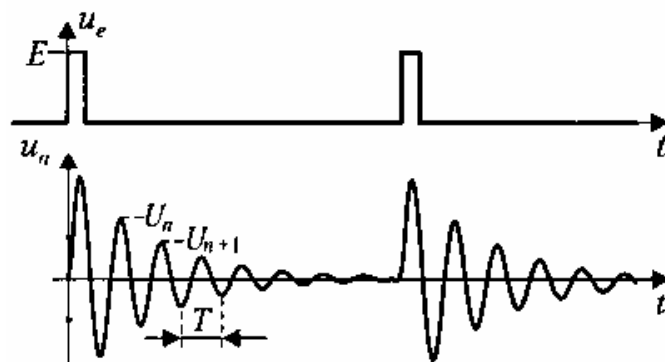


ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический университет"

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Лабораторные работы для студентов 2 курса
специальностей 140211, 110302 всех форм обучения



Тамбов
Издательство ТГТУ
2006

УДК 621.3
ББК Z261я73-5
И20

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
Ю.Ю. Громов

Авторы-составители:

В.М. Иванов,
Е.Б. Винокуров,
Е.А. Печагин

И20 Теоретические основы электротехники: Электрические цепи и сигналы: Лабораторные работы / Авт.-сост.: В.М. Иванов, Е.Б. Винокуров, Е.А. Печагин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. 32 с.

Даны сведения, необходимые для изучения теоретического материала и выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы электротехники».

Предназначены для студентов 2 курса специальностей 140211, 110302 всех форм обучения.

УДК 621.3

ББК Z261я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2006

Учебное издание

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Лабораторные работы

Авторы-составители:

ИВАНОВ Владимир Михайлович,
ВИНОКУРОВ Евгений Борисович,
ПЕЧАГИН Евгений Александрович

Редактор З.Г. Чернова

Компьютерное макетирование Е.В. Кораблевой

Подписано к печати 20.04.2006

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

Печать офсетная. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 2,0 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 224^М

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Задача 3

Для двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением по данным табл. 3:

1 Начертить электрическую схему подключения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.

Определить:

2 Номинальный момент на валу электродвигателя.

3 Ток, потребляемый двигателем из сети при номинальной нагрузке.

4 Токи в цепях возбуждения и якоря при номинальной нагрузке.

5 Сопротивления якоря и цепи возбуждения.

6 Для значений тока якоря $I_{\text{я}} = 0,25I_{\text{яном}}; 0,5I_{\text{яном}}; 0,75I_{\text{яном}}; I_{\text{яном}}; 1,25I_{\text{яном}}$ определить:

а) суммарную мощность потерь;

б) КПД электродвигателя;

в) момент на валу;

г) частоту вращения якоря.

7 Построить в общей системе координат зависимости: $M = f_1(I_{\text{я}}); n = f_2(I_{\text{я}}); \eta = f_3(I_{\text{я}})$.

Таблица 3

Номер варианта	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$U_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	$\eta_{\text{ном}}$	$\Delta P_{\text{в}}, \%$	$\Delta P_{\text{я}}, \%$
1	2	3	4	5	6	7
1	110	8,0	1000	0,825	4	50
2	110	15,0	1000	0,83	3	50
3	110	26,0	1000	0,825	4	50
4	110	37,0	1000	0,84	2	50
5	220	7,1	750	0,80	2	50
6	220	10,0	750	0,80	2	50
7	220	18,5	750	0,81	3	50
8	220	30,0	750	0,805	4	50
9	220	42,0	750	0,81	4	50
10	110	56,0	1000	0,80	3	50
11	110	8,5	1000	0,81	3	50
12	110	11,0	1000	0,81	2	50
13	440	6,3	1500	0,84	2	50
14	440	10,0	1500	0,83	4	50
15	440	14,0	1500	0,83	2	50

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
16	440	17,0	1500	0,83	2	50
17	440	7,5	2200	0,82	4	50
18	440	16,0	2200	0,82	3	50
19	440	20,0	2200	0,89	4	50
20	440	10,0	2200	0,89	3	50
21	440	14,0	2200	0,82	3	50
22	440	18,5	2200	0,89	4	50
23	440	25,0	2200	0,89	3	50
24	440	32,0	2200	0,825	4	50
25	110	11,0	1000	0,83	4	50
26	220	11,0	750	0,83	2	50
27	220	8,0	750	0,83	2	50

