

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХОБМОТОЧНОГО ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

2.1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основные элементы конструкции, принцип действия трансформатора; провести опыты холостого хода и короткого замыкания; исследовать эксплуатационные характеристики.

2.1.2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

2.1.2.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

2.1.2.2. Провести опыт холостого хода для:

- определения коэффициента трансформации;
- определения коэффициента мощности холостого хода;
- построения характеристик холостого хода и определения их номинальных значений;
- определения параметров схемы замещения при холостом ходе.

2.1.2.3. Провести опыт короткого замыкания для:

- определения коэффициента мощности короткого замыкания;
- построения характеристик короткого замыкания и определения их номинальных значений;
- определения параметров схемы замещения при коротком замыкании.

2.1.2.4. Рассчитать и построить эксплуатационные характеристики:

- коэффициент полезного действия (КПД) от величины нагрузки при активном и индуктивном ее характере;
- напряжение вторичной обмотки от величины коэффициента нагрузки при активном, активно-индуктивном, активно-емкостном характерах нагрузки.
- изменение вторичного напряжения обмотки от характера нагрузки при неизменной ее величине.

2.1.2.7. Сделать основные выводы по результатам исследований.

2.1.3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Плавное регулирование величины напряжения, подаваемого на первичную обмотку трансформатора, осуществляется индукционным регулятором ИР.

Управление регулятором ИР осуществляется тумблером SA2 передней панели лабораторной установки. Этот тумблер имеет три поло-

жения: среднее (постоянное, фиксирующееся), верхнее и нижнее. При удержании тумблера SA2 в верхнем положении напряжение регулятора увеличивается, при удержании тумблера в нижнем положении напряжение регулятора уменьшается, при среднем положении тумблера величина напряжения фиксируется.

Плавно изменяющееся напряжение регулятора подается на первичную обмотку исследуемого трансформатора. Для этого необходимо предварительно собрать электрическую схему, соответствующую конкретному исследованию.

Проводимые исследования подразделяются на экспериментальные и аналитические.

Экспериментальные исследования проводятся в виде опытов холостого хода и короткого замыкания. По результатам этих опытов получают коэффициент трансформации, параметры схемы замещения, номинальные величины характеристик холостого хода и короткого замыкания.

Аналитические исследования позволят оценить работу трансформатора при симметричной нагрузке. Для этого рассчитываются эксплуатационные характеристики, представляющие практический интерес, без непосредственного нагружения исследуемого трансформатора.

Проведение опытов холостого хода и короткого замыкания требует разных диапазонов регулирования напряжения, подаваемого на первичную обмотку исследуемого трансформатора. При опыте холостого хода плавно регулируемое напряжение подается непосредственно, напрямую, от регулятора ИР. При опыте короткого замыкания плавно регулируемое напряжение подается с регулятора ИР через понижающий трансформатор.

Переключатель SA1 на передней панели лабораторной установки с двумя фиксируемыми положениями «ХХ» и «КЗ» позволяет обеспечивать нужный диапазон регулирования напряжения.

Такие измерительные приборы, как ваттметр и амперметр, имеют двойные шкалы, что дает возможность использовать их без замены в опытах холостого хода и короткого замыкания.

2.1.4. ОПЫТ ХОЛОСТОГО ХОДА

Режим холостого хода трансформатора – работа его при номинальном напряжении U_{1H} номинальной частоты на первичной обмотке и отсутствии тока во вторичной обмотке. Опыт холостого хода проводится при изменении напряжения на первичной обмотке трансформатора в

диапазоне $(0,3 \div 1,2) U_{1H}$. Электрическая схема опыта холостого хода изображена на рис. 2.1.1.

