

Niezawodność strukturalna układów

**Eksploatacja układów automatyki i
robotyki**

*Dagmara Uhl
Piotr Ucherek
Adam Trybała*

*Dominik Wąż
Marcin Wieczorek*

Grupa 16, AiR, IV rok

Pojęcie niezawodności

Zdolność obiektu do wypełniania określonych, zadanych funkcji oraz utrzymywania swoich wskaźników eksploatacyjnych w zadanych przedziałach przy za zadanych warunkach eksploatacji w ciągu wymaganego czasu lub ilości cykli. Podstawową miarą niezawodności jest czas poprawnej pracy (liczony od początku użytkowania do pierwszej awarii).

Pojęcia związane z niezawodnością:

- Prawdopodobieństwo poprawnej pracy $R(t)$
- Prawdopodobieństwo uszkodzenia $F(t)$
- Częstotliwość uszkodzeń $\alpha(t)$
- Intensywność uszkodzeń $\lambda(t)$
- Sprawność $\eta = \frac{E_{wy}}{E_{we}}$

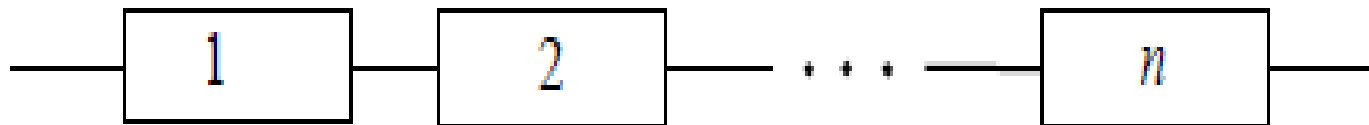
Struktury niezawodnościowe

Struktura niezawodnościowa systemu przedstawia sposób wzajemnych powiązań elementów określających zależność uszkodzeń systemu od uszkodzeń jego obiektów.

Struktury niezawodnościowe można podzielić na:

- **podstawowe (szeregowo, równoległe)**
- mieszane
- złożone

Struktura szeregową



System ma szeregową strukturę niezawodnościową, jeżeli niesprawność dowolnego elementu powoduje niesprawność całego systemu.

Funkcja niezawodności:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \dots \cdot R_n(t)$$

gdzie: $R_i(t)$ - funkcja niezawodności i -tego elementu systemu,

$R(t)$ – funkcja niezawodności całego systemu.

Przykład

System składający się z 400 elementów.

Każdy z tych elementów ma niezawodność równą 0,99 dla określonego przedziału czasu t . Wówczas niezawodność całego systemu dla przedziału czasu t , wynosić będzie:

$$(t) = 0,99^{400} = 0,018$$

Oznacza to, że na 1000 takich systemów, 982 z nich przypuszczalnie zawiodą w przedziale czasu t .

Struktura równoległa

System ma równoległą strukturę niezawodnościową, jeżeli zdatność przynajmniej jednego elementu powoduje zdatność całego systemu.

Funkcja niezawodności:

$$R(t) = 1 - (1 - R_1(t)) \cdot (1 - R_2(t)) \cdot \dots \cdot (1 - R_n(t))$$

gdzie: $R_i(t)$ - funkcja niezawodności i-tego elementu składowego,

$R(t)$ – funkcja niezawodności całego systemu.

Przykład

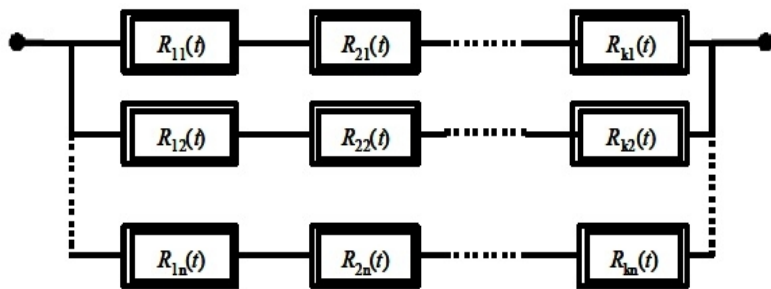
System składający się z pięciu elementów połączonych równolegle.

