

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

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

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические указания к выполнению
расчетно-графической и контрольной работы
для студентов 2–3 курсов специальностей
110301, 110304, 190702, 220501, 230201, 240401, 240902, 280202



Тамбов
Издательство ТГТУ
2006

УДК 621.3(076)
ББК ◀261я73-5
А44

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
Ю.Ю. Громов

Авторы - составители:

И.Н. Акулинин
В.В. Афонин
Ж.А. Зарандия

В.В. Афонин, Ж.А. Зарандия. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. 16 с.

Даны 50 вариантов задания для выполнения расчетно-графической и контрольной работ по разделу «Электрические машины» по темам «Трехфазный трансформатор», «Асинхронный двигатель», «Двигатель постоянного тока» для студентов специальностей 110301, 110304, 190702, 220501, 230201, 240401, 240902, 280202 дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.3(076)

ББК ←261я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2006

Учебное издание

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические указания

А в т о р ы - с о с т а в и т е л и:

АКУЛИНИН Игорь Николаевич,
АФОНИН Владимир Васильевич,
ЗАРАНДИЯ Жанна Александровна

Редактор З.Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 10.05.2006.

Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Объем: 0,93 усл. печ. л.; 0,9 уч.-изд. л.

Тираж 50 экз. С. 248^М

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

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью настоящей расчетно-графической (контрольной) работы является развитие у студентов дневного и заочного отделений практических навыков решения задач по курсу «Электрические машины», углубление и закрепление теоретических знаний по курсу.

При выполнении расчетно-графической (контрольной) работы студентам необходимо ознакомиться с курсом лекций и соответствующими разделами рекомендованной литературы.

Расчетно-графическая (контрольная) работа содержит исходный текст задания и 50 вариантов для расчета трехфазного трансформатора, трехфазного асинхронного двигателя и двигателя постоянного тока, отличающихся друг от друга, но, примерно, одинаковой сложности. Вариант задания определяет преподаватель.

Расчетно-графическая (контрольная) работа оформляется на листах формата А4 (297×210 мм), поля: верхнее, нижнее и правое – 20 мм, левое – 10 мм. Записи на листах выполняются на одной стороне. Допускается выполнение работ на развернутых двойных листах из школьных тетрадей в клетку. В работе не надо приводить вывод формул, имеющих в рекомендованной литературе. В ходе решения необходимо давать краткие пояснения, обязательно приводить размерности всех найденных при расчетах величин. В начале каждой задачи следует привести краткую запись задания с указанием значений в системе СИ. Расчет искомых величин следует вести сначала в общем виде, а затем в полученные окончательные формулы поставить числовые значения. Результаты расчетов обязательно сопровождать единицами измерений. Не рекомендуется загромождать работы излишними промежуточными вычислениями. При построении графиков и диаграмм необходимо соблюдать принятые в учебных пособиях правила, выбирать удобные масштабные величины (как правило, кратные числам 2, 5, 10) и обязательно указывать масштаб, обозначения осей и размерностей по ним. Для элементов схем и электрических величин следует пользоваться действующими ГОСТ 2.710–81 и ГОСТ 2.755–87.

Титульный лист содержит название вуза, кафедры, расчетно-графической (контрольной) работы, фамилию и инициалы студента и преподавателя, номер группы. Образец оформления титульного листа приведен в прил. 1.

Для защиты расчетно-графической (контрольной) работы необходимо изучить разделы «Трансформаторы», «Асинхронные машины» и «Машины постоянного тока» по рекомендуемой литературе и лекциям.

Расчетно-графическая (контрольная) работа считается зачтенной, если она выполнена аккуратно, правильно и устно защищена перед закрепленным кафедрой преподавателем. Зачтенные работы сдаются на хранение на кафедру.

ЗАДАНИЯ

Задача 1

Для трехфазного трансформатора по данным из табл. 1:

- 1 Составить Г-образную схему замещения трансформатора.
- 2 Определить коэффициент трансформации.
- 3 Рассчитать параметры Г-образной схемы замещения трансформатора и угол магнитных потерь.
- 4 Для значений коэффициента нагрузки $\beta = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2$ рассчитать и построить характеристики трансформатора:
 - а) процентное изменение напряжения вторичной обмотки $\Delta u_2 = f_1(\beta)$; для активно-индуктивного характера нагрузки принять $\cos\varphi_2 = 0,7$; для активно-емкостной нагрузки – $\cos\varphi_2 = 0,8$.
 - б) зависимость $\eta = f(\beta)$ для значения коэффициента мощности $\cos\varphi_2 = 0,8$.

Таблица 1

| Номер вари- | Группа соединения | $S_{\text{ном}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$ | $U_{1\text{ном}}, \text{В}$ | $U_{2\text{ном}}, \text{В}$ | $u_{\text{к}}^*, \%$ | $P_{\text{к}}, \text{Вт}$ | $P_0, \text{Вт}$ | $I_{\text{х}}^*, \%$ |
|-------------|-------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------|
|-------------|-------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------|

| анта | обмоток | | | | | | | |
|------|---------------------|-----|--------|-----|-----|------|------|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Y/Y ₀ -0 | 630 | 6000 | 400 | 5,0 | 7600 | 1680 | 3,2 |
| 2 | Y/Y ₀ -0 | 630 | 3000 | 400 | 5,0 | 7600 | 1680 | 3,2 |
| 3 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 10 000 | 690 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 4 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 10 000 | 400 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 5 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 10 000 | 230 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 6 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 6300 | 400 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 7 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 6000 | 690 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 8 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 6000 | 400 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 9 | Y/Y ₀ -0 | 400 | 3000 | 400 | 4,5 | 5500 | 1080 | 3,2 |
| 10 | Y/Y ₀ -0 | 250 | 10 000 | 690 | 4,7 | 4200 | 780 | 2,3 |
| 11 | Y/Y ₀ -0 | 250 | 10 000 | 230 | 4,7 | 4200 | 780 | 2,3 |
| 12 | Y/Δ-11 | 250 | 6000 | 400 | 4,5 | 3700 | 780 | 2,3 |
| 13 | Y/Δ-11 | 250 | 6000 | 690 | 4,5 | 2650 | 540 | 2,3 |
| 14 | Y/Δ-11 | 160 | 6000 | 690 | 4,5 | 2650 | 540 | 2,4 |
| 15 | Y/Y ₀ -0 | 160 | 10 000 | 400 | 4,5 | 3100 | 540 | 2,4 |
| 16 | Y/Y ₀ -0 | 160 | 10 000 | 230 | 4,5 | 3100 | 540 | 2,4 |
| 17 | Y/Δ-11 | 160 | 6000 | 400 | 4,5 | 2650 | 540 | 2,4 |
| 18 | Y/Δ-11 | 160 | 6000 | 230 | 4,5 | 2650 | 540 | 2,4 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|---------------------|-----|--------|-----|-----|------|------|-----|
| 19 | Y/Y ₀ -0 | 100 | 35 000 | 400 | 4,7 | 2270 | 465 | 2,6 |
| 20 | Y/Δ-11 | 100 | 35 000 | 230 | 4,7 | 2270 | 465 | 2,6 |
| 21 | Y/Y ₀ -0 | 100 | 20 000 | 400 | 4,7 | 2270 | 465 | 2,6 |
| 22 | Y/Δ-11 | 100 | 20 000 | 230 | 4,7 | 2270 | 465 | 2,6 |
| 23 | Y/Y ₀ -0 | 100 | 6000 | 400 | 4,5 | 1970 | 365 | 2,6 |
| 24 | Y/Δ-11 | 100 | 6000 | 230 | 4,5 | 1970 | 365 | 2,6 |
| 25 | Y/Δ-11 | 100 | 10 000 | 400 | 4,7 | 2270 | 365 | 2,6 |
| 26 | Y/Δ-11 | 100 | 10 000 | 230 | 4,7 | 2270 | 365 | 2,6 |
| 27 | Y/Y ₀ -0 | 63 | 2000 | 400 | 4,5 | 1280 | 260 | 2,8 |
| 28 | Y/Y ₀ -0 | 63 | 20 000 | 239 | 4,7 | 1470 | 260 | 2,8 |
| 29 | Y/Y ₀ -0 | 63 | 2000 | 400 | 4,7 | 1470 | 260 | 2,8 |
| 30 | Y/Y ₀ -0 | 63 | 10 000 | 400 | 4,7 | 1470 | 260 | 2,8 |
| 31 | Y/Δ-11 | 63 | 10 000 | 230 | 4,7 | 1470 | 260 | 2,8 |
| 32 | Y/Δ-11 | 63 | 6000 | 400 | 4,5 | 1280 | 260 | 2,8 |
| 33 | Y/Δ-11 | 63 | 6000 | 230 | 4,5 | 1280 | 260 | 2,8 |
| 34 | Y/Δ-11 | 40 | 10 000 | 400 | 4,0 | 1000 | 180 | 3,2 |
| 35 | Y/Y ₀ -0 | 40 | 6000 | 400 | 4,7 | 690 | 125 | 3,0 |
| 36 | Y/Y ₀ -0 | 40 | 6000 | 230 | 4,5 | 880 | 180 | 3,0 |
| 37 | Y/Y ₀ -0 | 40 | 10 000 | 250 | 4,5 | 880 | 180 | 3,0 |
| 38 | Y/Δ-11 | 25 | 10 000 | 400 | 4,7 | 690 | 125 | 3,0 |
| 39 | Y/Δ-11 | 25 | 6000 | 400 | 4,5 | 600 | 125 | 3,0 |
| 40 | Y/Y ₀ -0 | 25 | 10 000 | 230 | 4,7 | 690 | 125 | 3,0 |
| 41 | Y/Y ₀ -0 | 25 | 6000 | 230 | 4,5 | 600 | 125 | 3,0 |
| 42 | Y/Y ₀ -0 | 420 | 10 000 | 525 | 5,5 | 7000 | 2100 | 6,6 |

