ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: TRANSPORT z. 46 Nr kol. 1571

Jerzy MIKULSKI, Jakub MŁYŃCZAK

ANALIZA USTERKOWOŚCI NAPĘDÓW ZWROTNICOWYCH

Streszczenie W artykule przedstawiono analizę usterkowości napędów zwrotnicowych wraz z obliczeniem wskaźników niezawodnościowych. Analiza obejmowała obszar byłej Dyrekcji Infrastruktury Kolejowej w Katowicach w latach1998-1999.

ANALYSIS OF FAILURE OF SWITCH POINTS MECHANISM

Summary The paper deals with analysis of failure switch point mechanism with the reliability indexes calculation. The analysis includes the operation area of the former Railway Infrastructure Management of Katowice (DI Katowice)

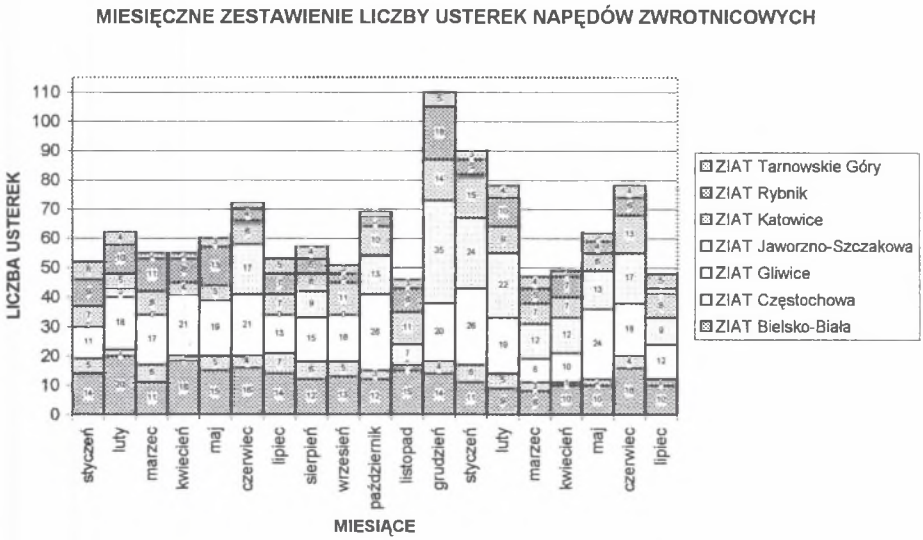
1. ANALIZA ZEBRANYCH INFORMACJI O USTERKACH NAPĘDÓW Z WYBRANYCH OBIEKTÓW

1.1. Analiza miesięcznych wahań liczby usterek elektrycznych napędów zwrotnicowych

Analizę przeprowadzono na podstawie danych uzyskanych z opracowania „Wskaźniki syntetyczne uszkodzeń w urządzeniach srk" [3]. Opracowanie to zostało wykonane w Dyrekcji Infrastruktury Kolejowej w Katowicach (DI Katowice) i obejmowało okres od stycznia 1998 r. do lipca 1999 r. W opracowaniu tym nie dokonano podziału na typy napędów zwrotnicowych.

Zestawienie liczby uszkodzeń zostało przedstawione na rysunku 1.1. Z zestawienia tego wynika, iż liczba usterek dla całej DI Katowice waha się w analizowanym okresie w przedziale od 46 usterek w listopadzie '98 do 110 usterek w grudniu '98. Najwięcej usterek zanotowano w okresie grudzień '98 - luty '99; odpowiednio 110 usterek w grudniu '98, 90 usterek w styczniu '99 i 70 usterek w lutym '99. Można zauważyć, że największą liczbę usterek zanotowano w miesiącach zimowych. Może to być spowodowane tym, iż w zimie w związku z utrudnionym utrzymaniem spowodowanym warunkami atmosferycznymi (mróz, śnieg) personel obsługi nie nadąża z czyszczeniem rozjazdów ze śniegu, jak również ma miejsce zjawisko obladzania zestyków urządzenia sterująco-kontrolnego, co może mieć

wpływ na liczbę usterek. Ponadto koniec grudnia jest specyficznym okresem, w którym dużo dni jest wolnych od pracy, tak więc personel obsługi pełni tylko dyżury i może nie nadążać z usuwaniem usterek.



