

Задача 3. Для трехфазного трансформатора, параметры которого приведены в табл. 1, определить: коэффициент трансформации; номинальные токи в обмотках трансформатора; сопротивления первичной и вторичной обмоток r_1, x_1 и r_2 и x_2 ; ток холостого хода; угол магнитных потерь δ .

Построить внешнюю характеристику $U_2 = f(\beta)$ для $\cos \varphi_2 = 1$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$ (для нечетных вариантов $\varphi_2 > 0$, для четных вариантов $\varphi_2 < 0$) задаваясь следующими значениями коэффициента загрузки $\beta = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$.

Таблица 1 – Данные для трансформатора

Вариант	$S,$ кВА	Номинальное напряжение		$I_{10},$ %	$u_K,$ %	$P_0,$ Вт	$P_K,$ Вт
		$U_{BH},$ кВ	$U_{HH},$ кВ				
	1600	10	6,3	1,3	5,5	2800	15000

Схема трансформатора при соединении обмоток Y / Δ (рис. 1)

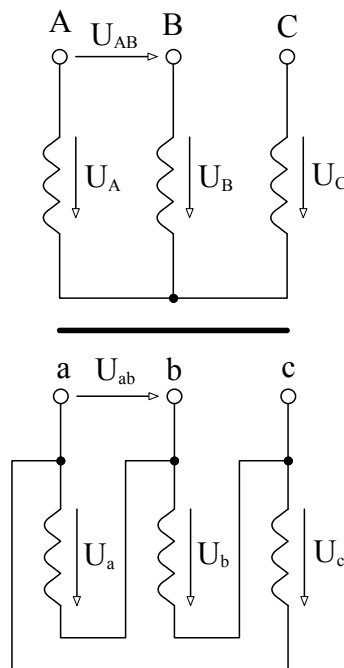


Рис. 1. Схема трансформатора

Решение

Напряжение на обмотках трансформатора

$$U_{1H} = \frac{U_{BH}}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.7735 \text{ кВ}$$

$$U_{2H} = U_{HH} = 6.3 \text{ кВ}$$

1 Коэффициент трансформации

$$k = \frac{U_{1H}}{U_{2H}} = \frac{5.7735}{6.3} = 0.9164$$

2 Номинальные токи в первичной и вторичной обмотках

$$I_{1H} = \frac{S}{3 \cdot U_{1H}} = \frac{1600}{3 \cdot 5.7735} = 92.376 \text{ A}$$

$$I_{2H} = \frac{S}{3 \cdot U_{2H}} = \frac{1600}{3 \cdot 6.3} = 84.656 \text{ A}$$

3 Сопротивления обмоток.

Сопротивления короткого замыкания

$$z_{\kappa} = \frac{U_{\kappa.\phi}}{I_{\kappa.\phi}} = \frac{u_{\kappa} \cdot U_{1H}}{100 \cdot I_{1H}} = \frac{5.5 \cdot 5773.5}{100 \cdot 92.376} = 3.438 \text{ Ом}$$

$$r_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{3I_{\kappa}^2} = \frac{15000}{3 \cdot 92.376^2} = 0.586 \text{ Ом}$$

$$x_{\kappa} = \sqrt{z_{\kappa}^2 - r_{\kappa}^2} = \sqrt{3.438^2 - 0.586^2} = 3.388 \text{ Ом}$$

Сопротивления первичной обмотки

$$r_1 = r_2' = \frac{r_{\kappa}}{2} = \frac{0.586}{2} = 0.293 \text{ Ом}$$

$$x_1 = x_2' = \frac{x_{\kappa}}{2} = \frac{3.388}{2} = 1.694 \text{ Ом}$$

Сопротивления вторичной обмотки

$$r_2 = \frac{r_2'}{k^2} = \frac{0.293}{0.9164^2} = 0.349 \text{ Ом}$$

$$x_2 = \frac{x_2'}{k^2} = \frac{1.694}{0.9164^2} = 2.017 \text{ Ом}$$

где k – коэффициент трансформации

4 Ток холостого хода и $\cos \varphi_0$

$$I_0 = \frac{I_{10}}{100} I_{1H} = \frac{1.3}{100} \cdot 92.376 = 1.2009 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{3 \cdot U_{1H} \cdot I_0} = \frac{2800}{3 \cdot 5773.5 \cdot 1.2009} = 0.1346$$