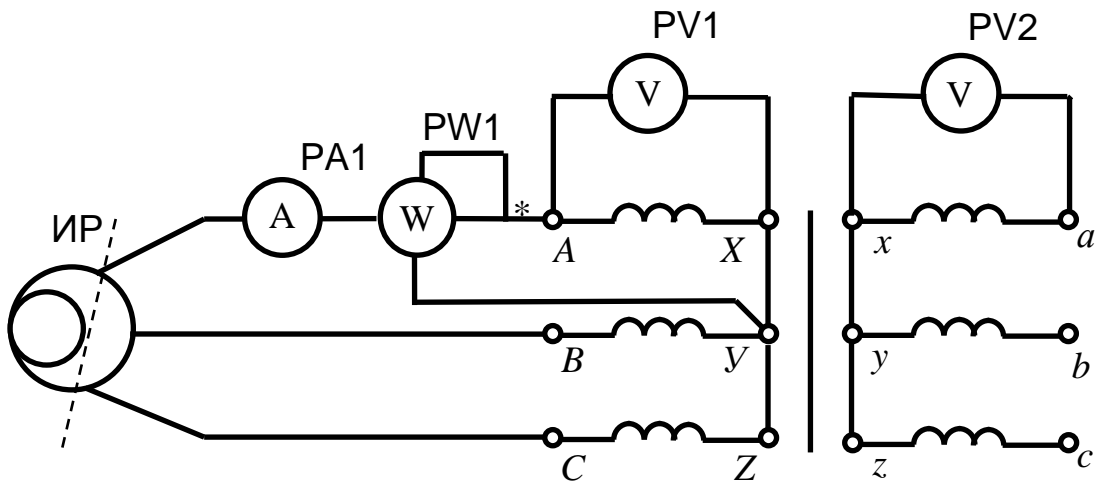


Рис. 2.1.1. Электрическая схема опыта холостого хода

Используется минимальное количество измерительных приборов, фиксирующих ток, напряжение, ЭДС и активную мощность одной из фаз, указанной преподавателем. Результаты измерений и расчетов представляются в виде табл. 2.1.1, где P_0 - утроенные показания ваттметра.

Таблица 2.1.1

Результаты опыта холостого хода

№ опыта	Измерения				Расчеты		
	U_1 В	U_{20} В	I_0 А	$P_{0\phi}$ Вт	P_0 Вт	$\cos \varphi_0$ -	$k =$; $I_{0H} =$, А; $i_{0H} =$, %; $P_{0H} =$ Вт; $\cos \varphi_{0H} =$.
1 ÷ 5							

При проведении опыта холостого хода устанавливаются не менее пяти по возможности равномерно распределенных значений напряжения U_1 в указанном выше диапазоне.

2.1.4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ

Коэффициент трансформации представляет отношение фазной ЭДС обмотки высшего напряжения к фазной ЭДС обмотки низшего напряжения независимо от того какая из обмоток является первичной.

С достаточной точностью коэффициент трансформации можно определить учитывая, что $E_1 \approx U_1$, а $E_2 = U_{20}$. Коэффициент трансформации рассчитывается при $U_1 = U_{1H}$ и для исследуемого понижающего трансформатора равен

$$k \approx U_1 / U_{20}. \quad (2.1.1)$$

2.1.4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Коэффициент мощности холостого хода определяется по формуле

$$\cos \varphi_0 = P_{0\Phi} / U_1 \cdot I_0, \quad (2.1.2)$$

где $P_{0\Phi}$ - активная мощность фазы, потребляемая при холостом ходе, Вт;

U_1, I_0 - фазные значения напряжения и тока первичной обмотки, соответственно В, А.

2.1.4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОСТОГО ХОДА

Номинальные значения тока холостого хода I_{0H} , мощности P_{0H} , коэффициента мощности $\cos \varphi_{0H}$ определяются для $U_1 = U_{1H}$, используя построенные в одних осях координат характеристики холостого хода: $I_0 = f(U_1)$, $P_0 = f(U_1)$, $\cos \varphi_0 = f(U_1)$.

