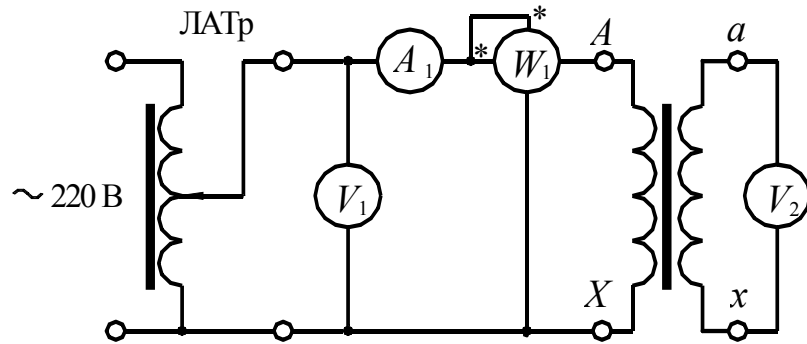


ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Часть 2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Часть 2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Лабораторные работы
для студентов 2 – 4 курсов всех форм обучения
специальностей 210100, 170500, 170600, 290300, 311300

Тамбов

• Издательство ТГТУ •
2002

УДК 621.3(076)
ББК з261я73-5
А441

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
С. И. Дворецкий

Авторы-составители:

И. Н. Акулинин, К. А. Набатов, Н. П. Моторина

А44
1 Электротехника (часть 2). Электрические машины:
Лабор. раб. / Авторы-сост.: И. Н. Акулинин, К. А.
Набатов, Н. П. Моторина. Тамбов: Изд-во Тамб. гос.
техн. ун-та, 2002. 28 с.

Дано описание стендов, особенностей подключения питания, краткие меры безопасности, порядок выполнения лабораторных работ, требования к оформлению отчетов по темам "Однофазный трансформатор", "Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором", "Генератор постоянного тока независимого возбуждения", "Двигатель постоянного тока независимого возбуждения", "Управление трехфазным асинхронным двигателем".

Предназначено для дневной и заочной форм обучения специальностей 290300, 311300, 120100, 170500, 170600.

УДК 621.3(076)
ББК з261я73-5

© Тамбовский государственный

технический университет (ТГТУ), 2002

© Акулинин И. Н., Набатов К. А.,
Моторина Н. П., 2002

Учебное издание

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Часть 2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Лабораторные работы

Авторы-составители:

АКУЛИНИН Игорь Николаевич
НАБАТОВ Константин Александрович
МОТОРИНА Наталья Петровна

Редактор З. Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

ЛР № 020851 от 27.09.99

П_{лр} № 020079 от 28.04.97

Подписано в печать 28.02.2002.

Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84 / 16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем: 1,63 усл. печ. л.; 1,5 уч.-изд. л.

Тираж 250 экз. С. 148

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Введение

Предлагаемые лабораторные работы выполняются на стендах серии ЛСОЭ-4. Каждый стенд снабжен набором сменных блоков, комплектом измерительных приборов и двухмашинным агрегатом. Двухмашинный агрегат состоит из машины постоянного тока и асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором жестко соединенными валами при помощи пальчиковой муфты. При исследовании одной электрической машины в режиме двигателя другая играет роль электромагнитного тормоза, момент которого равен моменту нагрузки двигателя.

Стенды питаются от специальных понижающих трансформаторов 380/220 В с изолированной нейтралью в целях повышения безопасности.

При выполнении работ необходимо учитывать ряд особенностей:

1 Фазные обмотки асинхронного двигателя рассчитаны на 220 В. Чтобы получить номинальный режим его работы при напряжении сети 220 В необходимо соединить фазные обмотки по схеме "треугольник".

2 Асинхронный электродвигатель является симметричной нагрузкой, поэтому для определения потребляемой мощности достаточно измерить активную мощность одной фазы и затем утроить.

3 При исследованиях нельзя допускать перегрузку электрических машин по току.

Перед началом работы необходимо ознакомиться с техническими данными машины и выбрать измерительные приборы с пределами измерений, соответствующими ожидаемым величинам тока, напряжения, мощности.

Отчеты должны содержать электрические схемы, таблицы измерений и вычислений графики зависимостей и выводы по работе.

Внимание!

1 Сетевой автоматический выключатель стенда включать только с разрешения преподавателя.

2 Запрещается производить переключение в схеме при включенном сетевом автоматическом выключателе.

Лабораторная работа 1

ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

Цель работы: изучение характеристик трансформатора и определение параметров схемы замещения.

Приборы и принадлежности: однофазный трансформатор, два ваттметра, два вольтметра (0 ... 300 В), амперметр (0 ... 1 А), амперметр (0 ... 2,5 А).

Методические указания

Трансформатор представляет собой электромагнитный аппарат для преобразования энергии переменного тока одного напряжения в энергию переменного тока другого напряжения неизменной частоты f .

