

**LI (51) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY III STOPNIA – PROBLEM TECHNICZNY Z ROZWIĄZANIEM

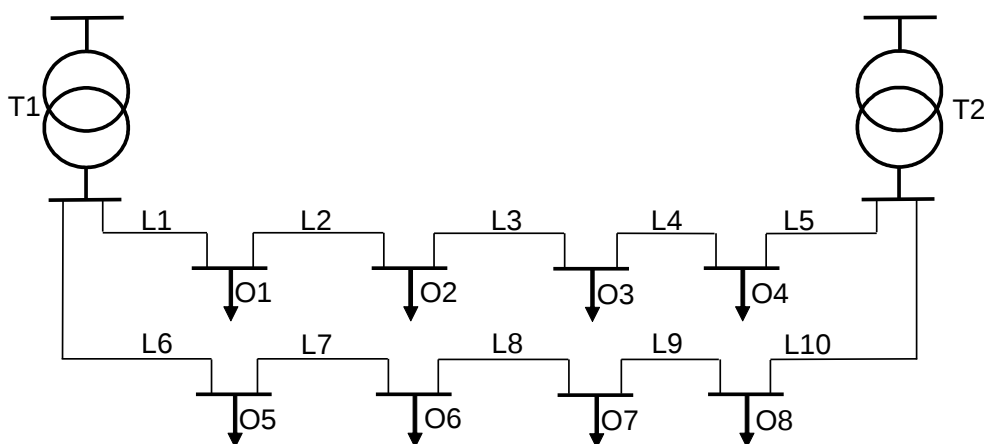
Autor: Dariusz Baczyński

Koreferent: Stanisław Wincenciak

PROBLEM TECHNICZNY

Na rysunku przedstawiono sieć elektroenergetyczną niskiego napięcia zasilaną z dwóch transformatorów SN/nn. Sieć powinna pracować jako otwarta tj. każdy z odbiorów „O” powinien być zasilony tylko z jednego transformatora SN/nn. Należy zdecydować, które linie „L” powinny być wyłączone, aby zminimalizować sumaryczne straty mocy w sieci (należy wskazać dwie linie do wyłączenia). Podano maksymalne przepustowości transformatorów, rezystancje transformatorów oraz linii a także moce odbierane przez poszczególne odbiory.

Zakłada się, że sieć jest siecią trójfazową. Dla uproszczenia napięcia w sieci równe są napięciom znamionowym $U_n = 400 \text{ V}$. Straty mocy w elementach sieciowych równe są $\Delta P = 3I^2R$ gdzie I to prąd w elemencie a R to rezystancja elementu. Prąd w elemencie sieciowym to $I = P/(U_n \cdot \sqrt{3})$, gdzie P to moc obciążenia elementu sieciowego.



T1 – przepustowość 60 kW, $R=0,02 \Omega$

T2 – przepustowość 200 kW, $R=0,01 \Omega$

L1, L10 – $R=0,015 \Omega$

L2->L9 – $R=0,007 \Omega$

O1->O3 – $P=20 \text{ kW}$

O6->O8 – $P=20 \text{ kW}$

O4, O5 – $P=60 \text{ kW}$

**LI (51) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY III STOPNIA – PROBLEM TECHNICZNY Z ROZWIĄZANIEM

Rozwiązanie

Rozwiązanie należy rozpocząć od wskazania tych kombinacji zasilania poszczególnych odbiorów z transformatorów T1 i T2, w których transformatory te nie są przeciążone. Kombinacje te przekładają się na wyłączenia odpowiednich linii w pętlach.

Podstawowy warunek dotyczący nieprzeciążania transformatorów spełniają jedynie 3 przypadki wyłączenia linii (co sprowadza się do zasilania odbiorów z właściwych transformatorów) na 25 wszystkich możliwych.

60	200	L_górne				L_dolne				suma strat [W]
T1	T2	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	
		20	20	20	60	60	20	20	20	
40	200	1	1	0	0	0	0	0	0	5390,0
60	180	1	1	1	0	0	0	0	0	5282,5
60	180	0	0	0	0	1	0	0	0	3932,5

Wartość „1” oznacza zasilanie danego odbioru ze stacji T1, wartość „0” oznacza zasilanie odbioru ze stacji T2.

Następnie dla każdego z przypadków należy wyznaczyć sumę strat w liniach i transformatorach. Wyznaczanie strat zaczynamy od wyznaczenia obciążeń w poszczególnych liniach.

Przedstawione obliczenia dotyczą przypadku z najmniejszą sumą strat.

