

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Елецкий техникум железнодорожного транспорта - филиал федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Ростовский государственный университет путей сообщения»

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по подготовке к промежуточной аттестации
для обучающихся по специальности
23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

базовая подготовка среднего профессионального образования

Автор:
Воробьева И.В.
преподаватель ЕТЖТ – филиала РГУПС

2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	4
1.1 Вопросы и задания к промежуточной аттестации.....	5
1.2. Требования и критерии оценивания ответов	11
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	12
2.1. Тематический план учебной дисциплины ОП.03 Электротехника	12
2.2 Учебный материал для подготовки к промежуточной аттестации	15
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог и на основе рабочей программы дисциплины ОП.03 Электротехника.

Методическое пособие предназначено обучающимся для оказания помощи в организации их работы по изучению дисциплины ОП.03 Электротехника и подготовке к экзамену, а также преподавателям для организации учебного процесса по дисциплине в целом и подготовки материалов для промежуточной аттестации.

Дисциплина ОП.03 Электротехника является обязательной частью общепрофессионального цикла дисциплин в структуре основной образовательной программы в соответствии с ФГОС СПО и охватывает круг вопросов, необходимых в профессиональной деятельности будущего техника: об основных законах электротехники; о принципе действия различных электрических машин и трансформаторов; об использовании электроизмерительных приборов; об электроснабжении промышленных предприятий; об основах электроники. Знания, полученные при изучении данной дисциплины, являются основой для последующего освоения профессиональных модулей, междисциплинарных курсов и дисциплин.

Цель промежуточной аттестации — определение соответствия уровня и качества подготовки специалиста требованиям к результатам освоения программы дисциплины.

В результате изучения учебной дисциплины ОП 02 Электротехника и электроника обучающийся должен

уметь:

- производить расчет параметров электрических цепей;
- собирать электрические схемы и проверять их работу;

знать:

– методы преобразования электрической энергии, сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчета их параметров;

- основы электроники, электронные приборы и усилители.

Освоение программы ОП 03 Электротехника способствует формированию следующих общих и профессиональных компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;.

ПК 1.1. Эксплуатировать железнодорожный подвижной состав (по видам подвижного состава).

ПК 1.2. Проводить техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава в соответствии с требованиями технологических процессов.

Образовательная организация в зависимости от профиля и специфики подготовки специалистов может вносить изменения в содержание и последовательность изучения учебного материала при условии обязательного выполнения требований ФГОС СПО.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В соответствии с примерной программой формой промежуточной аттестации по дисциплине ОП 03 Электротехника является экзамен, который проводится по билетам.

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие все предусмотренные учебным планом лабораторные, практические и контрольные работы по дисциплине.

Каждый билет состоит из двух теоретических вопросов и задачи. Максимальное время для подготовки - 40 минут. Ответ можно начинать с любого вопроса; преподаватель может задать дополнительные вопросы, если считает ответ недостаточным. Ответы оцениваются по пятибалльной системе, общая оценка выставляется как среднее арифметическое из ответов на вопросы и решения задачи. Пример приведен в Приложении 1 и 2.

1.1 Вопросы и задания к промежуточной аттестации

Теоретические вопросы

«Электростатика»

1. Понятия и основные характеристики электрического поля:
напряженность, электрический потенциал, электрическое напряжение.

2. Диэлектрическая проницаемость.

3. Поляризация и электрическая прочность диэлектриков.

3. Закон Кулона. Электрическая постоянная.

4. Электрическая емкость.

5. Конденсаторы.

6. Соединение конденсаторов в батарее.

«Электрические цепи постоянного тока»

7. Основные понятия постоянного тока.

8. Закон Ома для участка цепи.

9. Закон Ома для полной электрической цепи постоянного тока.

10. Последовательное соединение потребителей в цепях постоянного тока.

11. Параллельное соединение потребителей в цепях постоянного тока.

12. Смешанное соединение потребителей в цепях постоянного тока.

Эквивалентное сопротивление цепи.

13. Законы Кирхгофа для цепей постоянного тока.
14. Работа и мощность электрического тока.
15. Преобразование электрической энергии в тепловую.
16. Закон Джоуля-Ленца.

«Электромагнетизм»

17. Понятия и основные характеристики магнитного поля: магнитная индукция, магнитный поток, напряженность магнитного поля.
18. Правила «правого винта» и магнитные полюса. Действие магнитного поля на проводник с током, правило «левой руки».
19. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции.
20. Движение проводника в магнитном поле.
21. Ферромагнитные материалы. Гистерезис.
22. Понятия самоиндукции и взаимной индукции.
23. Понятие индуктивности.

«Электрические цепи однофазного переменного тока»

24. Получение однофазного переменного тока.
25. Основные характеристики синусоидального тока, волновая и векторная диаграммы.
26. Неразветвленные цепи переменного тока с активным сопротивлением, емкостью и индуктивностью: векторные диаграммы напряжений и тока, закон Ома, полное сопротивление, полная мощность, коэффициент мощности. Резонанс напряжений.
27. Электрическая цепь переменного тока с индуктивностью, векторные диаграммы напряжений и тока. Закон Ома, индуктивное сопротивление, реактивная мощность, единицы измерения.
28. Электрическая цепь переменного тока с емкостью, векторные диаграммы напряжений и тока. Закон Ома, емкостное сопротивление, реактивная мощность.
29. Разветвленные электрические цепи переменного тока: векторные

диаграммы напряжения и токов, закон Ома, полное сопротивление, полная мощность, коэффициент мощности. Резонанс токов.

«Электрические цепи трехфазного переменного тока»

30. Получение трехфазного переменного тока, принцип действия простейшего трехфазного генератора.

31. Соединение обмоток трехфазного генератора и нагрузки «звездой», соотношения линейных и фазных напряжений и токов, векторные диаграммы напряжений и токов.

32. Роль нейтрального провода при соединении нагрузки «звездой».

33. Симметричная и несимметричная нагрузки при соединении «звездой» и «треугольником»

34. Соединение обмоток трехфазного генератора и нагрузки «треугольником», соотношения линейных и фазных напряжений и токов, векторные диаграммы напряжений и токов.

35. Мощность в электрических цепях трехфазного переменного тока.

«Электрические измерения»

36. Классификация измерительных приборов.

37. Погрешность приборов.

38. Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов.

39. Методы измерения электрических величин.

40. Устройство, принцип действия приборов магнитоэлектрической системы, применение.

41. Устройство, принцип действия приборов электромагнитной системы, применение.

42. Устройство, принцип действия приборов электродинамической и ферродинамической систем, применение.

«Электрические машины постоянного тока»

43. Устройство и принцип действия генераторов постоянного тока.

44. Типы возбуждения генераторов.

45. Устройство и принцип действия двигателей постоянного тока.

46. Способы регулирования частоты вращения двигателей.
47. Основные параметры двигателей постоянного тока.
48. Механические и рабочие характеристики двигателей постоянного тока.

«Электрические машины переменного тока»

49. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя.
50. Методы пуска трехфазного асинхронного двигателя.
51. Методы регулирования частоты вращения трехфазного асинхронного

двигателя.

52. Основные параметры, регулировочная, механические и рабочие характеристики трехфазного асинхронного двигателя.

«Трансформаторы»

53. Устройство однофазного трансформатора,
54. Принцип действия однофазного трансформатора.
55. Основные параметры однофазного трансформатора,
56. Режимы работы трансформаторов.
57. Потери мощности и КПД трансформаторов.
58. Виды трансформаторов.

«Основы электропривода»

59. Понятие электропривода.
60. Режимы работы электродвигателей в электроприводе.
61. Схемы управления электродвигателями.

«Передача и распределение электроэнергии»

62. Понятие об электроснабжении.
63. Простейшая схема электроснабжения.
64. Электробезопасность.

Практические задания для промежуточной аттестации

Задание 1

Два конденсатора емкостью $C_1=4\text{мкФ}$, $C_2=6\text{мкФ}$ соединены параллельно, последовательно к ним подключен третий конденсатор емкостью $C_3=10\text{ мкФ}$. Определите эквивалентную емкость батареи.

Задание 2

Определите силу взаимодействия двух точечных тел с зарядами $Q_1=20$ мкКл и $Q_2=40$ мкКл, помещенных в трансформаторное масло ($\epsilon=2$) на расстоянии 20 см друг от друга.

Задание 3

Батарея с ЭДС $E=24$ В и внутренним сопротивлением $r=2$ Ом питает внешнюю цепь, состоящую из двух параллельных сопротивлений $R_1=10$ Ом и $R_2=15$ Ом. Определить силу тока в цепи.

Задание 4

Определите силу тока в кипятильнике, если при подключении источнику напряжением 24 В, он нагревает 200 г воды от 30 до 100°C за 5 мин. Потерями пренебречь.

Задание 5

В электрической цепи постоянного тока три резистора соединены параллельно. Сопротивления резисторов: $R_1=12$ Ом; $R_2=6$ Ом; $R_3=12$ Ом. Определите эквивалентное сопротивление цепи R_{Σ} ; найдите ток цепи I , если напряжение на зажимах $U=24$ В.

Задание 6

На прямолинейный проводник длиной 60 см и током 2А, расположенный под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля, действует сила 2 Н. Определите индукцию магнитного поля.

Задание 7

Катушка с индуктивностью $L=35$ мГн включена в сеть переменного тока с частотой $f=50$ Гц. Определите приближенное значение индуктивного сопротивления X_L катушки.

Задание 8

Конденсатор емкостью $C=100$ мкФ подключен в сеть переменного тока с частотой $f=100$ Гц. Определите приближенное значение емкостного сопротивления X_C конденсатора.

Задание 9

В электрической цепи с частотой тока $f=50$ Гц известны сопротивления последовательно соединенных резистора $R=4$ Ом, индуктивного сопротивления катушки $X_L=10$ Ом и емкостного сопротивления конденсатора $X_C=7$ Ом. Напряжение на зажимах цепи 36 В. Определите силу тока в цепи.

Задание 10

Симметричная нагрузка в 3-х фазной цепи соединена «звездой». Линейное напряжение $U_L=380$ В. Определить фазное напряжение.

Задание 11

Линейное напряжение $U_L=380$ В. Определить фазное напряжение, если симметричная нагрузка соединена треугольником.

Задание 12

Линейный ток $I_L=2,2$ А. Определить фазный ток, если симметричная нагрузка соединена треугольником.

Задание 13

В симметричной трехфазной цепи $U_\phi=220$ В, $I_\phi=5$ А, $\cos \phi=0.8$. Определить активную мощность цепи Р.