Под действием приложенного напряжения U_1 в первичной обмотке возникает ток I_1 и возбуждает изменяющийся магнитный поток Φ , который замыкается по магнитопроводу (сердечнику) трансформатора. Магнитный поток индуцирует ЭДС в первичной (E_1) и вторичной (E_2) обмотках. Действующие значения для индуцированных ЭДС имеют вид:

$$E_1 = 4,44\omega_1 f \Phi_m ;$$

$$E_2 = 4,44\omega_2 f \Phi_m ,$$

где Φ_m – амплитудное значение величины магнитного потока; ω_1 и ω_2 – число витков соответственно первичной и вторичной обмоток.

Схемы замещения применяют при расчетах электрических цепей, в которых трансформатор является связующим звеном отдельных цепей. При этом в расчетной схеме магнитная связь между первичной и вторичной цепями заменяется электрической, что значительно упрощает анализ всей цепи, причем все элементы вторичной цепи приводятся к напряжению первичной обмотки. Полученная Т-образная схема замещения реального трансформатора обычно не рассчитывается, а на практике используют Г-образную схему (рис. 1.1).

Внимание!

Выводить ЛАТР в крайнее нулевое положение (вращением ручки против часовой стрелки) после каждого опыта.

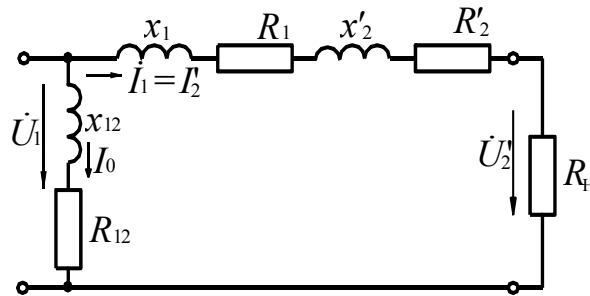


Рис. 1.1

Порядок выполнения работы

1 Ознакомится с оборудованием и приборами, необходимыми для проведения работы и записать в табл. 1.1 основные технические данные трансформатора.

Таблица 1.1

Тип трансформатора	f , Гц	S_n , кВ А	$U_{1н}$, В	$I_{1н}$, А	$U_{2н}$, В	$I_{2н}$, А	η_n , %	Класс изоляции
ОСМ1	50	0,16	220	0,73	115	1,375	93	В

2 Собрать электрическую схему для снятия характеристик холостого хода трансформатора (рис. 1.2).

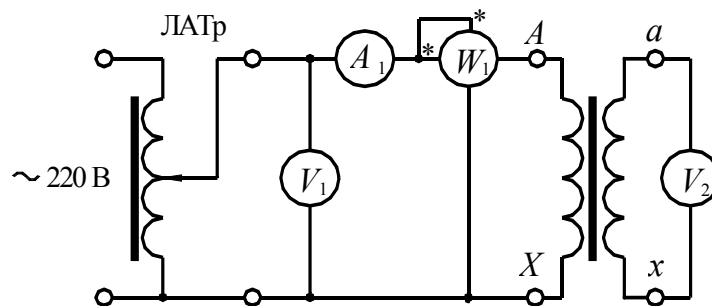


Рис. 1.2

Включить стенд, ЛАТром устанавливая на первичной обмотке трансформатора напряжение $(0,1 \dots 1,2)U_{1н}$, измерить напряжение холостого хода первичной (U_{10}) и вторичной (U_{20}) обмоток, ток холостого хода (I_0) и мощность (P_0), потребляемую трансформатором. По результатам измерений при $U_1 = U_{1н}$ рассчитать параметры схемы замещения (рис. 1.1):

$$Z_{12} \cong \frac{U_{10}}{I_{10}} - \text{полное сопротивление цепи намагничивания,}$$

$$R_{12} \cong \frac{P_0}{I_{10}^2} - \text{активное сопротивление цепи намагничивания,}$$

$$X_{12} = \sqrt{Z_{12}^2 - R_{12}^2} - \text{реактивное сопротивление цепи намагничивания,}$$

$$k = \frac{U_{10}}{U_{20}} - \text{коэффициент трансформации,}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{10} I_{10}} - \text{коэффициент мощности.}$$

Угол магнитных потерь определить из соотношения $\alpha = 90 - \varphi_0$. Полученные результаты опыта занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

№ опыта	ИЗМЕРЕНО				Вычислено				
	$U_{10},$ В	$I_{10},$ А	$P_0,$ Вт	$U_{20},$ В	$Z_{12},$ ' Ω	$R_{12},$ Ом	$X_{12},$ ' Ω	k	$\cos \varphi_0$
1 10									

3 Собрать схему для проведения опыта короткого замыкания (рис. 1.3). Опыт проводится в присутствии преподавателя. Так как в начале опыта короткого замыкания U_1 должно быть равным нулю, то перед закорачиванием вторичной обмотки необходимо в этом убедиться, измерив фактическую величину напряжения U_1 .

