

## ANALIZA STRATEGII EKSPLOATACYJNYCH W ODNIESIENIU DO URZĄDZEŃ ELEKTRONICZNYCH STOSOWANYCH W TRANSPORCIE

### Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z problematyką eksploatacji urządzeń elektronicznych stosowanych w transporcie. Funkcjonują one w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych. Ich poprawne działanie jest uzależnione nie tylko od niezawodności poszczególnych części składowych tworzących system, ale także od przyjętych do realizacji strategii eksploatacyjnych. Racjonalizacja określonych wartości (np. wskaźnika gotowości) możliwa jest m.in. poprzez opracowanie nowych metod optymalizacji przeglądów okresowych. Takie podejście zostało zaprezentowane w artykule.

### WSTĘP

Proces przemieszczania osób i ładunków powinien cechować się wysokim poziomem niezawodności i bezpieczeństwa. W tym celu stosuje się różnego rodzaju urządzenia elektroniczne, które usprawniają przesyłanie informacji i umożliwiają podejmowanie decyzji przez zarządców infrastruktury transportowej.

Urządzenia elektroniczne są stosowane w transporcie m.in. w systemach bezpieczeństwa osób i mienia. Celem stosowania tego rodzaju rozwiązań jest wykrywanie zagrożeń występujących w procesie transportowym (dla obiektów stacjonarnych i ruchomych). Obecnie są one stosowane zarówno w obiektach stacjonarnych (np. porty lotnicze, dworce kolejowe, itp.), jak też w ruchomych (np. w połączeniu z systemem GPS – monitorowanie stanu ładunku i trasy przejazdu danego pojazdu).

Elektroniczne systemy bezpieczeństwa funkcjonują w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych. Ich poprawne działanie jest uzależnione nie tylko od niezawodności poszczególnych części składowych tworzących system, ale także od przyjętych do realizacji strategii eksploatacyjnych [4,5]. Racjonalizacja określonych wartości (np. wskaźnika gotowości) możliwa jest m.in. poprzez opracowanie nowych metod optymalizacji przeglądów okresowych.

W artykule zaprezentowano wybrane aspekty teoretyczne dotyczące strategii eksploatacyjnych oraz zaproponowano model procesu eksploatacji elektronicznego systemu bezpieczeństwa użytkowanego w środowisku transportowym.

### 1. MODELOWANIE PROCESU EKSPLOATACJI

Modele procesu eksploatacji urządzeń elektronicznych stosowanych w systemach bezpieczeństwa przedstawiają zachowanie się ich w określonych warunkach ich użytkowania [13,14]. Podczas analizy pracy rzeczywistych urządzeń elektronicznych liczba wyróżnionych stanów eksploatacyjnych, w których może przebywać obiekt, jest zbiorem skończonym.

W teorii eksploatacji systemów są uwzględniane zagadnienia związane ze stanami eksploatacji systemów. Można wyróżnić następujące podstawowe dwie klasy stanów eksploatacji [1,2,12]:

- stany użytkowania  $S_{u\dot{z}}$ ,
- stany obsługiwanie  $S_{ob}$ .

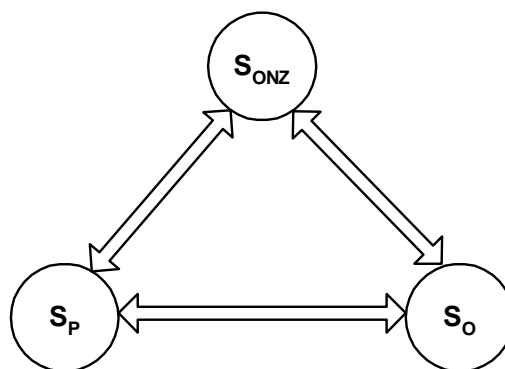
Stany użytkowania przedstawiają wykorzystanie systemu zgodnie z jego przeznaczeniem i właściwościami funkcjonalnymi.

