

Andrzej Purczyński

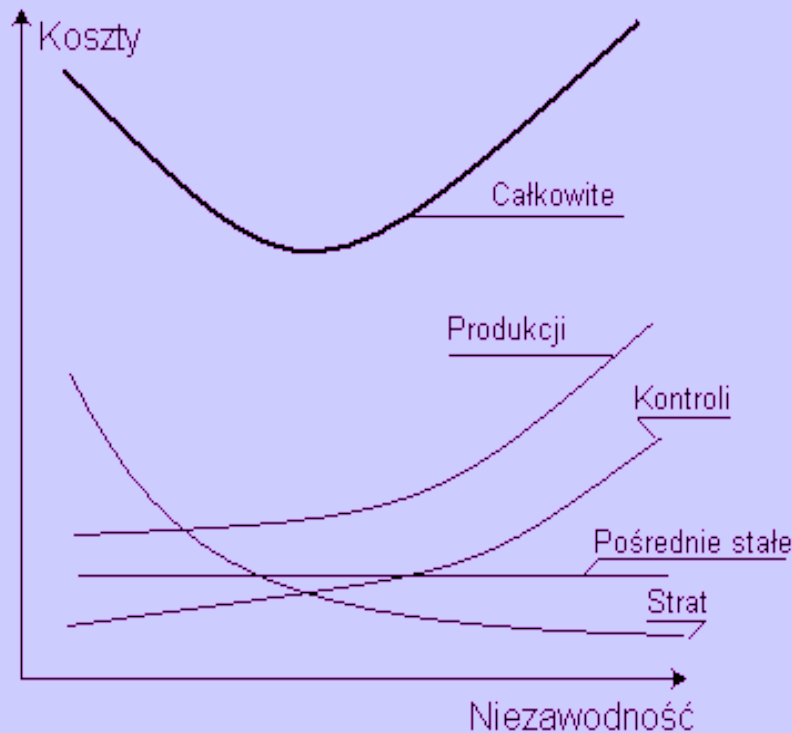
PODSTAWY OCENY WSKAŹNIKÓW ZAWODNOŚCI ZASILANIA ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ

Materiały szkolenia technicznego,
Jakość energii elektrycznej i jej rozliczanie,
Poznań – Tarnowo Podgórne II/2008, ENERGO-EKO-TECH

ZAKRES

- 1. Aspekt ekonomiczny**
- 2. Jakość energii elektrycznej a niezawodność zasilania**
- 3. Przydatne pojęcia teorii niezawodności**
- 4. Podstawowe struktury niezawodnościowe**
- 5. Klasyfikacja metod obliczeniowych**
- 6. Uwagi końcowe i wnioski**
- 7. Literatura**

ASPEKT EKONOMICZNY



$$K_s = k_w \cdot P \cdot q_z \cdot t$$

Zapewnienie zwiększonej niezawodności zasilania odbiorcom energii podwyższa opłatę za część stałą usługi dystrybucyjnej w wysokości zależnej od realizowanego stopnia pewności zasilania (**współczynnik zawodności**).

PODZIAŁ ODBIORCÓW KOMUNALNO-BYTOWYCH

- I. Stacje pogotowia, krwiodawstwa, sale operacyjne i położnicze, banki, kina, teatry, sale koncertowe, hotele itp.
- II. Budynki wielorodzinne (>5 kondygn.), domy studenckie, hotele prac., placówki żywienia zbiorowego i in.
- III. Obiekty administracyjne, oświatowe, budownictwo jednorodzinne, oświetlenie dróg i ulic itp.

