

**Министерство образования и науки
Кыргызской Республики**

**Жалалабатский Государственный
Университет**

Кафедра «Электроэнергетика»



ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

**(Методические указания к выполнению
лабораторной работы и РГЗ: Определение
основных параметров трансформаторов)**

Жалалабат 2007

УДК 621. 313
ББК 31. 261
К 23

«Утверждено»
каф. «Электроэнергетика»
пр. № 7 от 20.11.07г.

Рецензент: кан.тех.наук, доцент Т.Э. Белеков

Каримов А., Алиев М.К. Кочкорова М.
Электромеханика / Методические указания к выполнению
лабораторной работы и РГЗ: Определение основных
параметров трансформаторов. – Жалалабат:
ЖаГУ – 2007. -26 с.

Методическое указание содержит лабораторную
работу и расчетно- графическое задание по теме:
Определение основных параметров трансформаторов.

Лабораторная работа и РГЗ разработаны в
соответствии с Государственным Образовательным
стандартом по дисциплине «Электромеханика» и
предназначено для студентов всех форм обучение по
направлению «Электроэнергетика».

В методическом указании приведены теоретические
сведения и порядок выполнения лабораторной работы.
Задания для РГЗ и пример выполнения.

Лабораторная работа

Определение основных параметров однофазных трансформаторов

Цель работы: Определения основных параметров однофазных трансформаторов при режимах работы «холостого хода» и «короткого замыкания»

1. Краткие теоретические сведения

1.1. Основные определения

Трансформатор-это электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования одной системы переменного тока (I_1, U_1) в другую систему переменного тока (I_2, U_2) .

По числу фаз трансформаторы делятся на однофазные и трехфазные.

По функции трансформаторы делятся на понижающие и повышающие.

По назначению различают трансформаторы: силовые, специальные, измерительные, автотрансформаторы.

Обмотка, к которой из сети поступает энергия переменного тока называется – первичной. Обмотка, от которой энергия отводится называется – вторичной.

Параметры трансформатора, установленные заводом изготовителем, обеспечивающие его работу в определенных условиях называются – номинальными данными.

Номинальная частота – частота тока (f_H), на которую рассчитан трансформатор.

Номинальная мощность трансформатора (S_H) - мощность на зажимах вторичной обмотки в вольт – амперах (В А).

Номинальное первичное напряжение (U_{1H}) - напряжение сети, на которое рассчитан трансформатор.

Номинальное вторичное напряжение (U_{2H}) - напряжения на зажимах вторичной обмотки при «холостом ходе» трансформатора и при номинальном первичном напряжении.

Номинальными токами (первичным I_{1H} и вторичным I_{2H}) называют токи соответствующие номинальным значениям напряжения и мощности трансформатора.

На заводских щитах трансформаторов указываются значения линейных токов и напряжений.

1.2. Принцип действия трансформатора

Принцип действия трансформатора основан на законе электромагнитной индукции (рис.1).

Если на замкнутом стальном сердечнике (рис.1) разместит два электрически не связанные между собой обмотки 2 и 3, и одну из них, например 2, присоединить к сети переменного тока (I_1, U_1), то при прохождении переменного тока по обмотке 2, в стальном сердечнике возникает переменный магнитный поток Φ .

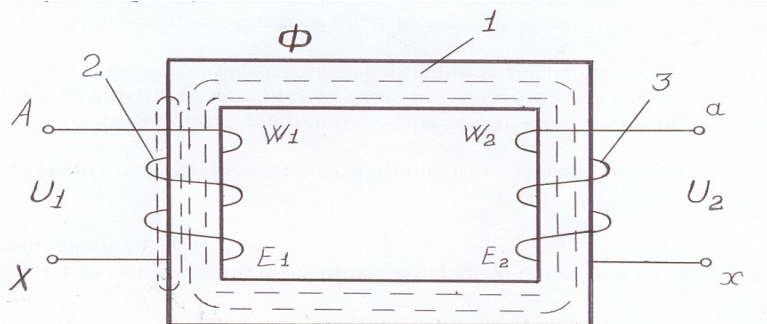


Рис.1. Схема действия трансформатора:

1- замкнутый стальной сердечник;

2- первичная обмотка;

3- вторичная обмотка;

I_1, U_1 - ток и напряжение на первичной обмотке;

I_2, U_2 - ток и напряжение на вторичной обмотке;

Φ - переменный магнитный поток;

E_1 - э.д.с. самоиндукции на первичной обмотке;

E_2 - э.д.с. взаимоиндукции на вторичной обмотке.

