ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2001
Seria: TRANSPORT z. 42 Nr kol.1524

Jerzy MIKULSKI

USTERKOWOŚĆ SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM. PROGNOZOWANIE ZAWODNOŚCI URZĄDZEŃ SRK

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę usterkowości elektrycznych urządzeń sterowania ruchem kolejowym oraz ocenę wpływu na usterkowość czynników zewnętrznych. Przeprowadzono również prognozę zawodności tych urządzeń.

FAILURE RATE OF RAILWAY TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM. FORECASTING OF FALURE RATE OF SRK EQUIPMENT

Summary. The paper presents an analysis of failure rate of electrical railway traffic control equipment as well as assessment of external factor influence. Also a forecast of failure rate of this equipment was performed.

Od wszystkich elementów, podzespołów, układów urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym wymaga się pewności działania. Pewność działania jest rozumiana jako prawdopodobieństwo niewystąpienia usterki, tj. uszkodzenia urządzenia w określonych warunkach pracy i w określonym czasie.

Obserwacja, analiza i prognozowanie „zachowań" się podstawowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym w trakcie ich eksploatacji powinny stanowić ważny element zarządzania pracą w służbach automatyki kolejowej (elastyczna strategia obsługi urządzeń sterowania ruchem kolejowym). Służby te powinny włączyć do metod planowania przeglądów i remontów także prognozy ostrzegawcze. Prognozy ostrzegawcze mogą także stanowić interesujący materiał przy analizach tych zagadnień nie tylko dla stacji kolejowych już pracujących, ale także w momencie projektowania i budowy nowych stacji.

Prognoza jest opartym na naukowych podstawach przewidywaniem najbardziej prawdopodobnego biegu lub obrazu zjawisk. Zadaniem prognozy ostrzegawczej jest dostarczenie na czas informacji o ewentualnej przyszłej niekorzystnej zmianie kierunku czy natężenia badanego zjawiska (zmiany ilościowe).

W przypadku systemów sterowania ruchem kolejowym bezpieczeństwo jest ze zrozumiałych względów sprawą pierwszoplanową i bardzo ważną. Przez bezpieczeństwo rozumiana jest odporność na powstawanie sytuacji niebezpiecznych. Rozróżnia się tylko dwa stany bezpieczeństwa: niezawodność i zawodność [6].

Niezawodność systemu oznacza prawdopodobieństwo skutecznego (bezawaryjnego) działania w określonym czasie i w określonych warunkach pracy (otoczeniu) oraz przy określonym sposobie eksploatacji i konserwacji, inaczej: prawdopodobieństwo niewystąpienia uszkodzenia [3].

Zawodność (pojęcie przeciwne do pojęcia niezawodności) oznacza ogólnie prawdopodobieństwo wystąpienia usterki (uszkodzenia), nie prowadzące do stanu niebezpiecznego, a tylko wywołujące zakłócenia w ruchu. W przypadku zawodności

funkcjonowania mówi się więc o uszkodzeniu powodującym jedynie przerwę w funkcjonowaniu systemu lub jego niepełne funkcjonowanie. Nieprawidłowe działanie oznacza w tym przypadku bezpieczną, lecz nieprawidłową pracę urządzenia.

Zawodność układów sterowania ruchem kolejowym w tym aspekcie obejmuje tylko uszkodzenia powstałe z przyczyn technicznych, nie uwzględniając roli człowieka i jego zawodności w procesie sterowania ruchem. Określenie (i obliczenie) prawdopodobieństwa uszkodzenia urządzeń z winy człowieka stanowi poważny problem, który wykracza poza ramy tej pracy.

Analiza dynamiki zawodności urządzeń sterowania ruchem kolejowym jest nową dziedziną badań w technice kolejowej, a metody i procedury prognozowania użyte w pracy zostały zaczerpnięte z metodologii prognozowania procesów gospodarczych.