Rys. 1.1. Wykres wahań miesięcznej liczby usterek [Źródło: Opracowanie własne]
Fig. 1.1. Graph of the monthly number of failures variations [Source: own studies]

1.2. Rodzaje usterek dla stacji Jaworzno-Szczakowa

W okręgu nastawni JSC w okresie od 26.06.1998 do 18.05.1999 zanotowano łącznie 28 usterek [2] napędów zwrotnicowych, z wyłączeniem usterek objawiających się brakiem możliwości przestawienia zwrotnicy, spowodowanych wadliwym działaniem obwodów zwrotnicowych.

Większość usterek to wystąpienie pozornego zajęcia i pozornego rozprucia rozjazdu.

W przypadku nastawni JSB w okresie od 2.5.1998 do 11.3.1999 wystąpiło 13 usterek napędów zwrotnicowych, z czego większość to rozprucie rozjazdu, a więc usterka nie wynikająca z wad napędów zwrotnicowych.

Tylko 9 usterek z ogólnej liczby 41 dla nastawni JSC i JSB to usterki wynikające z winy napędu zwrotnicowego. Pozostałe 32 usterki miały swoje przyczyny głównie w wadliwym wykonaniu izolacji rozjazdów oraz często z winy personelu obsługi (częste pozorne rozprucia na nastawni JSC oraz rzeczywiste rozprucia na nastawni JSB).

1.3. Rodzaje usterek dla posterunku odgałęźnego Katowice Brynów

Analizę usterek dla posterunku odgałęźnego Katowice Brynów przeprowadzono na podstawie książek E 1758 [2] za okres od 26.07.1999 do 22.12.2000. W okresie tym zanotowano usterki przedstawione w tablicy 1.1.

Tablica 1.1

Usterki napędów zwrotnicowych na posterunku odgałęźnym Katowice Brynów

Lp.	Data wykrycia usterki	Rodzaj usterki	Przyczyna usterki	Czas trwania usterki[h]
1	07.09.1999	Kradzież pokrywy napędu 1		24.00
2	23.01.2000	Brak kontroli w rozjeździe 1	Źle wyregulowane zamknięcie nastawcze	2.06
3	27.01.2000	Pozorne rozprucie napędu pod taborem	Usterki nie stwierdzono	0.32
4	27.03.2000	Brak kontroli w napędzie 3	Usterka prostownika	2.05
5	19.05.2000	Brak kontroli w napędzie 2 i 3	Usterka prostownika	2.40

Opracowano na podstawie :[2].

Tablica 1.2

Wartości sił nastawczych

Nr Zwrotnicy	Data pomiaru		
	9.06.2000	9.11.2000	22.12.2000
	Wartość sił nastawczych [kN]		
1	4,4	4,9	4,5
2	4,4	4,3	5,4
3	4,5	4,0	5,4

Opracowano na podstawie :[2].

Z danych przedstawionych w tablicy 1.1 wynika, iż napędy zwrotnicowe na badanym posterunku rzadko ulegają usterkom. Natomiast usterką powtarzającą się jest uszkodzenie prostownika w układzie kontrolnym napędu. Ważną „usterką" jest kradzież pokrywy napędu zwrotnicowego. Kradzieże części i całych urządzeń sterowania ruchem kolejowym to poważne zagrożenie życia pasażerów i personelu obsługi.

Wartości sił nastawczych z kilku pomiarów na posterunku Katowice Brynów przedstawia tablica 1.2. Z tablicy tej wynika, iż z dziewięciu pomiarów sił nastawczych aż trzy razy zostały przekroczone wartości dopuszczalnych sił nastawczych. Dopuszczalna

wartość siły nastawczej to 4 [kN] (+0,5, -0,4[kN]). Stan taki może prowadzić do przypadku zamknięcia iglic urządzeniem kontrolnym przy niedoleganiu iglicy do opornicy. Przekroczenie dopuszczalnej wartości sił nastawczych należy zakwalifikować jako usterkę.