Задание 14

В цепи постоянного тока с ЭДС источника 12 В при измерении получено значение 12,5 В. Определить абсолютную и относительную погрешность прибора.

Задание 15

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением развивает на выводах номинальное напряжение $U=220$ В; сопротивление нагрузки $R_H=2,2$ Ом. Определить: ток в нагрузке I.

Задание 16

Магнитное поле трехфазного тока частотой 50 Гц вращается со скоростью 3000 об/мин. Определите число пар полюсов этого поля.

Задание 17

Двухполюсный ротор синхронного генератора вращается со скоростью 3000 об/мин. Определите частоту тока.

Задание 18

Определить приближенное значение коэффициента трансформации, если напряжение на первичной обмотке однофазного трансформатора $U_1 = 200$ В; мощность трансформатора $P = 1$ кВт; ток вторичной обмотки $I_2 = 0,5$ А.

Задание 19

Однофазный трансформатор с коэффициентом трансформации $K=0,5$ подключен к сети переменного тока с напряжением $U_1=110$ В. Сопротивление нагрузки трансформатора $R_H=10$ Ом. Определите ток нагрузки I_2 .

1.2. Требования и критерии оценивания ответов

Критерии оценки

– «5» (отлично) — если обучающийся показывает глубокое и полное овладение учебным материалом, в котором легко ориентируется; умеет применять теоретические знания для решения задач, высказывать и обосновывать свои суждения; грамотно и логично излагает ответ на практико-ориентированные вопросы; обосновывает свое высказывание с точки зрения известных теоретических положений;

– «4» (хорошо) — если обучающийся полностью освоил учебный материал; ориентируется в изученном материале; умеет применять теоретические знания для решения задач; грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности;

– «3» (удовлетворительно) — если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его не полностью, непоследовательно; допускает неточности в определении понятий, в применении теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы; при решении задач допускает погрешности, устраняет с помощью наводящих вопросов преподавателя;

– «2» (неудовлетворительно) — если обучающийся имеет разрозненные, бессистемные знания по дисциплине; допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может применять теоретические знания к решению задач.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Тематический план учебной дисциплины ОП.03 Электротехника

Таблица 1

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, практических и лабораторных занятий	Объем часов
Раздел 1 Электростатика		6
Тема 1.1 Электрическое поле	Содержание учебного материала Классификация электротехнических материалов.	2 2
Тема 1.2 Электрическая емкость и конденсаторы	Содержание учебного материала Электрическая емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов в батарее. Расчет параметров батареи конденсаторов.	2 2
Самостоятельная работа		2
Раздел 2 Электрические цепи постоянного тока		21
Тема 2.1 Электрический ток, сопротивление, проводимость	Содержание учебного материала Основные параметры цепей постоянного тока: электрический ток, сопротивление, проводимость, электродвижущая сила (далее - ЭДС). Резисторы, реостаты, потенциометры. Методы измерения тока, напряжения, сопротивления. Закон Ома.	84 4
	В том числе практических и лабораторных занятий	4
	Лабораторное занятие № 1. Сборка электрической цепи и изучение способов включения электроизмерительных приборов.	2
	Лабораторное занятие № 2. Проверка закона Ома для участка цепи.	2
Тема 2.2 Электрическая энергия и мощность	Содержание учебного материала Энергия и мощность постоянного тока, единицы измерения, методы измерения мощности. Баланс мощностей. Электрический КПД. Закон Джоуля-Ленца.	4 2
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 3. Расчет потери напряжения и КПД линии электропередачи	2
Тема 2.3 Расчет электрических цепей постоянного тока	Содержание учебного материала Построение цепей постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным соединением потребителей. Расчет параметров электрических цепей. Законы Кирхгофа.	6 4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 4. Исследование цепи постоянного тока с последовательным соединением резисторов.	2

Самостоятельная работа		3
Раздел 3 Электромагнетизм		8
Тема 3.1 Магнитное поле постоянного тока	Содержание учебного материала	2
	Сущность физических процессов, протекающих в магнитном поле. Магнитные свойства материалов. Электромагнитная сила.	2
Тема 3.2 Электромагнитная индукция	Содержание учебного материала	4
	Явление электромагнитной индукции, правило Ленца. Вихревые токи. Физическая сущность явления самоиндукции, ЭДС самоиндукции, индуктивность. Физическая сущность явления взаимной индукции, ЭДС взаимной индукции, взаимная индуктивность.	2
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 5. Проверка законов электромагнитной индукции.	2
Самостоятельная работа		2
Раздел 4 Электрические цепи переменного однофазного тока		19
Тема 4.1 Синусоидальный электрический ток	Содержание учебного материала	2
	Получение переменного синусоидального тока, его параметры. Графическое изображение синусоидально изменяющихся величин.	2
Тема 4.2 Линейные электрические цепи синусоидального тока	Содержание учебного материала	8
	Сущность физических процессов, протекающих в цепях переменного тока. Активное сопротивление, индуктивность, емкость в цепи переменного тока. Закон Ома, реактивное сопротивление, векторные диаграммы. Построение цепи переменного тока с последовательным соединением элементов, порядок расчета: закон Ома, полное сопротивление, полная мощность, построение векторных диаграмм, треугольников сопротивлений, треугольников мощностей. Построение цепи переменного тока с параллельным соединением элементов, построение векторных диаграмм, расчет проводимостей.	4
	В том числе практических и лабораторных занятий	4
	Лабораторное занятие № 6. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и индуктивности.	1
	Лабораторное занятие № 7. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и емкости.	1
	Лабораторное занятие № 8. Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности.	1
	Лабораторное занятие № 9. Исследование цепи	1

	переменного тока с параллельным соединением активного сопротивления и емкости.	
Тема 4.3 Резонанс в электрических цепях переменного однофазного тока	Содержание учебного материала	6
	Последовательное соединение катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений. Параллельное соединение катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов. Коэффициент мощности, его значение, способы улучшения.	4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 10. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений	1
	Лабораторное занятие № 11. Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов	1
Самостоятельная работа		3
Раздел 5 Трехфазные цепи		12
Тема 5.1 Получение трехфазного тока	Содержание учебного материала	2
	Получение трехфазной системы ЭДС. Трехфазный генератор. Соединение обмоток трехфазного генератора. Фазные и линейные напряжения, векторные диаграммы.	2
Тема 5.2 Расчет цепей трехфазного тока	Содержание учебного материала	8
	Соединение потребителей «звездой», расчет параметров: фазные и линейные напряжения и токи, векторные диаграммы. Роль нейтрального (нулевого рабочего) провода. Соединение потребителей «треугольником», расчет параметров: фазные и линейные напряжения и токи, векторные диаграммы.	4
	В том числе практических и лабораторных занятий	4
	Лабораторное занятие № 12. Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой».	2
	Лабораторное занятие № 13. Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей «треугольником».	2
Самостоятельная работа		2
Раздел 6 Электрические измерения		10
Тема 6.1 Измерительные приборы	Содержание учебного материала	4
	Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов. Устройство, принцип действия приборов магнитоэлектрической системы, применение.	2

	Устройство, принцип действия приборов электромагнитной системы, применение. Устройство, принцип действия приборов электродинамической и ферродинамической систем, применение.	
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 14. Ознакомление с устройством электроизмерительных приборов.	2
Тема 6.2 Измерение электрических сопротивлений, мощности и энергии.	Содержание учебного материала	4
	Классификация электрических сопротивлений. Измерение малых, средних и больших сопротивлений косвенным методом, мостами, омметром и мегаомметром. Измерение мощности и энергии в электрических цепях.	2
	В том числе практических и лабораторных занятий	2
	Лабораторное занятие № 15. Измерение сопротивлений мостами и омметром.	1
	Лабораторное занятие № 16. Включение в цепь и поверка однофазного счетчика электрической энергии.	1
Самостоятельная работа		2
Промежуточная аттестация в форме экзамена		12
Всего		74

2.2 Учебный материал для подготовки к промежуточной аттестации

Тема 1. Электрическое поле

Содержание учебного материала

Понятия и основные характеристики электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Электрическая емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.

Основные термины и понятия

Электрический заряд, напряженность электрического поля, потенциал, напряжение, проводники, диэлектрики, диэлектрическая проницаемость, поляризация диэлектриков, закон Кулона.

Конденсаторы, электрическая емкость конденсатора, батареи конденсаторов, эквивалентная емкость.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию

из источников [1, гл. 2]. Особое внимание следует уделить определению электрического поля, его основным характеристикам, понятию емкости и методам расчета эквивалентной емкости батареи конденсаторов.

Краткие теоретические сведения

Электрическое поле - особый вид материи, одна из двух составляющих электромагнитного поля. Возникает вокруг неподвижных электрических зарядов и определяется действием на другие заряды: одноименные заряды отталкиваются, разноименные заряды притягиваются. Электрический заряд является физической величиной, характеризующей интенсивность электромагнитных взаимодействий. При электризации электрический заряд изменяется не непрерывным и произвольным образом, а только на строго определенное значение, равное или кратное минимальному количеству электричества, называемому элементарным электрическим зарядом. Сила взаимодействия между двумя неподвижными электрическими зарядами определяется по закону Кулона: сила электрического взаимодействия F между двумя неподвижными точечными электрически заряженными телами Q_1 и Q_2 пропорциональна произведению их зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния r^2 между ними:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

где k - коэффициент пропорциональности

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \quad (2)$$

ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость;

ϵ_0 - диэлектрическая постоянная равная $8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м.

Основными характеристиками электрического поля являются: напряженность E , электрический потенциал ϕ , электрическое напряжение U .

Напряженность - силовая характеристика поля, она численно равна силе, действующей на единичный положительный заряд:

$$E = \frac{F}{q} \quad (3)$$

Q - величина заряда, Кл.

Напряженность - величина векторная. За направление вектора

напряженности E принимают направление силы, с которой поле действует на пробный заряд помещенный в данную точку поля. Электрическое поле графически удобно представлять силовыми линиями. Линии напряженности электростатического поля никогда не могут быть замкнуты сами на себя. Они обязательно имеют начало и конец либо уходят в бесконечность. Условились считать, что линии напряженности электрического поля направлены от положительного заряда к отрицательному, т.е. выходят из положительного заряда, а входят в отрицательный заряд. Линии напряженности никогда не пересекаются.