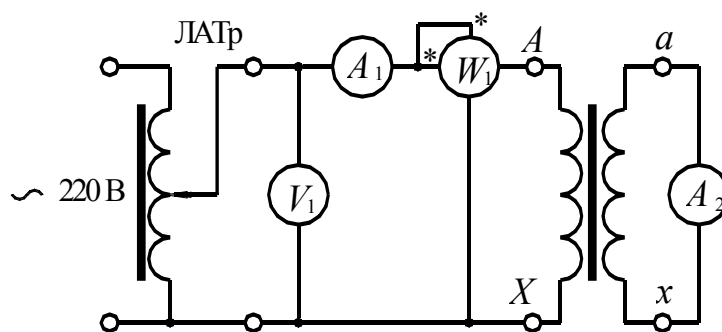


Рис. 1.3

С помощью ЛАТРа установить на первичной обмотке трансформатора напряжение, при котором ток первичной обмотки ($I_{1к}$) достигает номинального значения ($I_{1н}$), т.е. $I_{1к} = I_{1н} = 0,73 А$.

Показание вольтметра V_1 будет соответствовать напряжению короткого замыкания ($U_{1к}$). Измерить ток вторичной обмотки ($I_{2к}$) и мощность ($P_{1к}$), потребляемую трансформатором в режиме короткого замыкания. По полученным данным рассчитать параметры схемы замещения (рис. 1.1):

$$Z_k = Z_1 + Z_2' = \frac{U_{1к}}{I_{1к}} - \text{полное сопротивление обмоток;}$$

$$R_k = R_1 + R_2' = \frac{P_{1к}}{I_{1к}^2} - \text{активное сопротивление обмоток;}$$

$$X_k = X_1 + X_2' = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} - \text{реактивное сопротивление обмоток.}$$

Построить графики зависимостей $U_{10} = f(I_{10})$; $\cos \varphi_2 = f(\beta)$; $\eta = f(\beta)$; $U_2 = f(I_2)$.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство и принцип действия однофазного трансформатора?
- 2 Что такое внешняя характеристика трансформатора и как ее получить?
- 3 Какие потери энергии имеют место в трансформаторе и от чего они зависят?
- 4 Как выполняют опыты холостого хода, короткого замыкания и что можно рассчитать из них?
- 5 От чего зависит КПД трансформатора?
- 6 Для чего применяют схемы замещения?
- 7 Схема замещения однофазного трансформатора, ее применение.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Цель работы: изучение рабочих и механических характеристик трехфазного асинхронного двигателя.

Приборы и принадлежности: асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, вольтметры: V_1 (0 ... 300 В), амперметры A_1 (0 ... 5 А); A_2 (0 ... 5 А); A_3 (0 ... 1 А), ваттметр, тахометр.

Методические указания

Для преобразования электрической энергии в механическую в различных силовых установках применяют, главным образом, трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Механическая характеристика $n = f(M)$ – это зависимость скорости (частоты вращения ротора двигателя) от момента нагрузки.

В данной работе используется трехфазный асинхронный двигатель серии 4А. Механической нагрузкой двигателя является находящийся на одном валу с ним генератор постоянного тока с независимым возбуждением. Электрическая нагрузка генератора регулируется изменением сопротивления блока резисторов.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с оборудованием и приборами, необходимыми для проведения работы и записать в табл. 2.1 основные технические данные асинхронного двигателя для соединений Δ/Y .
- 2 Соединить обмотки двигателя "треугольником" и собрать схему согласно рис. 2.1.

Таблица 2.1

Тип электродвигателя	P_2 , кВт	$U_{\Delta/Y}$, В	$I_{\Delta/Y}$, А	КПД, %	$\cos \varphi$	Класс изоляции	n_n , об/мин
----------------------	-------------	--------------------	--------------------	--------	----------------	----------------	----------------

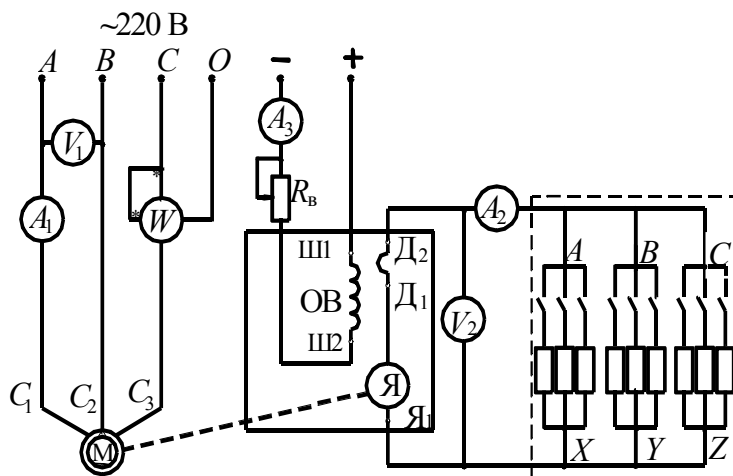


РИС. 2.1

3 Осуществить запуск двигателя на холостом ходу, для чего подать на него трехфазное напряжение.