Każdy z tych elementów ma niezawodność wynoszącą 0,99. Wówczas niezawodność całego systemu wynosić będzie:

$$R=1-(1-R_i)^n=0,9999999999$$

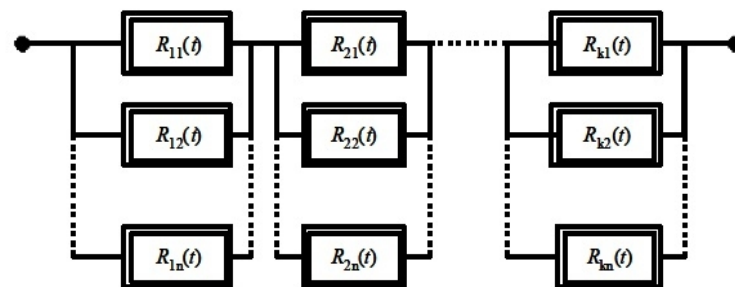
Struktury mieszane

Szeregowo-równoległa



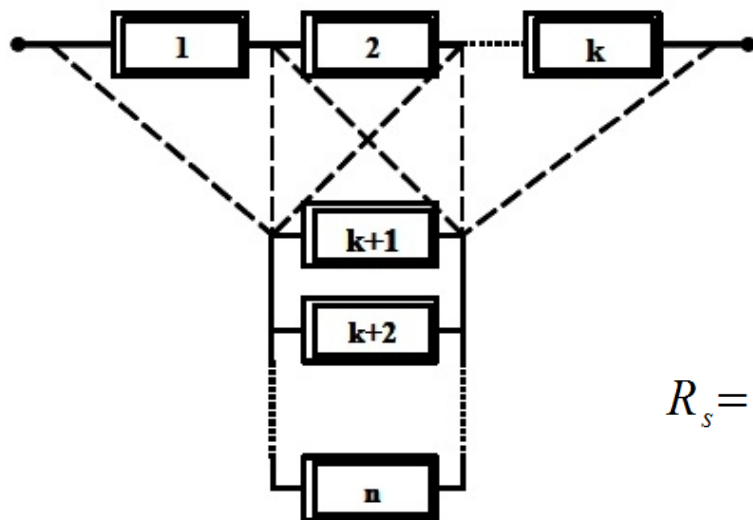
$$R_s(t) = \prod_{j=1}^k \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_{ij}(t)) \right]$$

Równoległo-szeregową



$$R_s(t) = 1 - \prod_{j=1}^n \left(1 - \prod_{i=1}^k R_{ij}(t) \right)$$

Struktura k z n



Przykład

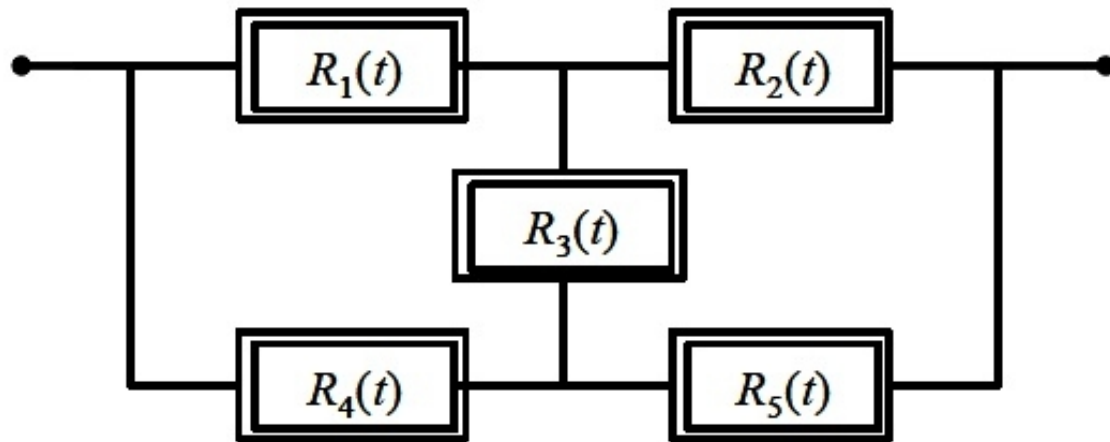
Dla $R=0,9$

$$R_s = \sum_{i=3}^5 \left(\frac{5!}{i! * (5-i)!} * 0,9^i * (1-0,9)^{5-i} \right) = 0,99144$$