28	220	15,0	750	0,825	3	50
29	220	26,0	750	0,825	3	50
30	220	37,0	750	0,82	4	50
31	110	7,1	1000	0,81	2	50
32	110	10,0	1000	0,805	3	50
33	110	18,5	1000	0,805	4	50
34	110	30,0	1000	0,805	3	50
35	110	42,0	1000	0,82	3	50
36	220	6,3	750	0,82	2	50
37	220	10,0	750	0,825	2	50
38	220	14,0	750	0,83	2	50
39	220	17,0	750	0,82	4	50
40	110	10,0	1000	0,885	4	50
41	110	14,0	1000	0,88	3	50
42	110	18,5	1000	0,885	3	50
43	110	25,0	1000	0,88	2	50
44	110	32,0	1000	0,83	4	50
45	440	8,0	2200	0,83	2	50
46	440	15,0	2200	0,83	3	50
47	440	26,0	2200	0,83	4	50
48	440	37,0	2200	0,83	3	50
49	220	7,5	750	0,88	2	50
50	220	8,5	750	0,81	4	50

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Задача 1

В задании под номинальным напряжением понимают линейные напряжения трансформатора. Независимо от схемы соединения обмоток трансформатора номинальные токи – это линейные токи.

Номинальный ток определяется по формуле

$$I_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}.$$

Если обмотки трансформатора соединены «звездой», то $I_{\phi} = I_{\text{ном}}$ и $U_{\phi} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}}$; если обмотки соединены «треугольником», то $I_{\phi} = \frac{I_{\text{ном}}}{\sqrt{3}}$ и $U_{\phi} = U_{\text{ном}}$.

Коэффициент трансформации определяется по формуле

$$K = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}}.$$

Эквивалентная схема замещения трансформатора составляется для одной фазы.

Для расчета параметров схемы должны быть известны фазные напряжения, токи и соответствующие мощности холостого хода и короткого замыкания.

Ниже приведены расчетные формулы для определения параметров схемы замещения:

$$z_k = \frac{U_{k\phi}}{I_{1\phi}},$$

где $U_{k\phi} = u_k \cdot U_{1\phi}$;

$$R_k = \frac{P_k}{3I_{1\phi}^2}; \quad x_k = \sqrt{z_k^2 - R_k^2};$$

$$z_1 = z_2' = \frac{z_k}{2}; \quad R_1 = R_2' = \frac{R_k}{2}; \quad x_1 = x_2' \frac{x_k}{2};$$

$$z_2 = \frac{z_2'}{\kappa^2}; \quad R_2 = \frac{R_2'}{\kappa^2}; \quad x_2 = \frac{x_2'}{\kappa^2};$$

$$z_{12} = \frac{U_\Phi}{I_0}; \quad R_{12} = \frac{P_0}{3I_0^2}; \quad x_{12} = \sqrt{z_{12}^2 - R_{12}^2},$$

где $I_0 = I_x \cdot I_{1 \text{ ном}}$.

Угол магнитных потерь рассчитывается по формуле

$$\delta_0 = 90^\circ - \varphi_0,$$

где φ_0 определяется из выражения $\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} U_{1 \text{ ном}} I_0}$.

Процентное изменение вторичного напряжения рассчитывается по выражению

$$\Delta u_2 \% = \beta (u_{a^*} \cos \varphi_2 + u_{p^*} \cos \varphi_2),$$

где $\beta = \frac{I_2}{U_{2 \text{ ном}}}$ – коэффициент загрузки;

$$u_{a^*} = u_{k^*} \cos \varphi_k; \quad u_{p^*} = \sqrt{u_{k^*}^2 - u_{a^*}^2}.$$

где $\cos \varphi_k = \frac{R_k}{z_k}$.

Выражение для расчета КПД трансформатора имеет вид

$$\eta = \frac{\beta S_{\text{ном}} \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{ном}} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k}.$$

Задача 2

Потребляемая мощность определяется по формуле

$$P_{1 \text{ ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}.$$

Номинальный момент рассчитывается:

– если $P_{\text{ном}}$ берется в кВт,

$$M_{\text{ном}} = 9550 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}};$$

– если $P_{\text{ном}}$ берется в Вт,

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}.$$

Максимальный (критический) момент из соотношения столбца 7 табл. 2.

Пусковой момент определяется из соотношения столбца 8, табл. 2.

Номинальный ток

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{1 \text{ ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}}.$$

Пусковой ток двигателя определяется из соотношения столбца 9 табл. 2.

Выражения для определения номинального и критического скольжений имеют вид:

$$s_{\text{ном}} = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0}; \quad s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}} \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right).$$

Для построения механической характеристики вращающий момент рассчитывается по упрощенной формуле Клосса:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}},$$

а число оборотов – $n = n_0(1 - s)$.

Рабочий участок механической характеристики строится по данным расчетов п. 5 до критической (максимальной) точки. Оставшийся нелинейный участок получается путем соединения точки пуска и критической точки плавной кривой. Пусковой момент определяется в п. 2 данной задачи.

Задача 3

Мощность потерь в обмотке возбуждения $\Delta P_{\text{в}}$ берется в процентах от потребляемой двигателем мощности.

Мощность потерь в цепи якоря $\Delta P_{\text{я}}$ берется в процентах от суммарной мощности потерь в электродвигателе.