Значение номинального тока холостого хода в процентах i_{0H} рассчитывается относительно номинального тока первичной обмотки

$$i_{0H} = I_{0H} \cdot 100 / I_{1H}, \% . \quad (2.1.3)$$

2.1.4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ ХОЛОСТОМ ХОДЕ

Параметры схемы замещения можно определить по результатам опытов холостого хода и короткого замыкания. В расчетах используются номинальные значения характеристик холостого хода и короткого замыкания.

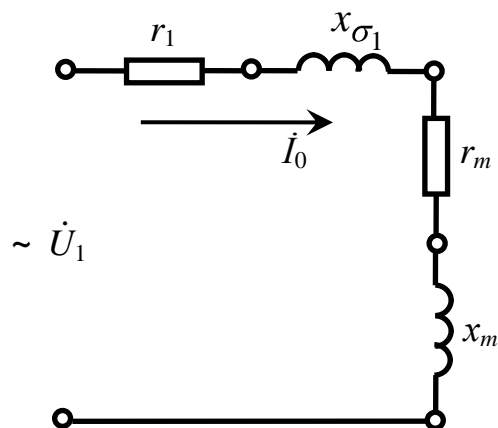


Рис. 2.1.2. Схема замещения трансформатора при холостом ходе

Схема замещения при холостом ходе содержит следующие параметры:

r_1 - активное сопротивление фазы первичной обмотки;

$x_{\sigma 1}$ - индуктивное сопротивление рассеяния фазы первичной обмотки;

r_m, x_m - активное и индуктивное сопротивления ветви намагничивания.

По результатам опыта холостого хода для $U_1 = U_{1H}$ можно найти

$$Z_1 + Z_m = U_1 / I_{0H}; \quad r_1 + r_m = P_{0H} / (3 \cdot I_{0H}^2). \quad (2.1.4)$$

Так как обычно $Z_m \gg Z_1$ и $r_m \gg r_1$, то можно считать

$$Z_m \approx U_1 / I_{0H}; \quad r_m \approx P_{0H} / (3 I_{0H}^2); \quad x_m = \sqrt{Z_m^2 - r_m^2}. \quad (2.1.5)$$

Остальные параметры схемы замещения трансформатора при холостом ходе ($r_1, x_{\sigma 1}$) определяются по результатам опыта короткого замыкания.

2.1.5. ОПЫТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Короткое замыкание – аварийное состояние трансформатора, т.к. при замкнутой накоротко вторичной обмотке номинальное напряжение первичной обмотки вызывает протекание в обеих обмотках токов в десятки раз превышающих номинальные. При проведении опыта короткого замыкания – работа трансформатора при замкнутой накоротко вторичной обмотке, когда к первичной обмотке подведено такое пониженное напряжение номинальной частоты, что токи в обмотках допускаются не более 1,1÷1,2 номинальных значений. Электрическая схема опыта короткого замыкания изображена на рис. 2.1.3.