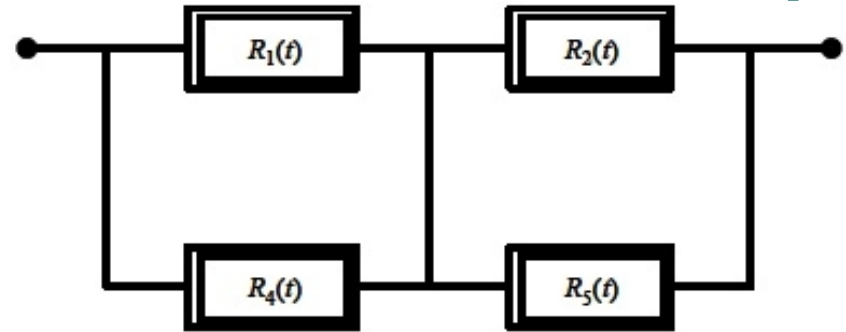
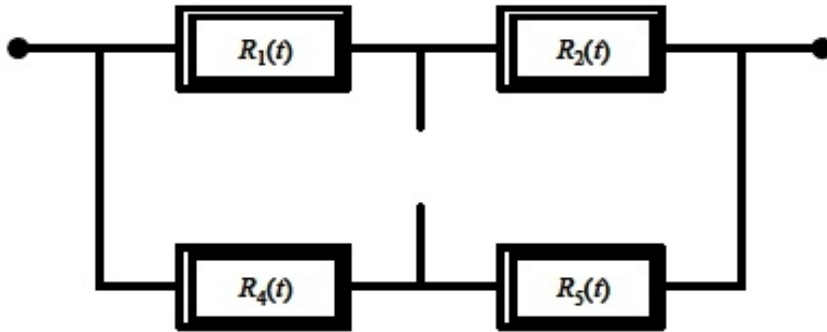
$$R_s(t) = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} * R^i(t) * (1-R(t))^{n-i}$$

$$R_1(t) = R_2(t) = \dots = R_n(t) = R(t)$$

Układ mostkowy



Metoda kluczowego elementu (ang. *key item method*)



Układ mostkowy

$$R_s(t) = R_3(t) * R_{R_3=1}(t) + (1 - R_3(t)) * R_{R_3=0}(t)$$

$$\begin{aligned} R_s(t) = & R_1(t) * R_2(t) + R_4(t) * R_5(t) + R_1(t) * R_3(t) * R_5(t) + R_2(t) * R_3(t) * R_4(t) - \textcolor{red}{i} \\ & R_1(t) * R_2(t) * R_4(t) * R_5(t) - R_1(t) * R_2(t) * R_3(t) * R_4(t) - R_1(t) * R_2(t) * R_3(t) * R_5(t) - \textcolor{red}{i} \\ & R_1(t) * R_3(t) * R_4(t) * R_5(t) - R_2(t) * R_3(t) * R_4(t) * R_5(t) + 2R_1(t) * R_2(t) * R_3(t) * R_4(t) * R_5(t) \end{aligned}$$

Problem

Przestoje w produkcji =

- Spadek wydajności
- Spadek zadowolenia klientów
- Utrata reputacji
- **KOSZTY**

Rozwiązanie

Stosowanie systemów redundantnych

Redundancja jest to powielanie krytycznych elementów systemu z zamiarem zwiększenia niezawodności systemu, zazwyczaj w przypadku kopii zapasowej lub nadmiarowej części.

Systemy redundantne

- Wydatki na zakup podwójnej liczby sterowników lub innych elementów systemu są najczęściej mniejsze od wydatków związanych z remontem czy wymianą skomplikowanych maszyn produkcyjnych, nie mówiąc o stratach związanych z postojem

Istotną sprawą jest ścisła współpraca techników i inżynierów obsługujących dany proces przemysłowy czy produkcyjny. Wymiana doświadczeń i wiedzy sprzyja dobremu rozpoznaniu podstawowych parametrów pracy i zagrożeń w procesie.