NIEZAWODNOŚĆ ZASILANIA GRUP ODBIORCÓW

Grupa	Klasa niezawodności	Czas przerwy t_d [h]
I	A	$t_d \approx 0$
II	B	$t_d \geq 0$
III	C	$0,25 < t_d \leq 1$
	D	$1 < t_d \leq 3$
	E	$t_d > 3$

NIEZAWODNOŚĆ ZASILANIA

**Zdolności urządzenia lub systemu
do funkcjonowania zgodnie z przeznaczeniem
w określonych warunkach eksploatacyjnych
i w przewidywanym czasie**

Miarą niezawodności jest prawdopodobieństwo:

$$R(t) = \mathbf{P}(T \geq t)$$

Proces

JAKOŚĆ ENERGII

Stopień zgodności między oczekiwaniem a realizacją

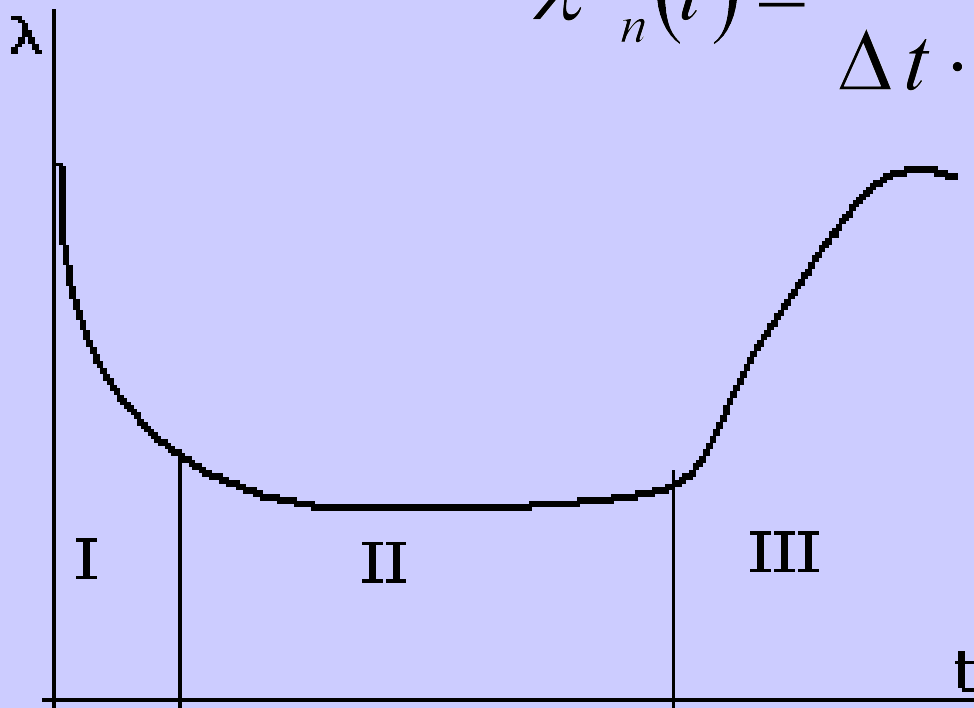
Określona przez parametry zwykle identyfikowane z charakterystykami napięcia

- obniżenia lub wyżki napięcia;
- zapady napięcia i przepięcia;
- przebiegi przejściowe;
- odkształcenia harmoniczných

Produkt

INTENSYWNOŚĆ USZKODZEŃ

$$\lambda_n(t) = \frac{\Delta n}{\Delta t \cdot n(t)}$$



Określa ile urządzeń ulegnie uszkodzeniu Δn w przedziale czasu Δt , gdy na początku obserwacji było urządzeń $n(t)$