Работа, которую совершает сторонняя сила, перемещая в электрическом поле заряд, пропорциональна величине сил поля, противодействующих этому перемещению. Совершаемая при этом сторонними силами работа полностью расходуется на увеличение потенциальной энергии поля. Для характеристики поля со стороны его потенциальной энергии принята величина, называемая потенциалом электрического поля.

Напряжение между двумя точками электрического поля численно равно работе, которую совершает поле для переноса единицы положительного заряда из одной точки поля в другую:

$$U = \frac{A}{Q} \quad (4)$$

U – напряжение, В;

A – работа сил поля, Дж;

Q - величина заряда, Кл.

Все вещества с точки зрения проводимости делятся на проводники, диэлектрики и полупроводники. Проводники хорошо проводят электрический ток. Диэлектрики - плохо или совсем не проводят электрический ток и характеризуются диэлектрической постоянной, им присуще явление поляризации - упорядоченное переориентирование молекул диэлектрика под действием внешнего электрического поля.

Конденсаторы – устройства, обладающие способностью накапливать заряд электрического поля. Конденсатор состоит из двух проводников, разделенных

слоем диэлектрика и характеризуется электроемкостью C , которая зависит от геометрических размеров конденсатора и свойств диэлектрика.

Соединение конденсаторов в батарею может быть двух видов: последовательное и параллельное. При последовательном соединении эквивалентная емкость батареи рассчитывается по формуле:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (5)$$

При параллельном соединении эквивалентная емкость батареи рассчитывается по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (6)$$

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определение электрического поля.
2. Изобразите электрическое поле положительного точечного заряда.
3. Дайте определение напряженности электрического поля.
4. Дайте определения потенциала электрического поля и электрического напряжения.
5. Объясните, что такое диэлектрическая проницаемость.
6. Поясните, в чем заключается сущность поляризации диэлектрика.
7. Опишите устройство простейших конденсаторов.
8. Укажите, как определить емкость плоского конденсатора.
9. Приведите формулы для расчета общей емкости конденсаторов при параллельном и последовательном соединении.

Тема 2. Электрические цепи постоянного тока

Содержание учебного материала

Основные понятия. Законы цепей постоянного тока (Законы Кирхгофа). Последовательное, параллельное, смешанное соединение потребителей. Расчет простых электрических цепей. Эквивалентное сопротивление цепи. Расчет сложных электрических цепей методами законов Кирхгофа и узлового напряжения.

Основные термины и понятия

Постоянный ток, напряжение, сопротивление электрической цепи, проводимость, электродвижущая сила (ЭДС), сила тока, закон Ома для полной цепи и участка цепи, резисторы, параллельное и последовательное соединение резисторов, эквивалентное сопротивление цепи. Работа, мощность электрической цепи, Закон Джоуля-Ленца.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [1, гл. 1.]. Особое внимание следует уделить определению параметров электрической цепи, закону Ома для полной цепи и участка цепи, способам соединения резисторов, расчету эквивалентного сопротивления цепи, определению работы и мощности электрического тока.

Краткие теоретические сведения

Постоянный ток - это ток, практически не меняющий свое значение и направление во времени. За направление постоянного тока принято направление движения положительных зарядов. Основными характеристиками постоянного тока являются:

сила тока I - скалярная физическая величина, равная электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника в единицу времени:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (7)$$

Q - величина заряда, Кл;

t - время, с

и его плотность j - физическая величина, равная силе тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока:

$$j = \frac{I}{S} \quad (8)$$

I – сила тока в цепи, А;

S - площадь поперечного сечения проводника, м².

ЭДС (E) - скалярная величина равная работе сторонних сил (не электрического происхождения) по перемещению единичного положительного заряда вдоль всей цепи.

$$E = \frac{A}{Q} \quad (9)$$

A - работа сторонних сил, Дж;

Q - величина заряда, Кл.

Проводимость (G) - скалярная величина, характеризующая способность вещества проводить электрический ток.

$$G = \frac{I}{U} \quad (10)$$

I – сила тока в цепи, А;

U – напряжение в цепи В.

Сопротивление R – величина обратная проводимости, характеризует способность вещества препятствовать прохождению электрического тока.

$$R = \frac{1}{G} \quad (11)$$

Резистор – элемент цепи, обладающий сопротивлением.

Для определения параметров электрической цепи используют закон Ома:

- для участка цепи: сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах участка и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка;

$$I = \frac{U}{R} \quad (12)$$

- для полной цепи: сила тока в цепи прямо пропорциональна сумме всех ЭДС цепи и обратно пропорциональна сумме сопротивления цепи и внутреннего сопротивления источника ЭДС.

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (13)$$

Соединение резисторов может быть двух видов: последовательное и параллельное. При последовательном соединении конец первого элемента соединяется с началом второго и т. д.

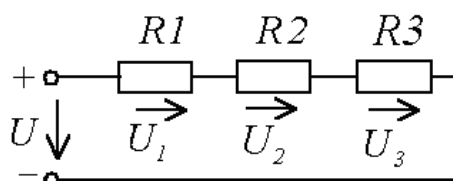


Рис. 1. Последовательное соединение резисторов

При последовательном соединении эквивалентное сопротивление цепи

равно сумме всех сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (14)$$

Общее напряжение равно сумме напряжений на каждом резисторе:

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3 \quad (15)$$

а сила тока одинакова на всех резисторах:

$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3 \quad (16)$$

При параллельном соединении начала всех резисторов соединяются в одной точке и концы всех резисторов соединяются в другой точке:

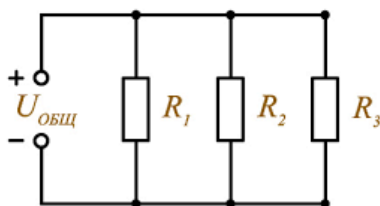


Рис. 2. Параллельное соединение резисторов

эквивалентная проводимость цепи равна сумме всех проводимостей цепи:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (17)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (18)$$

Напряжения на всех резисторах одинаковое

$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 \quad (19)$$

Сила тока равна сумме токов, протекающих через каждый резистор:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (20)$$

Мощность тока (P) - это скорость, с которой совершается работа или скорость преобразования энергии:

$$P = \frac{A}{t} \quad (21)$$

A - работа, Дж;

t - время, с.

Преобразование электрической энергии в тепловую описывается законом Джоуля-Ленца: количество теплоты, выделенное током в проводнике прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока в проводнике:

$$Q=I^2Rt \quad (22)$$

I – сила тока в цепи, А;

R - сопротивление цепи, Ом;

t - время прохождения тока в проводнике, с.

При расчете цепей также пользуются законами Кирхгофа, которые устанавливают соотношения между токами и напряжениями любой электрической цепи.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле электрической цепи равна нулю. Другая формулировка: сумма токов входящих в узел равна сумме токов выходящих из узла.

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений напряжений по любому замкнутому контуру цепи равна алгебраической сумме ЭДС, действующих вдоль этого же контура. При расчёте сложных электрических цепей, помимо закон Кирхгофа часто применяют метод «Контурных токов». Этот метод позволяет уменьшить количество решаемых уравнений. При применении этого метода сначала определяют число независимых контуров в схеме, в каждом из которых задается некий контурный ток, токи смежных ветвей соседних контуров рассматривают как алгебраическую сумму соответствующих контурных токов; для каждого контура составляется уравнение по второму закону Кирхгофа. После решения системы уравнений определяют значения истинных токов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «постоянный электрический ток».
2. Дайте определение понятиям «сила тока» и «плотность тока», укажите единицы измерения.
3. Дайте определение понятиям «электрическая проводимость» и «сопротивление», укажите единицы измерения.
4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
5. Дайте определение понятию ЭДС и приведите несколько примеров

источников ЭДС.

6. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.

7. Дайте определение понятия «мощность потребителя электроэнергии», укажите единицы измерения.

8. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца и приведите расчетную формулу.

9. Объясните, в чем заключается последовательное соединение потребителей электроэнергии.

10. Объясните, в чем заключается параллельное соединение потребителей электроэнергии.

11. Сформулируйте законы Кирхгофа.

Тема 3. Электромагнетизм

Содержание учебного материала

Магнитное поле и его характеристики. Магнитные свойства материалов. Электромагнитная индукция.

Основные термины и понятия

Магнитное поле, напряженность магнитного поля, магнитная индукция, магнитный поток, магнитная проницаемость, диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, электромагнитная индукция, взаимоиנדукция, индуктивность.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [1, гл. 2.]. Особое внимание следует уделить определению магнитной индукции, магнитного потока, понятиям электромагнитная индукции и взаимоиנדукции, индуктивности.

Краткие теоретические сведения

Магнитное поле - особый вид материи, одна из двух составляющих электромагнитного поля, возникает вокруг движущихся электрических зарядов или проводников с током. Неподвижные заряды не создают магнитного поля. Только движущиеся заряды (электрический ток) и постоянные магниты создают магнитное поле. Постоянные магниты имеют два полюса: северный и южный соответственно (N и S); одноименные полюсы отталкиваются друг от друга, а

разноименные притягиваются. Если разделить магнит на две половины, то каждая часть снова будет иметь два полюса. Процесс деления можно продолжать сколь угодно долго, и каждый полученный маленький кусочек магнита будет представлять собой магнит с двумя полюсами. Подобно тому как электрические поля графически изображаются с помощью электрических силовых линий, магнитные поля изображаются с помощью линий магнитной индукции (или магнитных силовых линий). Линии магнитной индукции - это линии, касательные к которым в данной точке совпадают по направлению с вектором магнитной индукции в этой точке. Линии магнитной индукции всегда замкнуты и охватывают проводники с токами. Направление силовых линий магнитного поля, создаваемого проводником с током, определяется по правилу буравчика. Если правовинтовой буравчик ввинчивать по направлению тока, то направление вращения рукоятки буравчика совпадает с направлением линий магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля направлены по направлению северного полюса магнитной стрелки.

Основными характеристиками магнитного поля являются: магнитная индукция B , магнитный поток Φ , напряженность магнитного поля E .

Магнитная индукция является силовой характеристикой магнитного поля в данной точке пространства. Магнитная индукция векторная величина. Модуль вектора магнитной индукции равен отношению $\text{мах. значения силы Ампера}$, действующий на проводник с током к силе тока в проводнике и его длине:

$$B = \frac{F}{Il \sin \alpha} \quad (23)$$

B - магнитная индукция, Тл;

F - сила Ампера, Н;

I - сила тока, А;

l - длина проводника с током, м;

α - угол между направлением движения проводника и вектором индукции

B .