Trzy typy redundancji

W wielu dziedzinach, w których niezawodność jest wysoce pożądaną cechą, stosuje się systemy nadmiarowe. Przyjęty został generalny podział układów redundantnych na:

- Układy zimne (ang. „cold”);
- Układy ciepłe (ang. „warm”);
- Układy gorące (ang „hot”)

Redundancja typu „cold”.

- Czas reakcji nie jest czynnikiem krytycznym
- Dopuszczalne jest niedługie zatrzymanie procesu
- Obsługa systemu zazwyczaj wiąże się z interwencją operatora
 - Przykłady: Koło zapasowe, rezerwowe czujniki, równoległa instalacja dwóch maszyn w ciągu linii produkcyjnej

Redundancja typu „warm”.

- Czas reakcji jest czynnikiem krytycznym;
- Dopuszczalne są niewielkie skoki wartości sygnałów;
- Istnieją takie momenty, w których wartości pomiędzy sterownikiem głównym, a wspomagającym są różne;

Sterownik główny („Primary”), poza pełnieniem funkcji związanych ze sterowaniem, wysyła do sterownika zapasowego („Backup”) pakiety danych z pewnym, ustalonym taktowaniem.

Przykład: Układy wodne i gazowe.

Redundancja typu „hot”.

- Czas reakcji jest czynnikiem krytycznym;
- Niedopuszczalne są żadne skoki wartości sygnałów;
- Dwie metody realizacji struktury hot:

metoda „skanuj i wyślij”

dodatkowy moduł komunikacyjny

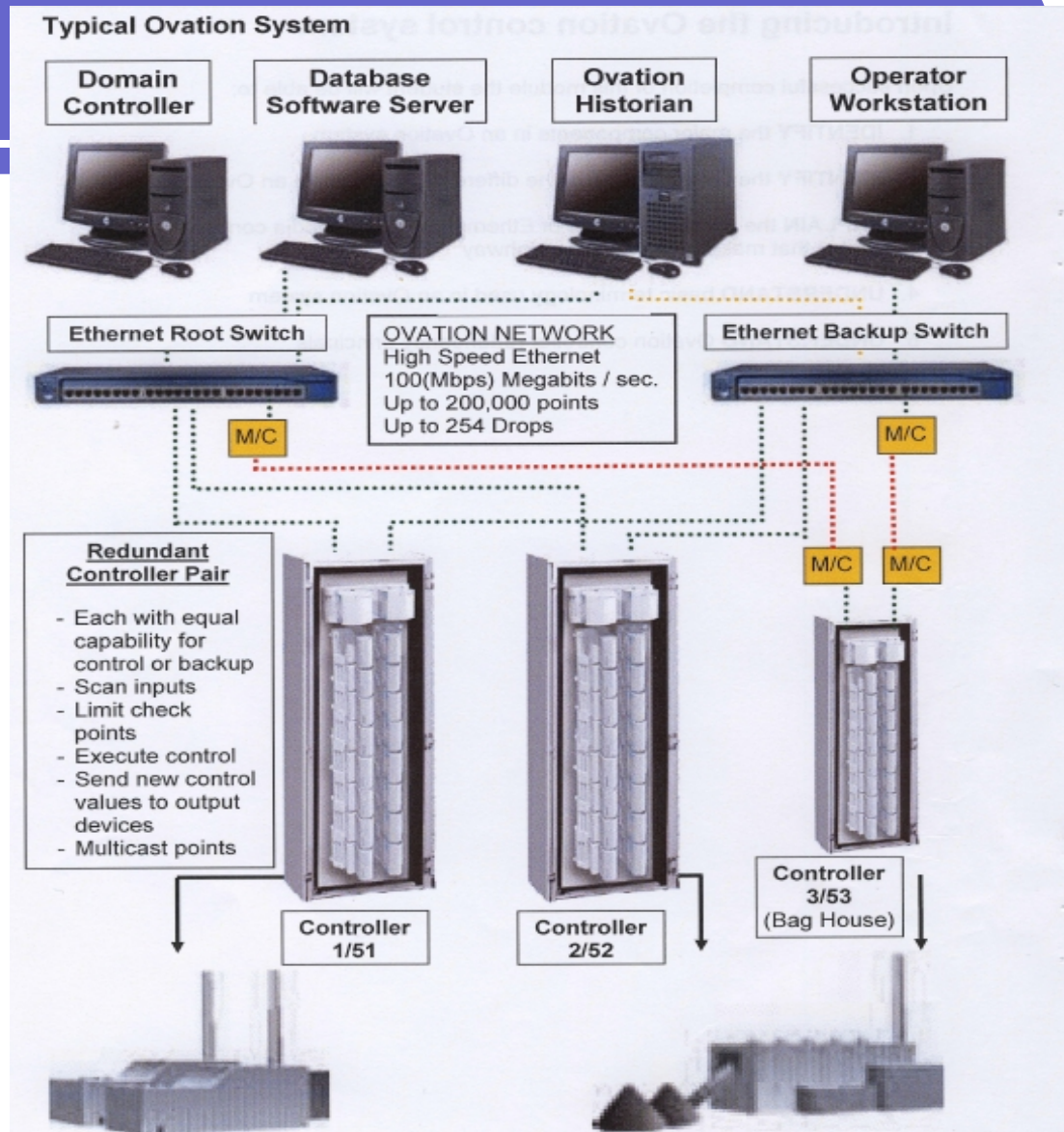
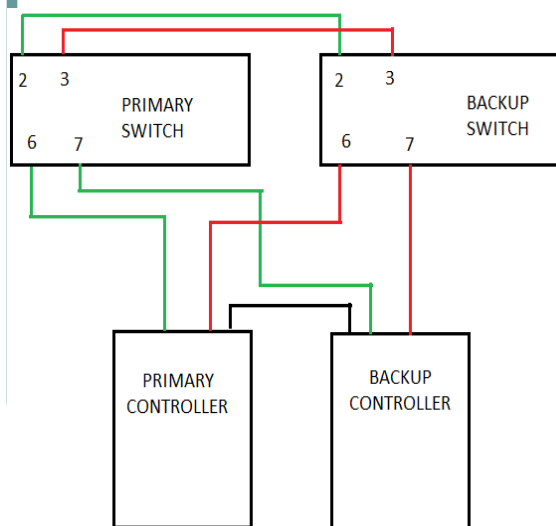
Wymiana informacji pomiędzy sterownikiem głównym a zapasowym w modelu **hot stand-by** następuje w czasie rzeczywistym, czyli informacje w obydwu sterownikach w każdej chwili są zgodne