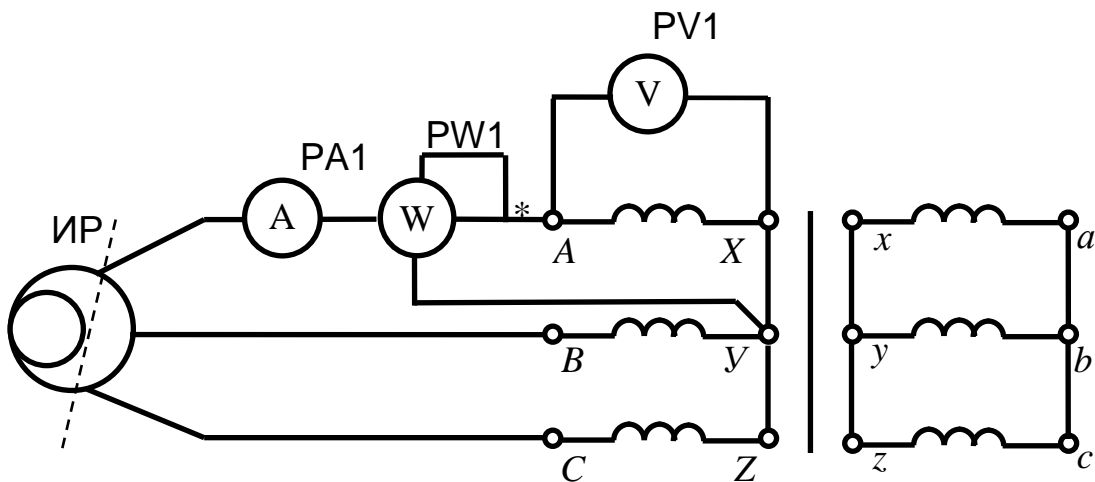


Рис. 2.1.3. Электрическая схема опыта короткого замыкания

Указанное предельное значение тока является исходным при проведении опыта, затем напряжение уменьшается для получения не менее пяти значений по каждому измеряемому параметру. Результаты измерений и расчетов представляются в виде табл. 2.1.2, где P_K - утроенные показания ваттметра.

Таблица 2.1.2

Результаты опыта короткого замыкания

№ опыта	Измерения			Расчеты		
	U_{1K} В	I_{1K} А	$P_{K\Phi}$ Вт	P_K Вт	$\cos \varphi_K$ -	$U_{K\%} =$ %; $P_{KH} =$ Вт; $\cos \varphi_K =$.
1 ÷ 5						

2.1.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Коэффициент мощности короткого замыкания определяется по формуле

$$\cos \varphi_K = P_{K\Phi} / U_{1K} \cdot I_{1K}, \quad (2.1.6)$$

где $P_{K\Phi}$ - активная фазная мощность, потребляемая при коротком замыкании, Вт;

U_{1K} , I_{1K} - фазные значения напряжения и тока первичной обмотки при коротком замыкании, соответственно В, А.

2.1.5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ХАРАКТЕРИСТИК КОРТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Номинальные значения мощности P_{KH} , коэффициента мощности $\cos \varphi_K$, напряжения U_{1KH} определяют для $I_{1K} = I_{1H}$, используя построенные в одних осях координат характеристики короткого замыкания: $I_{1K} = f(U_{1K})$, $P_K = f(U_{1K})$, $\cos \varphi_K = f(U_{1K})$.

Значение номинального напряжения короткого замыкания в процентах рассчитывается относительно номинального напряжения фазы первичной обмотки

$$U_{K\%} = U_{1KH} \cdot 100 / U_{1H}. \quad (2.1.7)$$

2.1.5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ КОРТКОМ ЗАМЫКАНИИ

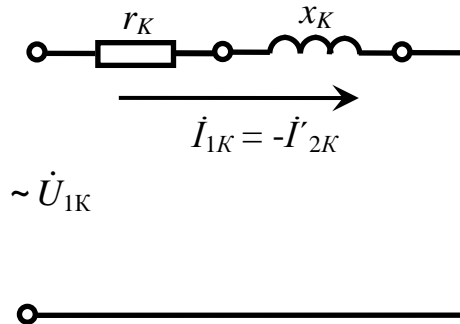


Рис. 2.1.4. Схема замещения трансформатора при опыте короткого замыкания

$$Z_K = U_{1KH} / I_{1H}; \quad r_K = P_{KH} / (3 \cdot I_{1H}^2); \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2}. \quad (2.1.8)$$

Приближенно можно принять, используя результаты опыта короткого замыкания,

$$Z_1 \approx Z'_2 \approx Z_K / 2; \quad r_1 \approx r'_2 \approx r_K / 2; \quad x_{\sigma 1} \approx x'_{\sigma 2} \approx x_K / 2, \quad (2.1.9)$$

где Z_1 - полное сопротивление фазы первичной обмотки;

Z'_2 - приведенное полное сопротивление фазы вторичной обмотки;

Z_K - полное сопротивление фазы схемы замещения при опыте короткого замыкания;

r'_2 - приведенное активное сопротивление фазы вторичной обмотки;

$x'_{\sigma 2}$ - приведенное индуктивное сопротивление рассеяния фазы вторичной обмотки;

r_K - активное сопротивление фазы схемы замещения при опыте короткого замыкания;

x_K - индуктивное сопротивление фазы схемы замещения при опыте короткого замыкания.