Dla tego przypadku w ciągu linii L1->L5 wszystkie odbiory są zasilane ze stacji T2. Oznacza to, że poszczególne odcinki tego ciągu są obciążone następującymi mocami:

L1: P=0 kW (linia nie pracuje – jest wyłączona)

L2: P=20 kW (obciążenie to odbiór O1)

L3: P=40 kW (O1+O2)

L4: P=60 kW (O1+O2+O3)

L5: P=120 kW (O1+O2+O3+O4)

Moce te przekładają się na następujące prądy przepływające przez poszczególne linie, wyznaczone zgodnie ze wzorem

$$I = P / (U_n * \sqrt{3}):$$

L1: I=0 A

L2: I=28,87 A

**LI (51) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY III STOPNIA – PROBLEM TECHNICZNY Z ROZWIĄZANIEM

L3: $I=57,74 \text{ A}$

L4: $I=86,6 \text{ A}$

L5: $I=173,21 \text{ A}$

Prądy te przekładają się na następujące straty w poszczególnych liniach, wyznaczone zgodnie ze wzorem $\Delta P = 3I^2R$:

L1: $\Delta P = 0 \text{ W}$

L2: $\Delta P = 17,5 \text{ W}$

L3: $\Delta P = 70 \text{ W}$

L4: $\Delta P = 157,5 \text{ W}$

L5: $\Delta P = 630 \text{ W}$

Analizując ciąg linii L6->L10 należy zauważyć, że odbiór O5 jest zasilany z transformatora T1 natomiast odbiory O6, O7 i O8 są zasilane z transformatora T2. Oznacza to, że poszczególne odcinki tego ciągu są obciążone następującymi mocami:

L6: $P=60 \text{ kW}$ (obciążenie to odbiór O5)

L7: $P=0 \text{ kW}$ (linia nie pracuje – jest wyłączona)

L8: $P=20 \text{ kW}$ (obciążenie to odbiór O6)

L9: $P=40 \text{ kW}$ (O6+O7)

L10: $P=60 \text{ kW}$ (O6+O7+O8)

Moce te przekładają się na następujące prądy przepływające przez poszczególne linie, wyznaczone zgodnie ze wzorem

$I = P / (U_n * \sqrt{3})$:

L6: $I=86,6 \text{ A}$

L7: $I=0 \text{ A}$

L8: $I=28,87 \text{ A}$

L9: $I=57,74 \text{ A}$

L10: $I=86,6 \text{ A}$

Prądy te przekładają się na następujące straty w poszczególnych liniach, wyznaczone zgodnie ze wzorem $\Delta P = 3I^2R$:

**LI (51) OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
– INŻYNIERIA W ELEKTROENERGETYCE**

ZAWODY III STOPNIA – PROBLEM TECHNICZNY Z ROZWIĄZANIEM

L6: $\Delta P = 157,5 \text{ W}$

L7: $\Delta P = 0 \text{ W}$

L8: $\Delta P = 28,87 \text{ W}$

L9: $\Delta P = 57,74 \text{ W}$

L10: $\Delta P = 86,6 \text{ W}$

Następnie należy wyznaczyć obciążenie transformatorów. Najłatwiej to wykonać zauważając, że obciążenie transformatora to:

T1 (obciążenie linii L5 i L10) $P = 180 \text{ kW}$

T2 (obciążenie linii L1 i L6) $P = 60 \text{ kW}$

Moce te przekładają się na następujące prądy przepływające przez poszczególne transformatory, wyznaczone zgodnie ze wzorem $I = P / (U_n \cdot \sqrt{3})$:

T1: $I = 86,6 \text{ A}$

T2: $I = 259,8 \text{ A}$

Prądy te przekładają się na następujące straty w poszczególnych transformatorach, wyznaczone zgodnie ze wzorem $\Delta P = 3I^2R$:

T1: $\Delta P = 450 \text{ W}$

T2: $\Delta P = 2025 \text{ W}$

Sumując wszystkie wyznaczone straty uzyskujemy wynik $3932,5 \text{ W}$, który charakteryzuje przypadek o najmniejszych stratach z wyłączonymi liniami L1 i L7.

W celu potwierdzenia czy jest to przypadek optymalny należy wykonać podobne obliczenia dla pozostałych dwóch przypadków wskazanych w tabeli.

Aby oszacować zgrubnie czy jest to przypadek optymalny, można zauważyć, że w tym przypadku z jednej strony transformatory są obciążone w sposób możliwie zrównoważony (porównując z przypadkiem 1 - 40/200) a także odcinki o największej rezystancji (L1 i L10) są obciążone w najmniejszym stopniu (porównując do przypadku 2). A ponieważ straty zależą od kwadratu prądu i rezystancji, toteż taka konfiguracja daje nadzieję na najmniejsze straty.