Магнитный поток Φ , пронизывая витки обмоток 2 и 3, согласно закону электромагнитной индукции, наводит в обмотках 2 и 3 э.д.с. самоиндукции E_1 и взаимоиндукции E_2 .

В режиме «холостого хода» трансформатора выполняется условие:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_{20}}, \quad (1)$$

где U_{20} - напряжения на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе.

Отношение напряжения на зажимах первичной обмотки трансформатора (U_1) к напряжению на зажимах его вторичной обмотки при холостом ходе (U_{20}) называется коэффициентом трансформации трансформатора:

$$K = \frac{U_1}{U_{20}} \quad (2)$$

Если не учитывать потери, то мощность в первичной и вторичной обмотке примерно равны:

$$P = U_1 I_1 \approx U_2 I_2 \quad (3)$$

Поэтому коэффициент трансформации:

$$K = \frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{I_2}{I_1} \quad (4)$$

Как видно из (4) токи в обмотках трансформаторов обратно пропорциональны напряжениям, т.е. числом витков W_1 и W_2 (1). Поэтому обмотку высшего напряжения делают из большего числа витков провода с меньшей площадью сечения, а обмотку низшего напряжения выполняют из меньшего числа витков провода с большой площадью сечения. Для экспериментального определения коэффициента трансформации, проводится опыт по схеме привезенной на рис.2.

1.3. Режим «холостого хода» трансформатора

Режим работы трансформатора, при котором к первичной обмотке подведено ток с номинальной частотой и напряжением, а вторичная обмотка разомкнута ($I_2 = 0$), называется режимом «холостого хода» трансформатора.

Характеристиками «холостого хода» трансформатора называют зависимости:

- ток «холостого хода»: $I_x = F(U_1)$;
- мощность «холостого хода»: $P_x = F(U_1)$;
- коэффициент мощности «холостого хода»: $\cos \varphi_x = F(U_1)$.

При определении параметров I_x, P_x и $\cos \varphi_x$ напряжение U_1 изменяется в пределах:

$$0.3U_H \leq U_1 \leq U_H. \quad (5)$$

Для выявления характеристик «холостого хода» проводится опыт «холостого хода» по схеме приведенной на рис.3.

Параметры I_x, P_x, U_0 определяются измерением, коэффициент мощности холостого хода вычисляется используя опытные данные по формуле:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{0H} I_0} \quad (6)$$

1.4. Режим «короткого замыкания» трансформатора

Во время работы трансформатора может возникнуть аварийная ситуация, когда его вторичная обмотка замыкается накоротко, а первичной обмотке подводится номинальное напряжение, возникает режим аварийного короткого замыкания.

Режим короткого замыкания имеет важное практическое значение, т.к. если нет специальной защиты, трансформатор выходит из строя, т.е. может разрушиться. Потому что, при коротком замыкании трансформатора, ток короткого замыкания может превысить номинальный ток в несколько десятки раз.

Характеристиками «короткого замыкания» трансформатора называют зависимости:

- ток «короткого замыкания»: $I_k = F(U_k)$;
- мощность «короткого замыкания»: $P_k = F(U_k)$;
- коэффициент мощности «короткого замыкания» : $\cos \varphi_k = F(U_k)$.

Для выявления характеристик «короткого замыкания» проводится опыт «короткого замыкания» по схеме приведенной на рис.4.

Напряжение, при котором проводится опыт «короткого замыкания» трансформатора называется «напряжением короткого замыкания» (U_k), и выражается в процентах от номинального напряжения:

$$U_k (\%) = \frac{U_k}{U_H} \cdot 100\% \quad (7)$$

и приводится в заводском щитке трансформатора.

Для трансформаторов принимается:

- если $U_H \leq 35кВ$ то $U_k = 4.5 - 7.5 \%$;
- если $U_H \leq 110кВ$ то $U_k = 10.5 - 11.5\%$.