WSPÓŁCZYNNIK ZAWODNOŚCI

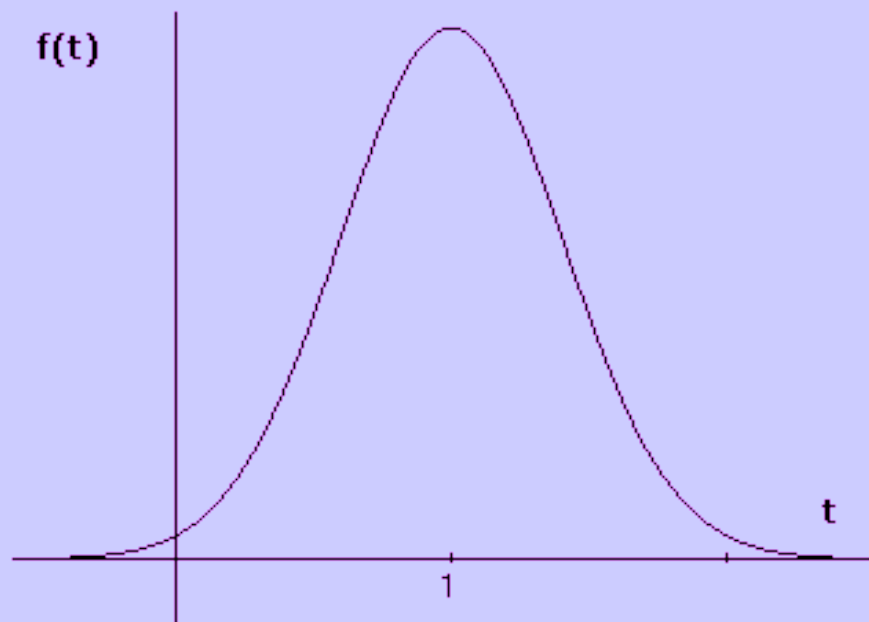
$$q = \frac{t_s}{t_s + t_p} = \frac{\lambda t_s}{1 + \lambda t_s} \approx \frac{\lambda t_s}{8760}$$

λ – intensywność uszkodzeń;

t_s – średni czas odnowy (przestoju);

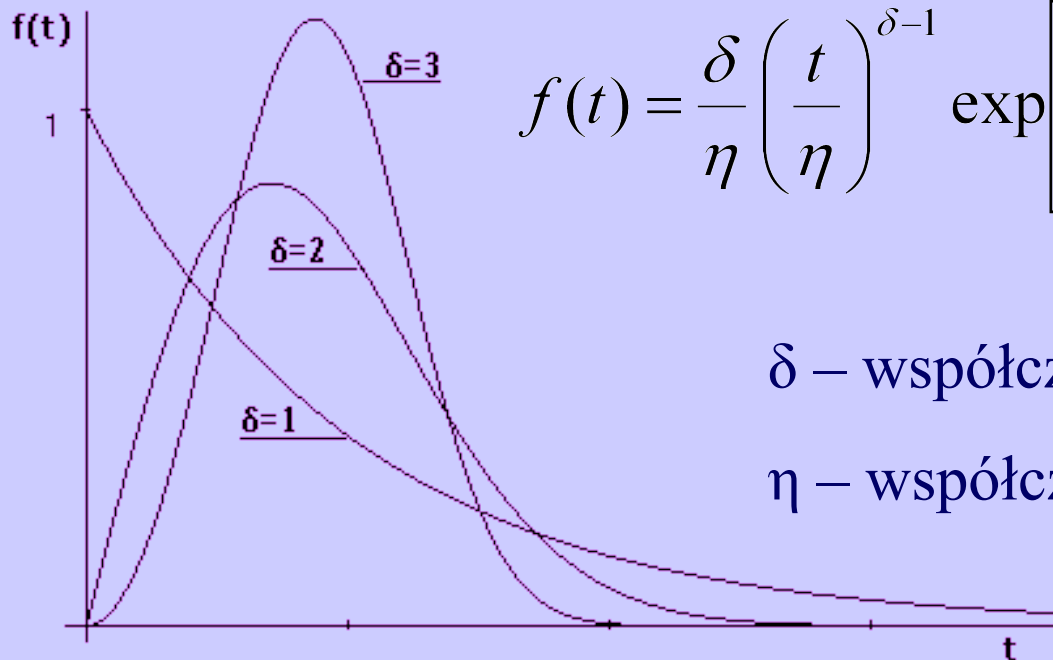
t_p – średni czas poprawnej pracy.