1.4. Rodzaje usterek dla stacji Psary

Według książki E 1758 [2] od drugiej połowy 2000 na stacji Psary nie wystąpiły żadne usterki napędów zwrotnicowych. Stacja Psary charakteryzuje się tym, iż jeździ przez nią niewielka liczba pociągów w dużych odstępach czasowych (2 pary pociągów na godzinę w odstępach kilkuminutowych; następnie około 35 minut przestoju). Jest to istotny parametr, ponieważ pozwala personelowi obsługi na bardzo szybkie usuwanie usterek bez potrzeby ich odpisywania w książce E1758 (co de facto jest niezgodne z przepisami). Na stacji tej testuje się również długie rozjazdy. Rozjazdy te są sterowane kilkoma napędami zwrotnicowymi. Dwa rozjazdy produkcji niemieckiej są wyposażone w trzy napędy zwrotnicowe przestawiające iglicę oraz dwa do przestawiania ruchomej krzyżownicy. Są to napędy S700 KM firmy SIEMENS. Na stacji znajduje się rozjazd przestawiany przez dwa napędy EEA-5 (jeden napęd przestawia iglicę, drugi krzyżownicę). Obecnie będą zabudowywane rozjazdy nastawiane przez pięć napędów EEA-5. Istotnym mankamentem długich rozjazdów produkcji niemieckiej jest często występująca usterka objawiająca się brakiem możliwości przestawienia rozjazdu (usterka nie jest odnotowywana).

2. NAPĘD ZWROTNICOWY JAKO OBIEKT NAPRAWIALNY

Aby przeciwdziałać uszkodzeniom urządzeń w okresie eksploatacji, należy przestrzegać częstotliwości i zakresu czynności obsługowych, unikać przeciążeń, monitorować ich stan.

Do eksploatacyjnych metod przeciwdziałania uszkodzeniom można zaliczyć [1]:

- racjonalną eksploatację maszyn w zadanych warunkach i określonym przeznaczeniu;
- badanie stanu i monitorowanie rozwijających się uszkodzeń za pomocą diagnostyki technicznej;
- przestrzeganie wymagań określonych w dokumentacji techniczno-ruchowej w zakresie częstotliwości i czynności obsługiwań technicznych;
- badania statystyczne uszkodzeń w eksploatacji na potrzeby modernizacji maszyn, racjonalizacji gospodarki częściami zamiennymi.

Pogarszające się własności maszyn w czasie eksploatacji wynikają z:

- przekroczenia przez czynniki wymuszające wartości, na które obiekt był projektowany;
- niedotrzymania wymaganych wartości własności początkowych obiektu;
- przekroczenia stanów granicznych cech na skutek procesów starzeniowych i zużyciowych.

Analiza przyczyn uszkodzeń obiektu wiąże się bezpośrednio z ustaleniem mechanizmu zmian stanu obiektu, charakteryzowanego w danej chwili za pomocą zbioru cech, zwanych własnościami obiektu. W ujęciu systemowym wskaźniki i miary uszkodzeń umożliwiają ocenę niezawodności maszyn lub ich elementów oraz stawianie konkretnych wymagań obiektom nowo konstruowanym. Dzięki tym wskaźnikom jest możliwa ocena i porównywanie obiektów ze względu na ich niezawodność oraz uwzględnienie wpływu tej niezawodności na efektywność wykonywania zadań. Ponadto wskaźniki niezawodności stanowią podstawę dla prawidłowej organizacji procesów obsługiwań technicznych i racjonalnej gospodarki częściami zamiennymi.

W związku z przypadkowym charakterem występowania uszkodzeń w maszynach wskaźniki niezawodności są wielkościami losowymi. Określa się je za pomocą metod statystyki matematycznej oraz teorii prawdopodobieństwa.