Stany obsługiwanie przedstawiają czynności związane z utrzymaniem systemu w stanie zdatności, a także przywracaniem mu wymaganych właściwości funkcjonalnych poprzez procedury

wchodzące w skład m.in. przeglądów, regulacji, konserwacji i napraw [8].

W uproszczonym modelu obiektów naprawialnych (rys. 1) przyjęto, że obiekt może znajdować się w jednym z trzech stanów:

- $S_{ONZ}$  - stan oczekiwania na zadanie,
- $S_P$  - stan pracy,
- $S_o$  - stan odnowy.

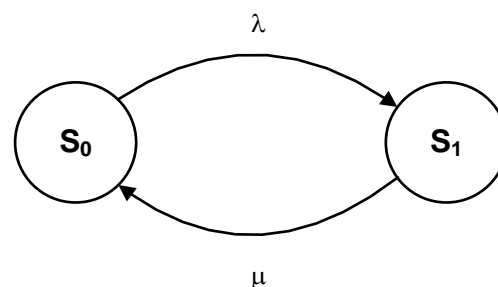


Rys. 1. Model trójstanowy eksploatacji systemu

W najprostszym przypadku system może znajdować się w jednym z dwóch stanów:

- stan użytkowania ( $S_0$ ),
- stan naprawy ( $S_1$ ).

Graficzna interpretacja opisanej sytuacji jest następująca (rys. 2).



Rys. 2. Relacje w elektronicznym systemie bezpieczeństwa (źródło: opracowanie własne). Oznaczenia na rys.  $\lambda$  – intensywność uszkodzeń,  $\mu$  – intensywność napraw

Na podstawie wyrażenia (1) można wyznaczyć interesującą nas wielkość prawdopodobieństwa przebywania elektronicznego

systemu bezpieczeństwa w stanie użytkowania. Liczbowo jest ona równa wartości wskaźnika gotowości.

$$K_g = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (1)$$

Analizując prace z zakresu eksploatacji urządzeń elektronicznych (w tym także elektronicznych systemów bezpieczeństwa) można dokonać ogólnego podziału strategii eksploatacji na dwie grupy [3,6,15]:

- w systemie wystąpiło uszkodzenie,
- w systemie nie wystąpiło uszkodzenie.

Do grupy strategii eksploatacyjnych w systemach w których nie wystąpiło uszkodzenie zaliczamy strategie obsługiwanie profilaktycznego. W ramach tych strategii można wyróżnić:

- strategię obsługiwanie okresowego,
- strategię obsługiwanie według stanu,
- strategię mieszaną,
- strategię wedłu efektywności.

Wymienione strategie eksploatacyjne pozwalają na uzyskanie określonych rezultatów w systemie. Istotne jest jednak, by przed podjęciem decyzji o wyborze stosowanej strategii precyzyjnie je scharakteryzować. Można wyróżnić m.in. następujące kryteria, które umożliwią wybór i racjonalizację parametrów określonej strategii:

- optymalna wartość wskaźników kosztowych,
- maksymalna wartości wskaźnika gotowości,
- minimalny czas niezdatności.

Wśród wymienionych kryteriów jednym z istotniejszych jest racjonalizacja wartości wskaźnika gotowości. Dlatego też autorzy w dalszej części artykułu ograniczą rozważania do tego właśnie zakresu.

Przedstawiony na rys. 2 graf relacji w systemie nie zawiera wszystkich możliwych i występujących w rzeczywistości stanów [7,9,10,11]. Dlatego uzupełniono go o następujące stany (rys. 3):

- stan  $S_{001}$  (podczas którego wykonuje się czynności wymagane zakresem przeglądu I rodzaju),
- stan  $S_{010}$  (podczas którego wykonuje się czynności wymagane zakresem przeglądu II rodzaju),
- stan  $S_{011}$  (podczas którego wykonuje się czynności wymagane zakresem przeglądu III rodzaju),
- ...

- stan  $S_n$  (podczas którego wykonuje się czynności wymagane zakresem przeglądu n-tego rodzaju).

