

**ZESPÓŁ LABORATORIÓW TELEMATYKI TRANSPORTU
ZAKŁAD TELEKOMUNIKACJI TRANSPORTU**



**WYDZIAŁ TRANSPORTU
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**



**LABORATORIUM EKSPLOATACJI SYSTEMÓW
TELEKOMUNIKACYJNYCH**

**OPTIMALIZACJA NIEZAWODNOŚCIOWA STRUKTURY
ELEKTRONICZNEGO SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA**

Warszawa 2007

A. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z wskaźnikami niezawodnościowymi elektronicznych systemów bezpieczeństwa oraz wykorzystaniem ich do optymalizacji struktury niezawodnościowej systemu.

B. Część teoretyczna

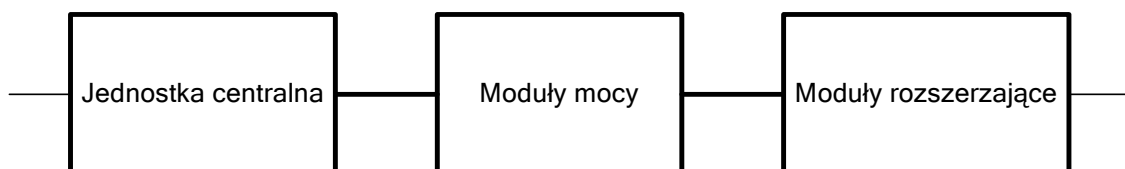
Elektroniczne systemy bezpieczeństwa mogą występować w trzech rodzajach struktur. Są to struktury typu:

- skupionego,
- rozproszonego,
- mieszanego.

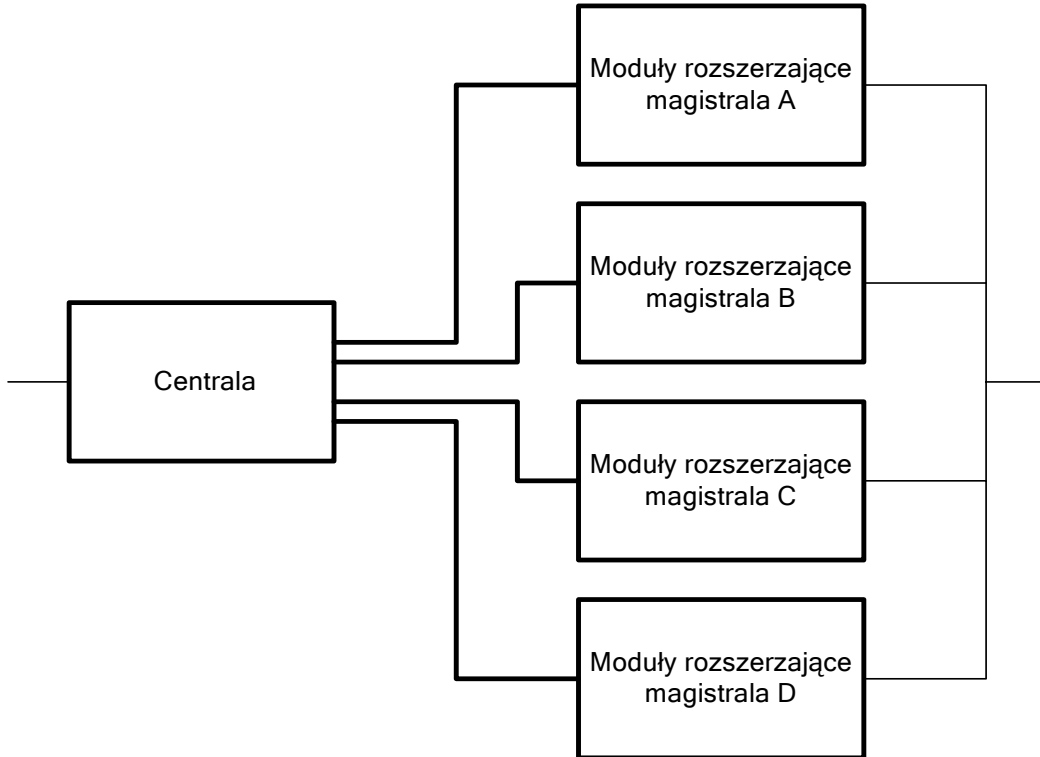
Cechą struktur w postaci skupionej jest doprowadzenie wszystkich linii dozorowych oraz linii wyjściowych (sygnalizacyjnych i monitorujących) do centrali alarmowej.