MODEL NORMALNY



$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad dla \quad (-\infty < t < \infty)$$

MODEL WEIBULLA



$$f(t) = \frac{\delta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\delta-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\delta} \right] \quad \text{dla } t \geq 0$$

δ – współczynnik kształtu;

η – współczynnik skali.

STRUKTURA - OBIEKT

Obiekt prosty – niepodzielny.

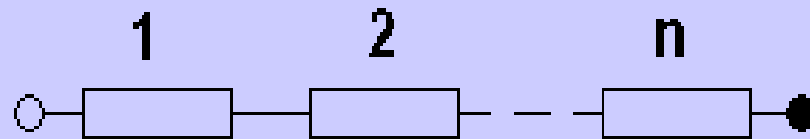
Obiekt złożony (system) – zorganizowany do określonego zadania zbiór obiektów prostych.

Struktura niezawodnościowa – sposób powiązań obiektów systemu określający zależność uszkodzeń systemu od uszkodzeń obiektów składowych.

Struktura zależy od:

- konstrukcji systemu;
- zadania systemu.

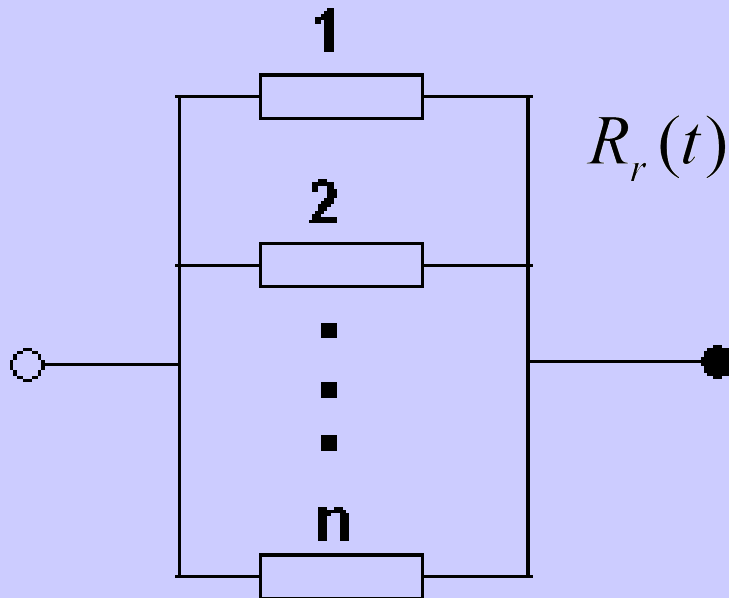
STRUKTURA SZEREGOWA



$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) = \prod_{i=1}^n [1 - F_i(t)]$$

