

Министерство образования и науки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
учреждение высшего профессионального образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Факультет: ЭТФ  
Кафедра: ЭМ

## **Отчёт по лабораторной работе №6**

по дисциплине «Электрические машины»

Тема: «Исследование трёхфазного двухобмоточного трансформатора  
при холостом ходе и коротком замыкании»

Студенты:

Калинин А. А.

Чернов А. А.

Группа:

9ЭЛ-1

Преподаватель:

Герасименко Т.В.

2012 г.

Цель работы: исследовать трёхфазный двухобмоточный трансформатор при холостом ходе и коротком замыкании.

**Выполнение работы.**

1. Определение коэффициента трансформации линейных напряжений.

Схема испытания трансформатора при соединении «звезда–звезда» изображена ниже.

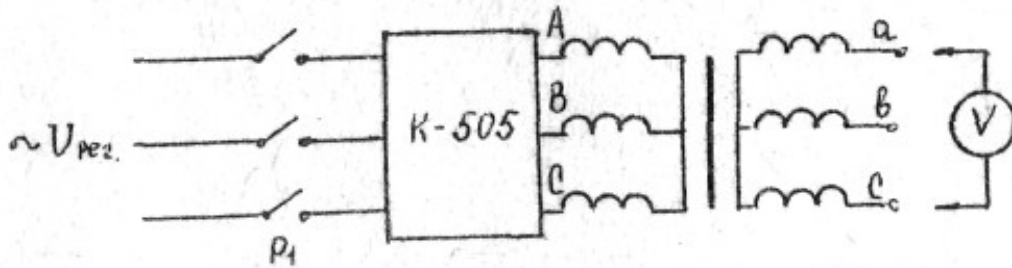


Рисунок 1 - Схема испытания трансформатора при соединении «звезда–звезда»

Номинальные данные трансформатора – в таблице 1, экспериментальные данные – в таблице 2.

Таблица 1 - Номинальные данные трансформатора.

Тип трансформатора	Мощность номинальная, кВ·А	Напряжение первичной обмотки, В	Ток первичной обмотки, А	Напряжение короткого замыкания, %	Частота, Гц
ТС 1,5/0,4	1,5	380	2,29	4,8	50

Таблица 2 – Определение коэффициента трансформации трансформатора.

Схема	$U_{AB}, В$	$U_{ab}, В$	К	$U_{BC}, В$	$U_{bc}, В$	К	$U_{CA}, В$	$U_{ca}, В$	К	$K_{срел}$
Y/Y	260	150	1,73	265	150	1,77	261	150	1,74	1,75

2. Холостой ход (по схеме рисунка 1).

Схема замещения трансформатора при холостом ходе изображена на рисунке 2.

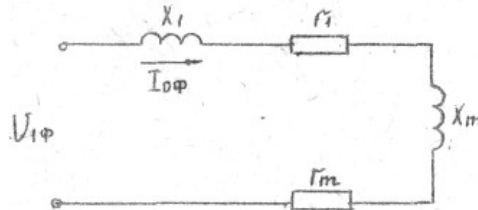


Рисунок 2 - Схема замещения трансформатора при холостом ходе

Экспериментальные данные – в таблице 3.

Таблица 3 - Экспериментальные данные.

Линейное напряжение, В				Линейный ток, А				Мощность, Вт				$\cos\phi_0$
$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_1$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_0$	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P_0$	
120	120	120	120	0,075	0,055	0,050	0,060	3	5	0	8,00	0,20202
140	140	140	140	0,100	0,060	0,100	0,087	3	6	7	16,00	0,27972
160	160	160	160	0,125	0,075	0,125	0,107	3	9	10	22,00	0,3125
180	180	180	180	0,150	0,110	0,160	0,142	3	5	13	21,00	0,22459
200	200	200	200	0,210	0,150	0,220	0,193	3	6	16	25,00	0,19592
220	220	220	220	0,280	0,200	0,290	0,257	1	10	22	33,00	0,19480
240	240	240	240	0,380	0,275	0,400	0,352	0	12	30	42,00	0,18095

Расчётные формулы:  $U_1 = (U_A + U_B + U_C) / 3$ ;  $I_0 = (I_A + I_B + I_C) / 3$ ;  $P_0 = P_A + P_B + P_C$ ;  $\cos\phi_0 = P_0 / (3I_0U_0)$

Характеристики холостого хода трансформатора – на рисунке 3.