4 Увеличивая нагрузку от нуля до номинальной ($I_{дв} = I_n$) поочередным замыканием выключателей на блоке нагрузки стенда, снять показания приборов и данные записать в табл. 2.2.

5 По данным опыта вычислить необходимые параметры, используя формулы:

$$M = 9,55 \frac{P_{2дв}}{n_2}, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таблица 2.2

№ опыта	Измерено				Вычислено						
	$U_{дв1}, \text{ В}$	$I_{дв1}, \text{ А}$	$P_{1дв}, \text{ Вт}$	$n, \text{ об/мин}$	$U_{ген}, \text{ В}$	$I_{ген}, \text{ А}$	$M, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$P_{2дв}, \text{ Вт}$	$S, \%$	$\cos\varphi$	$\eta_{дв}, \%$
1 – 10											

$$U_{дв1} = U_1; \quad I_{дв1} = I_1; \quad U_{ген} = U_2; \quad I_{ген} = I_2.$$

Для расчетов построить зависимость $\eta_{ген} = f(P_{ген})$ по данным табл. 2.3 и по произведению ($U_{ген} I_{ген}$) определить значения КПД генератора и рассчитать мощность по формуле, пренебрегая механическими потерями передачи механической энергии:

$$P_{ген} \approx P_{2дв} = \frac{U_{ген} I_{ген}}{\eta_{ген}}, \text{ Вт},$$

где $\eta_{ген}$ – КПД генератора.

Таблица 2.3

$P_{ген}, \text{ Вт}$	200	400	600	800	1000
-----------------------	-----	-----	-----	-----	------

$\eta_{\text{ген}}$	0,5	0,63	0,76	0,8	0,81
---------------------	-----	------	------	-----	------

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

где $n_1 = \frac{60f}{p}$ – скорость вращения магнитного поля, об/мин; p – число пар полюсов двигателя ($p = 1$).

$$\cos \varphi = \frac{P_{1\text{дв}}}{S_{1\text{дв}}},$$

где $S_1 = \sqrt{3} I_{1\text{дв}} U_{1\text{дв}}$ – полная мощность двигателя, ВА.

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{P_{2\text{дв}}}{P_{1\text{дв}}} \cdot 100 \text{ \%}.$$

6 По полученным данным построить рабочие характеристики: $n_2(P_{2\text{дв}})$, $I_{\text{дв}}(P_{2\text{дв}})$, $S(P_{2\text{дв}})$, $\eta(P_{2\text{дв}})$, $\cos \varphi(P_{2\text{дв}})$ в одной системе координат.

7 Построить механическую характеристику двигателя $n_2 = f(M)$.

Контрольные вопросы

- 1 Как устроен трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором?
- 2 Как обозначают начала и концы фаз обмоток статора?
- 3 Как зависит коэффициент мощности асинхронного двигателя от нагрузки на валу?
- 4 Каковы способы повышения коэффициента мощности асинхронного двигателя?
- 5 Способы пуска асинхронного двигателя.
- 6 Основные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя?
- 7 Как устроен трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором?
- 8 Объяснить принцип действия трехфазного асинхронного двигателя.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Цель работы: изучение характеристик и свойств генератора постоянного тока.

Приборы и принадлежности: машина постоянного тока, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, амперметры A_1 (0 ... 5 А), A_2 (0 ... 0,5 А), вольтметр V (0 ... 300 В).

Методические указания

В работе используется машина постоянного тока в режиме генератора. ЭДС, вырабатываемая генератором,

$$E = c_e n \Phi,$$

где c_e – конструктивная постоянная машины; n – частота вращения якоря, об / мин; Φ – магнитный поток.

Уравнение электрического равновесия генератора:

$$E = U + I_{\text{я}} R_{\text{я}},$$

где $I_{\text{я}}$ – ток якоря; $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной обмотки.

Основными эксплуатационными характеристиками генераторов являются: характеристика холостого хода – зависимость ЭДС от тока возбуждения $E(I_{\text{в}})$, которая определяет возможность регулирования выходного напряжения генератора; внешняя характеристика, которая определяет степень постоянства напряжения при изменении тока нагрузки $U(I_{\text{в}})$ нагрузочная характеристика, которая представляет собой зависимость напряжений генератора от тока возбуждения $U(I_{\text{в}})$ при фиксированном значении тока нагрузки; регулировочная характеристика, которая показывает, как надо изменять ток возбуждения для поддержания постоянным выходного напряжения при увеличении нагрузки $I_{\text{в}}(I_{\text{я}})$. Все характеристики генератора снимаются при постоянной частоте вращения якоря.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с приборами и оборудованием, необходимыми для проведения работы, и записать в табл. 3.1 основные технические данные генератора.

Таблица 3.1

Тип генератора	P , кВт	U , В	I , А	n , об/мин	η , %	Класс изоляции

2 Собрать схему согласно рис. 3.1. (При сборе схемы обратить внимание на правильность подключения клемм обмотки возбуждения и обмотки якоря).