1 Номинальный момент вычисляется:

– если $P_{\text{ном}}$ берется в Вт,

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}};$$

– если $P_{\text{ном}}$ берется в кВт,

$$M_{\text{ном}} = 9550 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}.$$

2 Ток, потребляемый двигателем из сети, определяется выражением:

$$P_{\text{ном}} = \frac{P_1}{\eta_{\text{ном}}}, \quad \text{где } P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}.$$

3 Ток в цепи возбуждения

$$I_{\text{в}} = \frac{\Delta P_{\text{в}}}{U_{\text{ном}}}, \quad \text{где } \Delta P_{\text{в}} = \frac{\Delta P_{\text{в}}}{100} \cdot P_1;$$

ток якоря

$$I_{\text{я}} = \frac{P_1 - \Delta P_{\text{в}}}{U_{\text{ном}}}.$$

4 Сопротивления цепей якоря и возбуждения определяются из выражений:

$$R_{\text{в}} = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{в}}}; \quad R_{\text{я}} = \frac{\Delta P_{\text{я}}}{I_{\text{я}}^2},$$

где $\Delta P_{\text{я}} = \frac{\Delta P_{\text{я}}}{100} \sum \Delta P$; $\sum \Delta P = P_1 - P_{\text{ном}}$; $\sum \Delta P$ – суммарные потери электродвигателя.

Для выполнения пункта 6 удобно воспользоваться табл. 4.

Таблица 4

№ строки	$I_{\text{я}}$	$0,25I_{\text{яном}}$	$0,5I_{\text{яном}}$	$0,75I_{\text{яном}}$	$1,0I_{\text{яном}}$	$1,25I_{\text{яном}}$
1	P_1					
2	$\sum \Delta P$					
3	$P_{\text{ном}}$					
4	η					
5	n					
6	M					

В табл. 4:

- 1) $P_1 = I_{\text{я}} U_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{в}} ;$
- 2) $\sum \Delta P = \Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{в}} ,$ где $\Delta P_{\text{я}} = I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}} ;$
 $\Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{мех}} = \sum \Delta P - \Delta P_{\text{в}} - \Delta P_{\text{яном}} ,$ где $\Delta P_{\text{яном}} = I_{\text{яном}}^2 R_{\text{я}} ;$
- 3) $P_{\text{ном}} = P_1 - \sum \Delta P ,$ т.е из значений P_1 в первой строке вычитаются значения $\sum \Delta P$ из второй;
- 4) $\eta = \frac{P_{\text{ном}}}{P_1} ,$ значения $P_{\text{ном}}$ из строки 3 делятся на значение P_1 из первой строки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Пример оформления титульного листа

Федеральное агентство по образованию ГОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет	
Кафедра «Электрооборудование и автоматизация»	
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ (КОНТРОЛЬНАЯ) РАБОТА ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»	
Вариант №	
Выполнил(а) студент группы №	_____ Ф.И.О.
Проверил преподаватель	_____ Ф.И.О.
Тамбов 200__ г.	

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Электротехника / Под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1993. 480 с.

- 2 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 2003. 542 с.
- 3 Иванов И.И., Соловьев Г.И., Равдоник В.С. Электротехника. СПб.: «Лань», 2003. 496 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.Е. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1987. 525 с.
- 7 Кацман М.М. Электрические машины. М.: Высшая школа, 2000. 463 с.

Таблица 1

Формы несинусоидального сигнала	Формулы разложения в ряд Фурье
<p>a)</p>	$f(\omega t) = \frac{4U_m}{\alpha\pi} (\sin \alpha \sin \omega t + \frac{1}{9} \sin 3\alpha \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\alpha \sin 5\omega t + \dots)$
<p>б)</p>	$f(\omega t) = \frac{8U_m}{\pi^2} (\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t - \frac{1}{49} \sin 7\omega t + \dots)$
<p>в)</p>	$f(\omega t) = \frac{4U_m}{\pi} (\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots)$

Продолжение табл. 1

Формы несинусоидального сигнала	Формулы разложения в ряд Фурье
<p>з)</p>	$f(\omega t) = \frac{U_m}{2} + \frac{2U_m}{\pi} (\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots)$
<p>д)</p>	$f(\omega t) = \frac{U_m}{\pi} + \frac{2U_m}{\pi} (\frac{\pi}{4} \cos \omega t + \frac{1}{1 \cdot 3} \cos 2\omega t - \frac{1}{3 \cdot 5} \cos 4\omega t + \frac{1}{5 \cdot 7} \cos 6\omega t + \dots)$
<p>е)</p>	$f(\omega t) = \frac{2U_m}{\pi} + \frac{4U_m}{\pi} (\frac{1}{1 \cdot 3} \cos 2\omega t - \frac{1}{3 \cdot 5} \cos 4\omega t + \frac{1}{5 \cdot 7} \cos 6\omega t + \dots)$