

		Pomiary i automatyka w sieciach elektroenergetycznych – laboratorium	
Projekt 2. Zadania dodatkowe (zestaw 2).			http://www.mbmaster.pl
			Marek Brykczyński
Data wykonania: 15-06-2011	Data oddania:	Ocena:	

Zawartość

1. Treść zadań.....	3
2. Rozwiązanie zadania nr 1:	4
2.1. Obliczenie mocy biernej baterii kondensatorów:	4
2.2. Obliczenie maksymalnej i minimalnej częstotliwości względnej dla rezonansu równoległego:.....	4
2.3. Obliczenie współczynnika THD:	5
2.4. Obliczenie impedancji dławika włączanego szeregowo z baterią kondensatorów: ...	6
3. Rozwiązanie zadania nr 2:	8
3.1. Obliczenie czy komutacyjne spadki napięcia nie przekraczają wartości dopuszczalnej (w stosunku do znamionowej wartości napięcia) $Kd = 20\%$:	8
3.2. Obliczenie czy spadki napięcia podczas rozruchu nie przekraczają wartości dopuszczalnej $Ku = 3\%$:	9

1. Treść zadań.

POMIARY I AUTOMATYKA W SIECIACH – LAB.– PROJEKT 2
ST. 2, R.1, AUTOMATYKA I METROLOGIA (Z)
Zestaw 2

Imię i Nazwisko: Data:

Zadanie 1

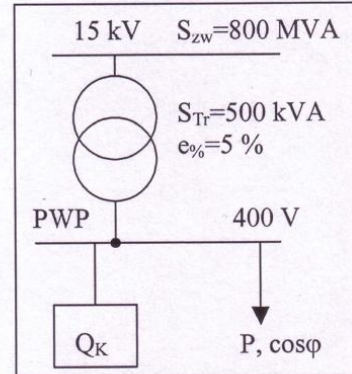
W układzie jak na rysunku moc czynna obciążenia zmienia się w zakresie $P=50\div 120$ kW, a wsp. mocy $PF=0.6\div 0.82$.

- Oblicz wartość mocy biernej kompensatora Q_K , tak aby uzyskać $\text{tg}\varphi=0.4$
- Oblicz maksymalną i minimalną częstotliwość (względną) rezonansu równoległego w układzie
- Wiedząc, że wartości skuteczne poszczególnych harmonicznich wynoszą:

n	5	7	11	13
$I_{(n)}$ [A]	20	14.2	9.8	10

oblicz wsp. THD napięcia w PWP dla minimalnej częstotliwości rezonansu

- Oblicz impedancję dławika włączanego szeregowo z baterią kondensatorów tak, aby wartość wsp. THD napięcia w PWP była mniejsza od 6% w całym zakresie pracy baterii.



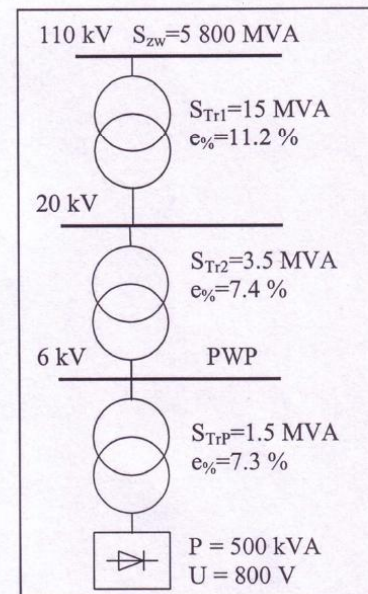
Zadanie 2

W zakładzie przemysłowym planowane jest przyłączenie napędu przekształtnikowego do sieci jak na schemacie obok. Należy sprawdzić czy w PWP:

- komutacyjne spadki napięcia nie przekraczają wartości dopuszczalnej (w stosunku do znamionowej wartości napięcia)
 $K_d = 20\%$
- spadki napięcia podczas rozruchu nie przekraczają wartości dopuszczalnej, która dla oczekiwanej liczby rozruchów wynosi (w stosunku do wartości znamionowej napięcia)
 $K_u = 3\%$