$$q_s \cong \sum_{i=1}^n q_i$$

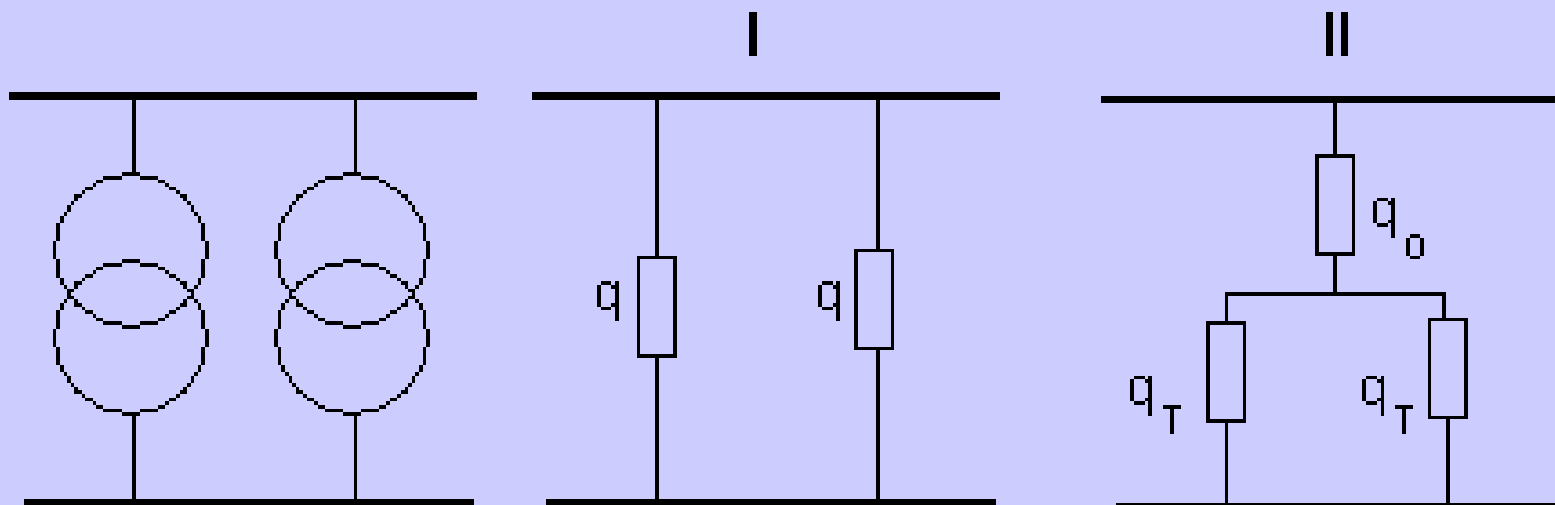
STRUKTURA RÓWNOLEGLA



$$R_r(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(t)$$

$$q_r = \prod_{i=1}^n q_i$$

PRZYKŁAD 1



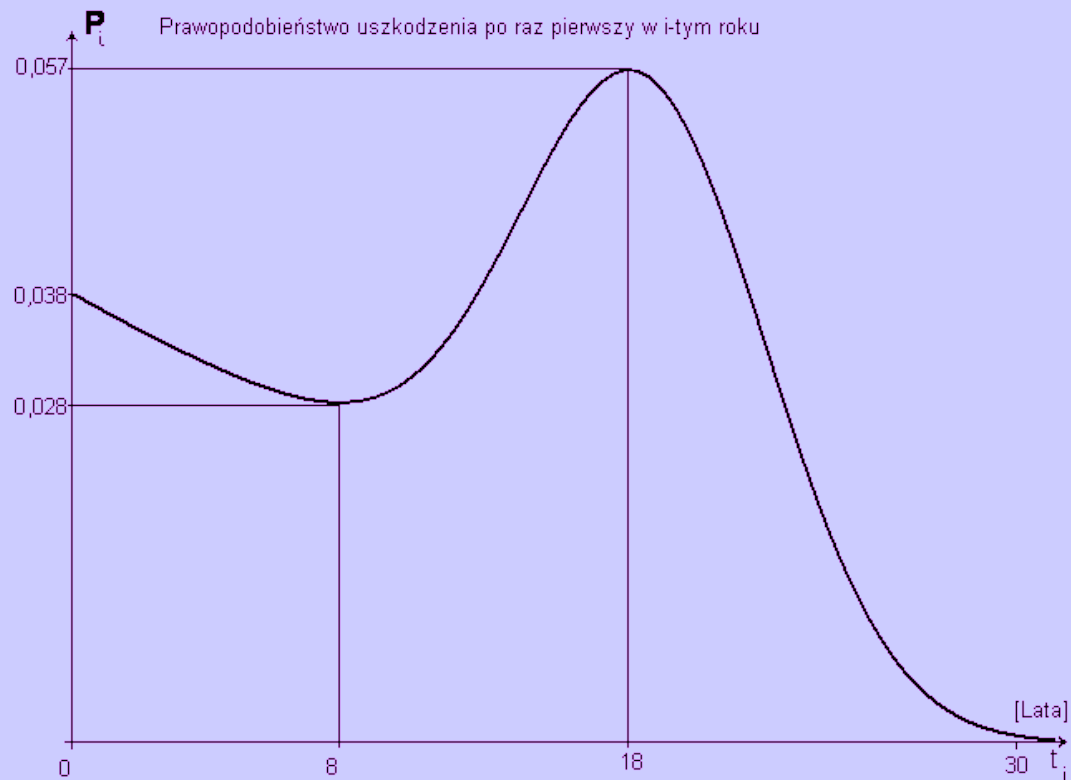
$$q = q_o + q_T$$

$$q_o = 0,001; \quad q_T = 0,009$$

Wariant I: $q_I = q \cdot q$, czyli $q_I = 0,01^2 = \underline{0,0001}$

Wariant II: $q_{II} = q_o + q_T^2$, czyli $q_{II} = 0,001 + 0,009^2 = \underline{0,001081}$

PRZYKŁAD 2

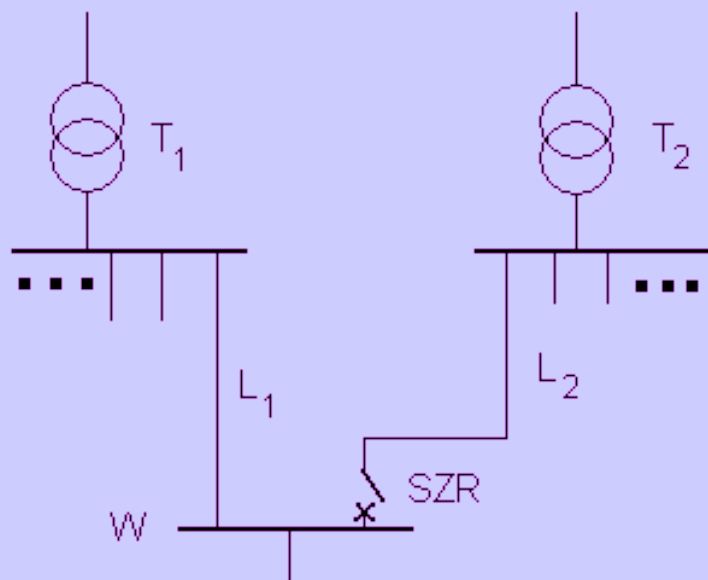


$$P_i = \exp[-(i-1)\lambda \Delta t] [1 - F_s(t_{i-1})] \left[1 - \exp(-\lambda \Delta t) + \frac{F_s(t_i) - F_s(t_{i-1})}{1 - F_s(t_{i-1})} \exp(-\lambda \Delta t) \right]$$

PRZYKŁADOWE PARAMETRY URZĄDZEŃ