Магнитным потоком через плоскую площадку площадью S , находящуюся в однородном магнитном поле, называют физическую величину, равную

произведению вектора магнитной индукции на площадь этой поверхности и косинус угла α между B и нормалью n к плоскости участка.

$$\Phi = BS \cos\alpha \quad (24)$$

Φ - магнитный поток, Вб;

B - магнитная индукция, Тл;

S - площадь контура, м²;

α - угол между направлением нормали n и вектором индукции B .

Магнитный поток Φ характеризует число линий магнитной индукции, проходящих через данную поверхность. В зависимости от того, какой знак имеет $\cos \alpha$, магнитный поток может быть положительным ($\Phi > 0$) и отрицательным ($\Phi < 0$). Изменить магнитный поток можно следующими способами: 1) изменяя магнитную индукцию по модулю и направлению, т. е. помещая контур с неизменной площадью в неоднородное магнитное поле; 2) изменяя ориентацию контура относительно направления вектора магнитной индукции B , т.е. вращая контур в однородном магнитном поле.

Напряженность магнитного поля - векторная величина, определяющая густоту силовых линий (линий магнитной индукции):

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0} \quad (25)$$

H - напряженность магнитного поля, А/м;

B - магнитная индукция, Тл;

μ - магнитная проницаемость среды;

μ_0 - магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

По мере возрастания выраженности магнитных свойств все вещества делят на диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Диамагнетики - намагничиваются в обратном относительно внешнего поля направлении, парамагнетики незначительно намагничиваются в направлении поля, ферромагнетики – это материалы, которые обладают способностью притягиваться к магниту и сохранять магнитные свойства даже после удаления внешнего магнитного поля. обладают сильной намагниченностью.

В основе работы многих электротехнических устройств лежит явление электромагнитной индукции. При изменении магнитного потока, пронизывающего замкнутый контур в нем, возникает электрический ток. Это явление было названо электромагнитной индукцией («индукция» - значит «наведение»). После многочисленных опытов Фарадей установил, что в замкнутых проводящих контурах электрический ток возникает лишь в тех случаях, когда они находятся в переменном магнитном поле, независимо от того, каким способом достигается изменение потока индукции магнитного поля во времени. Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют индукционным током.

Согласно закону Фарадея, в контуре, помещенном в движущееся магнитное поле, индуцируется электродвижущая сила ЭДС, равная скорости изменения магнитного потока в этом контуре:

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{t} \quad (26)$$

e – ЭДС индукции, В;

$\Delta\Phi$ - изменение магнитного потока, Вб;

t – время изменения магнитного потока, с.

Знак «минус» в формуле отражает правило Ленца - индукционный ток всегда направлен таким образом, что его действие противоположно действию причины, вызывающей ток.

Частными случаями явления электромагнитной индукции являются взаимная индукция и самоиндукция. Явление возникновения индуцированного электрического поля в контурах, находящихся вблизи других контуров, по которым протекает изменяющийся во времени электрический ток, называют взаимной индукцией. Самоиндукция - явление возникновения ЭДС индукции в контуре при изменении магнитного потока, вызванном изменением тока, проходящего через сам контур. Магнитный поток, возникающий в контуре, пропорционален силе тока:

$$\Phi = LI \quad (27)$$

Φ - магнитный поток, Вб;

I – сила тока, А;

L - индуктивность, Гн.

Коэффициент пропорциональности L между магнитным потоком и силой тока называют индуктивностью контура. Индуктивность - свойство накапливать заряд магнитного поля. Устройства, обладающие способностью накапливать заряд магнитного поля, называются катушками индуктивности. Индуктивность катушки зависит от числа витков, ее диаметра и формы, также материала сердечника.

Контрольные вопросы

1. Объясните, что такое магнитное поле и как оно обнаруживается.
2. Дайте определение понятия «магнитная индукция», укажите единицы ее измерения.
3. Дайте определение понятия «магнитный поток», укажите единицы измерения и формулу для его нахождения.
4. Объясните, что такое напряженность магнитного поля.
5. Поясните, как связана магнитная индукция поля и магнитный поток.
6. Поясните, какие материалы называются диамагнетиками, парамагнетиками и ферромагнетиками.
7. Дайте определение понятия «электромагнитная индукция», запишите и поясните формулу нахождения ЭДС индукции.
8. Дайте определение понятия «индуктивность».
9. Поясните, в чем состоит явление самоиндукции и взаимной индукции.

Тема 4. Электрические цепи однофазного переменного тока

Содержание учебного материала

Основные характеристики цепей переменного тока. Свойства активного, индуктивного, емкостного элементов в цепи переменного тока. Методы расчета цепей с активными и реактивными элементами. Расчет неразветвленной и разветвленной цепей переменного тока.

Основные термины и понятия

Переменный ток, амплитуда, частота, период, фаза, начальная фаза колебаний. Активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепях переменного тока; полное сопротивление цепи переменного тока. Активная, реактивная и полная мощность в цепях переменного тока, коэффициент мощности.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [1, гл. 3]. Особое внимание следует уделить понятию мгновенных, действующих и средних значений силы тока, напряжения и ЭДС; закону Ома для цепи переменного тока, определению активной, реактивной, полной мощности и коэффициента мощности, активному, индуктивному и емкостному сопротивлению электрической цепи, особенностям расчета неразветвленной и разветвленной цепи переменного тока.

Краткие теоретические сведения

Переменный ток - это ток, изменяющий свое значение и направление во времени по периодическому закону. Наибольшее распространение получили переменные токи и напряжения, изменяющиеся по синусоидальному (гармоническому) закону.

На практике используются мгновенные, амплитудные, действующие и средние значения тока, напряжения и ЭДС, которые характеризуются величинами: угловая скорость, частота и период колебаний, начальная фаза колебаний, сдвиг фаз.

В отличие от цепей постоянного тока, в цепях переменного тока кроме активного сопротивления имеются реактивные: индуктивное и емкостное. Сопротивление элемента электрической цепи (резистора), в котором происходит превращение электрической энергии во внутреннюю энергию, называют активным сопротивлением R . В проводнике с активным сопротивлением колебания силы тока по фазе совпадают с колебаниями напряжения, а амплитуда силы тока равна амплитуде напряжения, деленной на сопротивление.

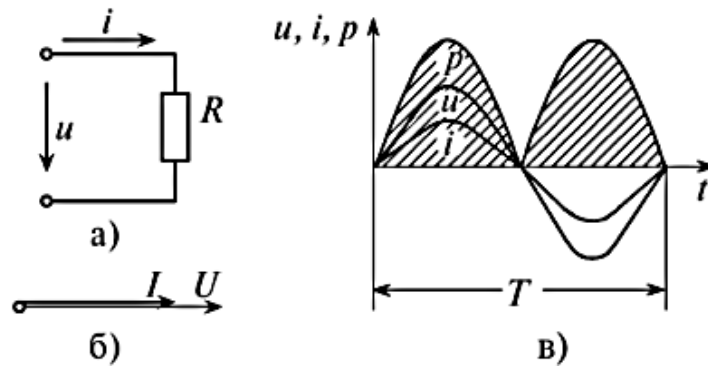


Рис. 3. Цепь с активным сопротивлением (а), векторная диаграмма (б), временная диаграмма (в).

Отношение амплитуды колебаний напряжения на катушке индуктивности к амплитуде колебаний силы тока в ней называется индуктивным сопротивлением X_L :

$$X_L = U_L / I \quad (28)$$

В отличие от электрического сопротивления проводника в цепи постоянного тока, индуктивное сопротивление не является постоянной величиной, характеризующей данную катушку. Оно прямо пропорционально частоте переменного тока: $X_L = 2\pi fL$

f - частота переменного тока, Гц;

L - индуктивность, Гн.

Колебания напряжения на катушке индуктивности опережают колебания силы тока на $\pi/2$, или, колебания силы тока отстают по фазе от колебаний напряжения на $\pi/2$.

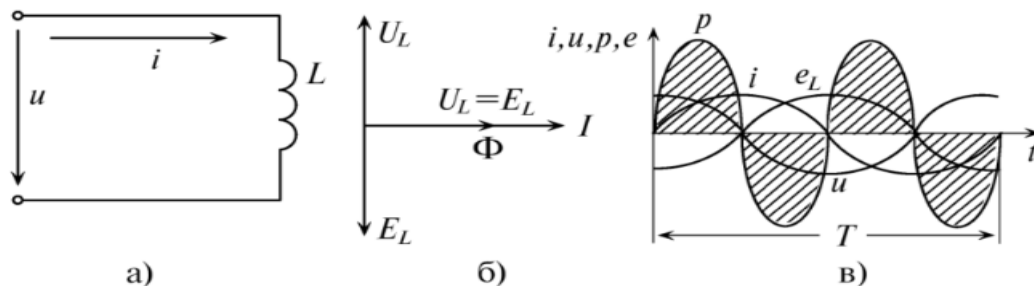


Рис. 4 Цепь с индуктивностью (а), векторная диаграмма (б), временная диаграмма (в).

Отношение амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе к амплитуде колебаний силы тока называют емкостным сопротивлением

конденсатора X_c :

$$X_c = U_c / I \quad (29)$$

Емкостное сопротивление конденсатора, как и индуктивное сопротивление катушки, не является постоянной величиной. Оно обратно пропорционально частоте переменного тока:

$$X_c = 1 / (2\pi f C) \quad (30)$$

C - емкость, Ф.

Колебания напряжения на обкладках конденсатора в цепи переменного тока отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$ или колебания силы тока опережают по фазе колебания напряжения на $\pi/2$.

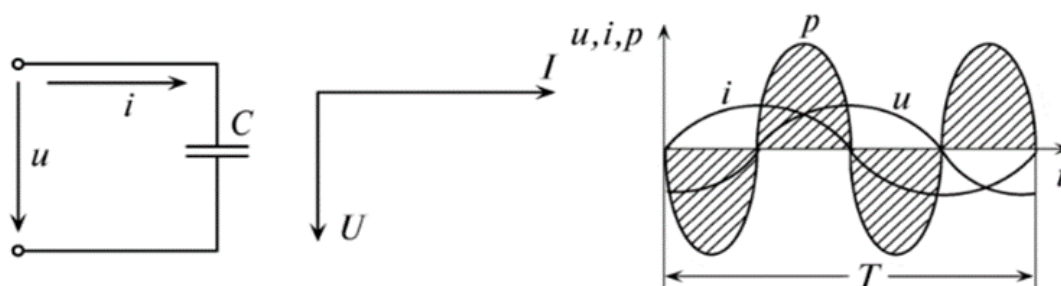


Рис.5 Цепь с емкостью (а), векторная диаграмма (б), временная диаграмма (в)

Для цепей переменного тока выполняется закон Ома: сила тока в цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи переменного тока:

$$I = \frac{U}{Z} \quad (31)$$

I – сила тока в цепи, А;

U - напряжение на участке цепи, В;

Z – полное сопротивление цепи переменного тока, Ом.

