

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Б1.Б.16

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

15.03.02 Технологические машины и оборудование

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Машины и оборудование лесного комплекса

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	6
4.3 Лабораторные работы.....	8
4.4 Семинары/ практические занятия	8
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	8
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	9
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	10
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	11
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических занятий.....	12
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	38
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	39
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	39
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	40
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	45
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	46
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	47

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому и научно-исследовательскому виду деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины является: теоретическая и практическая подготовка в области электротехники и электроники.

Задачей изучения дисциплины является обучение обучающегося основным законам и методам анализа электрических цепей; принципам действия, свойствам, областям применения и потенциальным возможностям основных электронных устройств, электроизмерительных приборов; электрических машин, электротехнической символике и терминологии.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знать: - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; уметь: - применять методы математического анализа и моделирования; - владеть: - методами математического анализа и моделирования; - методами теоретического и экспериментального исследования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.16 Электротехника и электроника относится к базовой части.

Дисциплина Электротехника и электроника базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: физика, математика. Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Электротехника и электроника представляет основу для изучения дисциплин: автоматика и автоматизация производственных процессов; методы и технические средства автоматизации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	3	4	144	12	4	4	4	123	к	ЭКЗАМЕН
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час)	Распределение по курсам, час
			3
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	12	2	12
Лекции (Лк)	4	1	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	1	4
Практические занятия (ПЗ)	4		4
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	+	+	+
Подготовка к лабораторным работам	25	-	25
Подготовка к практическим занятиям	25	-	25
Выполнение контрольной работы	23	-	23
Подготовка к экзамену в течение семестра	50	-	50
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час зач. ед.	144	-	144
	4	-	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельн ая работа обучающихся
			лекции	Лабо- рато- рные заня- тия	практиче- ские занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Электрические цепи постоянного тока	7	1	2	-	10
1.1	Цепи постоянного тока	7	1	2	-	10
2.	Электрические цепи переменного тока	6	0,5	-	2	10
2.1	Цепи однофазного синусоидального тока	6	0,5	-	2	10
3.	Трехпроводные и четырёхпроводные трехфазные цепи	9	0,5	-	-	10
3.1	Трехфазные цепи	9	0,5	-	-	10
4.	Переходные процессы в электрических цепях	5	-	-	-	10
4.1	Переходные процессы в электрических цепях	5	-	-	-	10
5.	Линейные и нелинейные цепи	5	-	-	-	10
5.1	Нелинейные электрические цепи	5	-	-	-	10
6.	Магнитные цепи	5	-	-	-	10
6.1	Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой	5	-	-	-	10
7.	Трансформаторы	10	1	-	2	10
7.1	Трансформаторы	10	1	-	2	10
8.	Электрические машины постоянного тока	6	-	-	-	10
8.1	Машины постоянного тока	6	-	-	-	10
9.	Асинхронные машины	8	-	2	-	10
9.1	Асинхронные машины	8	-	2	-	10
10.	Синхронные машины	5	-	-	-	10
10.1	Синхронные машины	5	-	-	-	10
11.	Основы электропривода и электропитания	5	-	-	-	10
11.1	Основы электропривода и электропитания	5	-	-	-	10
12.	Основы электроники	10	1	-	-	13
12.1	Основы электроники	10	1	-	-	13
ИТОГО		12	4	4	4	123