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|-----|--------|-----|-----|------|------|-----|
| 43 | Y/Δ-11 | 320 | 35 000 | 560 | 6,5 | 6200 | 2300 | 7,5 |
| 44 | Y/Y ₀ -0 | 240 | 10 000 | 525 | 5,0 | 5100 | 1600 | 7,0 |
| 45 | Y/Δ-11 | 180 | 10 000 | 525 | 5,0 | 4400 | 730 | 7,0 |
| 46 | Y/Y ₀ -0 | 100 | 10 000 | 525 | 5,0 | 2400 | 1200 | 7,5 |
| 47 | Y/Y ₀ -0 | 73 | 10 000 | 230 | 5,0 | 187 | 590 | 7,5 |
| 48 | Y/Y ₀ -0 | 50 | 10 000 | 400 | 5,0 | 1325 | 440 | 8,0 |
| 49 | Y/Y ₀ -0 | 30 | 10 000 | 400 | 5,0 | 850 | 300 | 9,0 |
| 50 | Y/Δ-11 | 20 | 6300 | 230 | 5,0 | 600 | 180 | 9,0 |

Задача 2

Для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определить следующие характеристики по данным табл. 2:

- 1 Потребляемую двигателем мощность.
- 2 Номинальный, максимальный и пусковой моменты.
- 3 Номинальный и пусковой токи.
- 4 Номинальное и критическое скольжение.
- 5 Рассчитать и построить механическую характеристику асинхронного двигателя $n_2 = f(M)$ для значений скольжений $s = 0; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; s_{\text{ном}}$; $s_{\text{кр}}$. Расчет производить по упрощенной формуле Клосса.

Таблица 2

| Номер варианта | $U_{\text{ном}}$, В | $P_{\text{ном}}$, кВт | $S_{\text{ном}}$, % | $\eta_{\text{ном}}$ | $\cos\varphi_{\text{ном}}$ | $\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = \lambda$ | $\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$ | $\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$ |
|----------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|---|--|--|
| 1 | 380 | 75 | 3,0 | 0,925 | 0,92 | 2,0 | 1,1 | 7,0 |
| 2 | 380 | 55 | 3,0 | 0,925 | 0,92 | 2,0 | 1,1 | 7,0 |
| 3 | 380 | 40 | 3,0 | 0,925 | 0,92 | 2,0 | 1,1 | 7,0 |
| 4 | 380 | 30 | 3,0 | 0,91 | 0,91 | 2,0 | 1,2 | 7,0 |
| 5 | 380 | 22 | 3,0 | 0,90 | 0,90 | 2,0 | 1,2 | 7,0 |
| 6 | 380 | 17 | 3,0 | 0,89 | 0,89 | 2,0 | 1,3 | 6,5 |
| 7 | 380 | 13 | 3,0 | 0,865 | 0,89 | 2,0 | 1,3 | 6,5 |
| 8 | 380 | 10 | 3,0 | 0,865 | 0,87 | 2,0 | 1,4 | 6,5 |
| 9 | 220 | 100 | 2,5 | 0,915 | 0,92 | 2,2 | 1,2 | 6,5 |
| 10 | 220 | 75 | 3,0 | 0,90 | 0,92 | 2,2 | 1,9 | 7,0 |
| 11 | 220 | 55 | 3,0 | 0,90 | 0,92 | 2,2 | 1,9 | 7,0 |
| 12 | 220 | 40 | 3,0 | 0,89 | 0,91 | 2,2 | 1,2 | 7,0 |
| 13 | 220 | 30 | 3,0 | 0,89 | 0,90 | 2,2 | 1,1 | 7,0 |
| 14 | 220 | 22 | 3,5 | 0,88 | 0,90 | 2,2 | 1,1 | 6,5 |
| 15 | 220 | 17 | 3,5 | 0,88 | 0,90 | 2,2 | 1,2 | 6,5 |
| 16 | 220 | 13 | 3,5 | 0,88 | 0,88 | 2,2 | 1,5 | 6,5 |
| 17 | 220 | 10 | 4,0 | 0,88 | 0,89 | 2,2 | 1,5 | 6,5 |
| 18 | 220 | 7,5 | 3,5 | 0,87 | 0,89 | 2,2 | 1,6 | 7,0 |
| 19 | 220 | 5,5 | 3,0 | 0,86 | 0,88 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |
| 20 | 220 | 4,0 | 2,0 | 0,855 | 0,89 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |

Продолжение табл. 2

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-------|------|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 21 | 220 | 3,0 | 3,5 | 0,845 | 0,88 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|
| 22 | 220 | 2,2 | 4,5 | 0,83 | 0,89 | 2,2 | 1,8 | 7,0 |
| 23 | 220 | 115 | 4,5 | 0,805 | 0,88 | 2,2 | 1,8 | 6,5 |
| 24 | 220 | 011 | 4,0 | 0,795 | 0,87 | 2,2 | 1,9 | 6,5 |
| 25 | 220 | 0,8 | 3,0 | 0,78 | 0,86 | 2,2 | 1,9 | 6,5 |
| 26 | 220 | 1,1 | 3,0 | 0,87 | 0,87 | 2,2 | 1,6 | 6,5 |
| 27 | 220 | 1,5 | 3,0 | 0,81 | 0,85 | 2,6 | 1,6 | 6,5 |
| 28 | 380 | 2,2 | 3,0 | 0,87 | 0,87 | 2,6 | 1,2 | 6,5 |
| 29 | 220 | 3,0 | 3,0 | 0,845 | 0,88 | 2,6 | 1,2 | 7,0 |
| 30 | 220 | 4,0 | 3,0 | 0,865 | 0,89 | 2,5 | 1,2 | 7,0 |
| 31 | 380 | 5,5 | 3,5 | 0,85 | 0,855 | 2,5 | 1,5 | 7,0 |
| 32 | 380 | 7,5 | 3,5 | 0,875 | 0,87 | 2,2 | 1,5 | 7,0 |
| 33 | 380 | 22 | 3,5 | 0,89 | 0,91 | 3,0 | 1,5 | 6,5 |
| 34 | 220 | 30 | 3,0 | 0,89 | 0,915 | 3,0 | 1,8 | 6,5 |
| 35 | 220 | 37 | 3,0 | 0,89 | 0,91 | 3,0 | 1,8 | 6,5 |
| 36 | 380 | 45 | 3,0 | 0,89 | 0,915 | 2,3 | 1,8 | 6,5 |
| 37 | 380 | 55 | 3,0 | 0,89 | 0,91 | 2,4 | 1,6 | 6,5 |
| 38 | 380 | 75 | 3,5 | 0,85 | 0,875 | 2,4 | 1,6 | 7,0 |
| 39 | 380 | 90 | 3,0 | 0,85 | 0,88 | 2,3 | 1,2 | 7,0 |
| 40 | 220 | 22 | 3,0 | 0,89 | 0,915 | 2,1 | 1,2 | 7,0 |
| 41 | 380 | 30 | 3,5 | 0,91 | 0,88 | 2,1 | 1,6 | 7,0 |
| 42 | 380 | 37 | 3,5 | 0,975 | 0,89 | 2,2 | 1,6 | 7,0 |
| 43 | 220 | 45 | 3,5 | 0,90 | 0,975 | 2,8 | 1,6 | 6,5 |
| 44 | 220 | 55 | 3,0 | 0,91 | 0,90 | 2,8 | 1,4 | 6,5 |
| 45 | 380 | 75 | 3,0 | 0,93 | 0,90 | 2,8 | 1,4 | 6,5 |
| 46 | 380 | 90 | 3,0 | 0,89 | 0,88 | 2,2 | 1,4 | 6,5 |
| 47 | 220 | 22 | 3,0 | 0,90 | 0,88 | 2,3 | 1,2 | 7,0 |
| 48 | 220 | 30 | 3,5 | 0,91 | 0,89 | 2,2 | 1,5 | 7,0 |
| 49 | 220 | 37 | 3,0 | 0,90 | 0,88 | 2,3 | 1,5 | 6,5 |
| 50 | 220 | 45 | 3,0 | 0,915 | 0,9 | 2,3 | 1,8 | 6,5 |

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: $M = f_1(I_{\text{я}}); n = f_2(I_{\text{я}}); \eta = f_3(I_{\text{я}})$.

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

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

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

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

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

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

$$\Delta u_2 \% = \beta (u_a \cdot \cos \varphi_2 + u_p \cdot \sin \varphi_2),$$

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:

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

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) $\sum \Delta P = \Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{я}},$ 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.