Przykład

Sterownik OCR 400 dedykowany dla systemu Ovation firmy Emerson Power and Water Solutions.



System Ovation należy do grupy rozproszonych systemów sterowania (DCS).





Jednostka procesorowa:

Procesor 400MHz

64 (128) MB DRAM

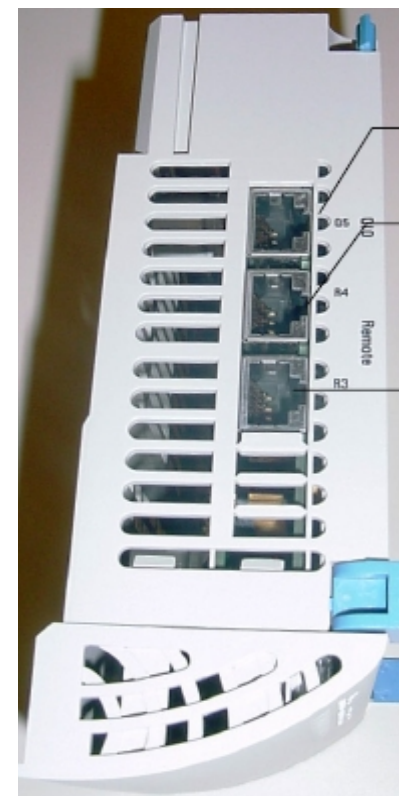
128 MB Pamięci Flash

System: VxWorks

4 porty RJ-45

Moduł obsługi wejść/wyjść:

Jego głównym zadaniem jest obsługa wewnętrznych i zewnętrznych modułów we/wy.



Dziękujemy za uwagę!