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий (краткое описание теоретической части разделов и тем)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Электрические цепи постоянного тока		-
1.1	Цепи постоянного тока	Общие сведения об электроизмерительных приборах. Способы включения приборов в цепь. Электротехнические устройства и законы постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа. Энергетические соотношения в цепях постоянного тока. Последовательное соединение элементов цепи. Параллельное соединение элементов цепи. Смешанное соединение элементов цепи.	-
2.	Электрические цепи переменного тока		-
2.1	Цепи однофазного синусоидального тока	Цепи однофазного синусоидального тока. Получение синусоидальной э.д.с., источники э.д.с. Действующие и средние значения синусоидальных э.д.с., напряжения и тока. Законы Кирхгофа для электрической цепи синусоидального тока. Электрическая цепь с активным сопротивлением. Электрическая цепь с индуктивностью. Электрическая цепь с емкостью. Электрическая цепь с последовательным соединением элементов R, L и C. Решение дифференциального уравнения цепи. Построение векторной диаграммы напряжений и тока. Мощность в однофазных цепях синусоидального тока.	-
3.	Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи		-
3.1	Трехфазные цепи	Области применения трехфазных устройств, структура трехфазной цепи. Трехфазный генератор, получение трехфазной системы э.д.с. Соединение обмоток генератора и фаз приемника звездой. Соединение обмоток генератора и фаз приемника треугольником. Мощность трехфазной системы.	-
4.	Переходные процессы в электрических цепях		-
4.1	Переходные процессы в электрических цепях	Коммутация. Законы коммутации. Начальные условия. Классический метод расчёта переходных процессов. Переходные процессы в цепи с индуктивным и резистивным элементами. Переходные процессы в цепи с ёмкостным и резистивным элементами	-
5.	Линейные и нелинейные цепи		-
5.1	Нелинейные	Нелинейные резистивные элементы. Цепь с	-

	электрические цепи	источником постоянного тока. Цепь с источником переменного тока.	
6.	Магнитные цепи		-
6.1	Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой	Основные понятия и законы магнитных цепей. Свойства ферромагнитных материалов. Расчёт неразветвлённой магнитной цепи.	-
7.	Трансформаторы		-
7.1	Трансформаторы	Назначение, общие сведения о трансформаторах. Принцип действия трансформатора. Основные уравнения. Схема замещения. Приведенный трансформатор.	-
8.	Электрические машины постоянного тока		-
8.1	Машины постоянного тока	Устройство и принцип действия. Магнитная и электрическая цепи машины. Электромагнитный момент машины. Реакция якоря. Характеристики двигателей постоянного тока.	-
9.	Асинхронные машины		-
9.1	Асинхронные машины	Устройство асинхронного двигателя. Принцип действия. Основы теории асинхронных машин. Т-образная схема замещения. Пуск и регулирование оборотов асинхронного двигателя. Регулирование частоты и направления вращения асинхронного двигателя	-
10.	Синхронные машины		-
10.1	Синхронные машины	Устройство и принцип действия. Уравнение напряжений обмотки статора и векторная диаграмма. Мощность и вращающий момент синхронной машины. Пуск синхронного двигателя. Регулирование коэффициента мощности. Синхронные двигатели автоматических устройств.	-
11.	Основы электропривода и электроснабжения		-
11.1	Основы электропривода и электроснабжения	Уравнение движения привода. Ускорение и замедление привода. Номинальные режимы работы двигателей. Выбор мощности двигателей. Общие вопросы электроснабжения. Электрические сети. Защита электрических сетей. Потери энергии в электрических сетях и способы повышения экономических показателей. Основы электробезопасности.	-
12.	Основы электроники		-
12.1	Основы электроники	Полупроводниковые приборы. Электронно-дырочный переход. Диоды и их свойства. Транзисторы. Тиристоры. Источники вторичного электропитания.	Лекция с элементами дискуссии (1)

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем Лабораторных работ</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Исследование линейных электрических цепей постоянного тока	2	-
2	9.	Исследование трехфазного асинхронного двигателя	2	Дискуссия (1 час)
ИТОГО			4	1

4.4. Семинары/ практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Решение задачи однофазного синусоидального тока, используя законы Кирхгофа	2	-
2	7.	Решение задачи по теме «Трансформаторы»	2	-
ИТОГО			4	-

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Цель: выполнить расчет линейных электрических цепей постоянного тока, однофазных и трехфазных линейных электрических цепей синусоидального тока, трансформаторы и произвести выбор электродвигателя для производственного механизма.

Контрольную работу следует выполнять в следующей последовательности:

1. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока.
2. Расчет однофазных цепей синусоидального тока.
3. Расчет трехфазных цепей синусоидального тока.
4. Расчет трансформаторов.
5. Выбор электродвигателя для производственного механизма.