Podczas rozruchu napędu moc bierna przekształtnika wzrasta maksymalnie o współczynnik przeciążeniowy:

$$k_{\text{rozr}} = 1.6 \text{ kVA/kW}$$



2. Rozwiązanie zadania nr 1:

2.1. Obliczenie mocy biernej baterii kondensatorów:

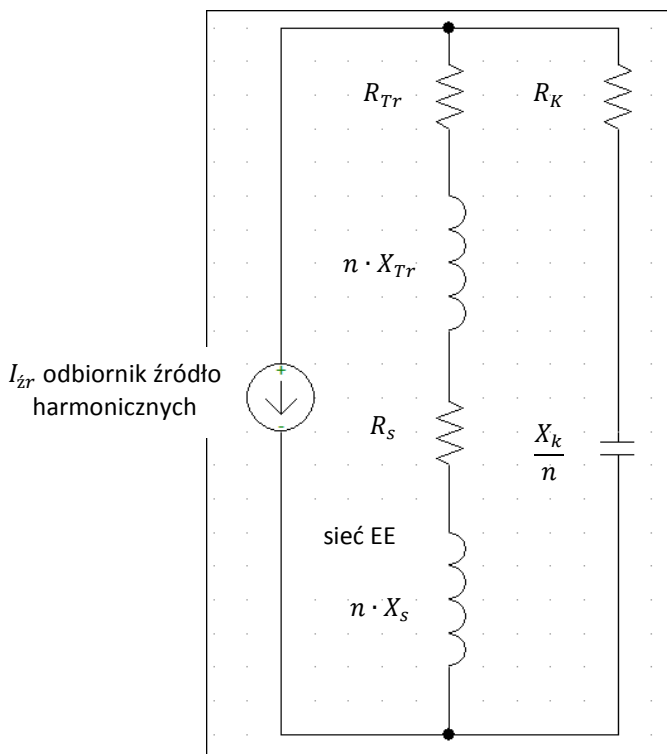
$$Q_k = P \cdot (tg\varphi_n - tg\varphi_d) [kVAr]$$

$$Q_{k\ max} = P_{max} \cdot (tg\varphi_{max} - tg\varphi_d) = 120 \cdot (tg(\arccos(0,6)) - 0,4) = 112[kVAr]$$

$$Q_{k\ min} = P_{min} \cdot (tg\varphi_{min} - tg\varphi_d) = 50 \cdot (tg(\arccos(0,82)) - 0,4) = 14,90[kVAr]$$

2.2. Obliczenie maksymalnej i minimalnej częstotliwości względnej dla rezonansu równoległego:

Źródłem harmonicznych jest odbiornik, są dwie możliwe drogi przepływu energii (do sieci poprzez transformator, oraz do baterii kondensatorów).



Rysunek 1. Schemat obwodu zastępczego.

$$Z_z = -j \cdot \frac{n \cdot (X_{Tr} + X_s) \cdot X_k}{n^2 \cdot (X_{Tr} + X_s) - X_k}$$

zera licznika – rezonanse szeregowe

zera mianownika – rezonanse równoległe

$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$
 Pomijamy rezystancję $R_{Tr}, R_s, R_k \Rightarrow Z = X$

$$n^2 \cdot (X_{Tr} + X_s) - X_k \Rightarrow n_r = \sqrt{\frac{X_k}{(X_{Tr} + X_s)}}$$

$$X_s = 1,1 \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = 1,1 \cdot \frac{400^2}{800 \cdot 10^6} = 0,22 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$X_{Tr} = \frac{e_{\%}}{100} \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = \frac{5}{100} \cdot \frac{400^2}{5 \cdot 10^5} = 16 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$X_{k \max} = \frac{U_{PWP}^2}{Q_{k \min}} = \frac{400^2}{14,9 \cdot 10^3} = 10,74 \text{ [\Omega]}$$

$$X_{k \min} = \frac{U_{PWP}^2}{Q_{k \max}} = \frac{400^2}{112 \cdot 10^3} = 1,43 \text{ [\Omega]}$$

$$n_{r \max} = \sqrt{\frac{X_k}{(X_{Tr} + X_s)}} = \sqrt{\frac{10,74}{(0,016 + 0,00022)}} = 25,73 \text{ [-]}$$

$$n_{r \min} = \sqrt{\frac{X_k}{(X_{Tr} + X_s)}} = \sqrt{\frac{1,43}{(0,016 + 0,00022)}} = 9,39 \text{ [-]}$$

Od $(9,39 \cdot f_{(1)})$ podstawowej harmoniczej może występować rezonans, sprawdzenie czy spadek napięcia od siódmej i jedenastej harmoniczej prądu mieści się w zakresie.

2.3. Obliczenie współczynnika THD:

$$Z_{(n)} = -j \cdot \frac{n \cdot (X_{Tr} + X_s) \cdot X_k}{n^2 \cdot (X_{Tr} + X_s) - X_k} \text{ [\Omega]}$$

Tabela 1. Zestawienie wyników dla poszczególnych harmoniczych. Reaktancja baterii $X_{k \min}$.