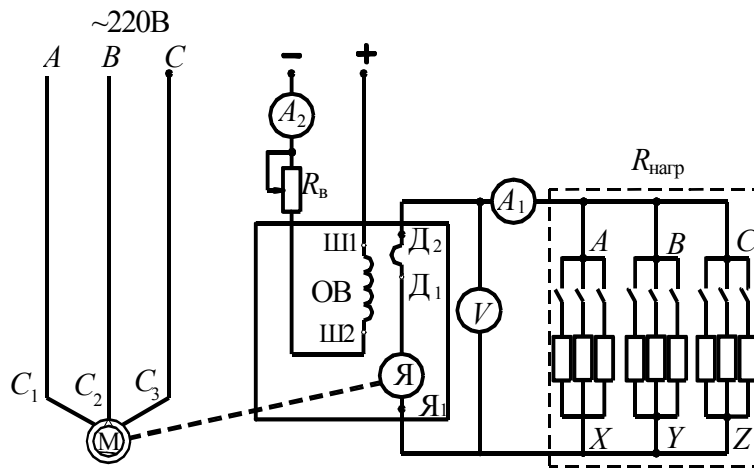


Рис. 3.1

3 Снять характеристику холостого хода $E(I_B)$ при $I_A = 0$. Для этого включить приводной трехфазный двигатель и при разомкнутой цепи возбуждения генератора измерить E_0 при $I_B = 0$. Затем замкнуть цепь возбуждения и сначала увеличивая, а затем уменьшая через равные интервалы ток возбуждения при помощи реостата R_B , снять данные для построения характеристики холостого хода (8 ... 10 точек) и занести их в табл. 3.2.

Таблица 3.2

$E_B, В$										
$E_Y, В$										
$I_B, А$										

4 Снять внешнюю характеристику генератора $U(I_A)$. При отключенной нагрузке генератора установить реостатом возбуждения напряжение генератора 220 В.

Увеличивая нагрузку генератора снять показания приборов, результаты занести в табл. 3.3.

Таблица 3.3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, В$										
$I_H, А$										

$I_H = \text{const}$.

5 Снять нагрузочную характеристику $U(I_B)$ при $I_A = \text{const}$. Установить номинальное напряжение при номинальном токе нагрузки. С помощью реостата возбуждения уменьшать ток возбуждения до минимально возможного значения, поддерживая при этом реостатом ток нагрузки неизменным; результаты занести в табл. 3.4.

Таблица 3.4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U, В$										
$I_{в}, А$										

$U = \text{const.}$

6 Снять регулировочную характеристику $I_{в}(I_{я})$ при $U = \text{const.}$ При отключенной нагрузке установить реостатом возбуждения напряжение 220 В. Включить нагрузку генератора и увеличивая ее, поддерживать постоянным напряжение U с помощью реостата возбуждения $R_{в}$ и ЛАТРа. Показания приборов занести в табл. 3.5.

Таблица 3.5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{в}, А$										
$I_{н}, А$										

По результатам измерений построить характеристики $E = f(I_{в}), U = f(I_{в})$ и $I_{в} = f(I_{я}), U = f(I_{я})$.

Контрольные вопросы

- 1 Что называют характеристикой холостого хода машины постоянного тока и как ее получить?
- 2 Каковы условия самовозбуждения генератора постоянного тока?
- 3 От чего зависит напряжение на зажимах якоря генератора постоянного тока?
- 4 Как можно поддерживать постоянным напряжение генератора при изменяющейся нагрузке?
- 5 Что такое регулировочная характеристика и как ее получить?
- 6 Что такое нагрузочная характеристика и как ее получить?
- 7 Как классифицируются машины постоянного тока по способу возбуждения?

Лабораторная работа 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Цель работы: изучение механических характеристик электродвигателя при различных способах регулирования скорости.

Приборы и принадлежности: машина постоянного тока, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, амперметры: A_1 (0 ... 5 А); A_2 (0 ... 5 А); A_3 (0 ... 0,5 А), вольтметр (0 ... 300 В), тахометр.

Методические указания

Двигатель постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения является наиболее распространенным в регулируемом электропроводе постоянного тока. Его скорость может регулироваться в широких пределах изменением напряжения якоря или тока возбуждения.