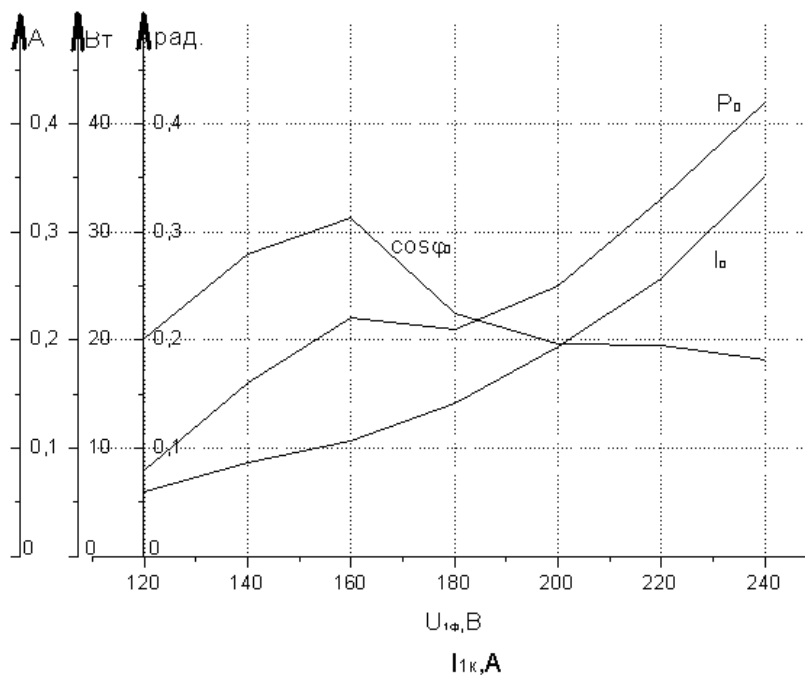


Рисунок 3 – Характеристики холостого хода

Произведем расчёт параметров схемы замещения.

Из рисунка 3 при  $U_0=U_{н1}=220 В$ :  $I_{0н}=0,257 А$ ;  $P_{0н}=33 Вт$ ;  $\cos\phi_{0н}=0,195$

Тогда

$$I_a = I_{0н} \cdot \cos\phi_{0н}, I_a = 0,257 \cdot 0,195 = 0,050 А;$$

$$I_p = I_0 \cdot \sin\phi_0, I_p = 0,257 \cdot \sqrt{1 - 0,195^2} = 0,252 А.$$

Сопротивлениями  $r_1$  и  $x_1$  можно пренебречь.

Полное сопротивление цепи:

$$z_0 = z_1 + z_m = z_m = \frac{U_{0ф}}{I_{0ф}}; z_0 = \frac{220}{0,257} = 856,03 \text{ Ом};$$

$$r_0 = r_1 + r_m = r_m = \frac{P_{0ф}}{3 \cdot I_{0ф}^2}; r_0 = \frac{33}{3 \cdot 0,257^2} = 166,54 \text{ Ом};$$

$$x_0 = x_1 + x_m = x_m = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}; x_0 = \sqrt{856,03^2 - 166,54^2} = 839,67 \text{ Ом}.$$

### 3. Короткое замыкание.

Схемы испытания и замещения трансформатора при коротком замыкании изображены соответственно на рисунках 4 и 5.

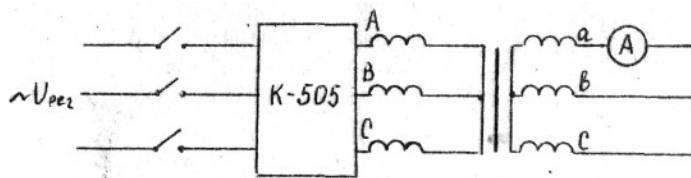


Рисунок 4 - Схема испытания трансформатора при коротком замыкании.

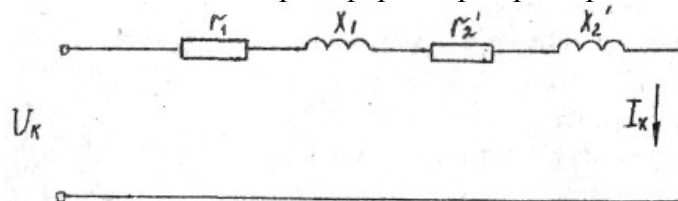


Рисунок 5 - Схема замещения трансформатора при коротком замыкании.