2.1.6. РАСЧЕТ ЗАВИСИМОСТЕЙ КПД ОТ ВЕЛИЧИНЫ И ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ

Для проведения расчетов используется упрощенная схема замещения трансформатора, результаты опытов холостого хода и короткого замыкания. Это позволяет полагать, что $\cos \varphi_1 \approx \cos \varphi_2$, а коэффициент нагрузки

$$K_{НГ} = I_2 / I_{2H} = I'_2 / I'_{2H} \approx I_1 / I_{1H}. \quad (2.1.10)$$

КПД трансформатора при $U_1 = U_{1H}$, $f = const$ и заданном характере нагрузки ($\cos \varphi_2 = const$) определяется следующим образом

$$\eta = P_2 \cdot 100 / P_1 = (P_1 - \Sigma P) \cdot 100 / P_1, \% \quad (2.1.11)$$

$$\text{где } P_1 = 3I_1 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_1 \approx 3 \cdot K_{НГ} \cdot I_{1H} \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_2; \quad (2.1.12)$$

$$\Sigma P = P_{0H} + P_K = P_{0H} + K_{НГ}^2 \cdot P_{KH}. \quad (2.1.13)$$

Изменение коэффициента нагрузки принять в пределах $0 \div 1,2$ для не менее пяти по возможности равномерно распределенных значений. Результаты расчетов для двух значений $\cos \varphi_2 = const$ представляют в виде табл. 2.1.3 и строят в одних осях координат две зависимости $\eta = f(K_{НГ})$.

Таблица 2.1.3

Результаты расчетов коэффициента полезного действия

№ опыта	$K_{НГ}$	ΣP	$\cos \varphi_2 = 1$			$\cos \varphi_2 = 0,8$			Примечание
			P_1	P_2	η	P_1	P_2	η	
			Вт	Вт	%	Вт	Вт	%	
1÷5								$\cos \varphi_2 = 1: \eta_{\max} = \%$; $\cos \varphi_2 = 0,8: \eta_{\max} = \%$.	

При $K_{НГ} = 0$, $\Sigma P = P_{0H}$, $P_1 = P_{0H}$, т.е. $\eta = 0$.

КПД достигает максимального значения при такой нагрузке, когда суммарные потери в обмотках становятся равными потерям в магнитной системе:

$$K_{НГ}^2 \cdot P_{KH} = P_{0H}, \quad (2.1.14)$$

что соответствует

$$K_{НГ} = \sqrt{P_{0H} / P_{KH}} . \quad (2.1.15)$$

Значения η_{\max} для двух значений $\cos \varphi_2$ рассчитываются по выше приведенным формулам.

2.1.7. РАСЧЕТ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Внешняя характеристика – зависимость $U_2 = f(K_{НГ})$ при $U_1 = U_{1H}$, $f = const$, $\cos \varphi_2 \approx \cos \varphi_1 = const$.

При проведении расчетов используются упрощенная схема замещения трансформатора и результаты опыта короткого замыкания. Коэффициент нагрузки изменяют в пределах $0 \div 1,2$ для не менее пяти по возможности равномерно распределенных значений. Характер нагрузки задается тремя значениями $\cos \varphi_2$.