Механическая характеристика ДПТ – это зависимость $n = f(M)$, при $U_{\text{я}} = \text{const}$, $I_{\text{в}} = \text{const}$, $R_{\text{д}} = \text{const}$, где $U_{\text{я}}$ – напряжение, подводимое к якорю двигателя, $I_{\text{в}}$ – ток возбуждения, $R_{\text{д}}$ – добавочное сопротивление в цепи якоря двигателя. Уравнение механической характеристики двигателя независимого возбуждения

$$n = \frac{U}{c\Phi} - M \frac{R_{\text{я}} + R_{\text{д}}}{c^2 \Phi^2}.$$

Рассмотрим два семейства механических характеристик, полагая, что две величины принимают значения номинального режима, а третья может принимать различные значения, неизменные, однако для каждой из характеристик этого семейства:

$$1) I_{\text{в}} = I_{\text{вн}}; \quad R_{\text{д}} = 0; \quad U_{\text{я}} \neq U_{\text{н}};$$

$$2) U_{\text{я}} = U_{\text{н}}; \quad R_{\text{д}} = 0; \quad I_{\text{в}} \neq I_{\text{вн}}$$

Механическая характеристика, соответствующая $U_{\text{я}} = U_{\text{н}}$; $I_{\text{в}} = I_{\text{вн}}$ и $R_{\text{д}} = 0$, называется естественной. Характеристики, получаемые при нарушении этих условий, называются искусственными.

Для регулирования частоты вращения изменением напряжения, подводимого к якорю, необходим источник регулируемого напряжения (генератор постоянного тока, управляемый выпрямитель). Регулирование частоты вращения изменением тока возбуждения производится введением в цепь обмотки возбуждения сопротивления.

Двигатель постоянного тока имеет жесткую механическую связь с асинхронным двигателем. Для создания механической нагрузки двигателя постоянного тока асинхронный двигатель переводится в режим динамического торможения путем подачи постоянного тока в его статорные обмотки. Величина тока и тормозного момента регулируется количеством резисторов, включенных в цепь статора. Момент нагрузки M есть разность электромагнитного момента $M_{\text{эм}}$ и момента потерь холостого хода M_0 . Пренебрегая величиной M_0 , получаем

$$M = M_{\text{эм}} - M_0, \quad M = M_{\text{эм}} = C_{\text{м}} \Phi I_{\text{я}},$$

где $C_{\text{м}}$ – конструктивная постоянная машины; Φ – величина магнитного потока; $I_{\text{я}}$ – ток якоря.

Произведение $C_{\text{м}} \Phi$ может быть определено по номинальным величинам момента и тока

$$k_{\text{м}} = C_{\text{м}} \Phi = \frac{M_{\text{н}}}{I_{\text{ян}}},$$

где $M_{\text{н}} = \frac{P_{2\text{н}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{P_{2\text{н}}}{0,105 \cdot n_{\text{н}}}$, Н · м.

При получении искусственных механических характеристик изменением тока возбуждения необходимо учесть нелинейность связи между магнитным потоком и током возбуждения. Для получения значений $k_{\text{м}}$ при ослаблении магнитного потока надо воспользоваться характеристикой холостого хода машины, полученной при исследовании генератора постоянного тока (зависимость $E = f(I_{\text{в}})$). Взяв значения ЭДС E_1 и E_2 при токах соответственно $I_1 = 0,8 I_{\text{вн}}$ и $I_2 = 0,75 I_{\text{вн}}$, получим для электромагнитного момента следующие выражения:

$$M_1 = k_{\text{м}} \frac{E_1}{E_{\text{н}}} I_{\text{я}} \quad \text{для тока } I_{\text{в}} = 0,8 I_{\text{вн}},$$

$$M_2 = k_{\text{м}} \frac{E_2}{E_{\text{н}}} I_{\text{я}} \quad \text{для тока } I_{\text{в}} = 0,75 I_{\text{вн}},$$

где $E_{\text{н}}$ – ЭДС при номинальном токе возбуждения.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомится с оборудованием и приборами, необходимыми для выполнения работы, записать технические данные двигателя в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Тип двигателя	P , кВт	U , В	I , А	n , об/мин	η , %	Класс изоляции

2 Собрать схему согласно рис. 4.1.

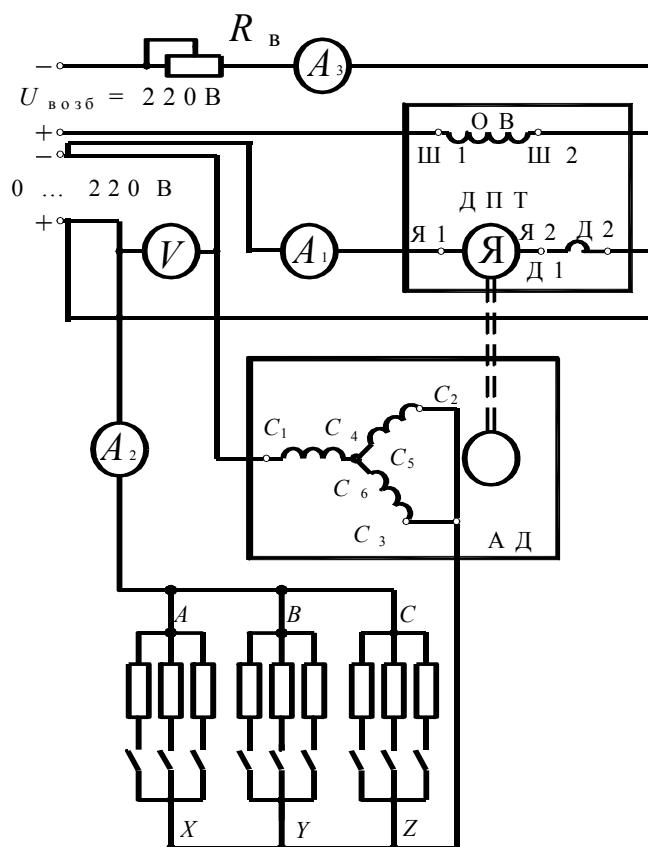


Рис. 4.1

3 Осуществить запуск двигателя в следующем порядке:

- проверить наличие тока возбуждения по амперметру A_3 ;
- реостатом возбуждения установить номинальный ток возбуждения (0,25 А), что обеспечит наилучшие условия пуска;
- с помощью ЛАТРа, постепенно увеличивая подаваемое напряжение от 0 до 220 В,

разогнать двигатель постоянного тока.

4 Снять механические характеристики двигателя постоянного тока. Добавочное сопротивление в цепи якоря при этом должно быть равно нулю:

а) естественная механическая характеристика снимается при номинальных значениях напряжения якоря и тока возбуждения путем изменения тока в цепи статора асинхронного двигателя;

б) искусственные механические характеристики при пониженном напряжении снимаются аналогично; перед экспериментами надо установить напряжение на якоре, равное $U_{я} = 0,8U_{н}$ и $U_{я} = 0,5U_{н}$, а ток возбуждения – номинальный;

в) для снятия искусственной механической характеристики при ослабленном возбуждении на якоре устанавливается номинальное напряжение (*изменения напряжения проводить плавно*), а ток возбуждения $I_{в2} = 0,8I_{вн}$ и $I_{в2} = 0,75 I_{вн}$.

Для каждой характеристики снять по 3 – 4 точки. Результаты экспериментов записать в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Измеряемые величины	Измеряемые величины					
	$U, В$	$U_{я} = U_{н}$	$U_{я} = 0,8U_{н}$	$U_{я} = 0,5U_{н}$	$U_{я} = U_{н}$	$U_{я} = U_{н}$
	$I_{в}, А$	$I_{в} = I_{вн}$	$I_{в} = I_{вн}$	$I_{в} = I_{вн}$	$I_{в} = 0,8I_{вн}$	$I_{в} = 0,75I_{вн}$
Измеряемые величины	$I, А$					
	$n, об/мин$					
Механические величины	$M_2, Н \cdot м$					

По данным табл. 4.2 построить естественную и искусственные механические характеристики двигателя в одной системе координат.

Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют способы пуска двигателя постоянного тока?
- 2 Как изменить направление вращения якоря?
- 3 Каково назначение главных и добавочных полюсов в двигателе?
- 4 Как установить экспериментально наименование зажимов выводов обмоток двигателя постоянного тока?
- 5 Как можно регулировать частоту вращения якоря двигателя и чем ограничен ее верхний предел?
- 6 Почему регулирование частоты вращения якоря двигателя потоком возбуждения производится путем уменьшения тока возбуждения по сравнению с номинальным?
- 7 Как влияет способ возбуждения на механические характеристики двигателя постоянного тока?
- 8 Какие последствия для двигателя постоянного тока имеет обрыв обмотки возбуждения?

**ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ
С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ**

Цель работы: ознакомиться с конструкцией магнитного пускателя, получить навыки в сборке и наладке схем управления асинхронным электродвигателем.

Приборы и принадлежности: магнитный пускатель, тепловое реле, автоматический выключатель, кнопки "пуск" и "стоп".

Методические указания

Магнитный пускатель (МП) - это релейно-контактный аппарат, служащий для дистанционного управления потребителями электрической энергии. В простейшем случае это управление сводится к "включению" и "выключению" потребителей.

Конструктивно магнитный пускатель представляет собой шихтованный магнитопровод, состоящий из двух частей: неподвижной, на которой находится катушка, и подвижной, которая связана с контактной системой (силовые контакты - замыкающие, блок контакты - замыкающие и размыкающие).

Включение магнитного пускателя происходит при подаче напряжения на катушку. Время включения МП для различных типов пускателей колеблется в пределах 0,05 ... 0,1 с.

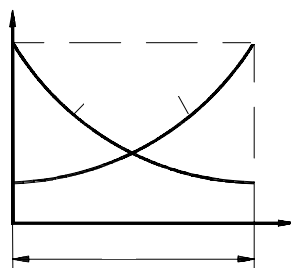


РИС. 5.1

Магнитный поток Φ в сердечнике зависит от величины воздушного зазора между подвижной и неподвижной частями магнитопровода. Поэтому ток в катушке магнитного пускателя в момент включения больше номинального, когда тяговое усилие минимальное (рис. 5.1).

Магнитные пускатели не предназначены для защиты от токов короткого замыкания, поэтому в цепи питания двигателя должны быть аппараты, защищающие от коротких замыканий – автоматические выключатели или плавкие предохранители. Для защиты двигателей от перегрузки магнитные пускатели снабжаются тепловыми реле.