Na podstawie wyrażenia (2) można dla rozpatrywanego grafu relacji w systemie (rys. 3) wyznaczyć interesującą nas wielkość prawdopodobieństwa przebywania elektronicznego systemu bezpieczeństwa w stanie użytkowania. Liczbowo jest ona równa wartości wskaźnika gotowości.

$$K_{g1} = \frac{\mu \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n}{\mu \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n + \lambda \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n + \lambda_1 \cdot \mu \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n + \lambda_2 \cdot \mu \cdot \mu_1 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n + \lambda_3 \cdot \mu \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_4 \cdot \dots \cdot \mu_n + \dots + \lambda_n \cdot \mu \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_{n-1}} \quad (2)$$

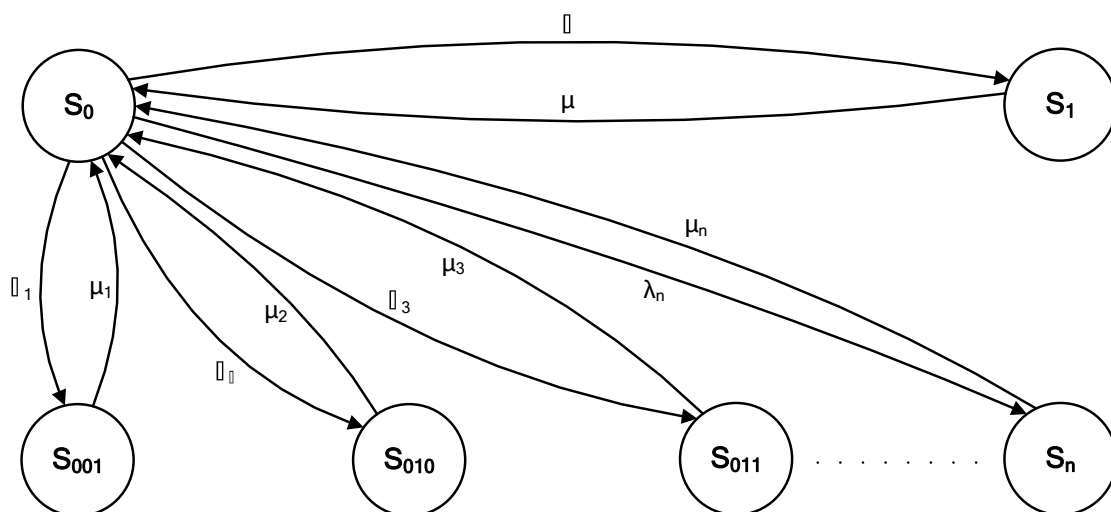
Analizując graf relacji w systemie przedstawiony na rys. 3 i zależność 2, można stwierdzić iż należy uwzględnić możliwość przejścia pomiędzy sąsiednimi stanami oznaczającymi przeglądy okresowe. Wówczas przedstawiona sytuacja będzie zilustrowana w następujący sposób – rys. 4

Analiza grafu relacji przedstawionego na rys. 4 umożliwi dokładniejsze odwzorowanie sytuacji występujących w rzeczywistości. Jednocześnie też możliwa będzie racjonalizacja sterowania procesem eksploatacyjnym, w szczególności w zakresie czasu trwania przeglądów okresowych.

**PODSUMOWANIE**

W artykule zaprezentowano zagadnienia związane z analizą procesu eksploatacji urządzeń elektronicznych stosowanych w transporcie. Szczególną uwagę zwrócono na strategię eksploatacyjne, w których to występują przeglądy okresowe. Rozpatrzono model zawierający n-rodzajów przeglądów i wyznaczono zależność umożliwiającą obliczenie wartości wskaźnika gotowości. Dzięki temu możliwa jest racjonalizacja tej wartości.

W dalszych badaniach autorzy planują rozważania dotyczące racjonalizacji procesu eksploatacji urządzeń elektronicznych stosowanych w transporcie z uwzględnieniem stanów zdatności technicznej i funkcjonalnej.