Urządzenie	Jednostka j	Częstość uszkodzeń d_s [1/a 100 j]	Czas przestoju t_s [h]	Współczynnik zawodności q $\times 10^{-5}$
Linia 110 kV	km	1,5	6	1
Transformator 110/15 kV	szt	6	12	8
Wyłącznik 110kV	szt	3	6	2
Linia 30 kV	km	6,5	13,2	9,8
Szyny 30 kV	pole	0,32	9,8	0,36
Wyłącznik SN	szt	13,2	5,5	8,3

UKŁAD ZASILANIA



- D_w - oczekiwana liczba przerw zasilania węzła W;
 Q_w - wskaźnik zawodności układu zasilającego węzeł W.

$$D_w = \left[D_{12} + (D_1 - D_{12}) k_{SZR} \right] \left(1 - \frac{\tau_1 + \tau_2}{T} \right) + D_1 \frac{\tau_2}{T} + D_2 \frac{\tau_1}{T} + d_w$$

$$Q_w = \left[Q_{12} + (D_1 - D_{12}) k_{SZR} \frac{t_p}{T} \right] \left(1 - \frac{\tau_1 + \tau_2}{T} \right) + D_1 \frac{\tau_2 t_1}{T^2} + D_2 \frac{\tau_1 t_2}{T^2} + q_w$$