W urządzeniach sterowania ruchem kolejowym usterki powodują lub mogą spowodować niesprawność ruchu, np. opóźnienie pociągu. Niektóre usterki powodują powstanie sytuacji niebezpiecznych, jak np. przyjęcie pociągu na zajęty tor, albo podanie sygnału zezwalającego przy braku kontroli położenia zwrotnicy. Podczas projektowania nowych urządzeń należy uwzględnić wykluczenie takich usterek. Jest to jednak trudne do osiągnięcia, ponieważ każde urządzenie narażone jest na zakłócenia i uszkodzenia, którym nie zawsze można przeciwdziałać, albo jest to nieekonomiczne.

Celem pracy (na podstawie zebranych danych z kilkudziesięciu stacji kolejowych - dane uzyskano od służb automatyki kolejowej na podstawie książki E-1758 [1]) była:

- analiza usterkowości elektrycznych (przekaźnikowych) urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
- ocena wpływu:
  - położenia geograficznego stacji,
  - natężenia ruchu pociągów,
  - roku budowy urządzeń

  na usterkowość urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
- prognoza usterkowości urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

Czynniki wpływające na usterkowość podzielono na podkategorie. I tak:

- położenie geograficzne stacji podzielono na:
  - tereny „czyste ekologicznie",
  - tereny „zanieczyszczone",
  - tereny nadmorskie,
- natężenie ruchu pociągów podzielono na:
  - poniżej 100 pociągów na dobę,
  - od 100 do 150 pociągów na dobę,
  - powyżej 150 pociągów na dobę,
- rok budowy urządzeń podzielono na:
  - urządzenia budowane do 1960 roku,
  - urządzenia budowane po 1961 roku.

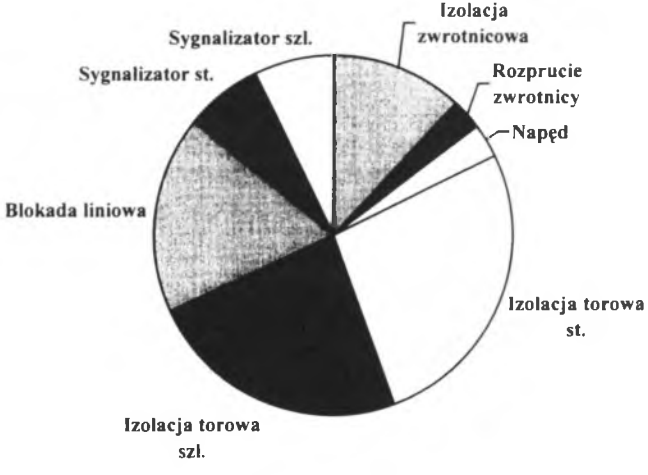
Z zebranych danych obliczono wskaźnik częstości występowania usterki w danym roku:

$$\textbf{Wskaźnik} = \frac{\textbf{liczba usterek danego typu w obserwowanym okresie (rok)}}{\textbf{liczba urządzeń danego typu}} \times 100\%$$

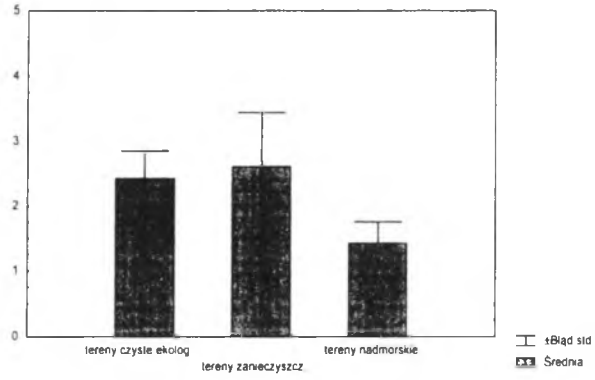
Obliczono wartości średnie oraz odchylenia standardowe badanych wskaźników dla wszystkich obserwowanych stacji oraz dla poszczególnych kategorii (położenie geograficzne, rok budowy, natężenie ruchu pociągów).

Obliczeń dokonano przy użyciu programu STATISTICA [5]. Przykładowe wyniki przedstawiono na rysunkach 1 – 6.

