

Контрольная работа 2.

Трансформаторы

Студент выполняет контрольную работу по расчету трансформатора.

Расчет трансформатора

Цель работы:

1. Рассчитать по результатам опытов холостого хода и короткого замыкания параметры Т-образной схемы замещения, начертить ее.
2. На основе схемы замещения рассчитать и начертить:
КПД ($\eta=f(k_H)$) при $\cos\varphi_2=1$, $\cos\varphi=0,8$;
внешнюю характеристику для активно-индуктивной, активно-емкостной нагрузок при $\cos\varphi_2=0,8$;
функцию изменения напряжения в зависимости от $\cos\varphi_2$ при $k_H=1$, если φ_2 изменяется от $-\pi/2$ до $\pi/2$.
3. Рассчитать максимальное значение тока короткого замыкания (ударный ток).
4. Привести векторную диаграмму при $k_H=1$ и $\cos\varphi_2=0,8$ для активно-индуктивной нагрузки с указанием ее параметров.

Данные для расчета. Трансформатор

Табл. 3

Данные	Варианты									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
S_n , кВА	10	20	20	50	50	1000	1000	1600	1600	2500
$U_{1н}$, кВ	10,5	35	10,5	35	10,5	10,5	35	10,5	35	10,5
$u_{1к}$, %	5,5	6,5	5,5	6,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
$P_{0н}$, Вт	105	270	180	540	355	2100	2100	3000	3000	3900
P_k , Вт	335	600	600	1325	1325	12200	12000	18000	18000	25000
i_0 , %	10,0	11,0	10,0	9,0	8,0	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0

Данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S_n , кВА	1000	1000	1600	1600	2500	2500	4000	4000	6300	5
$U_{1н}$, кВ	10,5	35	10,5	35	10,5	35	10,5	35	35	10
$u_{1к}$, %	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	3,5
$P_{0н}$, Вт	2100	2100	3000	3000	3900	4350	5450	5700	8000	90
P_k , Вт	12200	12000	18000	18000	25000	25000	33500	33500	46500	185
i_0 , %	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	10,0

* $U_{2н} = 6,3$ кВ

Методические указания

Определение номинальных фазных токов $I_n = S_n / (\sqrt{3}U_n)$, тока холостого хода I_0 и напряжения короткого замыкания U_k выполняется с учетом того, что паспортные данные трансформатора содержат линейные напряжения.

Расчет параметров схемы замещения трансформатора проводится при T-образной схеме замещения и четырехполюснике симметричном. Последнее означает, что $r_1 = r'_2 = r_k/2$; $x_1 = x'_2 = x_k/2$.

Параметры схемы замещения рассчитывают по следующим формулам:

$$r_k = P_k / (3I_1^2); \quad x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2};$$

$$z_k = U_k / \sqrt{3}I_k; \quad z_m = U_{1\phi} / I_0;$$

$$r_m = P_0 / (3I_0^2); \quad x_m = \sqrt{z_m^2 - r_m^2}.$$

Параметры r_m и x_m определяют полное сопротивление намагничивающей цепи $z_m = r_m + j x_m$.

Зависимость коэффициента полезного действия от нагрузки

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + k_H^2 P_k}{k_H P_H \cos \varphi_2 + P_0 + k_H^2 P_k}.$$

При получении зависимости $\eta = f(k_H)$ для заданного значения $\cos \varphi_2$ следует задаваться значениями $k_H = 0,05 \dots 1$.

Изменение напряжения на нагрузке как функция $\cos \varphi_2$ при коэффициенте нагрузки $k_H = 1$

$$\Delta U_{ном} = U_{к.а} \cos \varphi_2 + U_{к.р} \sin \varphi_2,$$

где

$$U_{к.а} = (100 I_{1H} r_1) / U_{1H}, \quad \text{или} \quad U_{к.а} = U_k \cdot \cos \varphi_k$$

$$\cos \varphi_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{3I_{\text{НОМ}} \cdot U_{\kappa}};$$

$$U_{\kappa,r} = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_{\kappa,a}^2}$$

Внешняя характеристика $U_2 = f(k_H)$. $U_2 = U_{1H} - \Delta U_{\text{НОМ}}$.

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = k_H (U_{\kappa,a} \cos \varphi_2 + U_{\kappa,p} \sin \varphi_2).$$

Ток короткого замыкания трансформатора

$$i_{\kappa,z} = \sqrt{2} \cdot U_{1H} \left[\sin(\omega t + \varphi_{\kappa} - \psi_{\kappa}) + \sin(\psi_{\kappa} - \varphi_{\kappa}) e^{-\frac{r_{\kappa}}{L_{\kappa}} t} \right] / z_{\kappa},$$

где $U_{1H}/z_{\kappa} = I_{\text{к.уст}}$ – установившийся ток короткого замыкания.

Максимального или ударного значения ток достигает при $\varphi_{\kappa} = \pi/2 + \psi_{\kappa}$; $\omega t = \pi$.

$$I_{\kappa,max} = U_{1H} \left[1 + e^{-\frac{\pi \cdot r_{\kappa}}{x_{\kappa}}} \right] / z_{\kappa}.$$

Значение отношения ударного тока к установившемуся току короткого замыкания, зависящее от отношения r_{κ}/x_{κ} и называемое ударным коэффициентом $k_{\text{уд}} = I_{\kappa,max}/\sqrt{2} \cdot I_{\text{к.уст}}$, изменяется в пределах 1,1...2.

Векторная диаграмма строится на основе уравнений электрического равновесия для схемы замещения.