Obiekty techniczne można podzielić na naprawialne i nienaprawialne. Napęd zwrotnicowy należy do grupy obiektów naprawialnych. W przypadku obiektu naprawialnego obserwacja obiektu dotyczy długiego okresu użytkowania, a losowo zmienne są okresy pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami poszczególnych obiektów. Zadania stawiane obiektom naprawialnym są następujące [1]:

- zachowanie wymaganych wartości wielkości fizycznych opisujących stan obiektu w okresie do pierwszego uszkodzenia;
- zachowanie wyżej wymienionych wartości do pierwszego uszkodzenia lub do osiągnięcia stanu granicznego;
- zachowanie wyżej wymienionych wartości do pierwszego uszkodzenia lub zakończenia wykonywanej pracy;
- zachowanie wyżej wymienionych wartości do stanu granicznego;
- zachowanie wyżej wymienionych wartości do stanu granicznego w trakcie przechowywania lub do uszkodzenia w trakcie wykonywanej pracy.

Statystyczna interpretacja wybranych wskaźników i miar niezawodności dla obiektów naprawialnych jest następująca [1]:

- prawdopodobieństwo poprawnego działania obiektu $\hat{r}(t)$ w przedziale czasowym T_j, poczynając od chwili zakończenia (j-1)-szej odnowy do j-tego uszkodzenia jest równoważne stosunkowi liczby obiektów, dla których losowy przedział czasowy poprawnego działania przebiegający od chwili zakończenia (j-1)-szej odnowy do j-tego uszkodzenia jest większy od wymaganej wartości, do ogólnej liczby obiektów:

$$\hat{r}_j(t) = 1 - \frac{I_j(t)}{I_j(0)} = \frac{\bar{I}_j(t)}{I_j(0)} \tag{2.1}$$

- prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu $\hat{q}_j(t)$ w przedziale czasowym T_j jest równe stosunkowi liczby obiektów, których losowy przedział czasowy poprawnego działania od chwili zakończenia (j-1)-szej odnowy do j-tego uszkodzenia jest mniejszy od wymaganej wartości, do ogólnej liczby obiektów:

$$\hat{q}_j(t) = \frac{I_j(t)}{I_j(0)} = 1 - \frac{\bar{I}_j(t)}{I_j(0)} \tag{2.2}$$

gdzie: $I_j(t)$ – liczba obiektów, które uległy uszkodzeniu do chwili t, licząc od zakończenia (j-1)-szej odnowy do chwili j-tego uszkodzenia;

$I_j(0)$ – liczba obiektów zdatnych w chwili początkowej rozpatrywanego okresu eksploatacji;

$\bar{I}_j(t)$ – liczba obiektów zdatnych w chwili t, licząc od zakończenia (j-1)-szej odnowy do chwili j-tego uszkodzenia;

$\bar{I}_t(t)$ – liczba obiektów zdatnych w chwili t;

$\bar{I}(0)$ – ogólna liczba rozpatrywanych obiektów;

2.1. Wskaźniki niezawodnościowe dla napędu zwrotnicowego

Na podstawie danych o awaryjności napędów zwrotnicowych [3] obliczono prawdopodobieństwo poprawnego działania obiektu $\hat{r}(t)$ w przedziale czasowym T_j' oraz prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu $\hat{q}_j(t)$ w przedziale czasowym T_j'. Obliczenia przeprowadzono na podstawie wzorów 2.1 (prawdopodobieństwo poprawnego działania) i 2.2 (prawdopodobieństwo uszkodzenia obiektu). Jako przedział czasowy T_j' przyjęto jeden

miesiąc, gdyż jest to najkrótszy okres, o jakim można wnioskować na podstawie otrzymanych danych. Wyniki obliczeń przedstawiają tablice 2.1 i 2.2.

Tablica 2.1

Prawdopodobieństwo poprawnego działania napędu zwrotnicowego

Nazwa zakładu infrastruktury kolejowej	Liczba napędów zwrotnicowych w zakładzie	Prawdopodobieństwo poprawnej pracy		
		min	max	średnio
ZIAT Bielsko-Biała	740	0,878	0,985	0,925
ZIAT Częstochowa	845	0,976	0,994	0,985
ZIAT Gliwice	1036	0,975	0,999	0,995
ZIAT Jaw.-Szczakowa	716	0,964	1,000	0,978
ZIAT Katowice	1019	0,966	1,000	0,990
ZIAT Rybnik	487	0,971	0,992	0,983
ZIAT Tarn. Góry	1096	0,984	0,998	0,994
DI Katowice	5939	0,972	0,991	0,981

Źródło: Opracowanie własne.