W obiektach rozległych i wymagających dużej liczby linii dozorowych oraz dużej liczby stref, nie znajdują zastosowania systemy oparte na centralach mikroprocesorowych cyfrowych, których struktura ma postać skupioną. Dlatego też należy zastosować systemy rozproszone. Cechą ich jest zdecentralizowanie centrali alarmowej, polegającej na zastosowaniu magistral transmisyjnych do których podłączone są odpowiednie moduły (np. wejść, wyjść, mocy), lub też wykorzystania magistrali transmisyjnej do połączenia poszczególnych central w postaci skupionej pomiędzy sobą i utworzenie systemu o strukturze rozproszonej.

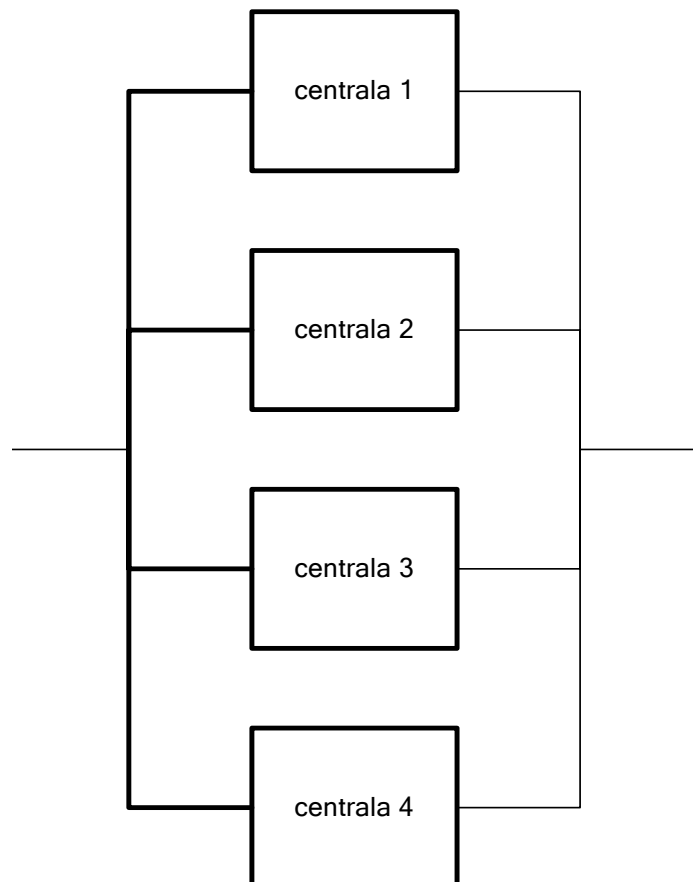
W zależności od typu zastosowanej centrali alarmowej można zaprojektować elektroniczny system bezpieczeństwa o określonej strukturze niezawodnościowej. Na rys. 1, 2 i 3 przedstawiono przykładowe rodzaje rozwiązań.



Rys. 1. Schemat niezawodnościowy systemu rozproszonego z jedną magistralą transmisyjną



Rys. 2. Schemat niezawodnościowy systemu rozproszonego z czterema magistralami transmisyjnymi



Rys. 3. Schemat niezawodnościowy systemu rozproszonego opartego na czterech centralach w wersji skupionej

Rys. 1 przedstawia system o strukturze szeregowej. W przypadku uszkodzenia któregoś z elementów systemu, nie spełnia on już swojej roli, czyli nie jest w stanie nadzorować ochranianego obiektu.

