawodności elementu, którego modelem niezawodnościowym procesu eksploatacji jest rzeczywisty proces odnowy z niezerowym czasem odnowy jest współczynnik gotowości. Definiuje się go jako prawdopodobieństwo tego, że w chwili t obiekt znajduje się w stanie funkcjonowania (zdadności) [3, 8, 9]:

$$K(t) = \sum_{i=1}^{\infty} P \left\{ \sum_{k=0}^i (T_k + \Theta_k) < t < \sum_{k=0}^i (T_k + \Theta_k) + T_{i+1} \right\} \quad (10)$$

Gdy wartość t jest dostatecznie duża można posługiwać się asymptotycznym współczynnikiem gotowości [3, 4, 7, 8, 9]:

$$K = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = \frac{E(T)}{E(T) + E(\Theta)} \quad (11)$$

4.1. Modele procesów uszkodzeń i odnowy obiektów technicznych

Poniżej scharakteryzowano podstawowe typy modeli procesów uszkodzeń i odnowy obiektów technicznych [3, 4, 5]:

1. Proces użytkowania o natychmiastowej odnowie. Jest to proces użytkowania kolejnych obiektów o losowym czasie życia, z których każdy jest wprowadzany do eksploatacji w chwili uszkodzenia poprzedniego obiektu. Przy założeniu, że czasy τ_n życia obiektów są ciągłymi niezależnymi zmiennymi losowanymi proces ten można traktować jako proces semi-Markowa. Jeżeli zmienne losowe τ_n są niezależne i mają jednakowy rozkład prawdopodobieństwa mamy do czynienia z procesem odnowy typu Palma, zaś jeżeli zmienne losowe τ_n mają wykładniczy rozkład prawdopodobieństwa z parametrem $\lambda > 0$, to proces odnowy nazywa się procesem Poissona.

2. Proces życia i odnowy „n” obiektów, które wykonując określoną usługę zużywają się i po wystąpieniu uszkodzeń są odnawialne. Stan systemu określamy jako liczbę uszkodzonych obiektów i traktujemy jako proces stochastyczny o ciągłym parametrze czasowym i skończonej liczbie stanów. Po spełnieniu odpowiednich warunków proces ten można traktować jako proces semi-Markowa i rozpatrywać go następująco [1, 3, 4, 5]:
 - a) czasy życia obiektów mogą mieć jednakowy lub różny rozkład prawdopodobieństwa, być niezależnymi lub zależnymi zmiennymi losowymi;
 - b) obiekty mogą tworzyć strukturę szeregową, równoległą lub szeregowo-równoległą, w tym z rezerwą;
 - c) czasy odnowy obiektów są zmiennymi losowymi zależnymi lub niezależnymi o jednakowych lub różnych rozkładach prawdopodobieństwa;
 - d) proces odnowy wykonuje jeden lub więcej pracowników,
3. *Proces życia i odnowy obiektu wielostanowego.* W tym przypadku stan obiektu traktuje się jako poszczególne etapy jego życia. Przy spełnieniu odpowiednich warunków taki proces można traktować jako proces semi-Markowa. Podkreślić należy, że własności łańcucha włożonego zwykle stanowią wystarczającą charakterystykę procesu semi-Markowa.

PODSUMOWANIE

Obsługiwanie, a w szczególności odnowa i związana z nią regeneracja przywracają systemowi sterowania ruchem kolejowym zdatność i niezawodność. Należy przyjąć, że po odnowie niezawodność systemu srk będzie również duża i to niezależnie od tego, jaka jest optymalnie podyktowana trwałość po odnowie.