Tablica 2.2

Prawdopodobieństwo uszkodzenia napędu zwrotnicowego

Nazwa zakładu infrastruktury kolejowej	Liczba napędów zwrotnicowych w zakładzie	Prawdopodobieństwo uszkodzenia napędu zwrotnicowego		
		min	max	średnio
ZIAT Bielsko-Biała	740	0,015	0,122	0,075
ZIAT Częstochowa	845	0,006	0,024	0,015
ZIAT Gliwice	1036	0,001	0,025	0,005
ZIAT Jaw.-Szczakowa	716	0,000	0,036	0,022
ZIAT Katowice	1019	0,000	0,034	0,010
ZIAT Rybnik	487	0,008	0,029	0,017
ZIAT Tarn. Góry	1096	0,002	0,016	0,006
DI Katowice	5939	0,009	0,028	0,019

Źródło: Opracowanie własne.

Z przedstawionych wyników obliczeń można wysunąć dwa wnioski:

1) napęd zwrotnicowy jest niezawodnym urządzeniem;
2) informacje o usterkach są bardzo niewiarygodne.

Bliższy prawdzie wydaje się wniosek drugi, ponieważ przy populacji urządzeń w całej byłej DI Katowice wynoszącej 5939 napędów zwrotnicowych różnego typu prawdopodobieństwo poprawnej pracy wyniosło średnio 0,981. W niektórych zakładach infrastruktury prawdopodobieństwo to wynosiło 1,000 (ZIAT Katowice oraz ZIAT Jaworzno-Szczakowa). Fakt ten można tłumaczyć tym, iż zakłady te nie przekazały comiesięcznej informacji o usterkach do DI Katowice. Można zauważyć, iż w okresie 11 miesięcy w okręgu nastawni JSC zanotowano 28 usterek napędów zwrotnicowych (lub innych, mających wpływ

na pracę napędów zwrotnicowych), a w ciągu 10 miesięcy w okręgu nastawni JSB zanotowano 13 usterek. Stan taki pozwala sądzić, iż niemożliwe jest, aby w ciągu jednego miesiąca nie wystąpiła ani jedna usterka. Na podstawie tych danych można wysunąć stwierdzenie, iż konieczna jest zmiana procedur zapisywania i przechowywania danych o usterkach w urządzeniach sterowania ruchem kolejowym. Jednym z rozwiązań jest wprowadzenie komputerowych rejestratorów zdarzeń [4,5].

3. WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych przykładów należy wysunąć wniosek, iż skuteczność dotychczasowych metod zbierania danych o usterkowości urządzeń jest mało wiarygodna. Bez połączenia zapisów w książkach E-1758 z komputerową rejestracją zdarzeń na dzień dzisiejszy nie ma możliwości uzyskania wiarygodnych zapisów. Brak takich zapisów uniemożliwia opracowanie wiarygodnych wskaźników niezawodnościowych oraz opracowanie nowych sposobów utrzymania urządzeń srk.

LITERATURA

1. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwa ATR, Bydgoszcz 1996.
2. Książki E-1758 dla stacji: Jaworzno-Szczakowa, Katowice Brynów, Psary.
3. Wskaźniki syntetyczne uszkodzeń w urządzeniach srk. Opracowanie DI Katowice.
4. Mikulski J., Młyńczak J.: Zastosowanie techniki komputerowej w procesie diagnostyczno-eksploatacyjnym urządzeń sterowania ruchem kolejowym. XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Pojazdy Szynowe 2002" Tom 2. Szklarska Poręba 4-7 września 2002.
5. Mikulski J., Młyńczak J.: Zdalna diagnostyka napędu zwrotnicowego. I Konferencja Naukowa „Telematyka Systemów Transportowych". Ustroń 14-15 listopada 2001.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

Due of the presented samples there is a need to assume that effectiveness of the existing methods of getting devices failure data is not so reliable. Without putting together both, the records of events, it is not possible to receive unfailing results for now. Not having such record makes impossible to elaborate truthful reliability indexes, and new methods of maintenance of railway control system devices.