Используя данные опыта «короткого замыкания», коэффициент мощности «короткого замыкания» вычисляется следующим образом:

- полное сопротивление $Z_k = \frac{U_k}{I_k}$ (8)

- активное сопротивление $r_k = \frac{P_k}{I_k^2}$ (9)

- коэффициент мощности $\cos\varphi = \frac{P_k}{U_k I_k} = \frac{r_k}{Z_k}$ (10)

- индуктивное сопротивление $X_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}$ (11)

1.5 . Коэффициент полезного действия трансформатора

Отношения отдаваемый активной мощности трансформатора (P_2) к потребляемой из сети активной мощности (P_1) называется коэффициентом полезного действия (к.п.д.) трансформатора:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \text{ или } \eta (\%) = \frac{P_2}{P_1} 100\% \quad (12)$$

В практических расчетах, с достаточной точности, к.п.д. можно вычислить используя результаты опытов «холостого хода» и «короткого замыкания»:

$$\eta = \frac{K_{HT} S_H \cos \varphi_2}{K_{HT} S_H \cos \varphi_2 + P_0 + K_{HT}^2 P_k}, \quad (13)$$

где K_{HT} - коэффициент нагрузки трансформатора (в работе $K_{HT} = 1$).

2. Порядок выполнения работы

Ознакомление установкой, приборами, схемой и методикой выполнения работы.

2.1. Необходимо изучить меры техники безопасности в лаборатории при проведении опытов.

2.2. Необходимо принять меры личной безопасности, использовать индивидуальные средства защиты.

2.3. Изучить теоретическую часть работы, порядок выполнения опыта.

2.4. Ознакомиться установкой, приборами, определить их типы, пределы измерений, цену шкалы измерений, допускаемые величины измеряемых величин и занести их в лабораторный журнал.

2.5. Изучить схемы проведения опытов, определить порядок расположения и включения измерительных приборов на схеме, все необходимые сведения внести в лабораторный журнал.

2.6. Изучить методику выполнения опыта, подготовить необходимые таблицы и получить у преподавателя допуск к выполнению опыта.

3. Опытное определение коэффициента трансформации трансформатора

Для определения коэффициента трансформации необходимо:

- подключить напряжение сети к обмотке высшего напряжения трансформатора (включить рубильник) при разомкнутой вторичной обмотке (рис.2);
- одновременно двумя вольтметрами измерить напряжения на зажимах обеих обмоток, результаты измерений занести в таблицу 1.
- вычислить коэффициент трансформации трансформатора:

$$K = \frac{(U_1)_{cp}}{(U_2)_{cp}}$$

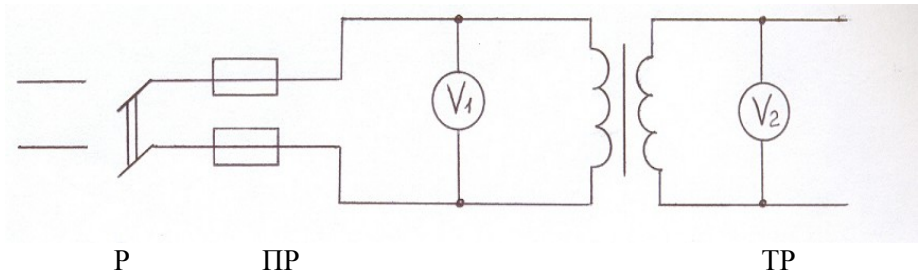


Рис.2.

Таблица 1.

Параметры	Единицы измерения	Измерения					Среднее значение
		1	2	3	4	5	
U_1	В						
U_2	В						

4. Опыт холостого хода

Опыт холостого хода проводится по схеме проведенной на рис.3. При проведении опыта холостого хода, для регулирования напряжения используется однофазный автотрансформатор.