OZNACZENIA

D_{12} – liczba przerw równoczesnych obydwu dróg zasilania,
 D_1, D_2 – oczekiwane liczby przerw w drogach 1 i 2,
 k_{SZR} – współczynnik brakujących działań automatyki SZR,
 T – czas pracy w roku (zwykle 8760 h),
 t_p – czas przełączeń realizowanych przez obsługę,
 t_1, t_2 – czasy zakłóceń podczas konserwacji drugiej drogi,
 τ_1, τ_2 – czasy planowanych przeglądów i remontów,
 d_w – oczekiwana liczba uszkodzeń węzła W w roku,
 Q_{12} – wskaźnik zawodności dla obydwu dróg zasilania,
 q_w – współczynnik zawodności węzła zasilanego W .

AUTOMATYKA SZR

$$D_{SZR} = (D_1 - D_{12}) \left(1 - \frac{\tau_1 + \tau_2}{T} \right)$$

Średnia liczba zakłóceń likwidowanych przez automatykę SZR

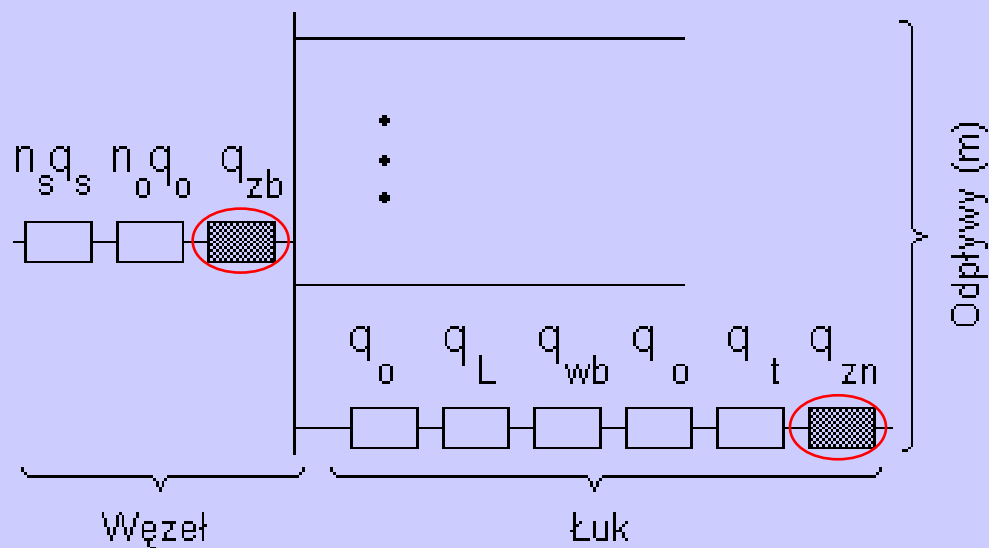
USZKODZENIA WSPÓŁZALEŻNE

$$D_{12} = D_1 \cdot Q_2 + D_2 \cdot Q_1 + \sum_{i=1}^u (d_{1i} + d_{2i}) \cdot k$$

$$Q_{12} = Q_1 \cdot Q_2 + \sum_{i=1}^u (d_{1i} + d_{2i}) \cdot k \cdot \frac{t_{pi}}{T}$$

- Współczynnik współzależności uszkodzeń k dla:
 - torów linii napowietrznej dwutorowej $k = 0,15$;
 - kabli średniego napięcia ułożonych obok siebie $k = (0,02 \div 0,1)$;
 - systemów szyn w rozdzielnicy dwusystemowej $k = 0,1$.