**Rys. 3.** Relacje w systemie z uwzględnieniem n-rodzajowych przeglądów okresowych (źródło: opracowanie własne). Oznaczenia na rys.:  $\lambda$  – intensywność uszkodzeń,  $\mu$  – intensywność napraw,  $\lambda_1$  – intensywność przeglądów I rodzaju,  $\mu_1$  – intensywność obsługiwanie eksploatacyjnego I rodzaju,  $\lambda_2$  – intensywność przeglądów II rodzaju,  $\mu_2$  – intensywność obsługiwanie eksploatacyjnego II rodzaju,  $\lambda_3$  – intensywność przeglądów III rodzaju,  $\mu_3$  – intensywność obsługiwanie eksploatacyjnego III rodzaju,  $\lambda_n$  – intensywność przeglądów n-tego rodzaju,  $\mu_n$  – intensywność obsługiwanie eksploatacyjnego n-tego rodzaju.

## BIBLIOGRAFIA

1. Będkowski L., Dąbrowski T., *Podstawy eksploatacji, cz. II Podstawy niezawodności eksploatacyjnej*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2006.
2. Dyduch J., Paś J., Rosiński A., *Podstawy eksploatacji transportowych systemów elektronicznych*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2011.
3. Młyńczak M., Nowakowski T., Werbińska-Wojciechowska S., *Klasyfikacja modeli utrzymania systemów technicznych*. Monografia „Problemy utrzymania systemów technicznych” pod redakcją M. Siergiejczyka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014.
4. Paś J., *Eksploatacja elektronicznych systemów transportowych*. Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny, Radom 2015.
5. Rosiński A., *Modelowanie procesu eksploatacji systemów telematyki transportu*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015.
6. Rosiński A., *Reliability-exploitation analysis of power supply in transport telematics system*. In: „Safety and Reliability: Methodology and Applications - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference ESREL 2014”, editors: Nowakowski T., Młyńczak M., Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S. CRC Press/Balkema, 2015. pp. 343-347.
7. Siergiejczyk M., Krzykowska K., Rosiński A., *Reliability assessment of integrated airport surface surveillance system*. In: „Proceedings of the Tenth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX”, editors: W. Zamojski, J. Mazurkiewicz, J. Sugier, T. Walkowiak, J. Kacprzyk, given as the monographic publishing series – „Advances in intelligent systems and computing”, Vol. 365. Springer, 2015, pp. 435-443.
8. Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A., *Evaluation of safety of highway CCTV system's maintenance process*. In: the monograph „Telematics – support for transport”, editors: Jerzy Mikulski, given as the monographic publishing series – „Communications in Computer and Information Science”, Vol. 471. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2014. pp. 69-79.
9. Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A., *Issue of reliability-exploitation evaluation of electronic transport systems used in the railway environment with consideration of electromagnetic interference*. IET Intelligent Transport Systems 2016, doi: 10.1049/iet-its.2015.0183
10. Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A., *Train call recorder and electromagnetic interference*. Diagnostyka 2015, vol. 16, no. 1, pp. 19-22.
11. Siergiejczyk M., Rosiński A., Krzykowska K., *Reliability assessment of supporting satellite system EGNOS*. In W. Zamojski, J. Mazurkiewicz, J. Sugier, T. Walkowiak, J. Kacprzyk (eds) *New results in dependability and computer systems*, given as the monographic publishing series – „Advances in intelligent and soft computing”, Vol. 224. Springer, 2013. pp. 353-364.
12. Siergiejczyk M., *Efektywność eksploatacyjna systemów telematyki*

*transportu*. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, seria Transport, z. 67, Warszawa 2009.

13. Tadj L., Ouali M., Yacout S., Ait-Kadi D. (eds.), *Replacement Models with Minimal Repair*. Springer-Verlag, London 2011.
14. Verma A.K., Ajit S., Karanki D.R., *Reliability and safety engineering*. Springer, London 2010.
15. Werbińska-Wojciechowska S., *Modele utrzymania wieloelementowych obiektów technicznych – stan wiedzy*. Monografia „Problemy utrzymania systemów technicznych” pod redakcją M. Siergiejczyka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014.