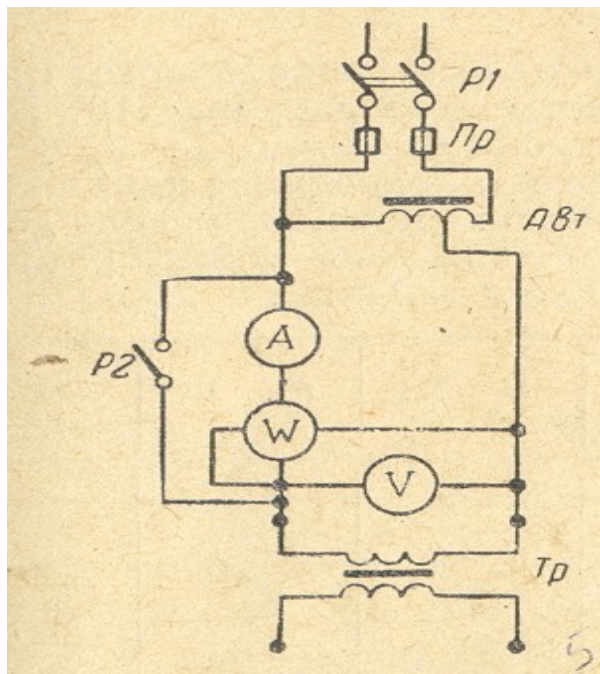


Рис. 3:

- P_1 - рубильник;
- P_2 - рубильник для замыкания
токовой катушки ваттметра;
- Pr - предохранитель;
- $Ат$ - автотрансформатор;
- $Тр$ - испытуемый трансформатор.

4.1. Порядок проведение опыта:

1. Перед включением трансформатора в сеть необходимо с помощью автотрансформатора Ат (рис.3) понизить подводимое напряжение до величины

$$U_1 = 0.3 \cdot U_H .$$

2. Включить рубильник P_2 , шунтировать амперметр и токовую катушку ваттметра для защиты приборов от повреждения броском намагничивающего тока.

3. Включит трансформатор в сеть, т.е. включить рубильник P_1 .

4. Отключить рубильник P_2 .

5. Записать показания приборов в таблицу 2.

6. Установить следующие значения напряжения автотрансформатором в соответствии с условием (5) , определить шаг измерения напряжения:

$$U_1 = 0.3 \cdot U_H ; \quad U_2 = U_1 + \Delta U ; \quad U_3 = U_2 + \Delta U ; \dots$$

$$U_5 = U_H .$$

7. Записать соответствующие показания приборов.

8. Продолжит опыт до выполнения условия (5), т.е.

$$U_1 = U_5 = U_H .$$

4.2. Обработка результатов опыта

1. Вычислить коэффициент мощности холостого хода по формуле (6) для каждого опыта.

2. Построить график характеристики «холостого хода» трансформатора в определенном масштабе.

5. Опыт короткого замыкания

Опыт короткого замыкания проводится по схеме, приведенный на рис. 4. При проведении опыта короткого замыкания, для регулирования напряжения используется однофазный автотрансформатор.

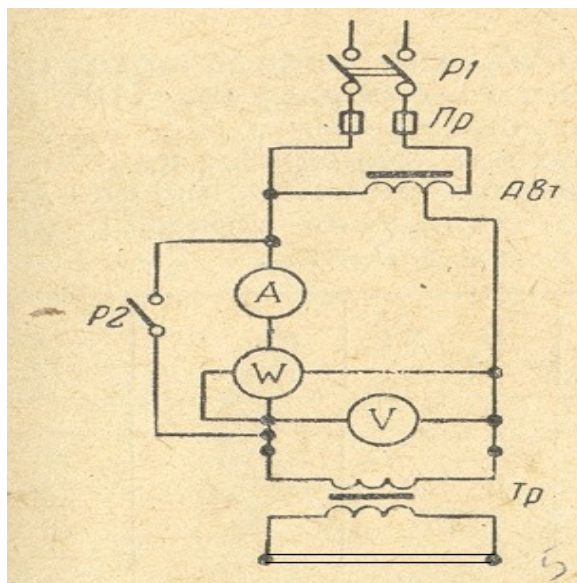


Рис. 4:

- P1- рубильник;
- Пр- предохранитель;
- Ат–автотрансформатор;
- Тр - испытуемый трансформатор.

Если шкала ваттметра и амперметра не рассчитаны на номинальный ток трансформатора, то их необходимо включить через трансформатор тока (рис.5.) В этом случае при определении показании амперметра и ваттметра необходимо учитывать коэффициент трансформации трансформатора тока.