5 Угол магнитных потерь

$$\delta = 90^\circ - \varphi_0 = 90 - 82.3 = 7.7^\circ$$

6 Для построения внешней характеристики $U_2 = f(\beta)$ определяем потерю напряжения во вторичной обмотке трансформатора

$$\Delta U_2 \% = \beta (u_a \% \cdot \cos \varphi_2 + u_p \% \cdot \sin \varphi_2) \quad (1)$$

где $u_a \%$, $u_p \%$ – соответственно активное и реактивное падения напряжений;

$$u_a \% = u_k \% \cdot \cos \varphi_k; \quad \cos \varphi_k = \frac{r_k}{z_k};$$

$$u_a \% = u_k \% \cdot \frac{r_k}{z_k} = 5.5 \cdot \frac{0.586}{3.438} = 0.937 \%$$

$$u_p \% = \sqrt{(u_k \%)^2 - (u_a \%)^2} = \sqrt{5.5^2 - 0.937^2} = 5.42 \%$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора определяем по формуле

$$U_2 = \frac{U_{20}}{100} (100 - \Delta U_2 \%) \quad (2)$$

Задаваясь значениями β , по формулам (1) и (2) определяем напряжение U_2 (табл. 2)

Таблица 2 – Построение зависимости $U_2 = f(\beta)$

№ п/п	β	$\cos \varphi_2 = 1$		$\cos \varphi_2 = 0,8$	
		$\Delta U_2, \%$	U_2, B	$\Delta U_2, \%$	U_2, B
1	0	0	6300	0	6300
2	0,25	0,234	6285	1,000	6237
3	0,5	0,469	6270	2,001	6174
4	0,75	0,703	6256	3,001	6111
5	1	0,938	6241	4,002	6048
6	1,25	1,172	6226	5,002	5985

Строим график зависимости $U_2(\beta)$.

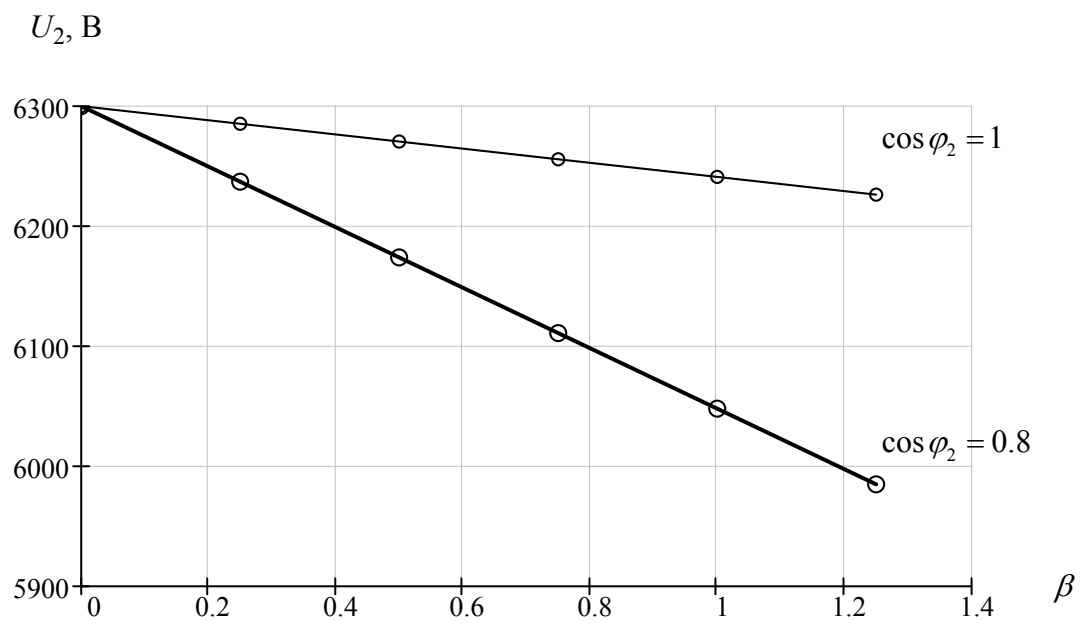


Рис. 2. Внешняя характеристика (нагрузочная прямая)