Для оценки энергетических процессов в цепях переменного тока существуют понятия активной, реактивной и полной мощности. Активная мощность характеризует среднюю скорость поступления электроэнергии в цепь, где она рассеивается в виде теплоты. Реактивная мощность характеризует интенсивность обмена энергией между электрической цепью и источником энергии. Полная мощность характеризует предельную энергетическую

возможность источника питания.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «переменный ток».
2. Поясните, что такое мгновенное значение ЭДС, тока и напряжения.
3. Объясните, что называется фазой переменного тока.
4. Поясните, что такое амплитудное значение переменного тока.
5. Объясните, что такое угловая (циклическая) частота переменного тока.
6. Сформулируйте закон Ома для цепи переменного тока.
7. Поясните, что характеризует активная, реактивная и полная мощность электрической цепи переменного тока.

Тема 5. Электрические цепи трехфазного переменного тока

Содержание учебного материала

Общие сведения о трехфазных электрических цепях. Соединение обмоток генератора «звездой» и «треугольником». Соединение потребителей «звездой» и «треугольником».

Основные термины и понятия

Трехфазная система ЭДС, трехфазный генератор, фаза, последовательность чередования фаз, симметричная и несимметричная система, соединение фаз «звездой» и «треугольником», фазные и линейные токи и напряжения, активная, реактивная и полная мощность трехфазной цепи.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [1, гл. 8]. Особое внимание следует уделить способам соединения фаз генератора «звездой» и «треугольником», соотношению фазных и линейных напряжений и токов при различных способах соединения.

Краткие теоретические сведения

Объединение в одну цепь нескольких подобных по структуре цепей синусоидального тока одной частоты с независимыми источниками энергии широко применяется в технике. Объединяемые цепи синусоидального тока принято называть фазами, а всю объединенную систему цепей - многофазной

системой. Наибольшее распространение получила трехфазная система.

Источником энергии в трехфазной системе служит трехфазный генератор. Он отличается от однофазного генератора синусоидального тока тем, что в пазах его статора размещены не одна, а три электрически изолированные друг от друга обмотки - фазные обмотки генератора. Фазы трехфазного генератора принято обозначать буквами латинского алфавита: А, В, С. Последовательность обозначения фаз генератора, т. е. чередования фаз, не может быть случайной, так как она определяется последовательностью изменений во времени фазных ЭДС. При соединении фаз источника энергии и приемника «звездой» все концы фазных обмоток генератора соединяются в общий узел, а три обратных провода фаз системы объединяются в один общий нейтральный провод. Узел, который образуют обмотки фаз генератора или фазы приемника, называется нейтральной точкой. Провода, соединяющие генератор с приемником, называются линейными.

В трехфазной системе напряжения между нейтралью и выводами каждой фазной обмотки генератора или каждой фазы приемника называются фазными напряжениями. У симметричной трехфазной системы действующие значения фазных напряжений одинаковы.

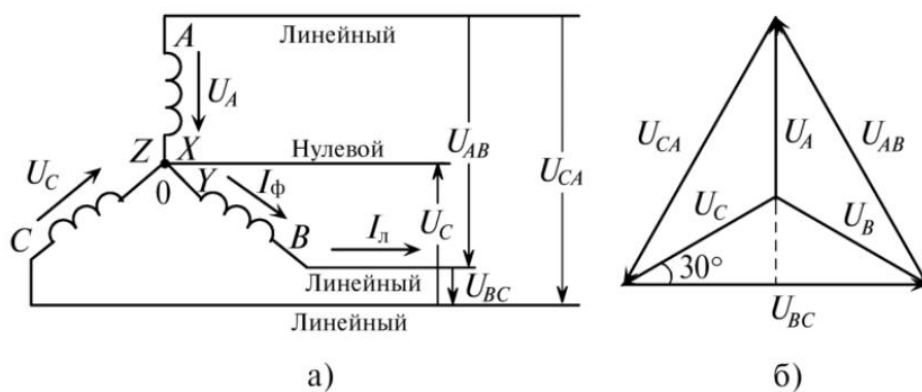


Рис. 6 Соединение обмоток генератора звездой (а), векторная диаграмма (б)

У трехфазной системы с фазами, соединенными «треугольником», нейтральный провод отсутствует. Чтобы получить соединение фазных обмоток генератора «треугольником» подключают конец X первой обмотки к началу В второй обмотки, конец Y второй обмотки к началу С третьей обмотки и конец Z

третьей обмотки к началу А первой обмотки.

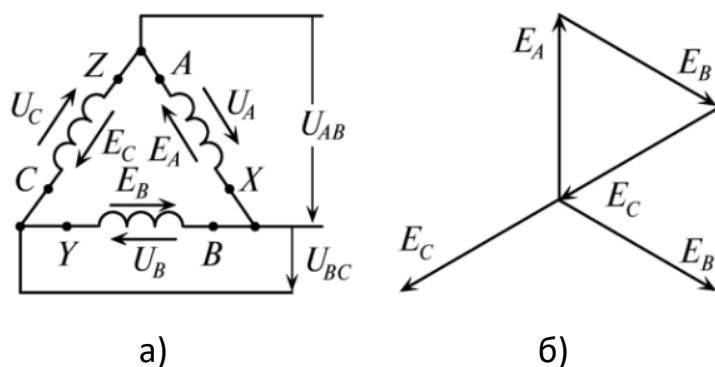


Рис. 7. Соединение обмоток генератора треугольником (а), векторная диаграмма (б)

Активной мощностью трехфазной системы называется сумма активных мощностей всех фаз источника энергии, равная сумме активных мощностей всех фаз приемника. Реактивной мощностью трехфазной системы называется сумма реактивных мощностей всех фаз источника энергии, равная сумме реактивных мощностей всех фаз приемника.

Контрольные вопросы

1. Поясните, что такое многофазная система и трехфазная система переменного тока.
2. Объясните принцип получения трехфазной системы ЭДС.
3. Поясните, что такое симметричный (равномерный) и несимметричный (неравномерный) режимы работы трехфазной цепи.
4. Поясните, какое соединение называется соединением «звездой».
5. Поясните, какое соединение называется соединением «треугольником».
7. Укажите связь между линейными и фазными токами и напряжениями при соединении «звездой» и «треугольником».

Тема 6. Электрические измерения

Содержание учебного материала

Классификация измерительных приборов. Погрешность приборов. Методы измерения электрических величин.

Основные термины и понятия

Электроизмерительный прибор, методы измерения, погрешность

измерения, измерительная система. Измерение тока, напряжения, мощности в цепях постоянного и переменного тока низкой частоты, измерение энергии в цепях переменного тока.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [2, гл. 11]. Особое внимание следует уделить классификации измерительных приборов, способам измерения электрических величин в цепях постоянного и переменного тока.

Краткие теоретические сведения

Измерение - процесс нахождения опытным путем значения физической величины с помощью специальных технических средств (средств измерения).

Существует два вида измерений:

- прямые;
- косвенные.

При прямых измерениях искомое значение физической величины определяют непосредственно по показанию прибора. К ним относятся: измерение тока амперметром, электроэнергии счетчиком, напряжения вольтметром и др.

При косвенных измерениях искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, полученными в результате прямых измерений. Например, измерив ток и напряжение, можно найти величину электрического сопротивления.

Электроизмерительные прибор - класс устройств, применяемых для измерения различных электрических величин. В группу электроизмерительных приборов входят также кроме собственно измерительных приборов и другие средства измерений - меры, преобразователи, комплексные установки.

Объектами электрических измерений являются все электрические и магнитные величины: ток, напряжение, мощность, энергия, магнитный поток и т.д. По типу отсчетного устройства различают аналоговые и цифровые измерительные приборы. В аналоговых приборах измеряемая или

пропорциональная ей величина непосредственно воздействует на положение подвижной части, на которой расположено отсчетное устройство. В цифровых приборах подвижная часть отсутствует, а измеряемая или пропорциональная ей величина преобразуется в числовой эквивалент, регистрируемый цифровым индикатором. Для исследования сложных объектов применяются автоматические измерительные системы, представляющие собой совокупность датчиков, измерительных и регистрирующих приборов, устройств их сопряжения (интерфейс) и управления.

Любой прибор непосредственного отсчета состоит из двух основных частей: измерительного механизма и измерительной цепи. В зависимости от принципа действия измерительного механизма различают несколько систем показывающих приборов: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую и ферромагнитную. Магнитоэлектрические приборы весьма чувствительны, внешние магнитные поля мало влияют на их показания, и их собственное потребление энергии относительно мало. В частности, гальванометры в большинстве случаев являются приборами магнитоэлектрической системы. Высокая чувствительность прибора позволяет уменьшить плотность тока в токоведущих частях. Поэтому магнитоэлектрический прибор достаточно вынослив к перегрузкам. Приборы электромагнитной системы допускают большие перегрузки, дешевы и просты по устройству. Электромагнитными приборами измеряют преимущественно переменные напряжения и токи (невысоких частот). В промышленных установках переменного тока низкой частоты большинство амперметров и вольтметров - приборы электромагнитной системы. Электродинамические приборы пригодны для измерений в цепях как постоянного, так и переменного тока, причем в обоих случаях шкала у приборов одна и та же.

В связи с тем, что абсолютно точных приборов нет, каждое средство измерения характеризуется погрешностью.

Погрешности делятся на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность Δ – это разность между показанием прибора A и действительным значением измеряемой величины:

$$\Delta = A - A_{д} \quad (32)$$

Относительная погрешность δ представляет собой отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины $A_{д}$. Обычно относительная погрешность выражается в процентах:

$$\delta = \frac{\pm \Delta}{A_{д}} 100\% \quad (33)$$

Приведенная погрешность представляет собой отношение абсолютной погрешности Δ к нормирующему значению A_N измеряемой величины:

$$\gamma = \frac{\pm \Delta}{A_N} 100\% \quad (34)$$

Нормирующее значение обычно принимают равным верхнему пределу измерения для данного прибора.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электроизмерительного прибора.
2. Опишите устройство, принцип действия, применение измерительных приборов магнитоэлектрической системы.
3. Опишите устройство, принцип действия, применение измерительных приборов электромагнитной системы.
4. Опишите устройство, принцип действия, применение измерительных приборов электродинамической системы.
5. Опишите устройство, принцип действия, применение измерительных приборов ферромагнитной системы.
6. Дайте определение абсолютной погрешности электроизмерительного прибора.
7. Поясните, что такое относительная погрешность электроизмерительного прибора.
8. Назовите приборы для измерения силы тока, напряжения, сопротивления и мощности.