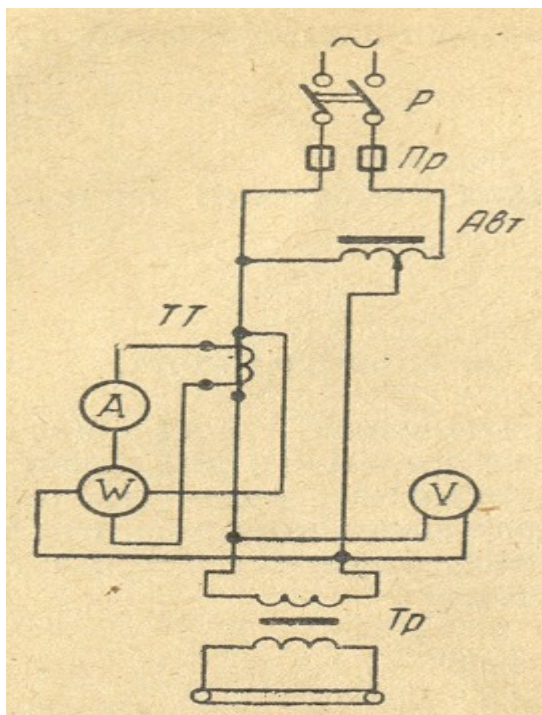


Рис.5:

- Р- рубильник;
- Пр- предохранитель;
- Ат- автотрансформатор;
- Тр - испытуемый трансформатор;
- Тт - трансформатор тока.

При проведении опыта короткого замыкания необходимо обратить особое внимание на замыкание накоротко обмоток трансформатора переключателями. Переключатель должен быть большого сечения.

5.1. Порядок проведения опыта

1. Перед включением трансформатора в сеть необходимо с помощью автотрансформатора Ат (рис.4) понизить подводимое напряжение до величины

$$U = (3-5)\% U_n .$$

2. Включить рубильник Р.
3. Записать показания амперметра, вольтметра, ваттметра и быстро отключить рубильник Р.
4. Результаты показаний приборов занести в таблицу 2.
5. Выбрать шаг изменения подводимого напряжения:

$$U_1 = U + \Delta U ; \quad U_2 = U_1 + \Delta U ; \dots \quad U_5 = U_4 + \Delta U .$$

6. Произвести соответствующие измерения. Опыт необходимо продолжить до выполнения условия:

$$I_k = I_n .$$

7. Используя результаты опыта вычислить коэффициент мощности $\cos \varphi_k$ по формулам (8-10).

Примечание 1. Если при измерениях были использованы трансформаторы тока, то при определении показаний амперметра и ваттметра необходимо учитывать коэффициенты трансформации трансформатора тока.

Примечание 2. Каждый опыт короткого замыкания необходимо провести достаточно быстро, чтобы обмотки трансформатора не нагревались.

Таблица 2.

Параметры	Единицы измерения	Из м е р е н и я					Среднее значение
		1	2	3	4	5	
I_k	<i>A</i>						
U_k	<i>B</i>						
P_k	<i>Bm</i>						
$\cos \varphi_k$	—						

5.2. Обработка результатов опытов

Используя результатов опытов необходимо:

1. Вычислить коэффициент мощности $\cos \varphi_k$ по формулам (8-10).
2. Построить характеристики «КЗ» трансформатора на основе опытных данных.
3. Полученные результаты сравнить с теоретическими данными и сделать соответствующие выводы.
4. Вычислить к.н.д. по формуле (13).

6. Вопросы для самостоятельной работы

1. Дайте определение трансформатора.
2. Объясните классификацию трансформаторов по фазе, функции, назначению.
3. Дайте определение номинальных параметров ($f_H, S_H, U_{1H}, U_{2H}, I_{1H}, I_{2H}$).
4. Объясните принцип действия трансформатора.
5. Объясните физическую сущность э.д.с. E_1 и E_2 .
6. Какая величина называется коэффициентом трансформации?
7. Какой режим работы трансформатора называется режимом «ХХ»?
8. Покажите схему опыта «ХХ».
9. Покажите графики изменения характеристик «ХХ».
10. Как вычисляется коэффициент мощности в режиме «ХХ»?
11. Какой режим работы трансформатора называется режимом «КЗ»?
12. Покажите графики изменения характеристик «КЗ».
13. Покажите схему опыта «КЗ».

14. Какое напряжения называется напряжением «КЗ»?
15. Как вычисляется коэффициентом мощности в режиме «КЗ»?
16. Как вычисляется к.п.д. при «КЗ»?
17. Объясните методику проведения опыта по определению- К.
18. Объясните методику проведения опыта «ХХ».
19. Объясните методику проведения опыта «КЗ».