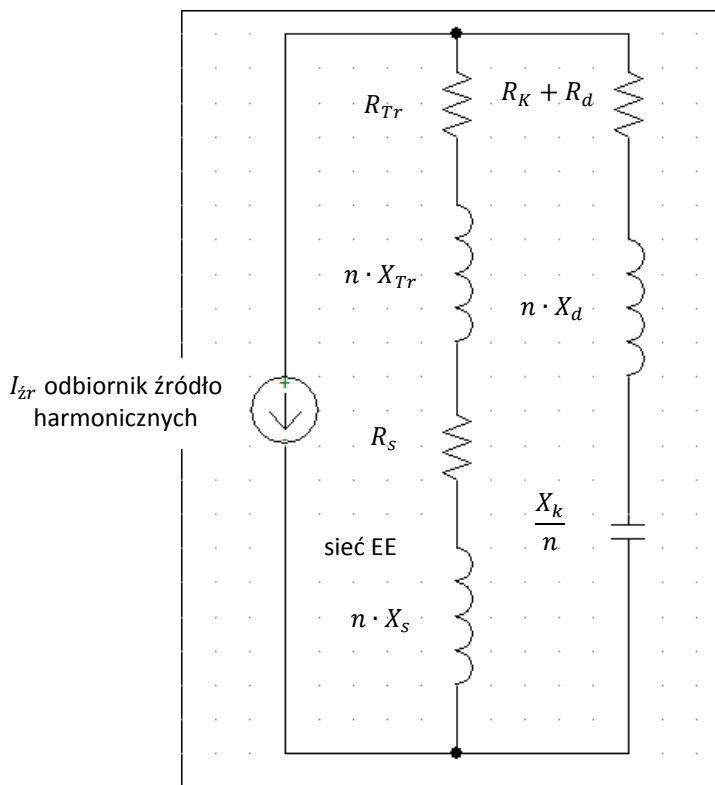
n [-]	5	7	11	13
$I_{(n)}$ [A]	20	14,2	9,8	13
$Z_{(n)}$ [\Omega]	0,11	0,26	0,48	0,23
$U_{(n)}$ [V]	2,26	3,63	4,69	2,30

Obliczenie współczynnika THD :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} = 0,0294 \Rightarrow THD = 2,94\%$$

Współczynnik THD nie jest przekroczony. Dla tego poziomu napięć współczynnik THD nie powinien przekraczać 6%.

2.4. Obliczenie impedancji dławika włączanego szeregowo z baterią kondensatorów:



Rysunek 2. Schemat obwodu zastępczego.

$$Z_{(n)} = j \cdot \frac{n \cdot (X_{Tr} + X_S)(n^2 \cdot X_d - X_k)}{n^2 \cdot (X_{Tr} + X_S + X_d) - X_k} [\Omega]$$

W celu zmniejszenia współczynnika wartości współczynnika THD dołącza się szeregowo do baterii kondensatorów dodatkowy dławik. Zadaniem dławika jest przesunięcie rezonansu do najniższej harmonicznej.

$$n_r = \sqrt{\frac{X_k}{(X_{Tr} + X_s + X_d)}} [-]$$

$$n_s = \sqrt{\frac{X_k}{X_d}} [-]$$

Przesuwamy rezonans dla $n_{r \max} = 9,61$. Dobór częstotliwości względnej rezonansu należy dobrać tak aby

$$X_d = \frac{X_{k \max}}{n_{r \max}^2} - X_{Tr} - X_s [\Omega]$$

$$X_d = \frac{10,74}{9,61^2} - 0,016 - 0,00022 = 0,1 [\Omega]$$

Obliczenie częstotliwości względnych rezonansu $n_{r \min}, n_{s \max}, n_{s \min}$ dla $X_d = 0,1 [\Omega]$.
Indukcyjność dławika dana jest zależnością:

$$L_d = \frac{X_d}{\omega} = \frac{5}{314} = 0,318 [mH]$$

$$n_{r \min} = \sqrt{\frac{X_{k \min}}{(X_{Tr} + X_s + X_d)}} = \sqrt{\frac{1,43}{(0,016 + 0,021 + 0,1)}} = 3,51 [-]$$

$$n_{s \max} = \sqrt{\frac{X_{k \max}}{X_d}} = \sqrt{\frac{10,74}{0,1}} = 10,36 [-]$$

$$n_{s \min} = \sqrt{\frac{X_{k \min}}{X_d}} = \sqrt{\frac{1,43}{0,1}} = 3,78 [-]$$

Tabela 2. Zestawienie wyników dla poszczególnych harmonicznych po dołączeniu szeregowo do baterii kondensatorów dławika. Reaktancja baterii $X_{k \max}$.

$n [-]$	5	7	11	13
$I_{(n)} [A]$	20	14,2	9,8	13
$Z_{(n)} [\Omega]$	0,09	0,84	0,12	0,35
$U_{(n)} [V]$	1,71	12,00	1,21	3,47

Współczynnik THD dla $X_{k \max}$:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} = 0,0550 \Rightarrow THD = 5,50\%$$

Tabela 3. Zestawienie wyników dla poszczególnych harmoniczných po dołączeniu szeregowo do baterii kondensatorów dławika. Reaktancja baterii $X_{k\ min}$.