Тема 7. Электрические машины постоянного тока

Содержание учебного материала

Устройство и принцип действия генераторов постоянного тока, двигателей постоянного тока. Основные понятия и характеристики машин постоянного тока.

Основные термины и понятия

Двигатель и генератор постоянного тока, статор, якорь, главные полюсы, коллектор, щетки. Типы возбуждения генератора, режимы работы.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [3, гл. 5]. Особое внимание следует уделить устройству, принципу действия и характеристикам машин постоянного тока, типам возбуждения генератора постоянного тока.

Краткие теоретические сведения

Машина постоянного тока состоит из неподвижной и вращающейся частей. Неподвижная часть – статор - состоит из станины, на которой укреплены главные полюсы для возбуждения главного магнитного потока и дополнительные для улучшения коммутации в машине. Главный полюс состоит из сердечника, набранного из листовой стали и укрепленного болтами на станине, и обмотки возбуждения. Дополнительные полюсы устанавливаются на станине между основными.

Якорем называют часть машины, в обмотке которой при вращении ее относительно главного магнитного поля индуцируется ЭДС. В машине постоянного тока якорь состоит из зубчатого сердечника, обмотки, уложенной в его пазах, и коллектора, насаженного на вал якоря. Для отвода тока от коллектора служат графитовые щетки, установленные в щеткодержателях. В генераторе щетки и коллектор необходимы для выпрямления переменной ЭДС витков обмотки якоря. В двигателе коллектор и щетки обеспечивают непрерывность вращения якоря.

Все рабочие характеристики машин постоянного тока при работе как в режиме генератора, так и в режиме двигателя зависят от способа включения цепи

возбуждения по отношению к цепи якоря. Соединение этих цепей может быть параллельным, последовательным, смешанным и независимым. В машинах с независимым возбуждением обмотка возбуждения, подключается к независимому источнику электроэнергии, благодаря чему ток в ней не зависит от напряжения на выводах якоря машины. Для этих машин характерна независимость главного потока от нагрузки машины. У машин с параллельным возбуждением цепь обмотки возбуждения соединяется параллельно с цепью якоря. В этом случае ток возбуждения во много раз меньше тока якоря, а напряжение между выводами цепей якоря и возбуждения одно и то же. Для машин параллельного возбуждения, работающих в системе большой мощности, характерно постоянство главного магнитного потока и его небольшая зависимость от условий нагрузки машины. У машин с последовательным возбуждением ток якоря равен току обмотки возбуждения, поэтому она выполняется проводом большого сечения. Для этих машин характерны изменения в широких пределах главного магнитного потока при изменениях нагрузки машины вследствие изменений тока якоря. В машинах со смешанным возбуждением на каждом полюсном сердечнике расположены две обмотки. Одна из этих обмоток подключена параллельно якорю, вторая обмотка -последовательно.

Электрические машины постоянного тока (двигатели и генераторы) находят широкое применение в различных областях техники. Основное достоинство двигателей постоянного тока заключается в возможности плавного регулирования частоты вращения и получения больших пусковых моментов, что очень важно для тяговых двигателей на электрическом транспорте, а также для привода различного технологического оборудования. Общим недостатком электрических машин постоянного тока является сложность их конструкции, связанная главным образом со щеточно-коллекторным аппаратом. Кроме того, в коллекторно-щеточном аппарате, осуществляющем постоянную перекоммутацию цепей электрической машины, возникает искрение, что снижает надежность машин и ограничивает область их применения.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство электрической машины постоянного тока.
2. Поясните кратко принцип действия машин постоянного тока.
3. Поясните функцию коллектора в машинах постоянного тока.
4. Объясните устройство генераторов постоянного тока с независимым возбуждением.
5. Опишите устройство генераторов постоянного тока с самовозбуждением.
6. Приведите основные характеристики генераторов постоянного тока.
7. Укажите основные параметры двигателей постоянного тока.
8. Укажите основные достоинства и недостатки машин постоянного тока.
9. Опишите область применения машин постоянного тока на железнодорожном транспорте.

Тема 8. Электрические машины переменного тока

Содержание учебного материала

Устройство и принцип действия трехфазного двигателя. Основные параметры и характеристики. Методы пуска трехфазного асинхронного двигателя. Методы регулирования частоты вращения двигателя.

Основные термины и понятия

Двигатели и генераторы переменного тока, статор, короткозамкнутый ротор, фазный ротор, обмотка возбуждения, методы пуска, методы регулирования частоты вращения, скольжение, реверсирование, регулировочная, механическая и рабочие характеристики, режимы работы.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [2, гл. 9]. Особое внимание следует уделить устройству, принципу действия и характеристикам трехфазного асинхронного двигателя.

Краткие теоретические сведения

Электрическая машина служит для преобразования механической энергии в электрическую (генератор), и наоборот – электрической энергии в

механическую (двигатель).

Трехфазный асинхронный двигатель состоит из двух главных частей: неподвижного статора и вращающегося ротора. Статор асинхронной машины представляет собой полый цилиндр, собранный из пластин электротехнической стали, изолированных друг от друга слоем лака. В пазах на внутренней стороне статора размещаются три фазные обмотки. Фазные обмотки соединяются между собой «звездой» или «треугольником» и подключаются к трехфазной сети. Токи в фазных обмотках возбуждают в машине вращающееся магнитное поле статора с числом пар полюсов p , равным числу катушечных групп в одной фазной обмотке. Асинхронные машины в основном различаются устройством ротора. Ротор асинхронной машины представляет собой цилиндрический сердечник, собранный из пластин электротехнической стали, изолированных друг от друга лаком. В большинстве двигателей применяется короткозамкнутый ротор. Обмотка короткозамкнутого ротора выполняется в виде цилиндрической клетки из медных или алюминиевых стержней, которые без изоляции вставляются в пазы сердечника ротора. Обмотка фазного ротора выполняется изолированным проводом, в большинстве случаев она трехфазная. В основе принципа действия трехфазного асинхронного двигателя лежит взаимодействие вращающегося магнитного поля с короткозамкнутым проводником. Если по трехфазной обмотке пропустить ток, то создается вращающееся магнитное поле, которое будет пронизывать ротор. Если на нем уложена замкнутая обмотка, то в ней будет наводиться ЭДС и потечет ток. Ток роторной обмотки создает магнитное поле, которое будет взаимодействовать с полем статора. В результате этого взаимодействия появляется электромагнитная сила, под действием которой возникает электромагнитный момент, приводящий ротор во вращение, направление которого совпадает с направлением вращения магнитного поля статора.

Важнейшим свойством асинхронных машин является то, что скорость вращения ротора не совпадает со скоростью вращения магнитного поля статора. Степень отставания характеризуется скольжением s . В зависимости от значения

скольжения асинхронная машина может работать в режимах двигателя, генератора и электромагнитного тормоза.

Для правильной эксплуатации асинхронного двигателя необходимо знать его характеристики: регулировочную, механическую и рабочие. Регулировочная характеристика двигателя - зависимость его оборотов от тока возбуждения, снимается в режиме холостого хода, на основании ее определяется соответствие установленного реостата возбуждения требуемым пределам регулирования скорости двигателя. Зависимость частоты вращения ротора от нагрузки (вращающегося момента на валу) называется механической характеристикой асинхронного двигателя. При номинальной нагрузке частота вращения для различных двигателей обычно составляет 98-92,5% частоты вращения магнитного поля статора. Чем больше нагрузка, т. е. вращающий момент, который должен развивать двигатель, тем меньше частота вращения ротора. Искусственные характеристики асинхронного двигателя получают за счет изменения питающего напряжения, питающей частоты, введения в цепь статора и ротора добавочных сопротивлений. Характеристика при работе двигателя без пускового реостата называется естественной. Рабочими характеристиками асинхронного двигателя называются зависимости частоты вращения n , момента на валу M , коэффициента полезного действия η и коэффициента мощности $\cos \varphi$, от полезной мощности P_2 при номинальных значениях напряжения и частоты.

Важное практическое значение для оценки асинхронных двигателей имеют их пусковые свойства. Эти свойства в основном определяются следующими величинами: пусковым током и начальным пусковым вращающим моментом, плавностью и экономичностью пускового процесса, длительностью пуска.

Для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором обычно служат метод частотного регулирования, представляющий собой плавное регулирование частоты вращения магнитного поля путем регулирования частоты тока в обмотках статора, и метод изменения числа пар полюсов вращающегося магнитного поля, при котором частота

вращения магнитного поля изменяется скачком. Для изменения направления вращения двигателя нужно изменить направление вращения магнитного поля, создаваемого обмотками статора. Это достигается изменением порядка чередования тока в фазах обмотки статора. Такое переключение можно осуществить обычным переключателем.

Однофазный асинхронный электродвигатель - это асинхронный электродвигатель, который работает от электрической сети однофазного переменного тока и в основном режиме работы (после пуска) использует только одну обмотку (фазу) статора. Основными компонентами однофазного асинхронного электродвигателя являются ротор и статор. Ротор - вращающаяся часть электродвигателя, статор - неподвижная часть электродвигателя, с помощью которого создается магнитное поле для вращения ротора. Статор имеет две обмотки, расположенные под углом 90° относительно друг друга. Основная обмотка называется главной (рабочей) и обычно занимает $2/3$ пазов сердечника статора, другая обмотка называется вспомогательной (пусковой) и обычно занимает $1/3$ пазов статора.

Двигатель фактически является двухфазным, но так как рабочей является только одна обмотка, электродвигатель называют однофазным. Одним из способов создания пускового момента в однофазном асинхронном двигателе, является расположение вспомогательной (пусковой) обмотки, смещенной в пространстве относительно главной (рабочей) обмотки на угол 90 градусов. Для получения фазового сдвига в цепь вспомогательной (пусковой) обмотки включают фазосмещающий элемент, в качестве которого используют резистор, дроссель или конденсатор. Чаще всего применяется пуск с помощью активного сопротивления, при этом обычно сама пусковая обмотка выполняется с повышенным активным сопротивлением (уменьшенное сечение обмоточного провода). В этом случае отпадает необходимость в фазосмещающем элементе, роль которого играет сама пусковая обмотка. После того как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, пусковую обмотку отключают. Таким образом, во время пуска двигатель работает как двухфазный,

а по окончании пуска - как однофазный. Отличительной особенностью однофазных двигателей от трехфазных является создание статором не вращающегося, а пульсирующего магнитного поля.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определение электродвигателя.
2. Объясните устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
3. Поясните, от каких параметров зависит скорость вращения магнитного поля статора.
4. Поясните, что такое скольжение асинхронного двигателя.
5. Укажите основные методы пуска синхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.
6. Укажите основные методы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
7. Поясните, что такое механическая характеристика асинхронного двигателя.
8. Перечислите рабочие характеристики асинхронного двигателя.