Jak wynika z wykresu struktury usterek (rys. 1), najczęściej występującą usterką była usterka izolacji torowej stacyjnej; rzadziej występowała usterka izolacji torowej szlakowej, następnie, z jeszcze mniejszą częstością, występowała usterka: blokady liniowej i izolacji zwrotnicowej. Natomiast najrzadziej występowały usterki sygnalizatora stacyjnego i szlakowego oraz napędu i rozprucia zwrotnicy.

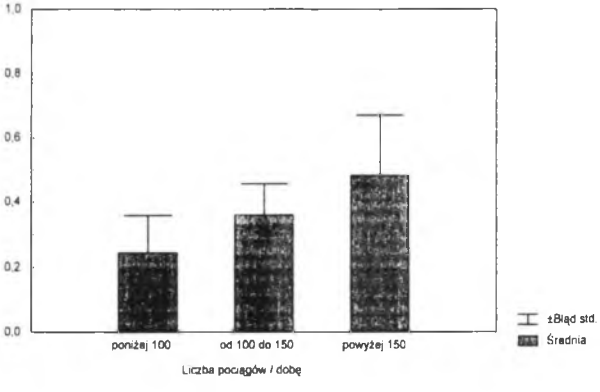


Rys. 1. Struktura występowania usterek
Fig. 1. Structure of failure occurrence



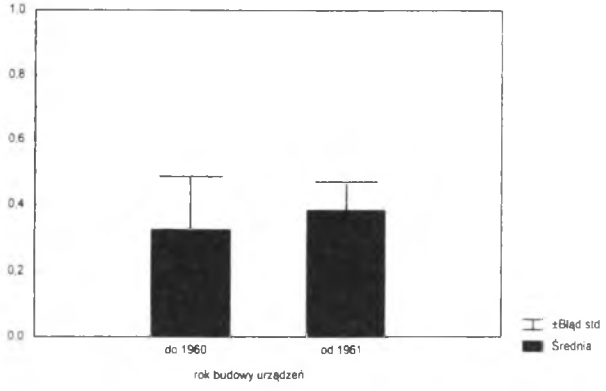
Rys. 2. Wykres częstości występowania usterki izolacji torowej stacyjnej w zależności od położenia geograficznego stacji
Fig. 2. Chart of frequency of track insulation failure occurrence depending of geographic location of the station

Z analizy częstości występowania usterki izolacji torowej stacyjnej w zależności od lokalizacji stacji (rys. 2) wynika, że najczęściej usterka ta występowała na terenach zanieczyszczonych, zaś najrzadziej na terenach nadmorskich.



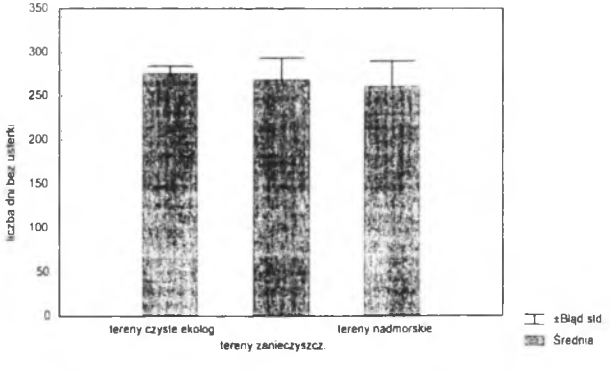
Rys. 3. Wykres częstości występowania usterki izolacji torowej stacyjnej w zależności od natężenia ruchu pociągów
Fig. 3. Chart of frequency of station track insulation failure occurrencedepending of train traffic intensity

Usterka izolacji torowej stacyjnej najrzadziej występowała na stacjach o małym natężeniu, a najczęściej o dużym (powyżej 150 pociągów na dobę) natężeniu ruchu.