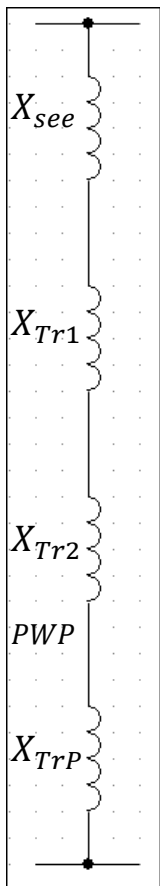
n [-]	5	7	11	13
$I_{(n)}$ [A]	20	14,2	9,8	13
$Z_{(n)}$ [Ω]	0,058	0,47	0,92	0,62
$U_{(n)}$ [V]	1,18	6,71	8,99	6,21

Współczynnik THD dla $X_{k\ min}$:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} = 0,0560 \Rightarrow THD = 5,60\%$$

3. Rozwiązanie zadania nr 2:

3.1. Obliczenie czy komutacyjne spadki napięcia nie przekraczają wartości dopuszczalnej (w stosunku do znamionowej wartości napięcia) $K_d = 20\%$:



Założenie $R = 0$ [Ω], ponieważ $R \ll X$

$$Z_{see} = X_{see} = 1,1 \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = 1,1 \cdot \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{5,8 \cdot 10^9} = 0,00683 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$Z_{Tr1} = X_{Tr1} = \frac{e_{\%}}{100} \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = \frac{11,2}{100} \cdot \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{15 \cdot 10^6} = 0,2688 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$Z_{Tr2} = X_{Tr2} = \frac{e_{\%}}{100} \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = \frac{7,4}{100} \cdot \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{3,5 \cdot 10^6} = 0,761 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$Z_{TrP} = X_{TrP} = \frac{e_{\%}}{100} \cdot \frac{U_{PWP}^2}{S_{zw}} = \frac{7,3}{100} \cdot \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{1,5 \cdot 10^6} = 1,752 \text{ [}\Omega\text{]}$$

Rysunek 3. Schemat zastępczy do obliczeń.

$$U_{PWP} = \frac{X_{Trp}}{\sum_i X_i} \cdot U = \frac{1,752}{2,78863} = 0,628265 \cdot U$$

$$\Delta U_k = 1 - 0,628265 = 0,371735 \Rightarrow 37\%$$

$$\Delta U_k = 37\%$$

Komutacyjne spadki napięcia przekraczają wartość dopuszczalną $K_d = 20\%$.

$$\Delta U_k > K_d$$

W celu zmniejszenia wartości załamań komutacyjnych należy zwiększyć moc zwarcia w punkcie wspólnego przyłączenia.

3.2. Obliczenie czy spadki napięcia podczas rozruchu nie przekraczają wartości dopuszczalnej $K_u = 3\%$:

Spadek napięcia podczas rozruchu wyliczany jest według zależności:

$$\Delta U \cong 1,1 \cdot \frac{Q_{max}}{S_{zw}}$$

$$Z_{Trp} = Z_{PWP} = 1,752 [\Omega]; k_{rozr} = 1,6 [kVA/kW]; q = 0,8; q = 1,0;$$

$$S_{zw PWP} = 1,1 \cdot \frac{U_{PWP}^2}{Z_{PWP}} = 1,1 \cdot \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{1,752} = 22,6 [MVA]$$

Dla $q = 0,8$

$$Q_{max} = q \cdot k_{rozr} \cdot P = 0,8 \cdot 1,6 \cdot 500 = 640 [kVAr]$$

$$\Delta U \cong 1,1 \cdot \frac{Q_{max}}{S_{zw}} = 1,1 \cdot \frac{0,640}{22,6} = 0,028$$

$$\Delta U \cong 0,028 \Rightarrow 2,8\%$$

Dla współczynnika $q = 0,8$

Spadki napięcia podczas rozruchu nie przekraczają wartości dopuszczalnej $K_u = 3\%$.

Dla $q = 1,0$

$$Q_{max} = q \cdot k_{rozr} \cdot P = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 500 = 800 [kVAr]$$

$$\Delta U \cong 1,1 \cdot \frac{Q_{max}}{S_{zw}} = 1,1 \cdot \frac{0,8}{22,6} = 0,035$$

$$\Delta U \cong 0,028 \Rightarrow 3,5\%$$

Dla współczynnika $q = 1,0$

Spadki napięcia podczas rozruchu przekraczają wartość dopuszczalną $K_u = 3\%$.