Тема 9. Трансформаторы

Содержание учебного материала

Устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Режимы работы, типы трансформаторов.

Основные термины и понятия

Трансформатор, первичная и вторичная обмотка, магнитопровод, повышающий и понижающий трансформатор, коэффициент трансформации, КПД трансформатора.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источника [2, гл. 10]. Особое внимание следует уделить устройству, принципу действия и типам трансформаторов.

Краткие теоретические сведения

Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования одного переменного напряжения в другое (или другие) напряжение той же частоты. Трансформатор состоит из магнитопровода (сердечника), выполненного из ферромагнитного материала (обычно листовая электротехническая сталь), и двух обмоток, расположенных на стержнях магнитопровода, которые электрически изолированы друг от друга. Магнитопровод в трансформаторе выполняет две функции: во-первых, он составляет магнитную цепь, по которой замыкается основной магнитный поток трансформатора, а, во-вторых, он является основой для установки и крепления обмоток, отводов, переключателей. Магнитопровод имеет шихтованную конструкцию, т. е. он состоит из тонких (обычно толщиной 0,5 мм) стальных пластин, покрытых с двух сторон изолирующей пленкой (например, лаком). Такая конструкция магнитопровода обусловлена стремлением ослабить вихревые токи, наводимые в нем переменным магнитным потоком, а, следовательно, уменьшить величину потерь энергии в трансформаторе. Обмотка трансформатора, присоединенная к источнику питания (сеть электроснабжения, генератор), называется первичной. Соответственно первичными именуется все величины, относящиеся к этой обмотке - число витков, напряжение, ток. Обмотка, к которой подключается приемник (потребитель электроэнергии), и относящиеся к ней величины называются вторичными. Наибольшее применение в электротехнических установках, а также в энергетических системах передачи и распределения электроэнергии имеют силовые трансформаторы, посредством которых изменяют значения переменного напряжения и тока. При этом число фаз, форма кривой напряжения (тока) и частота остаются неизменными. Если первичное напряжение трансформатора меньше вторичного, то трансформатор является повышающим, в противном случае - понижающим.

Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. При подключении первичной обмотки к источнику переменного тока в витках этой обмотки протекает переменный ток и, который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ . Замыкаясь в магнитопроводе,

этот поток сцепляется с обеими обмотками (первичной и вторичной) и индуцирует в них ЭДС: в первичной обмотке ЭДС самоиндукции во вторичной обмотке ЭДС взаимоиндукции. При подключении нагрузки к выводам вторичной обмотки трансформатора под действием ЭДС в цепи этой обмотки создается ток, а на выводах вторичной обмотки устанавливается напряжение.

Существует три режима работы трансформатора: режим холостого хода, режим короткого замыкания и нагрузочный режим. Режимом холостого хода трансформатора называют режим работы при питании одной из обмоток трансформатора от источника с переменным напряжением и при разомкнутых цепях другой обмотки. К первичной обмотке подведено переменное напряжение, а вторичная обмотка разомкнута. Такой режим работы может быть у реального трансформатора, когда он подключен к сети, а нагрузка, питаемая от его вторичной обмотки, еще не включена. Чаще всего режим холостого хода используют для измерений параметров трансформатора. Если включить вторичную обмотку трансформатора во внешнюю цепь, то трансформатор перейдет из режима холостого хода в режим нагрузки, с момента включения рубильника в цепи вторичной обмотки появляется ток нагрузки. При питании большого числа приемников нередки случаи, когда нарушается изоляция соединительных проводов. Если в местах повреждения изоляции произойдет соприкосновение проводов, питающих приемники, то возникнет режим, называемый коротким замыканием (к. з.) участка цепи. Этот режим является аварийным для всех трансформаторов, кроме сварочных. Важной характеристикой трансформаторов является коэффициент полезного действия (КПД). Определяется как отношение активной мощности P_2 на выходе трансформатора к активной мощности P_1 на входе. КПД трансформаторов обычно достигает 80-90%, так как отсутствуют механические потери на трение, а присутствуют потери только электрические.

Контрольные вопросы

1. Опишите устройство и принцип действия трансформатора.
2. Объясните, что такое коэффициент трансформации.

3. Охарактеризуйте режим холостого хода трансформатора.
4. Охарактеризуйте режим нагрузки трансформатора.
5. Охарактеризуйте режим короткого замыкания трансформатора.
6. Укажите, каким соотношением определяется КПД трансформатора.

Тема 10. Основы электропривода

Содержание учебного материала

Понятие об электроприводе. Режимы работы и схемы управления электродвигателями.

Основные термины и понятия

Электропривод, продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы; выбор мощности, аппаратура управления.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источников [1, гл. 1.10], [2, гл. 17]. Особое внимание следует уделить устройству электропривода, режимам работы и способам управления электроприводом.

Краткие теоретические сведения

Электроприводом называется электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. Длительность работы и ее характер определяют рабочий режим привода.

Для электропривода принято различать три основных режима работы: продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный. При выборе двигателя для привода с продолжительным режимом работы мощность двигателя должна быть равна мощности нагрузки. Проверки на нагрев и перегрузку во время работы не нужны. Однако необходимо проверить, достаточен ли пусковой момент двигателя для пусковых условий данной машины.

При кратковременном, повторно-кратковременном и продолжительном с

переменной нагрузкой режимах важно знать закон изменения во времени превышения температуры двигателя над температурой окружающей среды. При повторно-кратковременном режиме двигатель попеременно то нагревается, то охлаждается. Изменение его температуры в течение времени каждого цикла зависит при этом от предыдущего теплового состояния. В большинстве случаев для выбора мощности двигателя применяется метод эквивалентного тока.

Управление электроприводами заключается в осуществлении пуска, регулировании скорости, торможения, реверсирования, а также в поддержании режимов работы привода в соответствии с требованиями технологического процесса. Для управления электроприводами служат релейно-контакторные аппараты, датчики состояния электропривода, управляющие ЭВМ, встроенные микропроцессорные системы, преобразователи и т. п. Различают разомкнутые и замкнутые системы управления.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электропривода, укажите его состав и основные виды.
2. Поясните, в каких основных режимах осуществляют работу электродвигатели.
3. Объясните, как подбирается мощность электродвигателя в различных режимах работы электроустановок.
4. Охарактеризуйте основные виды коммутационной аппаратуры для управления электроустановками: контроллеры, контакторы, магнитные пускатели, реле управления и защиты, пускорегулирующие реостаты, рубильники, кнопки, пакетные выключатели.

Тема 11. Передача и распределение электрической энергии

Содержание учебного материала

Понятие об электроснабжении. Простейшие схемы электроснабжения. Электробезопасность.

Основные термины и понятия

Электростанции, линии передачи, распределительная аппаратура,

трансформаторные подстанции, схемы энергоснабжения, категории потребителей, потери мощности, счетчики электроэнергии, защитное заземление.

Методические указания

Для усвоения учебного материала необходимо проработать информацию из источников [1, гл. 1.11]. Особое внимание следует уделить классификации и устройству электрических сетей, способам учета и экономии электроэнергии, применению защитного заземления.

Краткие теоретические сведения

Электрическая энергия, вырабатываемая на электростанциях большой мощности, подводится к достаточно удаленным потребителям по линиям передачи высокого напряжения 35-750 кВ. Так как распределительная сеть потребителя (городская) имеет напряжение 6-10 кВ, то для понижения напряжения линий передач служит главная понижающая подстанция.

Понижающая подстанция содержит понижающие трансформаторы, которые подключаются к линиям передач через выключатели и разъединители. Так как большинство потребителей электроэнергии рассчитано для работы в сетях с напряжением ниже 1000 В, то в непосредственной близости от них располагают трансформаторные подстанции с понижающими трансформаторами и различного рода коммутационной аппаратурой. Выбор той или иной структуры сети зависит от степени важности потребителя, по которой они делятся на три категории. Наиболее ответственной является первая категория, наименее ответственной - третья. Радиальная конструкция распределительной сети с резервированием питания потребителей от двух источников энергии применяется для потребителей первой категории, а более упрощенные варианты - для менее ответственных потребителей. То же можно сказать о магистральной и смешанной структурах распределительных сетей.

Заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, выполняемое в целях электробезопасности. Составляющими любой системы

заземления являются два основных элемента: проводник и заземляющий контур (заземлитель).

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определение энергетической системы.
2. Дайте определение электрической сети.
3. Назовите и опишите основные части электрических сетей.
4. Назовите категории потребителей электроэнергии и охарактеризуйте их.
5. Объясните, чем обусловлена потеря напряжения в проводах линии электропередачи.
6. Объясните, что такое защитное заземление, из каких элементов оно состоит.

Задание 1

Два конденсатора емкостью $C_1=8\text{мкФ}$, $C_2=4\text{мкФ}$ соединены параллельно, последовательно к ним подключен третий конденсатор емкостью $C_3=12\text{ мкФ}$. Определите эквивалентную емкость батареи.

Решение

Конденсаторы C_1 и C_2 соединены параллельно, следовательно, нужно применить формулу:

$$C_{12}=C_1+C_2=8+4=12\text{ мкФ}.$$

C_3 подключен к ним последовательно, следовательно, нужно применить формулу:

$$C_{\text{экв}} = \frac{C_{12} \cdot C_3}{C_{12} + C_3} = \frac{12 \cdot 12}{12 + 12} = \frac{144}{24} = 6\text{мкФ}$$

Ответ: 6 мкФ.

Задание 2

Два точечных заряда $4 \cdot 10^{-6}\text{ Кл}$ и $2 \cdot 10^{-6}\text{ Кл}$ находятся друг от друга на расстоянии 50 см. Определить силу взаимодействия между зарядами.