Контрольная работа должна быть выполнена в виде расчетно-пояснительной записки и чертежей согласно заданию.

Рекомендуемый объем: Контрольная работа выполняется на листах формата А4, объём 10-15 страниц.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
зачтено	Выполнены все требования к раскрытию вопроса контрольной работы: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью.
не зачтено	Вопрос контрольной работы по изучаемой дисциплине не раскрыт, обнаруживается существенное непонимание теоретических основ изучаемой дисциплины.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>					
			<i>б</i>	<i>з</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>		
1. Электрические цепи постоянного тока		7	+		1	7	Лк, ЛР, СР	экзамен
2. Электрические цепи переменного тока		6	+		1	6	Лк, ПЗ, СР	экзамен
3. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи		9	+		1	9	Лк, СР	экзамен
4. Переходные процессы в электрических цепях		5	+		1	5	СР	экзамен
5. Линейные и нелинейные цепи		5	+		1	5	СР	экзамен
6. Магнитные цепи		5	+		1	5	СР	экзамен
7. Трансформаторы		10	+		1	10	Лк, ПЗ, СР	экзамен
8. Электрические машины постоянного тока		6	+		1	6	СР	экзамен
9. Асинхронные машины		8	+		1	8	ЛР, СР	экзамен
10. Синхронные машины		5	+		1	5	СР	экзамен
11. Основы электропривода и электроснабжения		5	+		1	5	СР	экзамен
12. Основы электроники		10	+		1	10	Лк, СР	экзамен
<i>всего часов</i>		135		135	1	135		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Емцев А.Н. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций: учебное пособие / В.А. Фадеев. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 254 с. (74-96, 126-130)
2. Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с. (стр. 253-281)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия (Лк, ЛР)</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
Основная литература				
1	Емцев А.Н. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций: учебное пособие / В.А. Фадеев. – Братск: Изд-во БрГУ, 2014. – 254 с.	Лк, ЛР	49	1,0
2	Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с.	Лк, ЛР	219	1,0
3	Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – 8-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 496 с.	Лк, ЛР	98	1,0
Дополнительная литература				
4	Иванченко Г.Е. Электрооборудование в строительстве: учебное пособие / Г.Е. Иванченко. – М.: Высшая школа, 1986. – 176 с.: ил. – Б.ц.	Лк	45	1,0
5	Большанин Г. А. Теоретические основы электротехники. В 2-х ч. Ч. 1.: Учебное пособие. / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2005. – 433 с.	Лк, ЛР	57	1,0
6	Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 730 с. http://e.lanbook.com/book/71749	Лк, ЛР	6+ ЭР	0,5
7	Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / Б.И. Кудрин. – 2-е изд. – Москва: Интернет Инжиниринг, 2006. – 672 с.	Лк	30	1,0

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение обучающимися учебной дисциплины «Электроснабжение с основами электотехники» рассчитано на один семестр.

Занятия лекционного типа

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы. В ходе лекций обучающимся рекомендуется:

- вести конспектирование учебного материала;
- обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;
- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся, дополняющего материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематически отдельные темы курса взаимосвязаны между собой. В случаях пропуска занятия обучающемуся необходимо

самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций.

Лабораторные занятия

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать все указания преподавателя или учебно-вспомогательного персонала. Перед работой необходимо ознакомиться с методическими указаниями, оформить необходимые таблицы в тетради. После всех произведенных расчетов и выполненных графиков необходимо оформить отчет.

Самостоятельная работа. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену предполагает:

- изучение основной и дополнительной литературы;
- изучение конспектов лекций;

Перечень вопросов к экзамену представлен в приложении 1 п. 2. Баллы за экзамен выставляются по критериям, представленным в приложении 1 п. 3.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа № 1

Исследование линейных электрических цепей постоянного тока

Цель работы: выявление степени соответствия аналитических методов анализа линейных электрических цепей постоянного тока экспериментальным.