Внешняя характеристика трансформатора определяются арифметической разностью между фазным вторичным напряжением при холостом ходе (100%) и падением напряжения в фазе при нагрузке

$$U_{2\%} = 100 - \Delta U , \quad (2.1.16)$$

$$\text{где } \Delta U = K_{НГ}(U_{Ka\%} \cdot \cos \varphi_2 + U_{Kp\%} \cdot \sin \varphi_2) , \% ; \quad (2.1.17)$$

$$U_{Ka\%} = I_{1H} \cdot r_K \cdot 100 / U_{1H} ; \quad U_{Kp\%} = \sqrt{U_{K\%}^2 - U_{Ka\%}^2} ; \quad (2.1.18)$$

$U_{Ka\%}, U_{Kp\%}$ - активная и реактивная составляющие номинального напряжения короткого замыкания.

Результаты расчетов представляют в виде табл. 2.1.4. и строят в одних осях координат три внешних характеристики $U_{2\%} = f(K_{НГ})$.

Таблица 2.1.4

Результаты расчетов внешних характеристик

№ опыта	$K_{НГ}$	$\cos \varphi_2 = 1$		$\cos \varphi_2 = 0,8$		$\cos(-\varphi_2) = 0,8$		Примечание
		$\Delta U, \%$	$U_{2\%}$	$\Delta U, \%$	$U_{2\%}$	$\Delta U, \%$	$U_{2\%}$	
1÷5								$U_{K\%} =$; $U_{Ka\%} =$; $U_{Kp\%} =$.

2.1.8. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА ОТ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ ПРИ НОМИНАЛЬНОЙ ЕЕ ВЕЛИЧИНЕ

Изменение напряжения вторичной обмотки ΔU рассчитывают по выше приведенной формуле при $U_1 = U_{1H}$, $f = const$, $K_{НГ} = 1$. Представляют в виде табл. 2.1.5 и строят зависимость $\Delta U = f(\varphi_2)$.

Таблица 2.1.5

Результаты расчетов изменения напряжения вторичной обмотки от φ_2

φ_2	град	-90	-75	-60	-45	-30	-15	0
ΔU	%							

Окончание табл. 2.1.5

φ_2	град	15	30	45	60	75	90
ΔU	%						

2.1.9. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе полученных результатов исследований необходимо дать в отчете следующие пояснения.

Характеристики холостого хода трансформатора:

- для чего проводится опыт холостого хода;
- что такое номинальные величины характеристик холостого хода;
- причины поведения каждой из характеристик;
- указать, что принято считать потерями холостого хода трансформатора;
- привести обоснование сделанных пояснений.

Характеристики короткого замыкания:

- для чего проводится опыт короткого замыкания;
- что такое номинальные величины характеристик короткого замыкания;
- причины поведения каждой из характеристик;
- указать, что принято считать потерями короткого замыкания;
- привести обоснование сделанных пояснений.

Зависимости коэффициента полезного действия трансформатора от величины и характера нагрузки:

- какой вид имеет зависимость $\eta = f(K_{НГ})$ и как изменяется соотношение между потерями в магнитной системе и в обмотках,
- как влияет характер нагрузки на КПД и чем это объясняется.

Внешние характеристики трансформатора:

- какой вид имеют характеристики и чем это объясняется.
Изменение напряжения вторичной обмотки от характера нагрузки при неизменной ее величине:
- какой вид имеет зависимость $\Delta U = f(\varphi_2)$;
- при каком значении угла φ_2 отсутствует падение напряжения в фазе, и какой при этом характер нагрузки;
- при каком значении угла φ_2 имеет максимальное значение падения напряжения в фазе, и какой при этом характер нагрузки.

2.1.10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

2.1.10.1. Перечислите основные элементы конструкции трансформатора и поясните их назначение.

2.1.10.2. Поясните принцип действия и назначение трансформатора.

2.1.10.3. Какой тип магнитной системы у исследуемого трансформатора?

2.1.10.4. Какие типы магнитных систем используются у трехфазных трансформаторов?

2.1.10.5. Чем отличаются понижающий и повышающий трансформаторы?

2.1.10.6. Поясните холостой ход, как режим работы трансформатора.

2.1.10.7. Для чего проводится опыт холостого хода?