Решение:

Сила взаимодействия между зарядами определяется по закону Кулона:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

где Q_1 и Q_2 величины зарядов, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды - табличная величина для воздуха $\epsilon=1$, ϵ_0 - диэлектрическая постоянная:
 $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, r - расстояние между зарядами. Подставив значения в формулу, получим:

$$F=4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^2=0,29 \text{ Н}$$

Ответ: 0,29 Н.

Задание 3

Источник тока с ЭДС 20 В имеет внутреннее сопротивление 2 Ом. Какой ток потечет через сопротивление 10 Ом, подсоединенное к этому источнику?

Решение:

По закону Ома для полной цепи: $I = \frac{E}{R+r_{вн}} = \frac{20}{10+2} = 1,67 \text{ А}$

Ответ: 1,67 А.

Задание 4

Для нагревания воды в баке применяют электрическую печь, ток которой равен 10 А, при напряжении 120В. Определите КПД печи, если для нагревания воды затрачивается 250 кДж и нагревание продолжается 4,5 мин.

Решение:

Мощность, потребляемая печью:

$$P = U \cdot I = 120 \cdot 10 = 1200 \text{ Вт}$$

По закону Джоуля-Ленца количество теплоты, необходимое для нагревания воды:

$$Q=I^2 R t.$$

Полезная мощность: $P_2 = \frac{Q}{t} = \frac{250000}{270} = 996 \text{ Вт}$

КПД - это отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{996}{1200} \cdot 100\% = 76\%$$

Ответ: $\eta = 76 \%$.

Задание 5

В электрической цепи постоянного тока три резистора соединены параллельно. Сопротивления резисторов: $R_1=8$ Ом; $R_2=4$ Ом; $R_3=8$ Ом.

Определите эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{Э}}$; найдите ток цепи I , если напряжение на зажимах $U=12$ В.

Решение:

Сопротивления R_1, R_2, R_3 включены параллельно, следовательно, нужно применить формулу:

$$\frac{1}{R_{\text{Экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$$

По закону Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{2} = 6$ А

Ответ: $R_{\text{Экв}}=2$ Ом, $I=6$ А

Задание 6

В однородном магнитном поле с индукцией $B=150$ мТл на расстояние $x=1,2$ м перемещается проводник длиной $l = 0,5$ м. Угол между направлением тока и вектором индукции магнитного поля $\alpha=30^\circ$. Определить работу, совершаемую магнитным полем при перемещении проводника, если по нему течет ток $I=5$ А и направление перемещения совпадает с направлением действия силы.

Решение:

Работа, совершаемая магнитным полем при перемещении проводника:

$$A = F \cdot x,$$

где F - сила Ампера, действующая на проводник с током:

$$F = I \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Подставим выражение (2) в формулу:

$$A = I \cdot B \cdot l \cdot x \cdot \sin \alpha,$$

$$A = 5 \cdot 0,15 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot \sin 30 = 0,225 \text{ Дж}$$

Ответ: 0,225 Дж.

Задание 7

Катушка с индуктивностью $L=0,15$ Гн включена в сеть переменного тока с частотой $f=30$ Гц. Определите приближенное значение индуктивного сопротивления X_L катушки.

Решение:

Индуктивное сопротивление катушки определяется по формуле:

$$X_L=2\pi f L,$$

подставляем значения:

$$2X_L=2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 0,15=28,3 \text{ Ом.}$$

Ответ: 28,3 Ом.

Задание 8

Конденсатор емкостью $C=500$ мкФ подключен в сеть переменного тока с частотой $f=50$ Гц. Определите приближенное значение емкостного сопротивления X_C конденсатора.

Решение:

Емкостное сопротивление конденсатора определяется по формуле:

$$X_C=\frac{1}{2\pi f C},$$

подставляем значения:

$$X_C=1/2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 500 \cdot 10^{-6}=6,4 \text{ Ом.}$$

Ответ: 6,4 Ом.

Задание 9

В неразветвленной электрической цепи переменного тока известны сопротивления последовательно соединенных резистора $R=6$ Ом, индуктивного сопротивления катушки $X_L=13$ Ом и емкостного сопротивления конденсатора $X_C=5$ Ом. Напряжение на зажимах цепи 24 В. Определите силу тока в цепи.

Решение:

При последовательном соединении элементов (неразветвленная цепь) ток во всех элементах одинаков и определяется законом Ома для цепи переменного тока:

$$I=\frac{U}{Z}$$

где U – напряжение на зажимах цепи, В;

Z – полное сопротивление всей цепи, Ом.

Полное сопротивление определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X_L - \Sigma X_C)^2},$$

где ΣR – сумма активных сопротивлений цепи, Ом;

ΣX_L – сумма индуктивных сопротивлений цепи, Ом;

ΣX_C – сумма емкостных сопротивлений цепи, Ом.

$$Z = \sqrt{(6)^2 + (13 - 5)^2} = 10 \text{ Ом.}$$

По закону Ома сила тока в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{24\text{В}}{10\text{Ом}} = 2,4\text{А}$$

Ответ: $I = 2,4 \text{ А}$.

Задание 10

Симметричная нагрузка в 3-х фазной цепи соединена «звездой». Линейное напряжение $U_{\text{л}}=220\text{В}$. Определить фазное напряжение.

Решение:

При соединении «звездой» связь между линейными и фазными напряжениями определяется по формуле:

$$U_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}$$

подставляем значения:

$$U_{\text{ф}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ В.}$$

Ответ: $U_{\text{ф}}=127 \text{ В}$.

Задание 11

Фазное напряжение $U_{\text{ф}}=110\text{В}$. Определить линейное напряжение, если симметричная нагрузка соединена «треугольником».

Решение:

При соединении «треугольником» связь между линейными и фазными напряжениями определяется по формуле:

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}.$$

$$U_{\text{л}} = 110 \text{ В}$$

Ответ: $U_{Л}=110$ В.

Задание 12

Фазный ток $I_{\phi} = 4$ А. Определить линейный ток, если симметричная нагрузка соединена «треугольником».

Решение:

При соединении «треугольником» связь между линейными и фазными токами определяется по формуле:

$$I_{Л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$$

$$I_{Л} = \sqrt{3} \cdot 4 = 6,8 \text{ А}$$

Ответ: $I_{Л} = 6,8$ А.

Задание 13

В симметричной трехфазной цепи $U_{Л}=110$ В, $I_{Л}=3$ А, $\cos \varphi=0.9$. Определить активную мощность цепи Р.

Решение:

В симметричной трехфазной цепи активная мощность определяется по формуле: $P = \sqrt{3} U_{Л} I_{Л} \cos \varphi$, подставляем значения:

$$P = \sqrt{3} \cdot 110 \cdot 3 \cdot 0,9 = 336 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P=336$ Вт.

Задание 14

В цепи переменного тока с напряжением 220 В, при измерении получено значение 225 В. Определить абсолютную и относительную погрешность прибора.

Решение:

Абсолютная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta = 225 - 220 = 5 \text{ В}$$

Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\pm \Delta}{A_{д}} 100\%$$

$$\delta = \frac{5}{225} 100\% = 2,22\%$$

Ответ: 5 В, 2,22%.

Задание 15

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением вырабатывает силу тока $I=100\text{А}$ на сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}=4\text{ Ом}$. Определить: напряжение U на зажимах генератора.

Решение:

Напряжение рассчитывается по формуле:

$$U = IR_{\text{н}}$$

подставляем значения: $U=100 \cdot 4=400\text{ В}$.

Ответ: $U=400\text{ В}$.

Задание 16

Магнитное поле трехфазного тока частотой 50 Гц вращается со скоростью 1500 об/мин. Сколько пар полюсов имеет это поле?

Решение:

Частота вращения поля рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{60f}{p},$$

число пар полюсов равно:

$$p = \frac{60f}{n}$$

$$p = \frac{60 \cdot 50}{1500} = 2.$$

Ответ: 2 пары.

Задание 17

Четырехполюсный ротор синхронного генератора вращается со скоростью 750 об/мин. Определите частоту тока.

Решение:

Частота тока рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

Генератор имеет 4 полюса, значит $p=2$.

$$f = \frac{2 \cdot 750}{60} = 25\text{Гц}.$$

Ответ: $f=25$ Гц.

Задание 18

Определить приближенное значение коэффициента трансформации, если напряжение на первичной обмотке однофазного трансформатора $U_1 = 220$ В; мощность трансформатора $P = 300$ Вт; ток вторичной обмотки $I_2 = 2$ А.

Решение:

Коэффициент трансформации определяется по формуле:

$$K = \frac{U_1}{U_2},$$

где U_2 - напряжение на вторичной обмотке трансформатора находим по формуле:

$$U_2 = \frac{P}{I_2}$$

$$U_2 = \frac{300}{2} = 150 \text{ В},$$

$$K = \frac{220}{150} = 1,46$$

Коэффициент трансформации $K=1,46$ больше 1.

Задание 19

Однофазный трансформатор с коэффициентом трансформации $K=3,4$ подключен к сети переменного тока с напряжением $U_1=220$ В. Сопротивление нагрузки трансформатора $R_H=20$ Ом. Определите ток нагрузки I_2 .

Решение:

U_2 - напряжение на вторичной обмотке трансформатора находим по формуле:

$$U_2 = \frac{U_1}{K}$$

$$U_2 = \frac{220}{3,4} = 67,4$$

Ток нагрузки I_2 находим по формуле:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_H} = \frac{67,4}{20} = 3,24 \text{ А}$$

Ответ: 3,24 А.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилов, И.А. Электротехника в 2 ч. Часть 1: учебное пособие для среднего профессионального образования/ И. А. Данилов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 426 с.

2. Данилов, И.А. Электротехника в 2 ч. Часть 2: учебное пособие для среднего профессионального образования/ И. А. Данилов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 251 с.

3. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 1: учебное пособие для среднего профессионального образования/ Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Г.И. Бабокин, Д.П. Вент - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 455 с.

4. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 2: учебное пособие для среднего профессионального образования/ Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Г.И. Бабокин, Д.П. Вент 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 313 с.

5. Гукова Н.С. Электротехника и электроника: учеб. пособие. - М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. - 119 с. Режим доступа: <http://umczdt.ru/books/41/18704/> - ЭБ «УМЦ ЖДТ».

6. ЭБС «IPRbooks»: <http://www.iprbookshop.ru>

7. ЭБ «УМЦ ЖДТ»: <http://www.umczdt.ru>

8. ЭБС «ЮРАЙТ»: <https://urait.ru>

9. Библиотека ресурсов об электронике и электротехнике: <http://electrolibrary.info>

10. Радиоэлектроника и электротехника: <http://www.radioingener.ru>