Przedwczesna realizacja obsługi urządzenia srk, w stosunku do rzeczywistego stanu technicznego, co wiąże się z koniecznością wyłączenia z użytkowania tego urządzenia srk i obiektów zależnych, może być zbędna i niekonieczna w danym momencie. Pociąga to za sobą nakłady finansowe, które zwiększają ogólny koszt eksploatacji systemów srk

Z wielu metod eksploatacji najczęściej stosowana w odnowie systemów sterowania ruchem kolejowym jest strategia odnowy wg rezerwu (tzw. zasada głównego cyklu remontowego). Polega ona na wykonaniu czynności konserwacyjno-naprawczych w założonych cyklach, niezależnie od rzeczywistego zużycia elementów i podsystemów. Na PKP PLK S.A. obowiązuje polityka eksploatacyjna, odbywająca się zgodnie ze wspomnianą uproszczoną strategią wg rezerwu (ustalonych harmonogramów - obsług, w stałych odstępach czasu. Długości okresów między kolejnymi obsługami, zróżnicowane dla poszczególnych typów urządzeń srk, są stałe przez cały okres ich eksploatacji.). Znacznie korzystniejszą metodą w przypadku urządzeń srk wydaje się zasada eksploatacji wg stanu technicznego. Wymaga ona jednak lepszego wyposażenia w urządzenia pomiarowo-diagnostyczne i wyższych kwalifikacji personelu eksploatacyjnego.

W artykule pominięto istotny aspekt zarządzania procesem eksploatacji urządzeń srk. Obecnie zarządzanie procesem eksploatacji odbywa się w podsystemie informacyjno-decyzyjnym i obejmuje podejmowanie decyzji dotyczących fizycznej realizacji wszystkich procesów i działań zachodzących podczas eksploatacji. W szczególności umiejętne zarządzanie jest niezbędne do racjonalnego użytkowania urządzeń, podtrzymywania i odtwarzania stanu zdatności (proces obsługi), zasilania urządzeń i całego systemu eksploatacji w energię, materiały, części zamienne, informacje oraz diagnozowania stanu urządzeń. Połączenie systemów informowania kierownictwa z różnorodnymi metodami matematycznymi, wśród których należy wymienić: metody optymalizacji, metody sieciowe, symulację komputerową, teorię niezawodności, teorię eksploatacji, teorię masowej obsługi itp., pozwala na stworzenie systemu wspomaganie decyzji w zakresie eksploatacji urządzeń srk

BIBLIOGRAFIA

1. Girtler J.: *Zastosowanie teorii procesów semimarkowskich do sterowania procesem eksploatacji technicznych środków transportowych*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa TRANSPORT XXI WIEKU, Warszawa 2004
2. Konieczny J.: *Sterowanie procesem eksploatacji*. PWN, Warszawa 1975.
3. Kornaszewski M.: *Modelowanie odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym w procesie eksploatacji*. Wydawnictwo UTH Radom, Radom 2013.
4. Koźniewska I., Włodarczyk M.: *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*. PWN, Warszawa 1978.
5. Legutko S.: *Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń*. WSiP, Warszawa 2004.
6. Szkoda J., Świdorski A.: *Problemy oceny skuteczności jakościowej procesów realizacji wyrobów w aspekcie wymagań AQAP*. Wyd. Europejskiego Instytutu Jakości, Warszawa 2005.
7. Woropay M.: *Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji. Bydgoszcz-Radom 1996.
8. Żółtowski B., Niziński S.: *Modelowanie procesów eksploatacji maszyn*. Wydawnictwo MARKAR – BZ, Bydgoszcz-Sulejówek 2002.
9. <http://www.ien.pw.edu.pl/>

RENOVATION OF THE RAIL TRAFFIC CONTROL DEVICES

Abstract

Renovation of technical equipment means the repair or replacement of these devices for new ones. In the case of complex railway signaling devices it restores the usefulness and reliability. Renovation is a very costly problem, often not appreciated and skipped. The PKP PLK S.A. service policy is held in accordance with a simplified strategy according to the main principle of the cycle repair. The article contains information about the rail traffic control devices exploitation operation, with a especial focus on the process of their renovation.

Autor:

dr inż. **Mieczysław Kornaszewski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu