



**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И МАШИНЫ**

Красноярск  
ИПК СФУ  
2009

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И МАШИНЫ**

Методические указания по контрольной работе

Красноярск  
ИПК СФУ  
2009

УДК 621.3(07)  
Д17

Рецензент:

С. Г. Иванова, канд. техн. наук, доц. кафедры «Теоретические основы электротехники» ПИ СФУ

Д17      Электротехника. Электрические цепи и машины : метод. указания по контрольной работе / сост. : Н. А. Даничева, Н. В. Сергеев. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 20 с.

Приведены примеры решения задач для выполнения контрольной работы по дисциплине «Электротехника», а также вопросы к экзамену.

Предназначены для студентов направлений подготовки специалистов 130602.65 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» укрупненной группы 130000 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых», а также 190205.65 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», 190603.65 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» укрупненной группы 190000 «Транспортные средства» заочной формы обучения.

**УДК 621.3(07)**

Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета университета

© Сибирский федеральный  
университет, 2009

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

После изучения какого-либо раздела дисциплины рекомендуется по памяти записать в тетрадь определения, формулы, начертить схемы, графики и ответить на вопросы для самопроверки. Такой метод дает возможность проверить усвоение материала и запомнить основные элементы прочитанного. Систематические записи приводят в конечном счете к составлению конспекта всего курса.

После усвоения теории по одной теме нужно разобрать примеры решения задач [5], относящихся к этой теме, и самостоятельно решить несколько задач. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Контрольные работы служат для этой же цели. Их следует рассматривать не как дополнительную нагрузку, а как одну из форм изучения и повторения курса.

Такую же цель преследуют и лабораторные занятия. Проводимые в электротехнической лаборатории несложные исследования дают возможность непосредственно наблюдать явления и процессы, которые рассмотрены в учебниках и на лекциях. Поэтому студенту необходимо участвовать в выполнении всех лабораторных работ.

Простое запоминание формул, характеристик, уравнений недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений.

Изучение электротехники представляет некоторые трудности, так как о процессах, происходящих в различных электротехнических устройствах, нужно судить по наблюдениям за показаниями измерительных приборов. Теория этих процессов излагается на математической основе, следовательно, изучение электротехники требует от студента умения свободно пользоваться аппаратом математики.

Следует иметь в виду, что все темы курса являются в равной мере важными. Как и в любой другой науке, нельзя приступать к изучению последующих глав, не усвоив предыдущих. Теоретический материал каждой темы имеет существенное практическое назначение.

### 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Каждую контрольную работу выполняют в отдельной тетради, на обложке которой должны быть указаны: наименование и номер специальности, фамилия, инициалы и шифр студента, номер работы. Номер варианта выбирается по последней цифре зачетной книжки.

2. На каждой странице оставляют поля шириной не менее 3 см.

3. Текст, формулы и числовые выкладки вписывают четко и аккуратно, без помарок.

4. Электрические схемы вычерчивают с помощью инструментов с соблюдением ГОСТов (можно пользоваться графическими изображениями элементов схем, которые применены в приведенных далее задачах).

5. Буквенные обозначения и единицы физических величин должны соответствовать ГОСТу, выдержки из которого приведены далее:

Сопротивление электрическое активное  $R$ , Ом.

Сопротивление электрическое реактивное  $X$ , Ом.

Сопротивление электрическое полное  $Z$ , Ом.

Проводимость электрическая активная  $G$ , См (сименс).

Проводимость электрическая индуктивная  $B_L$ , См (сименс)

Проводимость электрическая емкостная  $B_C$ ; См (сименс).

Проводимость электрическая полная  $Y$ , См (сименс).

Емкость  $C$ , Ф (фарад).

Индуктивность  $L$ , Гн (генри).

Электродвижущая сила (ЭДС)  $E$ , В (вольт).

Напряжение  $U$ , В (вольт).

Потенциал  $V$ , В (вольт).

Ток  $I$ , А (ампер).

Мощность активная  $P$ , Вт (ватт).

Мощность реактивная  $Q$ , вар (вольт-ампер реактивный).

Мощность полная  $S$ , В·А (вольт-ампер).

Магнитодвижущая сила (МДС)  $F$ , А (ампер).

Магнитная индукция  $B$ , Тл (тесла).

Напряженность магнитного поля  $H$ , А/м (ампер на метр).

Магнитный поток  $\Phi$ , Вб (вебер).

Потокоцепление  $\Psi$ , Вб (вебер).

Магнитная проницаемость абсолютная  $\mu_a$ , Гн/м (генри на метр).

Магнитная проницаемость относительная  $\mu_r$  (безразмерная величина).

Магнитная постоянная  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  Гн/м.

Частота  $f$ , Гц (герц).

Угловая частота  $\omega$ ,  $s^{-1}$  (радиан в секунду).

Длина  $L, l$ , м (метр).

Площадь  $S$ ,  $m^2$  (метр в квадрате).

Комплексные величины  $\underline{U}$ ,  $\underline{I}$ ,  $\underline{Z}$ ,  $\underline{S}$ .

6. При числовых расчетах придерживаются определенного порядка: искомую величину выражают формулой, затем подставляют известные значения величин, записывают результат расчета (числовое значение искомой величины) и единицы измерения. Промежуточные расчеты, если они сравнительно невелики, можно опускать. Расчеты рекомендуется выполнять до трех или четырех значащих цифр.

7. Графики вычерчивают аккуратно, с помощью чертежных инструментов, желательно на миллиметровой бумаге. Оси координат вычерчивают

сплошными линиями со стрелками на конце, масштабы шкал по осям выбирают равномерными, начиная с нуля, с использованием всей площади графика. Цифры шкал наносят слева от оси ординат и под осью абсцисс, справа – в место последнего числа шкалы.

8. Векторные диаграммы строят в масштабе, который указывается таким образом:  $m_U = \dots$  В/мм,  $m_I = \dots$  А/мм.

9. В конце контрольной работы ставят дату ее выполнения и подпись.

10. Если контрольная работа не зачтена или зачтена при условии внесения исправлений, то все необходимые поправки делают в конце работы в разделе «Работа над ошибками». Нельзя вносить какие-либо исправления в текст, расчеты или графики, просмотренные преподавателем.

## 2. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задачи по общей электротехнике весьма разнообразны и не представляется возможным предложить единую методику их решения. Ниже приводятся лишь общие рекомендации.

1. Уяснить содержание задачи, изобразить ее электрическую схему (если ее нет), выписать заданные и искомые величины.

2. Проанализировать схему электрической цепи: выяснить возможности ее упрощения и наглядного изображения, уяснить, сколько ветвей  $N_B$ , узлов  $N_U$  и независимых контуров  $N_K$  она содержит.

3. Разметить схему, т. е. обозначить все узлы, показать заданные и принятые направления ЭДС, напряжений и токов. Индексы токов в ветвях рекомендуется выбирать такими же, как индексы у элементов данной ветви.

4. Составить план решения задачи. При этом полезно изучить методику решения задач данного типа, приведенную в настоящих метод. указаниях и других источниках.

5. Обязательно сопровождать решение задачи пояснительным текстом, т. е. объяснить законы, на основании которых составлены уравнения, смысл преобразований в схемах и формулах, последовательность действий, комментировать полученные результаты.

6. Во избежание ошибок при числовых расчетах все значения величин подставлять в формулы в основных единицах СИ (В, А, Ом, Ф, Гн, и т.д.), для чего все производные единицы следует перевести в основные, например:  $1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$ ,  $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$ ,  $1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$  и т. д.

7. Проанализировать результаты, полученные в процессе решения задачи; реальны ли найденные значения величин (КПД меньше единицы, сопротивление положительно), возможны ли подобные режимы, правильны ли единицы полученных физических величин и др.

8. Проверить правильность полученных результатов каким-либо методом, например решив задачу другим способом, составив баланс мощностей и т. п.

### 3. ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Задача 1.** В цепи (рис. 3.1) известны значения ЭДС  $E_1$ , измеряемой ваттметром мощности  $P$ , сопротивления  $R_{ВТ2}$  и сопротивления линии  $R_{л}$  (табл. 3.1). Определить значения сопротивления  $R_{ВТ1}$ , ЭДС  $E_2$  и режим работы  $E_2$ .

Таблица 3.1

Номер варианта	Данные к задаче				
	$E_1$ , В	$P$ , Вт	$I$ , А	$R_{ВТ2}$ , Ом	$R_{л}$ , Ом
1	100	150	5	0,2	5
2	90	80	4	0,4	4,9
3	80	100	4	0,3	5,8
4	70	100	5	0,1	3,8
5	60	150	6	0,2	4,0
6	110	120	5	0,2	4,5
7	120	210	7	0,25	4,1
8	130	180	6	0,15	4,7
9	140	160	5	0,3	6,1
10	150	160	8	0,25	2,2

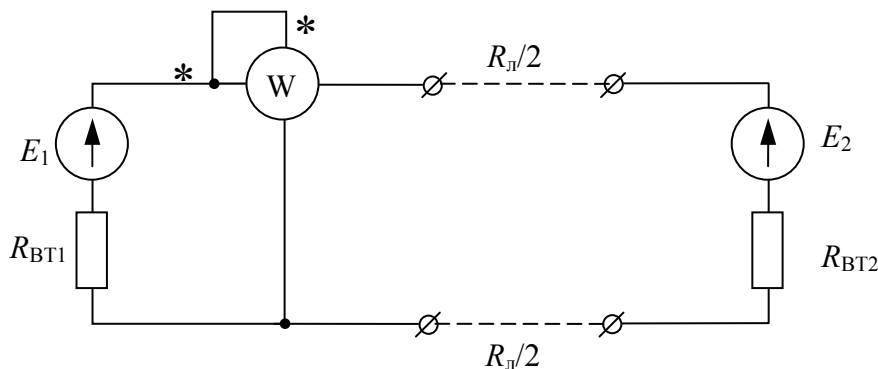


Рис. 3.1

#### Решение

1. В этой задаче два неизвестных:  $R_{ВТ1}$  и  $E_2$ , значит, нужно составить два расчетных уравнения. Запишите их по второму закону Кирхгофа для главного контура I и разомкнутого контура II, где направление приложенного напряжения  $U_w$  показано стрелкой (рис. 3.2).

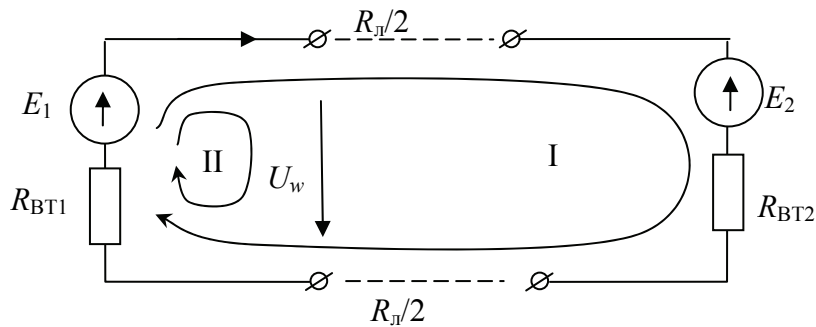


Рис. 3.2

1. Мощность ваттметра можно определить по формуле  $P = U_w \cdot I$ .
2. Если численное значение ЭДС ( $E_2$ ) получится со знаком «+», то источник  $E_2$  работает в режиме генератора; со знаком «-», то в режиме потребителя.

**Задача 2.** В цепь синусоидального тока (рис. 3.3) включены последовательно две катушки и конденсатор.

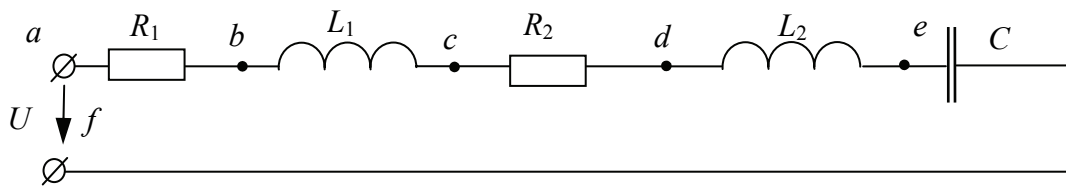


Рис. 3.3

Параметры катушек и конденсатора известны:  $R_1$ ,  $L_1$ ,  $R_2$ ,  $L_2$ ,  $C$  (табл. 3.2). Кроме того, известна ЭДС  $E_{L1}$ . Найти напряжение источника, полную, активную и реактивную мощности цепи, сдвиги фаз на участках  $ac$  и  $ce$ . Построить топографическую векторную диаграмму. Включить в схему ваттметр для измерения активной мощности на участке  $ae$ .

*Указание.* Частота переменного тока  $f = 50$  Гц.

Таблица 3.2

Вариант	Данные к задаче					
	$E_{L1}, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$L_1, \text{Гн}$	$L_2, \text{Гн}$	$C, \text{мкФ}$
1	40	4	5	0,032	0,016	400
2	50	3	4	0,0127	0,032	500
3	30	5	3	0,016	0,0127	400
4	60	6	6	0,016	0,032	320
5	70	3	3	0,032	0,016	500
6	40	5	4	0,0127	0,032	400
7	30	6	5	0,016	0,032	500
8	50	4	6	0,032	0,0127	400
9	60	5	4	0,0127	0,032	320
10	70	4	6	0,032	0,032	320



**Решение**

1. Определить полные сопротивления реактивных элементов:

$$X_{L_1} = 2\pi fL_1; \quad X_{L_2} = 2\pi fL_2; \quad X_C = \frac{1}{2\pi fC}.$$

2. Определить полное сопротивление схемы:

$$Z_{\text{общ}} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_{L_1} + X_{L_2} - X_C)^2}.$$

3. Найти общий ток по закону Ома:

$$I = \frac{E_{L_1}}{Z_{L_1}} = \frac{E_{L_1}}{\sqrt{R_1^2 + X_{L_1}^2}}.$$

4. Найти напряжение источника:

$$U_{\text{ист}} = Z_{\text{общ}} I.$$

5. Найти полную мощность в цепи:

$$S = U_{\text{ист}} I = Z_{\text{общ}} I^2.$$

6. Найти активную мощность в цепи:

$$P = (R_1 + R_2) I^2.$$

7. Найти реактивную мощность в цепи:

$$Q = (X_{L_1} + X_{L_2} - X_C) I^2.$$

8. Найти угол сдвига фаз на участке  $ac$  ( $\varphi_1$ ) и  $ce$  ( $\varphi_2$ ) из треугольников сопротивлений:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_{L_1}}{R_1}, \quad \varphi_2 = \arctg \frac{X_{L_2}}{R_2}.$$

9. Построить топографическую векторную диаграмму по численным значениям своего варианта. Примерный вид диаграммы приведен на рис. 3. 4:

10. Чтобы измерить активную мощность участка  $ae$ , ваттметр надо включить на входе в схему.

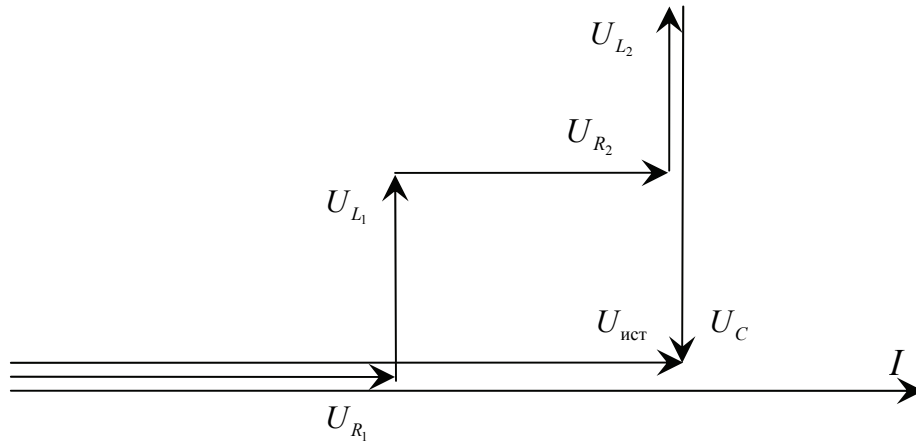


Рис. 3.4

**Задача 3.** К трехфазной линии с линейным напряжением  $U_L$  подключены: трехфазный симметричный приемник, соединенный треугольником, и группа однофазных приемников, соединенных по схеме «звезда» с нейтральным проводом (рис. 3.5). Комплексное сопротивление фазы симметричного приемника задано:  $\underline{Z}_\phi = Z_\phi e^{j\varphi_\phi}$ . Мощности, потребляемые однофазными приемниками, равны  $P_a, P_b, P_c$  при  $\cos\varphi = 1$  (табл. 3.3). Сопротивление нейтрального провода  $\underline{Z}_N$  пренебрежимо мало.

Определить:

- фазные и линейные токи в приемнике, соединенном треугольником;
- токи в однофазных приемниках;
- активную, реактивную и полную мощности на зажимах линии.

Построить топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов. Пользуясь векторной диаграммой токов, определить показание каждого из амперметров.

Таблица 3.3

Вариант	Данные к задаче					
	$U_L, \text{В}$	$Z_\phi, \text{Ом}$	$\varphi_\phi, \text{град}$	$P_a, \text{Вт}$	$P_b, \text{Вт}$	$P_c, \text{Вт}$
1	220	10	15	2200	4400	6600
2	220	11	30	1200	2400	3600
3	380	20	15	5500	3300	7700
4	380	19	30	550	1100	1650
5	220	22	30	2000	4000	6000
6	220	20	45	2400	1200	1200
7	380	38	45	1600	3200	4800
8	380	20	30	3600	7200	2400
9	500	50	30	1200	1800	2400
10	500	25	15	2000	4000	1000

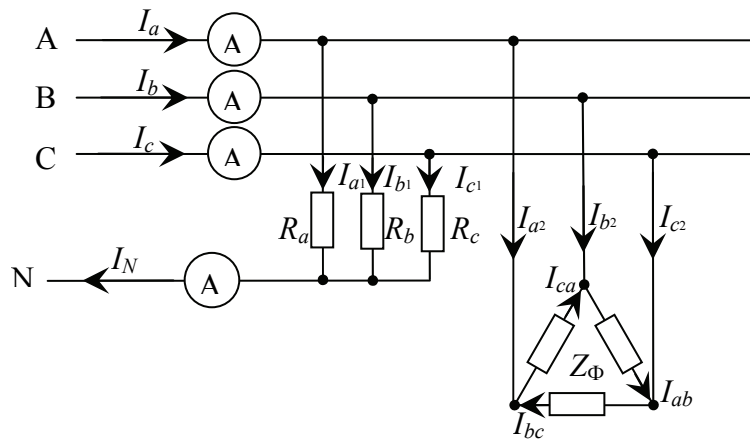


Рис. 3.5

**Решение**

1. Так как треугольник представляет собой симметричную нагрузку, то фазные токи по модулю равны между собой:

$$I_{\phi} = I_{ab} = I_{bc} = I_{ca} = \frac{U_{\text{л}}}{Z_{\phi}},$$

а линейные токи больше фазных в  $\sqrt{3}$  раз:

$$I_{\text{л}} = I_a = I_b = I_c = \sqrt{3}I_{\phi}.$$

2. Токи в однофазных приемниках можно найти по формуле

$$I_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{U_{\phi}},$$

где  $U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}$ .

3. Найти активную мощность на зажимах линии:

$$P = P_a + P_b + P_c + \sqrt{3}I_{\text{л}}U_{\text{л}}\cos\varphi_{\phi}.$$

4. Найти реактивную мощность на зажимах линии, учитывая, что для однофазных приемников  $\cos\varphi = 1$ , реактивную мощность считаем только для симметричного приемника, соединенного треугольником:

$$Q = \sqrt{3}I_{\text{л}}U_{\text{л}}\sin\varphi_{\phi}.$$

5. Полную мощность на зажимах линии можно посчитать из треугольника мощностей:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Топографическая диаграмма напряжений и векторная диаграмма токов строится по численным значениям вашего варианта в масштабе (примерное расположение векторов представлено на рис. 3.6).

**Задача 4.** Трехфазный трансформатор характеризуется следующими номинальными величинами: мощность  $S_{\text{н}}$ ; высшее линейное напряжение  $U_{1\text{н}}$ ; низшее линейное напряжение  $U_{2\text{н}}$ . Схема соединения обмоток трансформатора  $Y/Y$  (звезда – звезда).

Мощность потерь холостого хода  $P_0$  (при первичном напряжении, равном номинальному); мощность потерь короткого замыкания  $P_{\text{к.н.}}$  (при токах в обмотках, равных номинальным), табл. 3.4.

Определить:

- коэффициент трансформации;
- фазные напряжения первичной и вторичной обмоток при холостом ходе;
- номинальные токи в обмотках трансформатора;
- активное сопротивление фазы первичной и вторичной обмоток;
- КПД трансформатора при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и значениях коэффициента загрузки 0,25; 0,5; 0,75;
- годовой эксплуатационный КПД трансформатора при тех же значениях  $\cos \varphi_2$  и коэффициента загрузки при условии, что трансформатор находится под нагрузкой в течение года 4200 ч, а в остальное время цепь вторичной обмотки разомкнута.

*Указание.* Принять, что в опыте короткого замыкания мощность потерь делится поровну между первичной и вторичной обмотками.

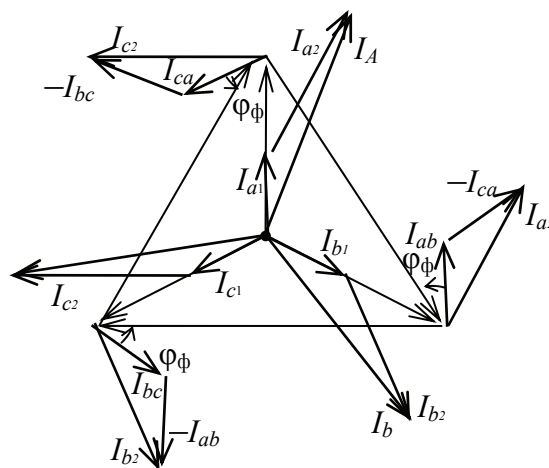


Рис. 3.6

Таблица 3.4

Вариант	Данные к задаче				
	$S$ , кВ·А	$U_{1\text{н}}$ , кВ	$U_{2\text{н}}$ , В	$P_0$ , Вт	$P_{\text{к.н.}}$ , Вт
1	20	6	230	180	600
2	20	10	400	220	600
3	30	6	230	250	850
4	30	10	400	300	850
5	50	6	525	350	1325
6	50	10	400	440	1325
7	100	6	525	600	2400
8	100	10	400	730	2400
9	180	6	400	1000	4000
10	180	10	525	1200	4100

**Решение**

1. Коэффициент трансформации трехфазного трансформатора:

$$n = \frac{U_{1\text{нл}}/\sqrt{3}}{U_{2\text{нл}}/\sqrt{3}};$$

2. Фазные напряжения первичной и вторичной обмоток на холостом ходу:

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1\text{н}}}{\sqrt{3}}; \quad U_{2\phi} = \frac{U_{2\text{н}}}{\sqrt{3}}.$$

3. Номинальные токи в обмотках трансформатора:

$$I_{1\text{н}} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{1\text{н}}}; \quad I_{2\text{н}} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{2\text{н}}}.$$

4. Активное сопротивление фазы первичной и вторичной обмоток:

$$R_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к.н.}}}{3 \cdot I_{1\text{н}}^2}; \quad R_1 = \frac{R_{\text{к}}}{2}; \quad R_2 = \frac{R_1}{n^2}.$$

5. КПД трансформатора:

$$\eta = \frac{\beta S_{\text{н}} \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{н}} \cos \varphi_2 + \beta^2 P_{\text{к.н.}} + P_0};$$

где  $\beta$  – коэффициент загрузки.

6. Годовой эксплуатационный КПД трансформатора:

$$\eta_{\text{год}} = \frac{\beta S_{\text{н}} t_1 \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{н}} t_1 \cos \varphi_2 + \beta^2 P_{\text{к.н.}} t_1 + P_0 t_0};$$

где  $t_1$  – время работы;  $t_0$  – время холостого хода трансформатора.

**Задача 5.** Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением характеризуется следующими номинальными величинами: напряжение на зажимах  $U_{\text{н}}$ ; мощность  $P_{\text{н}}$ ; частота вращения якоря  $n_{\text{н}}$  (табл. 3.6). При номинальной нагрузке мощность потерь составляет (в процентах от мощности, потребляемой электродвигателем): в цепи якоря и дополнительных полюсах  $P'_{\text{я}} = 4\%$ , в обмотке возбуждения  $P'_{\text{в}} = 3\%$ , мощность механических и магнитных потерь  $P'_{\text{м}} = 1,5\%$ .

Определить:

а) ток  $I_{\text{н}}$ , потребляемый электродвигателем из сети при номинальной нагрузке;

- б) номинальный момент  $M_n$  на валу электродвигателя;  
 в) частоту вращения якоря при значениях тока:  $0,25; 0,75; 1,25 I_n$ ;  
 г) суммарные потери и КПД электродвигателя при тех же значениях тока (принимая, что мощность механических и магнитных потерь изменяется пропорционально скорости вращения якоря);  
 д) момент на валу при тех же значениях тока. Построить механическую характеристику электродвигателя.

*Указание.* Воспользоваться процентной зависимостью  $\Phi(I_B)$ ; учесть, что  $I_B = I_{\text{я}}$  (табл. 3.5).

Таблица 3.5

$I_B, \%$	0	20	40	60	80	100	120	150
$\Phi, \%$	5	45	73	88	95	100	103	107

Таблица 3.6

Номер варианта	Данные к задаче		
	$U_n, \text{В}$	$P_n, \text{кВт}$	$n_n, \text{об/мин}$
1	110	5	600
2	220	10	700
3	440	15	800
4	110	20	900
5	220	25	1000
6	440	30	600
7	110	35	700
8	220	40	800
9	440	45	900
10	220	50	1000

## Решение

1. При номинальном режиме:

$$P_{\text{я}} = P'_{\text{я}} P_n; \quad P_{\text{в}} = P'_{\text{в}} P_n; \quad P_{\text{м}} = P'_{\text{м}} P_n.$$

Суммарные потери мощности, кВт:

$$\Delta P = P_{\text{я}} + P_{\text{в}} + P_{\text{м}},$$

Потребляемая двигателем мощность, кВт:

$$P_{1\text{н}} = P_n + \Delta P.$$

КПД, %

$$\eta = \frac{P_n}{P_{1\text{н}}} 100.$$

Потребляемый ток, А:

$$I_H = \frac{P_H 10^3}{U_H}.$$

Вращающий момент, Н·м:

$$M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H}.$$

Сопротивление цепи якоря, Ом:

$$R_{\text{я}} = \frac{P_{\text{я}}}{I_H}.$$

2. Скорость, КПД и момент двигателя, рассчитанные при различных значениях тока, удобно представить в виде табл. 3.7.

Таблица 3.7

$I_B/I_{BH}$	0,25	0,75	1,25
$I_B$	$0,25 I_H$	$0,75 I_H$	$1,25 I_H$
$\Phi'/\Phi_H$			
$n = n_H \frac{U_H}{(U_H - I_B R_{\text{я}}) \Phi'/\Phi_H}$			
$\Delta P_{\text{я}} = P_{\text{я}} (I_B/I_{BH})^2$			
$\Delta P_{\text{в}} = P_{\text{в}} (I_B/I_{BH})^2$			
$\Delta P_{\text{м}} = P_{\text{м}} (I_B/I_{BH})^2$			
$\Delta P = \Delta P_{\text{я}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{м}}$			
$P_1 = P_{1H} \frac{I_B}{I_{BH}}$			
$P_2 = P_1 - \Delta P$			
$\eta = (P_2/P_1)100$			
$M_H = 9550 P_H/n_H$			

3. Механическая характеристика двигателя постоянного тока последовательного возбуждения  $n = f(M)$  имеет вид (рис. 3.7).

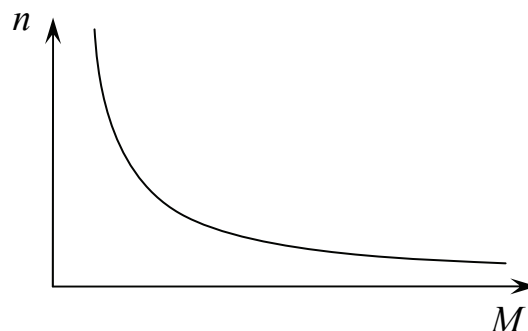


Рис. 3.7

**Задача 6.** Асинхронный двигатель с фазным ротором приводит во вращение подъемный механизм. Номинальные величины, характеризующие двигатель: мощность  $P_H$ ; частота вращения  $n_H$ . Активное сопротивление фазы ротора (приведенное)  $R_2$ ; реактивная составляющая сопротивления короткого замыкания на фазу  $X_k$ ; кратность критического момента  $K_M = M_k/M_H$  (табл. 3.8). Определить сопротивление, которое должно быть включено в фазу ротора для того, чтобы начальный пусковой момент двигателя был равен критическому. Вычислить, пользуясь упрощенной формулой, значения моментов, соответствующие значениям  $s$ : 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0, при введенном в цепь ротора добавочном сопротивлении. Пользуясь результатами вычислений, построить искусственную механическую характеристику электродвигателя.

Таблица 3.8

Номер варианта	Данные к задаче				
	$P_H$ , кВт	$n_H$ , об/мин	$K_M$	$R_2$ , Ом	$X_k$ , Ом
1	3,0	955	1,8	0,55	5,5
2	4,0	1440	2,0	0,35	3,41
3	7,5	1460	2,0	0,22	2,2
4	10,0	1460	2,0	0,18	1,52
5	13,0	1440	2,0	0,11	1,08
6	17,0	950	1,8	0,084	0,83
7	22,0	955	1,8	0,051	0,5
8	30,0	960	1,8	0,042	0,414
9	40,0	965	1,8	0,031	0,30
10	55,0	970	1,8	0,023	0,22

### Решение

1. При расчете сопротивления пускового реостата следует учесть, что при равенстве пускового и критического моментов критическое скольжение оказывается равным пусковому:

$$s_k = \frac{R_2 + R_p'}{X_k} = 1.$$

$$\text{откуда } R_p' = X_k - R_2.$$

2. При построении механической характеристики  $M = f(s)$  или  $n = f(M)$  рекомендуется воспользоваться формулой Клосса:

$$M = \frac{2M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}},$$

$$\text{где: } M_k = K_M M_H, \quad M_H = 9550 \frac{P_H}{n_H}.$$



#### 4. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные понятия линейных электрических цепей: «электрическая цепь», «схема замещения», «элементы схемы замещения», топологические понятия: «узел», «ветвь», «контур».

2. Закон Ома для пассивного и активного участков цепи.

3. Законы Кирхгофа. Баланс мощностей.

4. Способы соединения элементов электрических цепей. Понятие входного сопротивления.

5. Методы анализа электрических цепей. Метод преобразования (метод трансформации).

6. Методы анализа линейных электрических цепей. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.

7. Сравнительный анализ методов расчета линейных электрических цепей.

8. Основные понятия однофазного синусоидального тока: период, частота, фаза, амплитудное и действующее значение, их соотношение.

9. Способы представления синусоидального тока (аналитическое, графическое, векторное, комплексное).

10. Элементы цепей однофазного синусоидального тока. Идеализированный резистивный элемент.

11. Элементы цепей однофазного синусоидального тока. Идеализированный индуктивный элемент.

12. Элементы цепей однофазного синусоидального тока. Идеализированный емкостной элемент.

13. Анализ цепи однофазного синусоидального тока с последовательным соединением приемников.

14. Мощности цепей однофазного синусоидального тока. Коэффициент мощности.

15. Основные определения трехфазных электрических цепей: трехфазная система, фаза, симметричная система, способы соединения фаз.

16. Дайте определения линейному и фазному напряжениям. Их соотношения в симметричной системе. Показать на векторно-топографической диаграмме.

17. Режимы работы трехфазной электрической цепи в зависимости от характера нагрузки. Мощности симметричного режима.

18. Анализ симметричного режима работы трехфазной сети при соединении звезда-звезда с нулевым проводом.

19. Анализ симметричного режима работы трехфазной сети при соединении звезда – звезда без нулевого провода.

20. Анализ симметричного режима работы трехфазной сети при соединении звезда – треугольник.

21. Анализ несимметричного режима работы трехфазной сети при соединении звезда – звезда с нулевым проводом.

22. Назначение, области применения, устройство и принцип действия трансформатора.

23. Как и с какой целью проводится опыт холостого хода трансформатора?

24. Как и с какой целью проводится опыт короткого замыкания трансформатора?

25. Анализ работы нагруженного трансформатора. Внешняя характеристика.

26. Потери энергии и коэффициент полезного действия трансформатора.

27. Трехфазный трансформатор, параллельная работа трансформаторов.

28. Автотрансформатор, измерительные трансформаторы.

29. Принцип действия и области применения асинхронных двигателей. Скольжение. Устройство асинхронного двигателя.

30. Электродвижущие силы обмоток статора и ротора, частота тока обмотки ротора, сопротивление обмоток статора и ротора.

31. Потери энергии в асинхронном двигателе, энергетическая диаграмма.

32. Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного двигателя.

33. Регулирование частоты вращения ротора асинхронного двигателя. Реверс.

34. Принцип работы асинхронной машины в генераторном и тормозном режимах.

35. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

36. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.

37. Саморегулирование асинхронного двигателя.

38. Назначение, устройство и принцип действия машин постоянного тока. Способы возбуждения машин постоянного тока.

39. Электродвижущая сила якоря. Реакция якоря.

40. Электромагнитный момент машины постоянного тока. Потери энергии и коэффициент полезного действия машины постоянного тока.

41. Работа машины постоянного тока в режиме генератора. Основные рабочие характеристики генератора.

42. Работа машины постоянного тока в режиме двигателя. Основные характеристики двигателей.

43. Саморегулирование машины постоянного тока.

44. Аппаратура управления электрооборудованием.

45. Аппаратура защиты электрооборудования.

46. Реле.

47. Схемы управления электроприводом.

48. Нагревание и охлаждение двигателей электропривода.

49. Режимы работы электропривода.

50. Уравнение движения электропривода.

51. Выбор двигателей электропривода.

52. История развития электроники. Элементная база электронных схем. Материалы электронных приборов.

53. Диоды. Классификации, обозначения в схемах. Область использования. Параметры.
54. Выпрямители на диодах. Классификация. Параметры. Сравнительная оценка.
55. Однофазные выпрямители на диодах. Параметры. Принцип действия.
56. Трехфазные выпрямители. Параметры. Принцип действия.
57. Биполярные транзисторы. Устройство. Схемы включения. Область применения.
58. Характеристики биполярных транзисторов. H-параметры.
59. Усилители на базе биполярных транзисторов. Классификация. Основные параметры.
60. Принцип действия однокаскадного усилителя на базе биполярного транзистора, включение по схеме с общим эмиттером.
61. Сглаживающие фильтры. Устройство. Классификация, принцип действия.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электротехника. Расчет электрических цепей : метод. указания / сост. : Н. А. Даничева, А. Г. Конюшенко. – Красноярск : КрПИИ, 1991. – 33 с.
2. Борисов, Ю. М. Электротехника : учеб. для неэлектротехнических специальностей вузов / Ю. М. Борисов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 551 с.
3. Основы промышленной электроники : метод. указания / сост. А. Г. Конюшенко. – Красноярск : КГТУ, 1999. – 34 с.
4. Электротехника. Электрические машины : метод. указания / сост. А. Г. Конюшенко. – Красноярск : КГТУ, 1996. – 44 с.
5. Сборник задач по электротехнике и основам электроники / под ред. В. Г. Герасимова. – М. : Высш. шк., 1987. – 282 с.
6. Сорокин, П. А. Электрооборудование системы управления подъемно-транспортными машинами / П. А. Сорокин, Д. М. Крапивин, М. Н. Хандрин. – Тула : ТулГУ, 2003. – 379 с.
7. Электротехника. Расчет и выбор элементов кранового электрооборудования : метод. указания / сост. : В. А. Шаповалов, Н. А. Даничева, Н. В. Сергеев. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. – 48 с.
8. Электротехника и основы электроники : учеб. для вузов / под ред. О. П. Глудкина. – М. : Высш. шк., 1993. – 445 с.
9. Электротехника : учеб. для студентов неэлектротехнических специальностей вузов / ред. В. Г. Герасимов. – М. : Высш. шк., 1985. – 480 с.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Общие сведения	3
1. Требования к оформлению контрольной работы	3
2. Порядок решения задач	5
3. Задачи для контрольной работы	6
Задача 1	6
Задача 2	7
Задача 3	9
Задача 4	11
Задача 5	12
Задача 6	15
4. Экзаменационные вопросы	16
Библиографический список	18

Учебное издание

# **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И МАШИНЫ**

Методические указания по контрольной работе

Составители:

**Даничева Наталья Алексеевна**  
**Сергеев Николай Вячеславович**

Печатается в авторской редакции  
Оформление: Т. И. Тайгина

Подписано в печать 26.03.2009. Печать плоская  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,1  
Тираж 300 экз. Заказ 2/

Издательско-полиграфический комплекс  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Отпечатано в типографии ИПК СФУ  
660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 28