

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

**ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П. О.
СУХОГО**

Заочный факультет

Энергетический факультет

ОТЧЁТ ПО ЗАДАНИЮ №1

ВАРИАНТ №17

Выполнил : студент гр. 3Э-11с

А.В. Орешко

Принял: доцент

А.В. Козлов

Гомель 2020

Для трёхфазного трансформатора мощностью $S_{НОМ} = 2500$ кВА, соединение обмоток которого $Y / Y_0 = 0$ известно: номинальное напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора $U_{1НОМ} (U_{1Л})$, равное 110000 В, напряжение холостого хода на зажимах вторичной обмотки трансформатора $U_{2НОМ} (U_{2Л}) = 15750$ В, напряжение короткого замыкания $U_K = 9\%$, мощность короткого замыкания $P_K = 9000$ Вт, мощность холостого хода $P_0 = 5000$ Вт, ток холостого хода $I_0 = 0.015 * I_{1НОМ}$.

Определить:

- 1) сопротивление обмоток трансформатора R_1, X_1, R_2, X_2 ;
- 2) эквивалентное сопротивление Z_0 (намагничивающей цепи) и его составляющие R_0 и X_0 , которыми заменяется магнитная цепь трансформатора;
- 3) угол магнитных потерь.

Построить характеристики трансформатора:

- 1) зависимость напряжения от нагрузки $U_2 = f(\beta)$ – внешняя характеристика;
- 2) зависимость $\eta = f_2(\beta)$ коэффициента полезного действия от нагрузки, где β – коэффициент нагрузки трансформатора;

$$\beta = \frac{I_1}{I_{1НОМ}} = \frac{I_2}{I_{2НОМ}};$$

Решение:

1. Определение параметров схемы замещения.

1.1. Линейные токи

$$I_{1Л} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{1Л}} = \frac{2500 * 10^3}{\sqrt{3} * 110000} = 13,12 \text{ А} \quad (1.1)$$

$$I_{2Л} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{2Л}} = \frac{2500 * 10^3}{\sqrt{3} * 15750} = 91,643 \text{ А} \quad (1.2)$$

Фазные токи при соединении обмоток в звезду равны линейным; при соединении в треугольник $I_\phi = I_\Delta / \sqrt{3}$.

1.2. Фазные напряжения в нашем случае

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1Л}}{\sqrt{3}} = \frac{110000}{1,73} = 63583.82 \text{ В} \quad (1.3)$$

$$U_{2\phi} = \frac{U_{2Л}}{\sqrt{3}} = \frac{15750}{1,73} = 9104.05 \text{ В} \quad (1.4)$$

Фазные напряжения при соединении обмоток трансформатора в треугольник равны линейным; $U_{2\phi} = U_{2Л}$.

1.3. Ток холостого хода

$$I_0 = 0,015 * I_{1\text{НОМ}} = 0,015 * 13,12 = 0,1968 \text{ А} \quad (1.5)$$

1.4. Коэффициент мощности на холостом ходу

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} * U_{1\text{НОМ}} * I_0} = \frac{5000}{\sqrt{3} * 110000 * 0.1968} = 0.133; \varphi_0 = 82^\circ; \quad (1.6)$$

тогда угол магнитных потерь: $\delta = 90^\circ - \varphi_0 = 90^\circ - 82^\circ = 8^\circ$.

1.5. Сопротивления намагничивающей цепи (холостого хода)

$$Z_0 = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{\sqrt{3} * I_0} = \frac{U_{1\phi}}{I_0} = \frac{63583,82}{0.1968} = 323088,52 \text{ Ом}; \quad (1.7)$$

$$R_0 = \frac{P_0}{3 * I_0^2} = \frac{9104,05}{3 * 0.1968^2} = 78354,36 \text{ Ом}; \quad (1.8)$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{323088,52^2 - 78354,36^2} = 313443,43 \text{ Ом}. \quad (1.9)$$

1.6. Сопротивления короткого замыкания

$$Z_K = \frac{U_{\text{к.ф.}}}{I_{\text{к.ф.}}} = \frac{0,09 * 63583,82}{13,12} = 436,17 \text{ Ом}; \quad (1.10)$$

$$R_K = \frac{P_K}{3 * I_{\text{к.ф.}}^2} = \frac{9000}{3 * 13,12^2} = 17,43 \text{ Ом}; \quad (1.11)$$

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} = \sqrt{436,17^2 - 17,43^2} = 435,82 \text{ Ом}. \quad (1.12)$$

где $I_{\text{к.ф.}} = I_{1\text{НОМ}}$ – по условиям опыта короткого замыкания.

1.7. Сопротивление первичной обмотки

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_k}{2} = \frac{17,43}{2} = 8,715 \text{ Ом}. \quad (1.13)$$

$$X_1 = X'_2 = \frac{X_k}{2} = \frac{435,17}{2} = 217,91 \text{ Ом}. \quad (1.14)$$

1.8. Сопротивление вторичной обмотки

$$R_2 = \frac{R_k}{K^2} = \frac{8.715}{6.984^2} = 0.1787 \text{ Ом.} \quad (1.15)$$

$$X_2 = \frac{X_k}{K^2} = \frac{217.91}{6.984^2} = 4.468 \text{ Ом.} \quad (1.16)$$

где

$$K = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{63583.82}{9104.05} = 6.984 \text{ A;}$$

K – коэффициент трансформации.

2. Построение характеристик трансформатора

2.1. Определим потерю напряжения во вторичной обмотке трансформатора

$$\Delta U_2 \% = \beta (u_a \% * \cos \varphi_2 + u_p \% * \sin \varphi_2) \quad (2.1)$$

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

$$u_a \% = u_k * \cos \varphi_k, \cos \varphi_k = \frac{R_k}{Z_k}.$$

Тогда

$$u_a \% = 9 * \frac{17.43}{435.82} = 0.36 \% \quad (2.2)$$

$$u_p \% = \sqrt{(u_k \%)^2 - (u_a \%)^2} = \sqrt{9^2 - 0.36^2} = 8.993 \%. \quad (2.3)$$

Напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора определяем по формуле

$$U_2 = \frac{U_{2\text{ном}} * (100 - \Delta U_2 \%)}{100}. \quad (2.4)$$

Задаваясь различными значениями β , по формулам (2.1)–(2.4) определяем напряжения U_2 , данные расчета вносим в табл. 2.1.

Для построения зависимости $\eta = f(\beta)$ расчет коэффициента полезного действия (кпд) производим по формуле

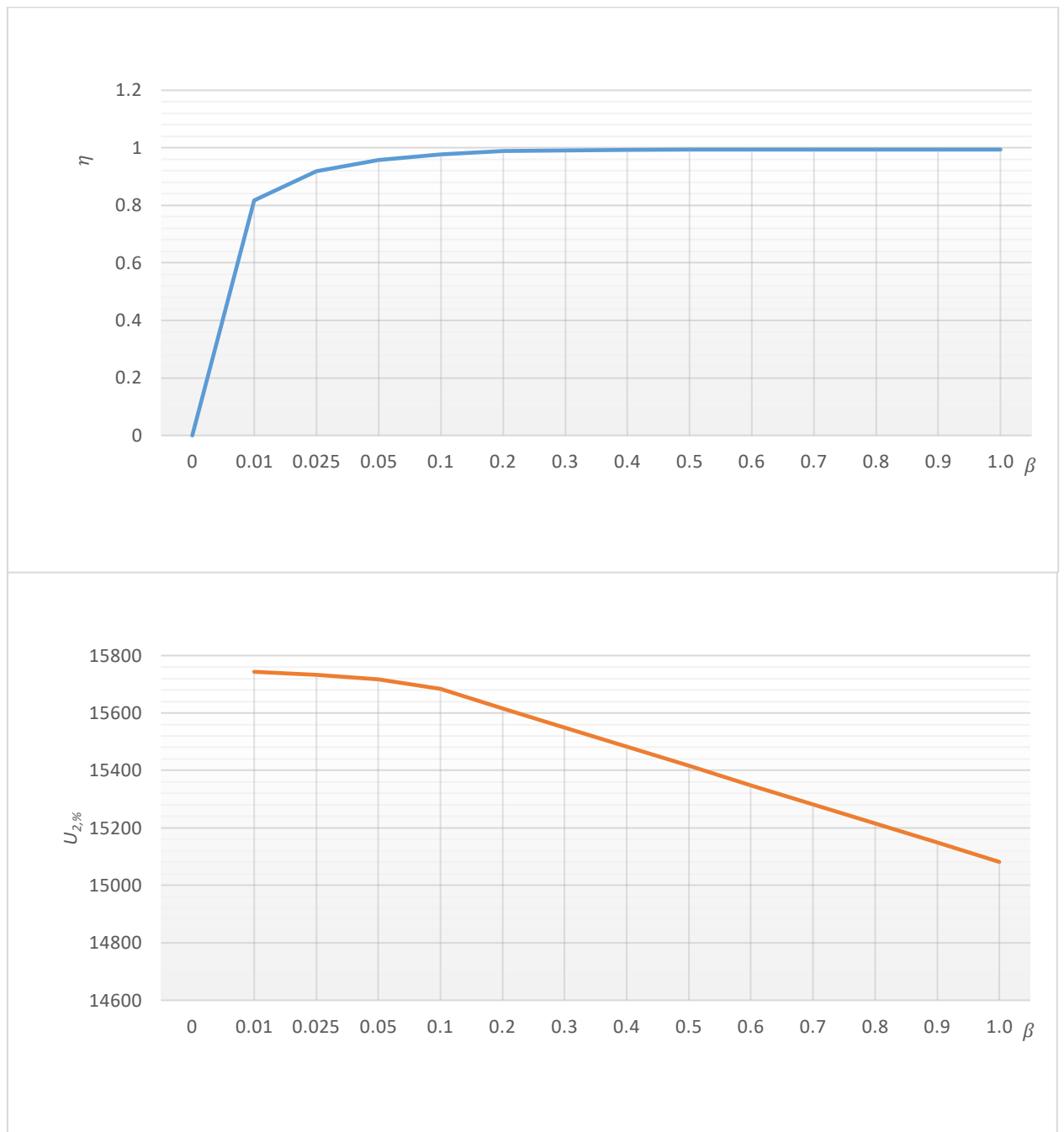
$$\eta = \frac{\beta * S_{\text{ном}} * \cos \varphi_2}{\beta * S_{\text{ном}} * \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 * P_k}. \quad (2.5)$$

Результаты расчета сводим также в табл. 2.1. По полученным данным строим в масштабе характеристики $U_2 = f(\beta)$, $\eta = f(\beta)$, показанные на рис. 2.1.

Таблица 2.1

Данные расчета η и U_2 в зависимости от β

β	$\Delta U_2, \%$	$U_{2, \%}$	η	β	$\Delta U_2, \%$	$U_{2, \%}$	η
0,01	0,042	15743,316	0,818	0,4	1,698	15482,633	0,993
0,025	0,106	15733,290	0,918	0,5	2,122	15415,791	0,994
0,05	0,212	15716,579	0,957	0,6	2,546	15348,950	0,994
0,1	0,424	15683,158	0,978	0,7	2,971	15282,108	0,994
0,2	0,849	15616,317	0,988	0,8	3,395	15215,266	0,994
0,3	1,273	15549,475	0,991	0,9	3,820	15148,424	0,994
				1	4,244	15081,583	0,994

Рис. 4.1. Зависимость $\eta = f(\beta)$; $U_2 = f(\beta)$

Определим, при какой нагрузке трансформатор имеет максимальный кпд

$$\beta|_{\eta=\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_k}} = \sqrt{\frac{5000}{9000}} = 0.556 \quad (2.6)$$

При такой нагрузке $\beta = 0.556$, кпд $\eta_{\max} = 0.994$.