Кроме этого, магнитный пускатель защищает электродвигатель от внезапного включения при исчезновении напряжения (нулевая защита).

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с оборудованием, необходимым для проведения работы, записать паспортные данные оборудования.
- 2 Собрать электрическую схему согласно рис. 5.2. Проверить правильность соединения.
- 3 Испытать работу схемы под напряжением, осуществляя пуск и остановку электродвигателя.

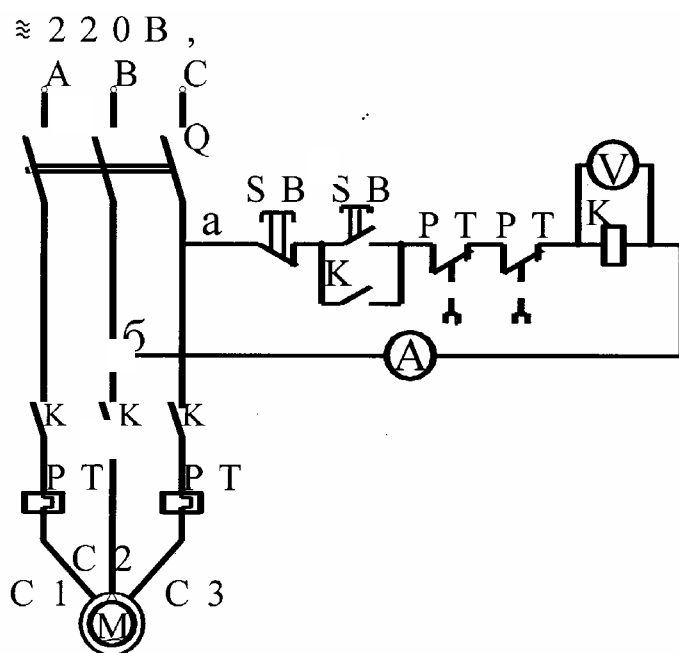


Рис. 5.2

- 4 Измерить ток в цепи катушки пускателя для двух режимов:
 - а) при замкнутой магнитной системе – номинальный ток ($I_{к\text{ ном}}$);
 - б) при разомкнутой магнитной системе – пусковой ток ($I_{к\text{ пуск}}$).
- 5 Переключить цепь управления (точки а, б) на регулируемое переменное напряжение и с помощью вольтметра определить напряжение срабатывания ($U_{ср}$) пускателя и напряжение отпускания ($U_{отп}$).

Содержание отчета

- 1 Схема нереверсивного управления асинхронным двигателем и описание ее работы.
- 2 Технические характеристики аппаратов и электродвигателя.
- 3 Рассчитать изменение индуктивного сопротивления катушки в процессе замыкания магнитной системы пускателя ($R_k = 420 \text{ Ом}$)

$$\Delta X = X_1 + X_2,$$

где $X_1 = \sqrt{Z_{1к}^2 + R_k^2}$; $Z_{1к} = \frac{U_k}{I_{к ном}}$; $X_2 = \sqrt{Z_{2к}^2 + R_k^2}$; $Z_{2к} = \frac{U_k}{I_{к ном}}$.

- 4 Определить коэффициент возврата магнитного пускателя: $k_B = \frac{U_{опт}}{U_{ср}}$.

Контрольные вопросы

- 1 Из каких основных частей состоит магнитный пускатель?
- 2 Каково назначение основных частей магнитного пускателя?
- 3 Почему важно, чтобы при включении катушки контактора в магнитной системе не было воздушного зазора?
- 4 Как влияет воздушный зазор в магнитопроводе на ток катушки пускателя и на усилие смыкания сердечника?
- 5 Что называют коэффициентом возврата?
- 6 Какую защиту электродвигателя осуществляет магнитный пускатель?
- 7 Какова роль теплового реле в схеме управления двигателем?
- 8 Для чего используются вспомогательные контакты пускателя?
- 9 Какую защиту осуществляет автоматический выключатель?
- 10 Какую роль выполняет автоматический выключатель?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Электротехника / Под ред. В. Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1993. 480 с.
- 2 Касаткин А. С., Немцов М. В. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1999. 440 с.
- 3 Иванов И. И., Равдоник В. С. Электротехника. М.: Высшая школа, 1984. 376 с.
- 4 Электротехника / Под ред. В. С. Пантюшина. М.: Высшая школа, 1976. 560 с.
- 5 Иванов А. А. Справочник по электротехнике. Киев: Вища школа, 1976. 360 с.
- 6 Волынский Б. А., Зейн Е. Н., Шатерников В. Н. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1987. 525 с.
- 7 Кацман М. М. Электрические машины. М.: Высшая школа, 2000. 463 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
.....	
Лабораторная работа 1 ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР	4

Лабораторная работа 2	ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ	10
Лабораторная работа 3	ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ	14
Лабораторная работа 4	ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ	18
Лабораторная работа 5	ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ	23
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ		26