Таблица экспериментальных данных изображена ниже.

Таблица 4 – Экспериментальные данные.

Напряжение, В				Ток, А				Мощность, Вт				cosφ <sub>к</sub>
U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>K</sub>	I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	I <sub>K</sub>	P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	P <sub>K</sub>	
7	7,2	6,4	6,87	1,50	1,20	1,20	1,30	10	8	4	22,00	0,82151
8,8	9,2	8,2	8,73	2,00	1,50	1,50	1,67	16	12	6	34,00	0,77863
12	12,6	11,2	11,93	2,25	2,30	2,20	2,25	30	24	12	66,00	0,81937
10,8	10,4	10,2	10,47	2,50	2,50	2,40	2,47	26	24	20	70,00	0,90377
13,6	14,4	12,8	13,60	3,20	3,20	3,00	3,13	40	34	34	108,00	0,84481

Расчётные формулы:  $U_K = (U_A + U_B + U_C)/3$ ;  $I_K = (I_A + I_B + I_C)/3$ ;  $P_K = P_A + P_B + P_C$ ;  $\cos\phi_K = P_K / (3I_K U_K)$ .

Характеристики короткого замыкания трансформатора – на рисунке 5.

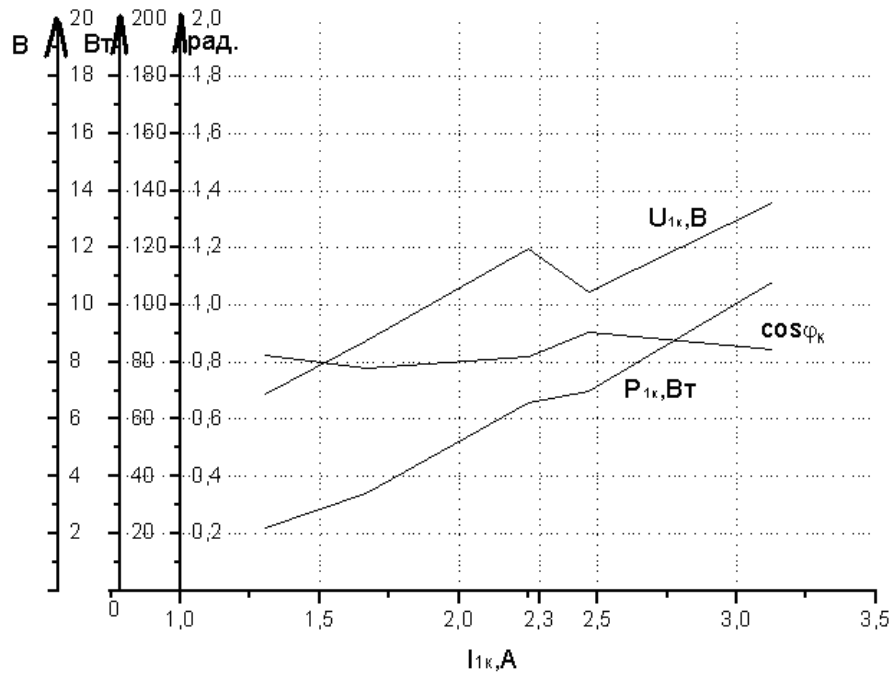


Рисунок 6 – Характеристики короткого замыкания.

Произведем расчёт параметров схемы замещения.

На рисунке 6 при  $I_{кн} = 2,29$  А:  $U_{кн} = 11$  В;  $P_{кн} = 67$  Вт;  $\cos\phi_K = 0,85$ . Из схемы замещения видно, что:

$$z_K = z_1 + z_2' = \frac{U_K}{I_K}; z_K = \frac{11}{2,29} = 4,80 \text{ Ом};$$

$$r_K = r_1 + r_2' = \frac{P_K}{3 \cdot I_K^2}; r_K = \frac{67}{3 \cdot 2,29^2} = 4,259 \text{ Ом};$$

$$x_K = x_1 + x_2' = \sqrt{z_K^2 - r_K^2}; x_K = \sqrt{4,80^2 - 4,259^2} = 2,214 \text{ Ом}.$$