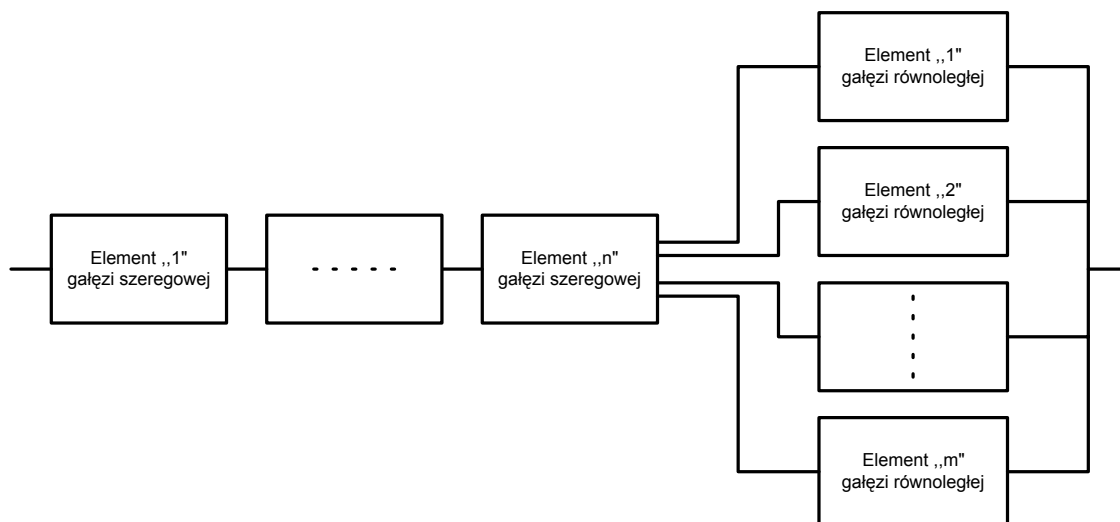
Rys. 2. przedstawia system o strukturze szeregowo-równoległej. W przypadku uszkodzenia którejś z magistral transmisyjnych system nie jest już w 100% sprawny, ale nadal pozostałe magistrale działają zgodnie z założonymi wymaganiami. Całkowite uszkodzenie systemu może nastąpić tylko w dwóch przypadkach:

- uszkodzona centrala,
- uszkodzone wszystkie magistrale z modułami rozszerzającymi.

Rys. 3. przedstawia system o strukturze równoległej. Analizując ten system pod kątem każdej z poszczególnych centrali tworzących ten system, można stwierdzić, iż elektroniczny system bezpieczeństwa ma szeregową strukturę niezawodnościową, ponieważ mogą one pracować indywidualnie. Jednak całość zobrażowana na rys. 3 tworzy równoległą strukturę niezawodnościową. Uszkodzenie którejkolwiek z central powoduje, że w systemie działają od tego momentu już tylko pojedyncze centrale skupione.

Analizując przykładowe systemy, przedstawione na rys. 1, 2 i 3, można zauważyć, że w rzeczywistych systemach nie ma takiego układu połączeń, jaki przedstawiony jest na tych rysunkach. Dlatego też liniami cienkimi zaznaczono te połączenia, które wynikają z analizy niezawodnościowej.

Po przeprowadzeniu analizy przedstawionych typów elektronicznych systemów bezpieczeństwa można stwierdzić, że ich struktura niezawodnościowa jest strukturą mieszaną typu szeregowo-równoległego. Ogólnie jest ona przedstawiona na rys. 4.



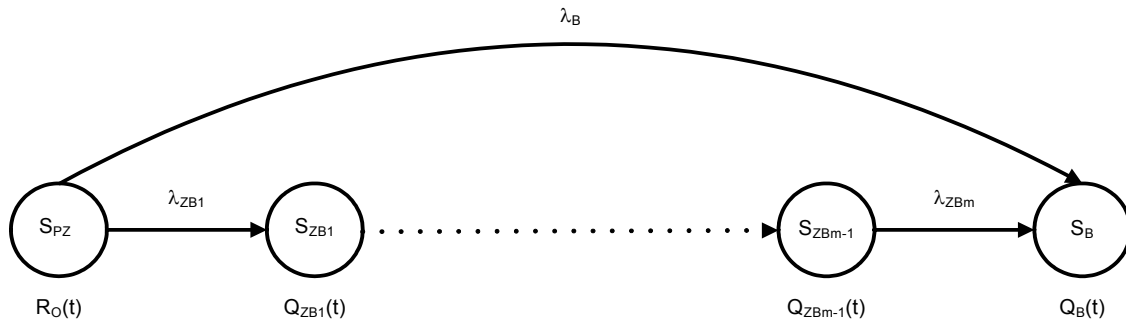
Rys. 4. Ogólny schemat niezawodnościowy elektronicznego systemu bezpieczeństwa