2.1.10.8. Какие оборудование и приборы необходимы для проведения опытов холостого хода и короткого замыкания?

2.1.10.9. В какой последовательности проводится опыт холостого хода?

2.1.10.10. Как может быть определен коэффициент трансформации?

2.1.10.11. Когда короткое замыкание является аварийным?

2.1.10.12. Чем отличается опыт короткого замыкания от аварийного?

2.1.10.13. Для чего проводится опыт короткого замыкания?

2.1.10.14. В какой последовательности проводится опыт короткого замыкания?

2.1.10.15. Что такое номинальное напряжение короткого замыкания?

2.1.11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1.11.1. Изобразите электрическую схему опыта холостого хода трехфазного трансформатора и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.2. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт холостого хода.

2.1.11.3. Какие зависимости называют характеристиками холостого хода трансформатора, при соблюдении каких условий их получают?

2.1.11.4. Изобразите и объясните зависимость тока холостого хода трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.5. Изобразите и объясните зависимость потерь холостого хода трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.6. Изобразите и объясните зависимость коэффициента мощности холостого хода трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.7. Какие величины характеристик холостого хода называют номинальными?

2.1.11.8. Какие параметры схемы замещения трансформатора определяются по результатам опыта холостого хода?

2.1.11.9. Поясните, как определяются параметры схемы замещения трансформатора по результатам опыта холостого хода?

2.1.11.10. Как определить коэффициент трансформации по результатам опыта холостого хода?

2.1.11.11. Как получить по результатам опыта холостого хода трехфазного трансформатора значение коэффициента мощности?

2.1.11.12. Изобразите электрическую схему опыта короткого замыкания трехфазного трансформатора и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.13. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт короткого замыкания.

2.1.11.14. Какие зависимости называют характеристиками короткого замыкания трансформатора, при соблюдении каких условий они получаются?

2.1.11.15. Изобразите и объясните зависимость коэффициента мощности короткого замыкания трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.16. Изобразите и объясните зависимость потерь короткого замыкания трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.17. Изобразите и объясните зависимость тока короткого замыкания трансформатора от величины подводимого напряжения.

2.1.11.18. Как получить по результатам опыта короткого замыкания трехфазного трансформатора значение коэффициента мощности?

2.1.11.19. Какие параметры схемы замещения трансформатора определяются по результатам опыта короткого замыкания?

2.1.11.20. Поясните, как определяются параметры схемы замещения трансформатора по результатам опыта короткого замыкания?

2.1.11.21. Как определяется номинальное напряжение короткого замыкания трансформатора?

2.1.11.22. Изобразите зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.23. Изобразите в одних осях координат зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки при двух разных значениях коэффициента мощности и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.24. Когда трансформатор работает с максимальным КПД и как определить коэффициент нагрузки для этого состояния?

2.1.11.25. Изобразите в одних осях координат внешние характеристики трансформатора при активной, активно–индуктивной нагрузках и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.26. Изобразите в одних осях координат внешние характеристики трансформатора при активной, активно–емкостной нагрузках и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.27. Изобразите в одних осях координат внешние характеристики трансформатора при активно–индуктивной, активно– емкостной нагрузках и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.28. Изобразите схему замещения трансформатора для холостого хода и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.29. Изобразите схему замещения трансформатора для короткого замыкания и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.30. Каким образом и почему изменяются параметры схемы замещения трансформатора с увеличением напряжения при проведении опыта холостого хода?

2.1.11.31. Изобразите T–образную схему замещения трансформатора, работающего при нагрузке, и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.32. Изобразите упрощенную схему замещения трансформатора, работающего при нагрузке, и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.33. Изобразите в одних осях координат зависимости КПД трансформатора от коэффициента нагрузки при двух разных значениях коэффициента мощности и дайте необходимые пояснения.

2.1.11.34. Изобразите и поясните изменение напряжения вторичной обмотки от характера нагрузки, запишите условия, при которых она получена.