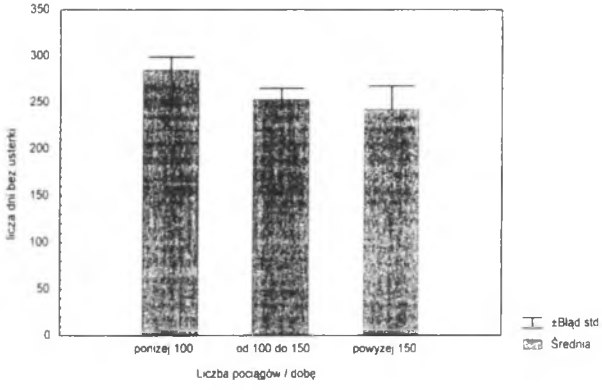


Rys. 4. Wykres częstości występowania usterki izolacji torowej stacyjnej w zależności od roku budowy urządzeń
Fig. 4. Chart of frequency of station track insulation failure occurrence depending of year of equipment production

W obserwowanym okresie usterki izolacji torowej stacyjnej (rys. 4) wystąpiły rzadziej w urządzeniach starszych.



Rys. 5. Wykres średniej liczby dni bez usterki w zależności od położenia geograficznego stacji
Fig. 5. Chart of average failure-free number of days depending of geographic location of the station



Rys.6. Wykres średniej liczby dni bez usterki w zależności od natężenia ruchu pociągów
Fig. 6. Chart of average failure-free number of days depending of train traffic intensity

Z przedstawionych wykresów średniej liczby dni bez usterki (rys. 5 i 6) wynika, że liczba dni z usterkami nie zależy istotnie od położenia geograficznego stacji, natomiast natężenie ruchu wpływa na liczbę dni z usterkami.

Jak było pokazane na rys. 1, najczęściej występującą usterką była usterka izolacji torowej stacyjnej. Z tego też powodu, na podstawie zebranych danych z przykładowej stacji, dokonano prognozy usterkowości urządzeń sterowania ruchem kolejowym na przykładzie izolacji torowej stacyjnej na tej stacji.

Opis metod i procedur prognostycznych zawarto w [4].

Usterki izolacji torowej stacyjnej (ITS) określono z rozbiciem na poszczególne miesiące, a następnie wprowadzono te dane do programu PROGNOZA [2], przy pomocy którego dokonywano analizy danych.

Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzono „interpolację" usterkowości urządzeń w przód, to znaczy na styczeń następnego roku. Prognozę tę porównano z danymi rzeczywistymi.

Charakterystykę analizowanej stacji przedstawiono poniżej:

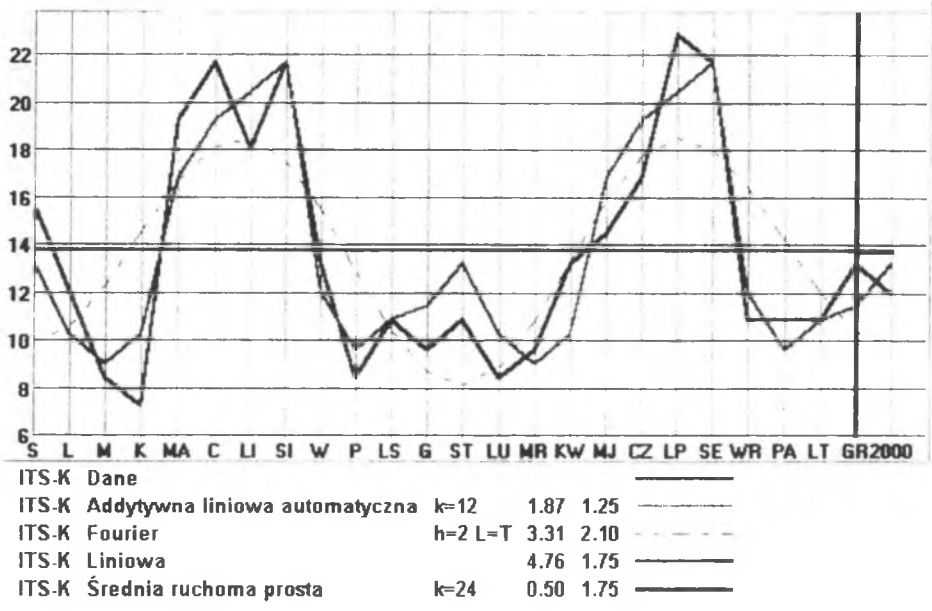
- stacja położona jest na terenach zanieczyszczonych,
- stacja wyposażona jest w urządzenia przekaźnikowe typu E (rok zabudowy – 1964),
- do stacji przylegają 3 szlaki (9 torów szlakowych), wyposażone w samoczynną blokadę liniową typu EaC,
- stacja posiada 12 torów głównych i 6 dodatkowych oraz 38 izolacji torowych stacyjnych,
- natężenie ruchu na stacji wynosi 250 pociągów na dobę.