Uszkodzenie któregoś z elementów znajdujących się w gałęzi szeregowej struktury powoduje przejście systemu ze stanu pełnej zdatności S_{PZ}^1 do stanu zawadności bezpieczeństwa S_B^2 . Uszkodzenie któregoś z elementów znajdujących się w gałęzi równoległej struktury powoduje przejście ze stanu pełnej zdatności S_{PZ} do stanu

¹ Stan pełnej zdatności – system jest sprawny i wykrywa zagrożenia dla życia ludzi i ich mienia

² Stan zawadności bezpieczeństwa – system jest niesprawny (częściowo lub całkowicie) i nie wykrywa zagrożeń dla życia ludzi i ich mienia

zagrożenia bezpieczeństwa S_{ZB}^3 . Rys. 5 obrazuje relacje zachodzące w systemie w aspekcie bezpieczeństwa.



Rys. 5. Relacje zachodzące w systemie, gdzie:

- $R_0(t)$ – funkcja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie pełnej zdolności S_{PZ} ,
- $Q_{ZB}(t)$ – funkcja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie zagrożenia bezpieczeństwa S_{ZB} ,
- $Q_B(t)$ – funkcja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie zawodności bezpieczeństwa S_B ,
- λ_B – intensywność zastępcza przejść elementów gałęzi szeregowej,
- λ_{ZB} – intensywność przejść elementów gałęzi równoległej

Rozważając system zagregowany przedstawiony na rys. 5 można zapisać następującą zależność:

$$\lambda_B = \sum_{i=1}^n \lambda_{Bi} \quad (1)$$

System przedstawiony na rys. 5 może być opisany następującymi równaniami Kołmogorowa-Chapmana:

$$\begin{aligned} R_0'(t) &= -\lambda_B \cdot R_0(t) - \lambda_{ZB1} \cdot R_0(t) \\ Q_{ZB1}'(t) &= \lambda_{ZB1} \cdot R_0(t) - \lambda_{ZB2} \cdot Q_{ZB1}(t) \\ Q_{ZB2}'(t) &= \lambda_{ZB2} \cdot Q_{ZB1}(t) - \lambda_{ZB3} \cdot Q_{ZB2}(t) \\ &\dots \\ Q_{ZBm-1}'(t) &= \lambda_{ZBm-1} \cdot Q_{ZBm-2}(t) - \lambda_{ZBm} \cdot Q_{ZBm-1}(t) \\ Q_B'(t) &= \lambda_B \cdot R_0(t) + \lambda_{ZBm} \cdot Q_{ZBm-1}(t) \end{aligned} \quad (2)$$

Stosując przekształcenia matematyczne otrzymujemy:

$$R_0(t) = e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1}) \cdot t} \quad (3)$$

$$Q_{ZB1}(t) = \lambda_{ZB1} \cdot \left[\frac{e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1}) \cdot t} - e^{-\lambda_{ZB2} \cdot t}}{\lambda_{ZB2} - \lambda_B - \lambda_{ZB1}} \right] \quad (4)$$

³ Stan zagrożenia bezpieczeństwa – system jest częściowo sprawny, ale jest w stanie wykryć wszystkie zagrożenia dla życia ludzi i ich mienia

$$Q_{ZB2}(t) = \lambda_{ZB1} \cdot \lambda_{ZB2} \cdot \left[\frac{e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1})t}}{(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB3}) \cdot (\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB2})} - \frac{e^{-\lambda_{ZB2}t}}{(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB2}) \cdot (\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZB3})} + \frac{e^{-\lambda_{ZB3}t}}{(\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZB3}) \cdot (\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB3})} \right] \quad (5)$$

$$Q_{ZBm-1}(t) = \lambda_{ZB1} \cdot \lambda_{ZB2} \cdot \dots \cdot \lambda_{ZBm-1} \cdot (-1)^{m+1} \cdot \left[\frac{e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1})t}}{(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB2})(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB3}) \dots (\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZBm})} + \frac{e^{-\lambda_{ZB2}t}}{(\lambda_{ZB2} - \lambda_B - \lambda_{ZB1})(\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZB3}) \dots (\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZBm})} + \dots + \frac{e^{-\lambda_{ZBm}t}}{(\lambda_{ZBm} - \lambda_B - \lambda_{ZB1})(\lambda_{ZBm} - \lambda_{ZB2}) \dots (\lambda_{ZBm} - \lambda_{ZBm-1})} \right] \quad (6)$$