## ANALYSIS OF EXPLOITATION STRATEGIES IN RELATION TO ELECTRONIC DEVICES USED IN TRANSPORT

### Abstract

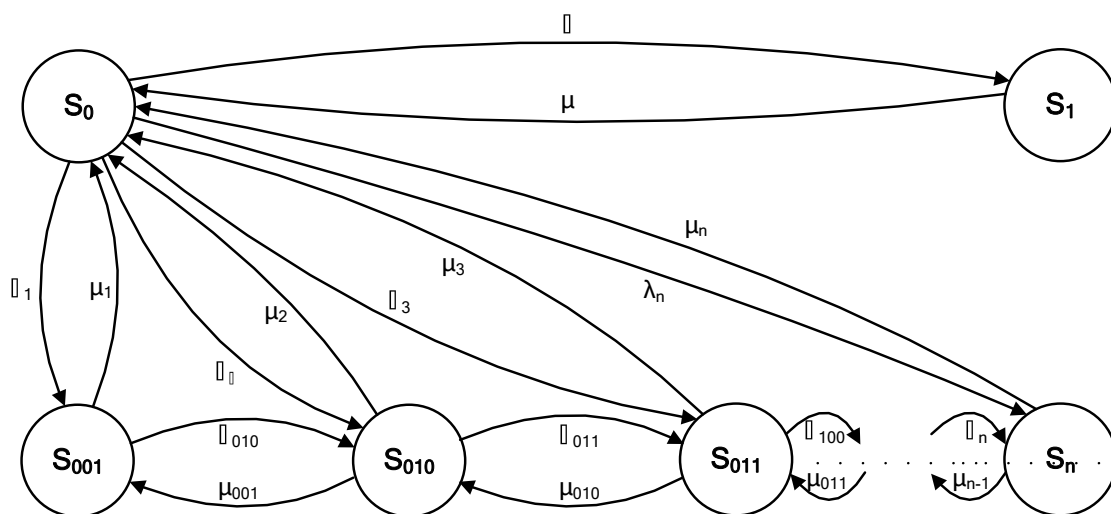
The article presents issues related to the problems of exploitation of electronic devices used for transport. They operate in different conditions. Their correct operation is dependent not only on the reliability of the individual components making up the system, but also on the adopted exploitation strategy. Rationalization of certain values (eg. readiness coefficient) is possible, among others, by developing new methods for optimizing maintenance. Such an approach is presented in the article.

Autorzy:

prof. nzw. dr hab. inż. **Mirosław Siergiejczyk** – Politechnika Warszawska Wydział Transportu Zakład Telekomunikacji w Transporcie, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, [msi@wt.pw.edu.pl](mailto:msi@wt.pw.edu.pl)

dr inż. **Tadeusz Salamonowicz** – Politechnika Warszawska Wydział Transportu Zakład Telekomunikacji w Transporcie, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, [tasa@wt.pw.edu.pl](mailto:tasa@wt.pw.edu.pl)

dr hab. inż. **Adam Rosiński** – Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Elektroniki Instytut Systemów Elektronicznych Zakład Eksploatacji Systemów Elektronicznych, 00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, [adam.rosinski@wat.edu.pl](mailto:adam.rosinski@wat.edu.pl)



**Rys. 4.** Relacje w systemie z uwzględnieniem  $n$ -rodzajowych przeglądów okresowych i możliwości bezpośredniego przejścia pomiędzy nimi (źródło: opracowanie własne). Oznaczenia na rys.:  $\lambda_{010}, \lambda_{011}, \lambda_{100}, \lambda_n, \mu_{001}, \mu_{010}, \mu_{011}, \mu_n$  – intensywność przejść pomiędzy stanami oznaczającymi przeglądy okresowe