Расчетно-графическое задание Расчет основных параметров трехфазных трансформаторов

В соответствии с Государственным Образовательным стандартом по направлению «Электроэнергетика», дисциплина «Электромеханика», является одним из основных дисциплины общепрофессиональной подготовки студентов. Программа дисциплины «Электромеханика»

предусматривает выполнение студентами большого объема самостоятельной работы. Основной частью самостоятельной работы является выполнение расчетно-графического задания.

1.1. Исходные данные

№ п/п	Параметры	Ед. изм.	Варианты		
			1	2	3
1	Мощность, S_N	кВА	100	250	4000
2	Напряжение, U_1/U_2	кВ	10/0,4	10/0,4	35/10,5
3	Напряжение короткого замыкания, U_k	%	3,5	4,5	7,5
4	Потери в стали, P_o	Вт	400	780	6400
5	Потери в меди, P_k	Вт	1700	3700	33500
6	Ток холостого хода, I_o	%	3,8	3,0	1,8
7	Коэффициент мощности, $\cos \varphi_2$	-	0,8	0,8	0,8
8	Коэффициент нагрузки, $k_{нг}$	-	1,0	1,0	1,0

1.2. Требуется:

1. Вычислит коэффициент трансформации.
2. Вычислит номинальные тока в обмотках.
3. Вычислит ток холостого хода.

4. Вычислит коэффициент полезного действия трансформатора.
5. Определить изменения напряжения ΔU % при $\cos \varphi_2 = 0,8$ и $k_{нг} = 1$.
6. Вычислит оптимальный коэффициент нагрузки.
7. Вычислит активные и индуктивные сопротивления обмоток при условии, что $r_1 = r'_2$; $x_1 = x'_2$.
8. Построить упрощенную векторную диаграмму при номинальной нагрузке и $\cos \varphi_2 = 1$.

2. Пример выполнения расчетно-графического задания

Тема: Расчет основных параметров трехфазных трансформаторов

1. Исходные данные:

Мощность: $S_H = 100$ кВА. Напряжение: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0,4}$ кВ.

Напряжение короткого замыкания: $U_K = 4,5\%$. Потери в стали: $P_o = 340$ Вт.

Потери в меди: $P_K = 1970$ Вт. Ток холостого хода: $I_o = 3,5\%$.

2. Необходимо определить:

- коэффициент трансформации;
- номинальные токи в обмотках;
- ток холостого хода;
- коэффициент полезного действия;
- изменения напряжения при $\cos \varphi_2 = 0,8$ и $K_{нг} = 1$;

- оптимальный коэффициент нагрузки;
- активные и индуктивные сопротивления обмоток ($r_1 = r_2' ; x_1 = x_2'$);
- построить векторную диаграмму при номинальной нагрузке и $\cos \varphi_2 = 1$.

3. Порядок выполнения расчетов

При расчете 3-х фазных трансформаторов, все величины вычисляются для одной фазы:

3.1. Коэффициент трансформации: $K = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{10}{0.4} = 25$.

3.2. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{1H}} = \frac{100}{1.73 \cdot 10} \approx 5.78 A.$$

$$I_{2H} = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_{2H}} = \frac{100}{1.73 \cdot 0.4} \approx 145 A.$$

3.3. Ток холостого хода: $I_0 = 3.5\%(I_{1H}) = \frac{3.5}{100} \cdot 5.78 = 0.2 A$.

3.4. Коэффициент полезного действия при $\cos \varphi_2 = 0.8; K_{HT} = 1$:

$$\eta = \frac{K_{HT} \cdot S_H \cdot \cos \varphi_2}{K_{HT} \cdot S_H \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + K_{HT}^2 P_K} =$$

$$= \frac{1 \cdot 100 \cdot 0.8}{1 \cdot 100 \cdot 0.8 + 0.34 + 1^2 \cdot 1.97} \approx 0.972.$$

3.5. Изменения напряжения $\Delta U(\%)$ при $\cos \varphi_2 = 0.8, K_{HT} = 1$:

$$U_a(\%) = \frac{P_K}{10S_H} = \frac{1970}{10 \cdot 100} = 1.97\% ;$$

$$U_p(\%) = \sqrt{(U_K\%)^2 - (U_a\%)^2} = \sqrt{(4.5)^2 - (1.97)^2} \approx 4.05\% .$$

$$\Delta U = K_{HF} [(U_a\%) \cos \varphi_2 + (U_p\%) \sin \varphi_2] = 1.97 \cdot 0.8 + 4.05 \cdot 6 = 4\% .$$

3.6. Оптимальный коэффициент нагрузки:

$$K_{HF\text{ опт}} = \sqrt{\frac{P_0}{P_K}} = \sqrt{\frac{340}{1970}} = 0.415 .$$

3.7. Активные и индуктивные сопротивления обмоток.