$$Q_B(t) = \frac{\lambda_B}{\lambda_B + \lambda_{ZB1}} \cdot [1 - e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1})t}] + \lambda_{ZB1} \cdot \lambda_{ZB2} \cdot \dots \cdot \lambda_{ZBm-1} \cdot \lambda_{ZBm} \cdot \left[(-1)^m \cdot \left(\frac{e^{-(\lambda_B + \lambda_{ZB1})t}}{(\lambda_B + \lambda_{ZB1})(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB2})(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZB3}) \dots (\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZBm-1})(\lambda_B + \lambda_{ZB1} - \lambda_{ZBm})} + \frac{e^{-\lambda_{ZB2}t}}{(\lambda_{ZB2} - \lambda_B - \lambda_{ZB1}) \cdot \lambda_{ZB2} \cdot (\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZB3}) \dots (\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZBm-1})(\lambda_{ZB2} - \lambda_{ZBm})} + \dots + \frac{e^{-\lambda_{ZBm-1}t}}{(\lambda_{ZBm-1} - \lambda_B - \lambda_{ZB1}) \cdot (\lambda_{ZBm-1} - \lambda_{ZB2}) \cdot (\lambda_{ZBm-1} - \lambda_{ZB3}) \dots \lambda_{ZBm-1} \cdot (\lambda_{ZBm-1} - \lambda_{ZBm})} + \frac{e^{-\lambda_{ZBm}t}}{(\lambda_{ZBm} - \lambda_B - \lambda_{ZB1}) \cdot (\lambda_{ZBm} - \lambda_{ZB2}) \cdot (\lambda_{ZBm} - \lambda_{ZB3}) \dots (\lambda_{ZBm} - \lambda_{ZBm-1}) \cdot \lambda_{ZBm}} \right) + \frac{1}{(\lambda_B + \lambda_{ZB1}) \cdot \lambda_{ZB2} \cdot \lambda_{ZB3} \cdot \dots \cdot \lambda_{ZBm-1} \cdot \lambda_{ZBm}} \right] \quad (7)$$

Otrzymane zależności pozwalają na wyznaczenie wartości prawdopodobieństw przebywania dowolnego elektronicznego systemu bezpieczeństwa w stanach pełnej zdadności S_{PZ} , zagrożenia bezpieczeństwa S_{ZB} i zawadności bezpieczeństwa S_B .

C. Przebieg ćwiczenia

Wykorzystując program „Wspomaganie Decyzji Niezawodnościowo-Eksploatacyjnych Transportowych Systemów Nadzoru” określić:

- wpływ liczby uszkodzonych central i modułów tworzących poszczególne typy systemów na niezawodność całego systemu rozproszonego,
- wpływ wartości niezawodności central i modułów tworzących poszczególne typy systemów na niezawodność całego systemu rozproszonego,
- wpływ liczby zastosowanych magistral transmisyjnych na niezawodność całego systemu rozproszonego,
- wpływ liczby zastosowanych central w wersji skupionej na niezawodność całego systemu rozproszonego,
- wpływ czasu badań systemów na intensywność uszkodzeń central i modułów tworzących poszczególne typy systemów rozproszonych,
- wpływ czasu badań systemów na intensywność uszkodzeń całego systemu rozproszonego.

UWAGA

Wartości wejściowe do programu „Wspomaganie Decyzji Niezawodnościowo-Eksploatacyjnych Transportowych Systemów Nadzoru” poda prowadzący na początku zajęć laboratoryjnych.

D. Literatura

1. Instrukcje serwisowe systemów: DSC, GALAXY, RANKOR, SATEL, SIEMENS.
2. Jaźwiński J., Ważyńska-Fiok K.: Bezpieczeństwo systemów. PWN, Warszawa 1993.
3. Rosiński A.: Metoda wyboru strategii eksploatacji w transportowych systemach nadzoru – rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska Wydział Transportu, Warszawa 2006.
4. Ważyńska-Fiok K., Jaźwiński J.: Niezawodność systemów technicznych. PWN, Warszawa 1990.