ZABEZPIECZENIA W STRUKTURZE NIEZAWODNOŚCIOWEJ



$$d_{zn} = \frac{\text{liczba zadziałań niepotrzebnych w roku}}{\text{liczba zainstalowanych zabezpieczeń}} \left[\frac{1}{a} \right]$$

$$k_b = \frac{\text{liczba zadziałań brakujących w roku}}{\text{liczba zadziałań potrzebnych w w roku}}$$

ZADZIAŁANIA BRAKUJĄCE

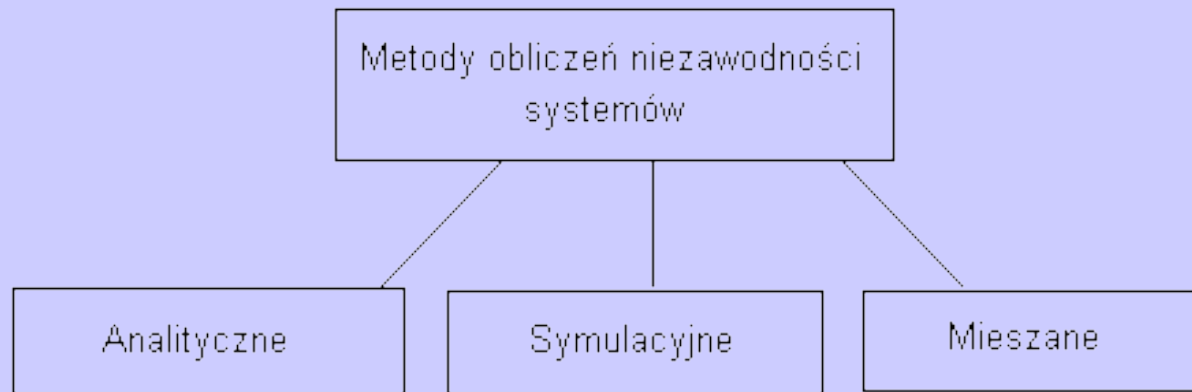
$$d_{zb} = k_b \cdot \sum_{i=1}^{m-1} d_i$$

d_{zb} – średnia roczna liczba zakłóceń w roku przeniesionych w wyniku braku prawidłowego zadziałania zabezpieczeń

$$q_{zb} = k_b \cdot \sum_{i=1}^{m-1} d_{1i}$$

q_{zb} – współczynnik zawodności dla działań brakujących na pozostałych odpływach i przeniesionych do węzła

METODY OBLICZEŃ



W zależności od zastosowanego aparatu matematycznego wśród metod analitycznych można wyróżnić metody:

- przeglądu stanów;
- analizy strukturalnej minimalnych dróg i przekrojów (cięć) niesprawności;
- logiczne;
- drzewa uszkodzeń;
- łańcuchów i procesów Markowa.

UWAGI KOŃCOWE

1. Wady obliczeń opartych na współczynniku zawodności:
 - nie przedstawia wypadkowej rocznej intensywności i rozkładu czasów awarii;
 - nie uwzględnia zmienności obciążenia;
 - nie uwzględnia współzależności uszkodzeń.
2. Wszystkie metody analityczne opierają się na danych statystycznych i jakość tego materiału w zasadniczy sposób określa wiarygodność uzyskanych wyników obliczeń.
3. Dla systemów złożonych metody oparte na analizie prostych układów szeregowych i równoległych stają się mało wydajne.

LITERATURA

- Paska J., *Niezawodność systemów elektroenergetycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005
- Laudyn D., Maksymiuk J., *Jakość i niezawodność w elektroenergetyce*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996
- Maksymiuk J., *Niezawodność maszyn i urządzeń elektrycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- Sozański J., *Niezawodność zasilania energią elektryczną*, WNT, Warszawa 1982
- Kujszczyk S., *Elektroenergetyczne sieci rozdzielcze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004, tom 2
- Kochel M., Niestępski S., *Elektroenergetyczne sieci i urządzenia przemysłowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- Marzecki J., *Rozdzielcze sieci elektroenergetyczne*, PWN, Warszawa 2001

Dziękuję za uwagę!