Вычислим фазное напряжение короткого замыкания на одну фазу:

$$U_{\kappa\phi} = \frac{U_{1H} \cdot U_K(\%)}{100 \cdot \sqrt{3}} = \frac{10000 \cdot 4.5}{100 \cdot 1.73} \approx 262 \text{ В} .$$

Полное фазное сопротивление короткого замыкания

$$I_K = I_{1H} :$$

$$Z_{\kappa\phi} = \frac{U_{\kappa\phi}}{I_K} = \frac{262}{5.78} \approx 45 \text{ Ом} .$$

Величина активного сопротивления r_k на одну фазу,

$$I_k = I_{1H} :$$

$$r_k = \frac{P_K}{3 \cdot I_k^2} = \frac{1970}{3 \cdot 5.72^2} \approx 19.7 \text{ Ом}.$$

Величина индуктивного сопротивления

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2} = \sqrt{45^2 - 19.7^2} = 40 \text{ Ом}.$$

По условию задачи: $r_1 = r_2'$; $x_1 = x_2'$;

$$r_k = r_1 + r_2' = r_1 + r_1 = 2r_1; \quad r_1 = \frac{r_K}{2};$$

$$x_k = x_1 + x_2' = x_1 + x_1 = 2x_1; \quad x_1 = \frac{x_k}{2}.$$

Поэтому:

$$r_1 = r_2' = \frac{r_K}{2} = \frac{19.7}{2} = 9.83 \text{ Ом}; \quad x_1 = x_2' = \frac{x_K}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ Ом}.$$

Действительные сопротивления обмоток:

$$r_2 = \frac{r_2'}{k^2} = \frac{9.83}{25^2} = 0.0157 \text{ Ом};$$

$$x_x = \frac{x_2'}{k^2} = \frac{20}{25^2} = 0.32 \text{ Ом}.$$

3.1. Построение упрощенной векторной диаграммы трансформатора

Векторная диаграмма трансформатора при номинальной нагрузке и $\cos\varphi_2 = 1$, $(\varphi_2) = 0$ называется

упрощенной. Для построения векторной диаграммы выбираем направления вектора тока \dot{I}_H (рис.1).
 Вычислим приведенное значение напряжения:

$$U'_2 = U_2 \cdot K = 400 \cdot 25 = 10000B$$

Выбираем масштабный коэффициент построения векторов. Вектор Ос (рис.1) изображающий вектор \dot{U}'_2 (выбираем сами исходя из величины \dot{U}'_2 и поле чертежа):
 Ос = 200мм .

Масштабный коэффициент напряжений:

$$\dot{U}'_2 = \mu_u \cdot (\text{Ос}); \quad \mu_u = \frac{U'_2}{(0 \text{ с})} = \frac{10000}{200} = 50 \frac{B}{\text{мм}}.$$

Построим вектор \dot{U}'_2 на линии вектора \dot{I}_H , т.к. $\varphi_2 = 0$, они совпадают (рис 1.).

Вычислим падения напряжений (активных и индуктивных) на обмотках:

$$U_a = I_{1H} \cdot r_k = 5.78 \cdot 19.7 = 118B;$$

$$U_l = I_{1H} \cdot x_k = 5.78 \cdot 40 = 232B.$$

Вычислим длину векторов, изображающих падений напряжений на чертеже:

$$cb = \frac{U_a}{\mu_u} = \frac{118}{50} = 2.36 \text{ мм};$$

$$ba = \frac{U_l}{\mu_u} = \frac{232}{50} = 4.7 \text{ мм}.$$

Вектор $cb (\dot{U}_a)$ совпадает по направлению с вектором \dot{I}_H т.к. $\cos \varphi_2 = 1$ ($\varphi_2 = 0$), построим этот вектор (рис. 1).

