

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Манаенков Сергей Алексеевич

Должность: Директор

Дата подписания: 24.03.2020 14:35:41

Уникальный идентификатор:

b98c63f50c040389ac165e2b73c0e737775c9e9

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ» В Г. РТИЩЕВО
(ФИЛИАЛ СамГУПС В Г. РТИЩЕВО)**

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

**Методические указания и контрольные задания для студентов заочной
формы обучения
для специальности**

23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)

Базовая подготовка среднего профессионального образования

Ртищево, 2019

Одобрено
на заседании цикловой комиссии
математических, естественнонаучных
и общепрофессиональных дисциплин

протокол № 1
от «31» августа 2019 г

Председатель ЦК

 Н.С. Луконина

Утверждаю

Зам. директора по УР

 Н.А. Петухова

«02» 09 2019 г

Разработчик:



Л. В. Малаховская, преподаватель первой категории
филиала СамГУПС в г. Ртищево

Рецензенты:

Н.С. Луконина, преподаватель высшей категории филиала
СамГУПС в г. Ртищево

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
2. ЛИТЕРАТУРА.....	4
3.ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №1.....	5
4.ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ	24
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины ОП.02 Электротехника и электроника для специальности 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам) предусматривает изучение процессов, происходящих в электрических цепях постоянного и переменного однофазного и трёхфазного тока; устройства и принципа действия электроизмерительных приборов электрических машин и трансформаторов; режимов работы электрических двигателей; схем и аппаратов автоматического и дистанционного управления; электронных, ионных и полупроводниковых приборов и их применения в различных устройствах автоматики и телемеханики.

Программой дисциплины предусмотрено изучение теоретического материала, выполнение контрольной работы, а также выполнение лабораторных работ. Количество и содержание лабораторных работ утверждаются цикловой комиссией в соответствии с тематическим планом. Перечень лабораторных работ приведен в примерной (рабочей) программе. Изучение теоретического материала ведётся в последовательности, предусмотренной программой.

Обучающийся-заочник, приступая к самостоятельному изучению дисциплины, должен подробно ознакомиться с содержанием настоящего пособия и руководствоваться им в работе. Основным методом изучения дисциплины является самостоятельная работа с учебником. Целесообразно изучать материал по учебникам, рекомендованным преподавателем.

При работе с учебником рекомендуется обратить внимание на примеры, решение которых разобрано. Варианты для каждого обучающегося – индивидуальные. Номер варианта определяется двумя последними цифрами номера личного дела (шифра) по таблице вариантов.

Контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради, желательно в клетку. Условия задач переписываются полностью. Оставляются поля шириной 25-30 мм для замечаний рецензента, а в конце тетради 2-3 страницы для рецензии. Формулы и расчёты пишутся шариковой ручкой тщательно аккуратно, без помарок, а чертежи и схемы выполняются карандашом с помощью чертёжного инструмента, соблюдая ЕСКД (единую систему конструкторской документации). Размерность всех величин должна соответствовать Международной системе единиц (СИ).

Графики и диаграммы должны выполняться в масштабе с кратким объяснением их построения. Задачи, выполненные не по своему варианту, не засчитываются и возвращаются обучающемуся.

Лабораторные работы выполняются в период лабораторно-экзаменационной сессии. К этим работам обучающиеся допускаются после сдачи контрольной работы.

Сдача экзаменов разрешается обучающимся, которые получили положительные оценки по контрольной работе и имеют зачёт по лабораторным работам.

Литература

Основные источники (ОИ):

<i>Электротехника.</i>	<i>Частоедов Л.А.,</i>	<i>М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ» МПС, 2006г.</i>
<i>Электроника, микроэлектроника и автоматика.</i>	<i>Дунаев С.Д.</i>	<i>М.: Издательство «Мариурт», 2003г.</i>

Дополнительные источники (ДИ):

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Издательство, год издания
<i>1</i>	<i>Электротехника и электроника.</i>	<i>В.П. Лунин</i>	<i>М.: Юрайт, 2017г. Серия: Профтех образование</i>

Интернет-ресурсы (ИР)

№ п/п	Название
<i>1</i>	<i>1. «Электро» - журнал. Форма доступа: www.elektro.elektrozavod.ru</i>

Задание
на контрольную работу №1

Задания на контрольную работу составлены в 50 вариантах. Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра обучающегося по таблице 1.

Таблица 1

Варианты контрольной работы

Две послед- ние цифры шифра	Вариант	Номера задач	Две послед- ние цифры шифра	Вариант	Номера задач
01 51	1	1,11,21,32,41	26 76	26	6,18,26,38,48
02 52	2	2,12,22,33,42	27 77	27	7,19,27,39,49
03 53	3	3,13,23,34,43	28 78	28	8,20,28,40,50
04 54	4	4,14,24,35,44	29 79	29	9,11,29,31,42
05 55	5	5,15,25,36,45	30 80	30	1,13,30,34,44
06 56	6	6,16,26,37,46	31 81	31	2,14,21,35,45
07 57	7	7,17,27,38,47	32 82	32	3,15,22,36,46
08 58	8	8,18,28,39,48	33 83	33	4,16,23,37,47
09 59	9	9,19,29,40,49	34 84	34	5,12,24,38,49
10 60	10	10,20,30,31,50	35 85	35	6,13,25,39,48
11 61	11	1,12,22,31,42	36 86	36	7,20,26,40,41
12 62	12	2,13,23,32,43	37 87	37	8,11,27,31,50
13 63	13	3,14,24,33,44	38 88	38	9,12,28,32,42
14 64	14	4,15,25,34,45	39 89	39	10,13,29,33,43
15 65	15	5,16,26,35,46	40 90	40	1,14,30,35,45
16 66	16	6,17,27,36,47	41 91	41	2,15,21,36,46
17 67	17	7,18,28,37,48	42 92	42	3,16,22,37,47
18 68	18	8,19,29,38,49	43 93	43	4,17,23,38,48
19 69	19	9,20,30,39,50	44 94	44	5,18,24,39,49
20 70	20	10,11,21,40,41	45 95	45	6,11,25,40,50
21 71	21	1,13,21,33,43	46 96	46	7,12,26,31,41
22 72	22	2,14,22,34,44	47 97	47	8,13,27,32,42
23 73	23	3,15,23,35,45	48 98	48	9,14,28,33,43
24 74	24	4,16,24,36,46	49 99	49	10,15,29,32,44
25 75	25	5,17,25,37,47	50 100	50	10,16,30,31,41

Общие указания к выполнению и оформлению контрольной работы

1. К выполнению контрольной работы обучающийся должен приступить только после изучения теоретического материала.
2. Каждая контрольная работа должна быть выполнена в срок, указанный в учебном графике.
3. Обучающийся должен выполнить контрольную работу по определенному варианту в соответствии со своим шифром.
4. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку; условия задач переписываются полностью.
5. Обучающийся должен изучить условие задачи, уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми, и сделать краткую запись условия задачи.
6. Следует составить и вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи, показать на ней все заданные и искомые величины. Схемы, векторные диаграммы и графики должны выполняться карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем следует пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ЕСКД.
7. Решение каждой задачи необходимо начинать с новой страницы и сопровождать краткими и четкими пояснениями.
8. Вычисления следует производить с необходимой точностью до двух знаков после запятой.
9. Обозначения электрических величин в тексте, в формулах, на векторных диаграммах и на электрических схемах должны быть одинаковыми и соответствовать ЕСКД.
10. При решении задач следует пользоваться Международной системой СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только после окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 10 А; 380 В; 660 Вт.
11. Векторные диаграммы должны быть построены в масштабе на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Принятые масштабы должны быть указаны в задаче.

Задачи № 1 – 10

Цепь, состоящая из пяти резисторов, присоединена к источнику электрической энергии, напряжение на зажимах которого U_{AB} (Рис.1). Токи в резисторах соответственно равны I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 . Определить величины, отмеченные знаками вопроса в табл. 2.

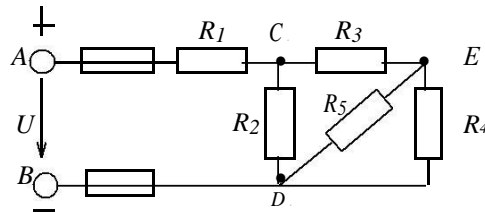


Рисунок 1

Таблица 2

Исходные данные

№ за- дач	Значения величин и единицы измерения													
	U_{AB}	U_{CD}	R_{AB}	R_{CD}	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	А	А	А	А	А
1	?	?	?	?	4	10	3	30	20	4	?	?	?	?
2	40	?	10	?	6	?	5	20	60	?	?	?	?	?
3	240	160	?	?	?	?	?	?	12	?	20	?	15	5
4	?	?	?	?	3	30	15	30	6	?	2	?	?	?
5	?	100	?	?	2	20	16	20	?	?	?	5	?	?
6	100	?	?	4	?	?	5	12	4	?	10	?	?	?
7	?	50	8	?	?	10	4	24	8	?	?	?	?	?
8	200	160	?	?	?	?	?	16	?	20	10	?	7,5	?
9	?	?	5	3	?	4	8	?	?	10	?	?	?	2
10	100	?	?	?	?	10	?	?	20	?	6	?	1,6	2,4

Задачи № 11 – 20

На рис. 2 изображена схема воздушной линии электропередачи к потребителю мощностью P_2 и напряжением потребителя U_2 ; длина линии l .

Определить ток в линии I и площадь поперечного сечения S проводов линии, если известна допустимая относительная потеря напряжения в линии e , материал и удельная проводимость γ проводов линии.

Определить сопротивление проводов линии $R_{ПП}$, абсолютную потерю напряжения ΔU , потерю мощности ΔP в линии и коэффициент полезного действия линии η .

Числовые значения исходных величин указаны в табл. 3

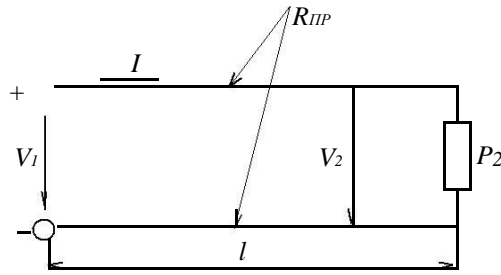


Рисунок 2

Таблица 3

Исходные данные

№ задач	Значения величин и единицы измерения					Материал проводов
	P_2	U_2	l	γ	e	
	кВт	В	м	$\frac{м}{мм^2}$	%	
11	9,9	220	300	34,5	10	алюминий
12	19	380	250	57	10	медь
13	15,2	380	400	34,5	5	алюминий
14	22	220	250	34,5	10	алюминий
15	24,2	220	300	57	10	медь
16	25	380	400	34,5	5	алюминий
17	22,8	380	320	57	10	медь
18	9,12	380	350	57	5	медь
19	20	220	200	34,5	10	алюминий
20	25,3	220	250	57	10	медь

Задача № 21

Проводник длиной $l = 20$ см находится в магнитном поле с индукцией $B = 1,5$ Тл и присоединен к зажимам сети напряжением $U = 5$ В, как показано на Рис. 3. Сопротивление проводника $R_0 = 0,2$ Ом. Вследствие взаимодействия тока с магнитным полем проводник движется со скоростью $V = 10$ м/с перпендикулярно направлению вектора магнитной индукции.

Определить ток в проводнике и действующую на него электромагнитную силу.

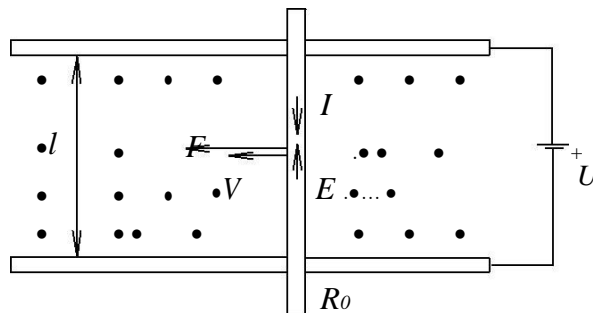


Рисунок 3

Задача № 22

Определить напряженность и магнитную индукцию на средней линии кольцевой катушки с радиусом $R_{\text{CP}} = 10$ см, если число витков $w = 1000$; по катушке протекает ток $I = 2,5$ А. Сердечник выполнен из неферромагнитного материала.

Задача № 23

Цилиндрическая катушка с немагнитным сердечником (относительная магнитная проницаемость $\mu = 1$), у которой длина $l = 0,3$ м намного больше диаметра $d = 0,04$ м, имеет обмотку с числом витков 400, распределенную равномерно по длине сердечника. В обмотке катушки протекает ток $I = 2$ А, создавая вокруг нее магнитный поток Φ .

Определить значение магнитного потока Φ и индуктивность катушки L .

Задача № 24

В равномерном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл перпендикулярно к линиям поля со скоростью $V = 8$ м/с перемещается проводник длиной $l = 20$ см. К проводнику присоединен потребитель, сопротивление которого $R = 1$ Ом.

Определить электромагнитную силу, действующую на проводник, если сопротивление самого проводника $R_0 = 0,2$ Ом.

Задача № 25

Определить индуктивность L цилиндрической катушки без сердечника, если она имеет длину $l = 10$ см, радиус витка $R = 2$ см, а число витков $w = 300$. Определить величину ЭДС самоиндукции, если ток в катушке увеличивается со скоростью $\frac{di}{dt} = 100$ А/с.

Задача № 26

Кольцевая катушка имеет число витков $w = 500$. Внутренний радиус катушки $R_1 = 10$ см, внешний радиус $R_2 = 15$ см; витки катушки равномерно распределены вдоль немагнитного сердечника (относительная магнитная проницаемость $\mu = 1$). Ток в катушке $I = 2$ А.

Определить напряженность магнитного поля H и магнитную индукцию B на осевой (средней) линии катушки.

Задача № 27

Прямолинейный провод с током расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции поля $B = 1,2$ Тл. Под действием электромагнитной силы $F_{\text{ЭМ}}$ провод переместился на расстояние $b = 0,5$ м. Длина провода $l = 50$ см, ток в проводе $I = 10$ А.

Определить электромагнитную силу $F_{\text{ЭМ}}$ и механическую работу A , совершаемую этой силой при перемещении провода.

Задача № 28

Определить индуктивность L кольцевой катушки (без сердечника) и скорость нарастания тока $\frac{di}{dt}$, если она имеет число витков $w = 1200$; средний радиус $R_{\text{ср}} = 5$ см; площадь поперечного сечения $S = 20$ см². По катушке протекает ток, при этом в катушке наводится ЭДС самоиндукции $e_L = -3$ В.

Задача № 29

По проводу длиной $l = 60$ см, находящемуся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,2$ Тл и расположенному в плоскости, перпендикулярной направлению поля, протекает ток I от источника питания с напряжением $U = 7$ В. На провод действует электромагнитная сила $F_{\text{ЭМ}}$, перемещающая его со скоростью $V = 8$ м/с. Сопротивление провода с подводящими проводами $R = 0,5$ Ом.

Определить значение тока I_0 при неподвижном проводе, противо-ЭДС, наведенную в проводе, и ток I при его перемещении.

Задача № 30

По прямолинейному проводу воздушной линии протекает ток $I = 250$ А. Определить напряженность магнитного поля H и магнитную индукцию B в точке, расположенной от провода на расстоянии $a = 0,5$ м.

Начертить проводник. Задавшись направлением тока в проводе, показать направление векторов \vec{B} и \vec{H} в точке M .

Задача № 31

В сеть переменного тока напряжением $U = 220$ В с частотой $f = 50$ Гц включена катушка с активным сопротивлением $R = 12$ Ом и индуктивностью $L = 51$ мГн.

Определить индуктивное X_L и полное Z сопротивление цепи; показания амперметра и вольтметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 32

В сеть переменного тока напряжением $U = 110$ В включена катушка с активным сопротивлением $R = 8$ Ом и индуктивностью $L = 19$ мГн.

Определить индуктивное X_L и полное Z сопротивление цепи; показания амперметра и вольтметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 33

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 625$ ВА, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,6$; показание амперметра $I = 5$ А.

Определить активное R , индуктивное X_L и полное Z сопротивления; показания вольтметра и ваттметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 22$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 34

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 250$ ВА, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,6$; показание амперметра, включенного в цепь, $I = 5$ А.

Определить активное R , индуктивное X_L , полное Z сопротивления; показания вольтметра и ваттметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 5$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 35

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц включена катушка индуктивности. Полная мощность цепи $S = 320$ ВА, коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,8$; показание амперметра, включенного в цепь, $I = 4$ А.

Определить активное R , индуктивное X_L , полное Z сопротивления; показания вольтметра и ваттметра, включенных в цепь.

Начертить схему цепи и построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 20$ В/см. Пояснить построение диаграммы.

Задача № 36

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор емкостью $C = 106$ мкФ. Ток в цепи $I = 6$ А, напряжение питающей сети $U = 600$ В.

Определить емкостное сопротивление X_C , полное сопротивление цепи Z ; активную P , реактивную Q , полную S мощности; коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$.

Начертить схему цепи с приборами для измерения напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 60$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 37

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор. Полная мощность цепи $S = 80$ ВА, ток $I = 2$ А, коэффициент мощности цепи $\cos\varphi = 0,8$.

Определить емкостное сопротивление X_C , конденсатора, активное сопротивление резистора R , полное сопротивление цепи Z ; напряжение U , активную P и реактивную Q мощности.

Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 8$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 38

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор и конденсатор. Ток в цепи $I = 2$ А, напряжение $U = 40$ В, активная мощность $P = 64$ Вт.

Определить активное сопротивление R , емкостное сопротивление X_C конденсатора, полное сопротивление цепи Z ; полную S ; реактивную Q мощности; коэффициент мощности $\cos\varphi$ цепи.

Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 6$ В/см. Построение кратко пояснить.

Задача № 39

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор с активным сопротивлением $R = 16$ Ом и конденсатор. Напряжение сети $U = 100$ В, ток в цепи $I = 5$ А.

Определить емкостное сопротивление X_C конденсатора, полное сопротивление цепи Z ; полную S , активную P и реактивную Q мощности цепи; коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$.

Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений в масштабе $m_u = 20$ В/см. Построение диаграммы кратко пояснить.

Задача № 40

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор с активным сопротивлением $R = 24$ Ом и конденсатор емкостью $C = 100$ мкФ. Напряжение питающей сети $U = 400$ В.

Определить емкостное сопротивление конденсатора X_C , полное сопротивление цепи Z ; ток цепи I ; активную P , реактивную Q , полную S мощности цепи.

Начертить схему цепи с приборами для измерения тока, напряжения и активной мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжения в масштабе $m_u = 60$ В/см. Построение диаграммы кратко пояснить.

Задача №№ 41 – 45

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор R и конденсатор с емкостным сопротивлением X_C , величины которых приведены в табл. 4. Кроме того, известна одна из дополнительных величин (I , P , Q).

Начертить схему цепи и определить следующие величины:

1. полное сопротивление цепи Z ;
2. напряжение U , приложенное к цепи;
3. силу тока в цепи I ;
4. коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
5. активную P , реактивную Q и полную S мощности, потребляемые цепью.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Таблица 4

Исходные данные

№ задачи	R	X _C	Дополнительная величина
	Ом	Ом	
41	80	60	I = 2 А
42	20	15	P = 180 Вт
43	16	12	Q = - 48 Вар
44	40	30	I = 4 А
45	12	9	P = 48 Вт

Задачи №№ 46 – 50

В сеть переменного тока частотой $f = 50$ Гц последовательно включены резистор сопротивлением R , реактивные сопротивления X_L и X_C , величины которых заданы в табл.5. Кроме того, задана еще одна дополнительная величина (I, P, Q, S).

Начертить схему цепи и определить следующие величины;

1. полное сопротивление цепи Z ;
2. напряжение U , приложенное к цепи;
3. силу тока в цепи I ;
4. коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
5. активную мощность P , реактивную Q и полную S мощности, потребляемые цепью.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Таблица 5

Исходные данные

№ задачи	R	X _C	Дополнительная величина
	Ом	Ом	
46	3	8	I = 8 А
47	4	5	P = 256 Вт
48	8	12	S = 90 ВА
49	4	15	U = 30 В
50	8	6	Q = - 48 Вар

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению задач контрольной работы №1

Задачи №№ 1 – 10 охватывают материал темы «Электрические цепи постоянного тока».

Для их решения необходимо знать закон Ома для полной цепи и ее участков, первый закон Кирхгофа; методику определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также уметь вычислять мощность электрического тока.

Методику и последовательность действий при решении задач №№ 1 – 10 рассмотрим на конкретном примере.

Пример 1

Определить эквивалентное сопротивление цепи $R_{ЭКВ}$, схема которой представлена на рис. 4, если заданы значения сопротивлений резисторов $R_1 = 8$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $R_4 = 4$ Ом, $R_5 = 4$ Ом. Напряжение сети $U = 16$ В.

Вычислить токи, протекающие в каждом резисторе и мощность, потребляемую цепью.

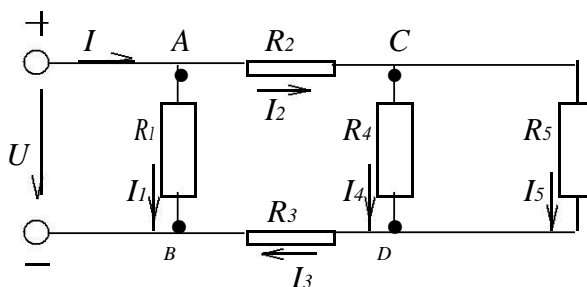


Рисунок 4

Решение

1. Делаем краткую запись условия задачи.

Дано: $R_1 = 8$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $R_4 = 4$ Ом, $R_5 = 4$ Ом, $U = 16$ В.

Определить: $R_{ЭКВ}$, I_1 I_2 I_3 I_4 I_5 I_6 , P .

2. Обозначим стрелками токи, протекающие в каждом резисторе с учетом их направления, узлы цепи буквами А, В, С, D.

3. Определим общее эквивалентное сопротивление цепи, метод подсчета которого для цепи со смешанным соединением резисторов сводится к последовательному упрощению схемы:

а) сопротивления R_4 , R_5 соединены параллельно.

Найдем общее сопротивление при таком соединении:

$$R_{4,5} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \text{ Ом}$$

$$R_4 + R_5 = 4 + 4$$

б) теперь, резисторы R_2 , R_3 , $R_{4,5}$ соединены последовательно. Их общее сопротивление:

$$R_{2,3,4,5} = R_2 + R_3 + R_{4,5} = 4 + 2 + 2 = 8 \text{ Ом}$$

в) сопротивления R_1 и $R_{2,3,4,5}$ соединены параллельно.

Эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{АВ}} = \frac{R \cdot R}{R_1 + R_{2,3,4,5}} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \text{ Ом}$$

4. Общий ток по закону Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{16}{4} = 4 \text{ А}$$

5. Токи, протекающие в сопротивлениях

цепи: а) ток в первом сопротивлении:

$$I_1 = I_{\text{АВ}} = \frac{U}{R_1} = \frac{16}{8} = 2 \text{ А}$$

Сопротивление R_1 соединено с зажимами цепи, поэтому напряжение на R_1 будет: $U = 16 \text{ В}$, такое же напряжение будет на сопротивлении $R_{2,3,4,5}$;

б) токи во втором и третьем сопротивлениях:

$$I_2 = I_3 = I - I_1 = 4 - 2 = 2 \text{ А};$$

в) чтобы найти токи I_4 и I_5 , надо знать $U_{4,5}$. Это напряжение можно найти двумя способами:

$$U_{4,5} = I_2 \cdot R_{4,5} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ В или}$$

$$U_{4,5} = U - U_2 - U_3 = 16 - 2 \cdot 4 - 2 \cdot 2 = 4 \text{ В.}$$

По закону Ома токи, параллельно соединенных сопротивлений:

$$I_4 = \frac{U_{4,5}}{R_4} = \frac{4}{4} = 1 \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{U_{4,5}}{R_5} = \frac{4}{4} = 1 \text{ А}$$

6. Мощность, потребляемая

$$\text{цепью: } P = I^2 \cdot R_{\text{ЭКВ}} = 4^2 \cdot 4 = 64 \text{ Вт}$$

Для решения задач №№ 11 – 20 необходимо уяснить, что каждый потребитель электрической энергии рассчитан на определенное номинальное напряжение. Так как потребители могут находиться на значительных расстояниях от источников электрической энергии, то потери напряжения в проводах имеют важное значение. Уменьшить потери напряжения и потери мощности в линии электропередачи можно, уменьшая силу тока в проводах, либо увеличи-

вая сечение проводов с целью уменьшения их сопротивления. Силу тока в проводах можно уменьшить, увеличивая напряжение в начале линии. КПД линии электропередачи определяется отношением мощности, отдаваемой электропотребителю, к мощности, поступающей в линию, или отношением напряжения в конце линии к напряжению в ее начале:

$$\eta = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100 \% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \%$$

Пример 2

На рис.2 изображена схема воздушной линии электропередачи к потребителю мощностью $P_2 = 10$ кВт, напряжение потребителя $U_2 = 220$ В; длина линии $\ell = 200$ м. Определить ток в линии I , площадь поперечного сечения проводов линии S , если известно, что линия выполнена из алюминиевых проводов $\gamma = 34,5$ м/Ом·мм²; допустимая относительная потеря напряжения $\epsilon = 10$ %. Определить также сопротивление проводов линии $R_{\text{ЛПР}}$, потерю напряжения ΔU потерю мощности ΔP , коэффициент полезного действия линии η .

Решение

1. Ток в линии электропередачи:

$$I = \frac{P_2}{U_2} = 45,5 \text{ А}$$

2. Площадь поперечного сечения проводов линии:

$$S = \frac{P_2 \cdot \ell}{U_2 \cdot \gamma} = 22 \text{ мм}^2$$

3. Выбираем ближайшее большее стандартное сечение (табл. 5.1 [7]) $S_{\text{СТ}} = 35 \text{ мм}^2$. Сопротивление проводов линии:

$$R_{\text{ЛПР}} = \frac{\ell}{S_{\text{СТ}} \cdot \gamma} = 0,33 \text{ Ом}$$

$$\Delta U = I \cdot R_{\text{ЛПР}} = 45,5 \cdot 0,33 = 15 \text{ В}$$

5. Потеря мощности в линии ΔP :

$$\Delta P = I^2 \cdot R_{\text{ЛПР}} = 45,5^2 \cdot 0,33 = 685,8 \text{ Вт}$$

6. Напряжение в начале линии:

$$U_1 = U_2 + \Delta U = 220 + 15 = 235 \text{ В.}$$

7. КПД линии:

$$\eta = \quad \cdot 100 \% = \quad \cdot 100 \% = 93,6 \%$$

Для решения задач №№ 21 – 30 надо изучить тему «Электромагнетизм» и хорошо усвоить основные характеристики магнитного поля:

1. *Магнитная индукция* – B . Она определяет интенсивность магнитного поля в точке и является основной характеристикой магнитного поля.

2. *Магнитная проницаемость* – (характеризует магнитные свойства среды по сравнению с вакуумом).

3. *Магнитный поток* – Φ .

4. *Напряженность магнитного поля* – H . Она является вспомогательной расчетной величиной.

В задачах часто используется формула зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля через абсолютную магнитную проницаемость:

$$B = \mu_a \cdot H$$

В свою очередь, абсолютная магнитная проницаемость выражается формулой:

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;
 μ – относительная магнитная проницаемость, величина безмерная.

Для немагнитных сред (воздух, вакуум) относительная магнитная проницаемость близка к единице. Такие среды ($\mu = 1$) предусмотрены в условиях задач. Тогда абсолютная магнитная проницаемость:

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

Для ферромагнитных материалов, которые используются для изготовления частей электрических машин, аппаратов, приборов, величина относительной магнитной проницаемости велика и составляет тысячи, десятки и сотни тысяч единиц.

Пример 3

По прямолинейному проводу воздушной линии протекает ток $I = 500$ А. Определить напряженность магнитного поля H и магнитную индукцию B в точке M , расположенной от проводника на расстоянии $a = 0,5$ м. Начертить проводник. Задав направление тока в проводе, показать направление векторов B и H в точке M .

Решение

1. Вычерчиваем схему (Рис.5), задаемся направлением тока в проводе и, применяя правило буравчика, определяем направление магнитной силовой ли-

нии, проходящей через заданную точку М. Векторы напряженности поля Н и магнитной индукции В в точке М направлены по касательной к магнитной силовой линии, их направление совпадает с направлением силовой линии в данной точке М.

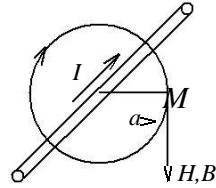


Рисунок 5

2. Напряженность Н в данной точке симметричного магнитного поля, создаваемого током, проходящим по прямолинейному проводнику, подсчитывается по формуле:

$$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,1} = 159 \text{ А}$$

3. Магнитная индукция в точке М:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 159 = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл},$$

где $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная проницаемость вакуума (магнитная постоянная); μ – относительная магнитная проницаемость среды, в которой находится провод (для воздуха $\mu = 1$).

Пример 4

Кольцевая катушка намотана на каркасе из немагнитного материала.

Внутренний радиус катушки $R_1 = 1,5 \text{ см}$, внешний $R_2 = 2,5 \text{ см}$.

Напряженность магнитного поля на средней магнитной линии катушки $H = 3600 \text{ А/м}$, ток в катушке $I = 10 \text{ А}$.

Определить число витков катушки w и магнитную индукцию В в средней линии катушки.

Решение

1. Индукция магнитного поля на средней линии катушки:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 3600 = 4,52 \cdot 10^{-3} \text{ Тл},$$

где $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная; μ – относительная магнитная проницаемость немагнитного материала сердечника катушки.

2. Число витков катушки w найдем из формулы напряженности магнитного поля на средней магнитной линии:

$$H = \frac{I \cdot w}{2\pi r_{\text{ср}}}$$

где $R_{CP} = \frac{r}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ см}$;

$$w = \frac{2\pi R_{CP}}{2\pi r} = \frac{2\pi \cdot 2}{2\pi \cdot 4} = 0,5 = 45 \text{ витков}$$

Пример 5

По проводу длиной $\ell = 0,8 \text{ м}$, находящемуся в магнитном поле с индукцией $B = 1,25 \text{ Тл}$, протекает ток, поступающий от источника энергии с напряжением $U = 4 \text{ В}$. Под действием электромагнитной силы провод будет перемещаться по направляющим со скоростью $V = 2,5 \text{ м/с}$.

Линии магнитного поля показаны на рис. 3 точками и направлены из-за плоскости чертежа к наблюдателю. Сопротивление провода $R_0 = 0,2 \text{ Ом}$.

Определить индуцированную ЭДС – E ; электромагнитную силу F и ток I в проводе при движении его в магнитном поле. Направление ЭДС, силы и тока показать на рис. 3.

Решение

1. Ток протекает от положительного полюса источника к отрицательному. Под действием электромагнитной силы проводник будет перемещаться влево (правило левой руки); направление силы F и скорости V одинаково. В проводнике будет наводиться ЭДС (явление электромагнитной индукции), равная:

$$E = B \cdot I \cdot V = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ В}$$

Направление ЭДС определим по правилу правой руки. Оно противоположно направлению ЭДС внешнего источника и тока, поэтому эта ЭДС (в электродвигателях) называется противо-ЭДС.

1. Ток в проводнике:

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{4}{0,5} = 7,5 \text{ А}$$

3. Электромагнитная сила, под действием которой перемещается проводник:

$$F = B \cdot I \cdot \ell = 1,25 \cdot 7,5 \cdot 0,8 = 7,5 \text{ Н}$$

Для решения задач 23, 25 надо помнить, что длинную и узкую цилиндрическую катушку можно считать частью кольцевой катушки с достаточно большим радиусом, поэтому при расчете таких катушек следует применять формулу для кольцевых катушек.

1. Магнитный поток Φ сквозь поперечное сечение катушки:

$$\Phi = \mu_a \cdot I \cdot w \cdot \ell;$$

где μ_a – абсолютная магнитная проницаемость;

w – число витков катушки;

I – ток катушки;

ℓ – длина катушки;

S – площадь поперечного сечения катушки.

$$S = \dots, \text{ м}^2$$

1. Индуктивность катушки L , Гн:

$$L = \mu_a \cdot w^2 \cdot \ell$$

При включении и выключении цепи ток изменяется по своему значению, что сопровождается изменением магнитного потока, который, пересекая витки катушки, наводит в них ЭДС, называемую ЭДС самоиндукции – e_L . Ее величину определяют по формуле:

$$e_L = -L \cdot \frac{di}{dt},$$

где L – индуктивность катушки, Гн;

— – скорость изменения тока,

A/c ; e_L – ЭДС самоиндукции, В.

Задачи №№ 31 – 50 посвящены расчету цепей однофазного переменного тока. При изучении материала темы «Электрические цепи переменного тока» надо усвоить основные величины, характеризующие синусоидальные токи и напряжения: амплитуда, частота, начальная фаза, сдвиг фаз между током и напряжением, мгновенное и действующее значение. Надо научиться строить векторные диаграммы токов и напряжений сначала для цепи только с активным сопротивлением, только с индуктивным или только с емкостным сопротивлением, а затем для неразветвленной и разветвленной цепи, содержащей все три вида сопротивлений.

В неразветвленной (последовательной) цепи переменного тока приложенное напряжение определяется как геометрическая сумма активной и реактивной составляющих напряжения.

Для неразветвленной цепи строится векторная диаграмма напряжений, причем за исходный вектор берется вектор тока, так как ток будет одинаковым на всех участках цепи.

Надо усвоить, что напряжение на активном сопротивлении совпадает с током по фазе, напряжение на индуктивности опережает ток на 90° , напряжение на емкости отстает от тока на 90° .

В разветвленной (параллельной) цепи общий ток, то есть ток в неразветвленном участке цепи определяется как геометрическая сумма активной и реактивной составляющих тока. Сами параллельные ветви рассчитываются как не-

разветвленные цепи переменного тока. Для разветвленных цепей строится векторная диаграмма токов, причем за исходный вектор берется вектор напряжения, так как на всех параллельных ветвях напряжение одинаковое.

Пример 6

Активное сопротивление катушки $R_K = 4$ Ом, индуктивное $X_L = 12$ Ом. Последовательно с катушкой включен резистор с активным сопротивлением $R = 2$ Ом и конденсатор с сопротивлением $X_C = 4$ Ом. К цепи приложено напряжение $U = 100$ В.

Определить:

- 1) полное сопротивление цепи;
- 2) силу тока;
- 3) коэффициент мощности;
- 4) активную, реактивную и полную мощности;
- 5) напряжение на каждом сопротивлении.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Схема цепи дана на рис.6.

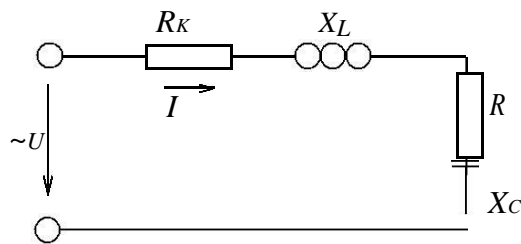


Рисунок 6

Решение

1. Полное сопротивление цепи:

$$Z = (R_K + R) + (X_L - X_C) = (4 + 2) + (12 - 4) = 10 \text{ Ом}$$

2. Сила тока в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А}$$

3. Коэффициент мощности цепи:

$$\cos \varphi = \frac{R_K + R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6$$

По таблице Брадиса находим $\varphi = 53^\circ 10'$

4. Активная мощность цепи:

$$P = I^2 \cdot (R_K + R) = 10^2 \cdot (4 + 2) = 600 \text{ Вт, или}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \text{ Вт}$$

5. Реактивная мощность цепи:

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 10^2 \cdot (12 - 4) = 800 \text{ Вар}$$

$$\text{или } Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \text{ Вар,}$$

$$\text{где } \sin\varphi = \frac{Q}{U \cdot I} = \frac{800}{100 \cdot 10} = 0,8.$$

6. Полная мощность цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 800^2} = 1000 \text{ ВА}$$

7. Напряжения на всех сопротивлениях цепи:

$$U_{ак} = I \cdot R_k = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В;}$$

$$U_a = I \cdot R = 10 \cdot 2 = 20 \text{ В;}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 10 \cdot 12 = 120 \text{ В;}$$

$$U_C = I \cdot X_C = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В.}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжений. Задаемся масштабом по току $m_I = 2,5 \text{ А/см}$ и масштабом по напряжению $m_U = 20 \text{ В/см}$. Построение векторной диаграммы (рис. 7) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе

$$\ell_I \text{ —————}$$

Вдоль вектора ℓ_I откладываем векторы напряжений на активных сопротивлениях $U_{ак}$ и U_a , длины которых равны:

$$\ell_{U_{ак}} = \frac{U_{ак}}{m_U} = \frac{40}{20} = 2 \text{ см.}$$

$$\ell_{U_a} \text{ —————}$$

Из конца вектора ℓ_{U_a} откладываем вектор напряжения на индуктивном сопротивлении U_L длиной

$$\ell_{U_L} \text{ —————}$$

Из конца вектора ℓ_{U_L} откладываем вектор напряжения на конденсаторе U_C длиной

на 90° вектор напряжения на конденсаторе с длиной

$$\text{—————}$$

$$\ell_{U_C} = \frac{U_C}{m_U} = \frac{40}{20} = 2 \text{ см.}$$

Геометрическая сумма векторов, u_k , u , L , C равна напряжению, приложенному к цепи.

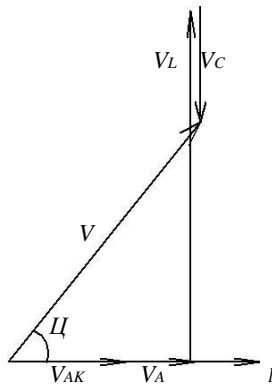


Рисунок 7

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Электрическое поле и его основные характеристики.
2. Проводники и диэлектрики в электрическом поле.
3. Электроизоляционные материалы.
4. Конденсаторы, их виды и графическое обозначение в схемах. Электрическая ёмкость. Зависимость ёмкости конденсатора от диэлектрической проницаемости и геометрических размеров.
5. Общая ёмкость при последовательном, параллельном и смешанном соединении конденсаторов. Энергия электрического поля конденсатора.
6. Элементы электрической цепи. Классификация электрических цепей.
7. Сопротивление и проводимость проводников.
8. Электрический ток. Условия его возникновения, единицы измерения. Направление, сила и плотность тока.
9. Электродвижущая сила источников электрической энергии.
10. Закон Ома для участка и полной цепи.
11. Зависимость сопротивления проводника от температуры. Резисторы, реостаты и потенциометры.
12. Электрическая энергия и мощность источника. Закон Ленца – Джоуля. Использование теплового действия тока в технике. Коэффициент полезного действия.
13. Последовательное, параллельное и смешанное соединения резисторов.
14. Методы расчета сложных электрических цепей. Первый и второй законы Кирхгофа.
15. Основные параметры, характеризующие магнитное поле электрического тока. Единицы магнитных величин. Закон полного тока.
16. Электромагнитная сила. Действие магнитного поля на проводник с током.
17. Магнитные материалы. Циклическое перемагничивание магнитных материалов.
18. Закон электромагнитной индукции. Определение направления индуцированной ЭДС с помощью правила левой руки.
19. Понятие о потекосцеплении. Индуктивность.
20. ЭДС самоиндукции. ЭДС взаимной индукции.
21. Устройство трансформатора. Принцип действия трансформатора. Вихревые токи, их отрицательное действие, способы их уменьшения.

22. Основные понятия переменного тока.
23. Параметры и формы представления переменного тока и напряжения.
24. Понятие фазы переменного тока и сдвига фаз. Изображение синусоидальных величин.
25. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Цепь с активным сопротивлением: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Мощность цепи.
26. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Цепь с индуктивностью: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Мощность цепи.
27. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Электрическая цепь с емкостью: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Мощность цепи.
28. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Электрическая цепь с активным сопротивлением и индуктивностью: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Активная, реактивная и полная мощности цепи. Коэффициент мощности.
29. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Электрическая цепь с активным сопротивлением и емкостью: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Активная, реактивная и полная мощности цепи. Коэффициент мощности.
30. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Электрическая цепь с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью: уравнения мгновенных значений тока и напряжения, временные и векторные диаграммы тока и напряжений. Активная, реактивная и полная мощности цепи. Коэффициент мощности.
31. Условия возникновения и особенности резонанса напряжения и токов, векторные диаграммы.
32. Получение ЭДС в трехфазной системе.
33. Соединение обмоток трехфазного генератора и потребителей звездой. Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при симметричной нагрузке. Векторные диаграммы линейных и фазных напряжений.
34. Соединение нагрузки треугольником. Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при симметричной нагрузке. Векторные диаграммы линейных и фазных напряжений.
35. Общие сведения об электроизмерительных приборах. Классификация электроизмерительных приборов, условные обозначения на шкалах.
36. Приборы и схемы для измерения электрического тока.
37. Приборы и схемы для измерения электрического напряжения.
38. Приборы и схемы для измерения мощности в цепи постоянного тока.
39. Устройство, принцип действия и классификация электрических машин переменного тока.

40. Асинхронные двигатели: их мощность, частота вращения, скольжение и вращающий момент, механическая характеристика.

41. Пуск в ход асинхронных двигателей.

42. Устройство и принцип действия машин постоянного тока.

43. Генераторы постоянного тока, схемы включения обмотки возбуждения.

44. Двигатели постоянного тока. Пуск в ход и регулирование частоты вращения двигателей с параллельным и последовательным возбуждением.

45. Понятие собственной и примесной проводимости полупроводников.

46. Электронно-дырочный переход и его свойства: его прямое и обратное включение.

47. Вольтамперная характеристика диодов и виды пробоя.

48. Классификация полупроводниковых диодов, принцип маркировки диодов.

49. Выпрямительные диоды: назначение, устройство, условно-графические обозначения в схемах, вольтамперная характеристика.

50. Устройство биполярных транзисторов: структура и полярность включения.

51. Принцип действия транзисторов, их схемы включения, режимы работы, основные параметры.

52. Статические характеристики биполярных транзисторов.

53. Классификация тиристоров и их условно-графические обозначения в схемах.

54. Диодный неуправляемый тиристор (динистор): устройство, схема включения, принцип действия, вольтамперная характеристика.

55. Триодный тиристор (тринистор): устройство, схема включения, принцип действия, вольтамперная характеристика.

56. Основные параметры тиристоров и система маркировки. Симисторы.

Заключение

Увеличение производства электроэнергии и развитие электроники связано с внедрением вычислительной и микропроцессорной техники, автоматизацией оборудования, созданием автоматизированных технологических комплексов и требует от студентов хороших теоретических знаний и практических навыков.

В процессе самостоятельной работы с литературой и теоретических занятий обучающиеся приобретают основные понятия физической сущности явлений, закономерностей, производят расчеты.

В процессе выполнения лабораторных и практических работ обучающиеся приобретают практические навыки использования измерительной техники для производства измерений электрических величин, навыки чтения и сборки электрических схем, решения практических задач путем постановки опыта на основе специально разработанных заданий в условиях лаборатории, подбора рациональных методов расчета электрических цепей.

У студентов воспитываются аккуратность и бережливость, развивается внимание, появляется интерес к содержанию учебного материала, расширяется профессиональный кругозор.