Z zebranych danych dla przykładowej stacji obliczono wskaźnik częstości występowania usterki izolacji torowej stacyjnej w danym miesiącu:

$$\textbf{Wskaźnik} = \frac{\textbf{liczba usterek danego typu (w danym miesiącu)}}{\textbf{liczba urządzeń (izolacji torowych stacyjnych)}} \times 100\%$$

jako prawdopodobieństwo uszkodzenia. Obliczono także wartość średnią oraz błąd standardowy średniej badanego wskaźnika dla stacji.

Wyniki analizy prognoz zawodności izolacji torowej stacyjnej na przykładowej stacji zamieszczono na rys. 7.



Rys. 7. Prognoza zawodności izolacji torowej stacyjnej na przykładowej stacji
Fig. 7. Forecast of failure probability of station track insulation on an example of a station

Na przykładowej stacji dynamika zawodności izolacji torowej stacyjnej w obserwowanym okresie była podobna (powtarzalność modelu addytywnego wahań w cyklu 12 miesięcy). Dodatkowo zawodność ta miała charakter sezonowy (2 harmoniki w modelu Fouriera wahań). Największa usterkowość występowała w miesiącu lipcu, a najmniejsza w miesiącu styczniu. Częstość występowania usterki nie ulegała zmianie (parametr a modelu liniowego wahań bliski 0). Prawdopodobieństwo wystąpienia usterki wyniosło 13,75%, a błąd prognozy był równy 1,25.

Z przeprowadzonych badań wynika, że system analiz i prognozowania powinien być wprowadzony na kolei, a wyniki pracy powinny stanowić podstawę badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych w celu podwyższenia bezawaryjności urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Jednocześnie z analizy prognostycznej zawodności tych urządzeń powinny wynikać wskaźniki dynamicznego wyznaczania momentów kolejnych przeglądów i remontów, czyli elastyczna strategia obsługi urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

Literatura

1. E-1758. Książka kontroli urządzeń sterowania ruchem kolejowym oraz o wprowadzeniu i odwołaniu obostrzeń, Polskie Koleje Państwowe.
2. PROGNOZA. Poradnik użytkownika, Placet, Warszawa 1999.
3. Konopiński L.: Zagadnienia badań niezawodności urządzeń sterowania ruchem kolejowym, Automatyka Kolejowa nr 10-12, 1981.
4. Mikulski J.: Методика прогнозування відмов пристроїв керування залізничним рухом, 5th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers, Lviv 2001.
5. STATISTICA PL. Poradnik użytkownika, StatSoft, Kraków 1997.
6. Ważyńska–Fiok K.: Podstawy teorii eksploatacji i niezawodności systemów transportowych, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

All elements, subassemblies, equipment and railway traffic control systems are expected to perform reliably. Reliability of operation is understood as a probability of non-occurrence of a failure i.e. damage to the equipment in certain operation conditions and within a prescribed time

Observation, analysis and forecast of „behavior" of basic railway traffic control equipment during its operation should constitute an important element of work management in the railway automation services (flexible strategy of railway traffic control equipment operation)

The purpose of this paper was:

- analysis of electrical failure rate (relays) of railway traffic control equipment,
- assessment of influence of the following factors:
  - geographical location of a station,
  - train traffic intensity;
  - year of construction of equipment

  on failure rate of railway traffic control equipment,
- forecast of failure rate of railway traffic control equipment.

Praca wykonana w ramach badań własnych BW-429/RM10/2001