Вектор $b\bar{a}$ (\bar{U}_1) направлено перпендикулярно вектору \dot{I}_n , по этому с точки b построим в выбранном масштабе вектор $b\bar{a}$ Напряжения сети (\dot{U}_1) определяется как сумма векторов:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}'_2 + \dot{U}_a + \dot{U}_e$$

Поэтому вектор Oa представляет собой вектор \dot{U}_1 в масштабе μ_u .

Из векторной диаграммы получим:

$$U_1 = \mu_u(Oa) = 50 \cdot 115.6 = 5780 \text{ В.}$$

4. Порядок оформления результатов расчета

Результаты расчетов необходимо представить в виде таблицы 1. Упрощенная векторная диаграмма оформляется отдельно на чертежной бумаге с соблюдением масштаба построения.

Таблица 1.

Величина	К	I_{1H}	I_{2H}	I_0	η	U_a	U_p	ΔU
Ед.изм	-	А	А	А	-	%	%	%
Значении	25	5.78	145	0.2	0.972	1.97	4.05	4

Таблица 1 (продолжение).

$K_{НГ.онт}$	$U_{кф}$	$Z_{кф}$	r_k	x_k	r_1	x_1	r_2	x_2
-	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
0,415	262	45	19,7	40	9,83	20	0,0157	0,032

Таблица 1 (продолжение).

U'_2	Ос	μ_u	U_a	U_1	сb	ba	Oa	U_1
--------	----	---------	-------	-------	----	----	----	-------

В	мм	$\frac{B}{мм}$	В	В	мм	мм	мм	В
10000	200	50	118	232	2,36	4,7	115,6	5780

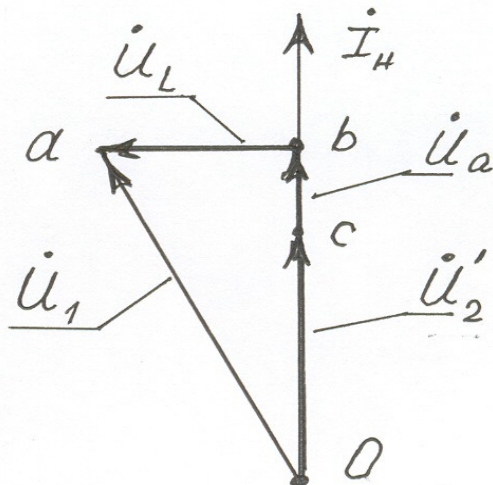


Рис.1.

5. Вопросы для самоконтроля

1. Какие параметры трансформаторов называются номинальными?
2. Как определяется напряжение короткого замыкания?
3. Как определяются потери в меди?
4. Как определяются потери в стали?
5. Как определяются ток холостого хода?
6. Как вычисляется коэффициент трансформации?
7. Как вычисляются номинальные токи в обмотках?
8. Что означает коэффициент полезного действия трансформатора?
9. Как вычисляется падение напряжения на активном сопротивлении обмотки трансформатора?
10. Как вычисляется падение напряжения на индуктивном

сопротивлении трансформатора?

11. Что означает оптимальный коэффициент нагрузки?

12. Как вычисляются активные и индуктивные сопротивления обмоток?

13. Объясните методику построения векторной диаграммы трансформатора?

14. Для чего строится векторная диаграмма трансформатора?

Литература

1. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высш. шк., 2006.-607 с.
2. Токарев Б.Ф. Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 642с.
3. Коцман М.М. Электрические машины. – М.: Высш. шк., 1983.-432 с.
4. Дымков А.М. Расчет и конструирование трансформаторов. – М.: Высш. шк., 1971 – 276с.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

**(Методические указания к выполнению
лабораторного практикума: Конструкции
трансформаторов)**

Редактор: Каримов А.

Тех.редактор: Зупанов С.

**Компьютерная верстка
и макетирование:** Токтобаева А.Ч.

*Подписано к печати 10.07.2008
Формат 60x84 1,16 Офисная печать.
Объем 2 п.л. Тираж 100 экз.*

*Издательство редакционного отдела ЖаГУ
715600 г.Жалалабат ул.Ленина 57*

Отпечатано в типографическом участке
Жалалабатского государственного университета