При температуре обмоток 75 °С и  $\theta = 15$  °С:

$$r_{K75} = r_K \cdot (1 + \alpha \cdot (75 - \theta)) = r_K \cdot (1 + \frac{1}{234,5 + \theta} \cdot (75 - \theta)) = 1,24 \cdot r_K; r_{K75} = 1,24 \cdot 4,259 = 5,283$$

$$\text{Ом}; z_{K75} = \sqrt{r_{K75}^2 + x_K^2} = \sqrt{1,73^2 + 4,60^2} = 4,91 \text{ Ом}.$$

Тогда:

$$U_K = \frac{I_{нф} \cdot z_{K75}}{U_{нф}} \cdot 100; U_K = \frac{2,29 \cdot 5,728}{220} \cdot 100 = 5,962 \%$$

$$U_a = \frac{I_{нф} \cdot r_{K75}}{U_{нф}} \cdot 100; U_a = \frac{2,29 \cdot 5,283}{220} \cdot 100 = 5,499 \%$$

$$U_p = \frac{I_{нф} \cdot x_K}{U_{нф}} \cdot 100; U_p = \frac{2,29 \cdot 2,214}{220} \cdot 100 = 2,305\%$$

Процентное изменение вторичного напряжения на нагрузке при  $\beta=1$  и  $\cos\varphi_2=0,8$ ;  $\sin\varphi_2=0,6$ :

$$\Delta U = \beta \cdot (U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \cdot \sin\varphi_2) + \frac{\beta^2 \cdot (U_p \cdot \cos\varphi_2 - U_a \cdot \sin\varphi_2)^2}{200};$$

$$\Delta U = 1 \cdot (5,499 \cdot 0,8 + 2,305 \cdot 0,6) + \frac{1^2 \cdot (2,305 \cdot 0,8 - 5,499 \cdot 0,6)^2}{200} = 5,793\%$$

Напряжение на зажимах вторичной обмотки:

$$U_2 = U_{2н} \cdot \left(1 - \frac{\Delta U}{100}\right) = \frac{U_{1н}}{K} \cdot \left(1 - \frac{\Delta U}{100}\right); U_2 = \frac{220}{1,75} \cdot \left(1 - \frac{5,793}{100}\right) = 118,432 \text{ В.}$$

Тогда КПД вычисляется по формуле:

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + \beta \cdot P_K}{\beta \cdot S \cdot \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_K}; \eta = 1 - \frac{33 + 1^2 \cdot 67}{1 \cdot 1500 \cdot 0,8 + 33 + 1^2 \cdot 67} = 0,9732.$$

Результаты всех расчётов сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры трансформатора.

Холостой ход				$U_1 = U_{1н} = 220 \text{ В}$				Короткое замыкание					$I_K = I_{н} = 2,29 \text{ А}$		
$I_0, \%$	$I_a, \%$	$I_p, \%$	$P_0, \text{ Вт}$	$\cos\varphi_0$	$z_0, \text{ Ом}$	$r_0, \text{ Ом}$	$x_0, \text{ Ом}$	$U_K, \%$	$U_a, \%$	$U_p, \%$	$P_K, \text{ Вт}$	$\cos\varphi_K$	$z_K, \text{ Ом}$	$r_K, \text{ Ом}$	$x_K, \text{ Ом}$
25,7	5,0	25,2	11	0,195	856	167	840	5,96	5,50	2,31	67	0,33	4,80	4,26	2,21

#### Вывод.

На рисунке 3 видны три характеристики холостого хода трансформатора. Из зависимостей видно, что при увеличении напряжения на первичной обмотке потери и линейный ток увеличиваются, а коэффициент мощности уменьшается. Ток изменяется нелинейно в связи с насыщением магнитной цепи. Чем большее напряжение будет подано на первичную обмотку, тем больший магнитный поток создастся в ней, и тем больше ток и потери в обмотке. В связи с обратно пропорциональной зависимостью коэффициента мощности от напряжения первичной обмотки, его значение уменьшается при увеличении последнего. Увеличение напряжения, потерь и соответствующее уменьшение коэффициента мощности в опыте короткого замыкания объясняется теми же причинами, что и в опыте 2. Напряжение короткого замыкания линейно зависит от тока короткого замыкания, так как магнитная цепь не насыщена. Коэффициент мощности практически стабилен, так как нет насыщения.