Краткие теоретические сведения

Прямая задача анализа электрических цепей заключается в определении токов и напряжений на участках данной цепи при известных параметрах ее элементов и характеристиках присутствующих здесь источников электрической энергии. Поставленную задачу можно выполнить при непосредственном использовании законов Ома и Кирхгофа, а также методами контурных токов, узловых потенциалов, наложения, эквивалентного генератора и другими. Правильность выполненного анализа подтверждается балансом мощностей и законченностью потенциальной диаграммы цепи постоянного тока. Кроме того, потенциальная диаграмма есть один из способов представления электрической цепи постоянного тока.

Анализ линейных электрических цепей постоянного тока с помощью законов Ома и Кирхгофа.

Закон Ома для участка цепи гласит, что напряжение на этом участке прямо пропорционально току и сопротивлению упомянутого участка:

$$U = IR.$$

Первый закон Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле электрической цепи, равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0,$$

где n - число токов, сходящихся в данный узел.

Второй закон Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма падений напряжений на пассивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС активных элементов, входящих в состав этого контура:

$$\sum_{i=1}^n U_i = \sum_{p=1}^m E_p,$$

где n и m - число пассивных и активных элементов, входящих в состав рассматриваемого контура.

$$\text{Или с учетом закона Ома } \sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{p=1}^m E_p.$$

Для анализа электрической цепи предлагаемым здесь методом необходимо составить математическую модель этой цепи.

Математическая модель электрической цепи представляет собой совокупность уравнений, составленных на основании законов Кирхгофа. Причем число уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа определяется числом узлов исследуемой цепи, уменьшенным на единицу, а по второму закону - числом элементарных контуров. Так, для электрической цепи постоянного тока, схема которой изображена на рис. 1.1, математическая модель выглядит так:

$$\left. \begin{aligned} I_1 - I_3 - I_5 &= 0; \\ I_2 - I_4 + I_5 &= 0; \\ I_3 - I_1 + I_6 &= 0; \\ I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 &= E_1; \\ -I_3 \cdot R_3 - I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6 &= 0; \\ I_2 \cdot R_2 + I_4 \cdot R_4 &= E_2. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

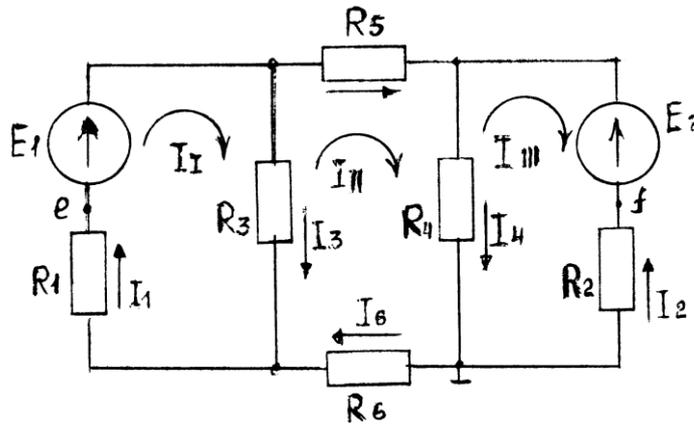


Рис. 1.1. Схема электрической цепи постоянного тока

Совместное решение уравнений полученной модели даст результат решения прямой задачи анализа данной электрической цепи.

Очевидно, что составление математической модели любой электрической цепи следует начинать с выбора условно положительных направлений токов в ветвях этой цепи.

Метод контурных токов.

Этот метод позволяет выполнить прямую задачу анализа электрических цепей и рекомендуется к применению, когда число элементарных контуров в исследуемой цепи меньше количества узлов в этой цепи. Идея метода контурных токов заключается в сокращении числа уравнений в математической модели цепи.

По этому методу поставленная задача решается в два этапа.

Сначала предполагается, что каждый элементарный контур обладает собственным током. Для электрической цепи, схема которой приведена на рис. 3.1, это - контурные токи I_I , I_{II} и I_{III} . Их условно положительные направления выбраны здесь совпадающими с направлением движения часовой стрелки. В этом случае трансформированная математическая модель будет содержать лишь уравнения, составленные на основании второго закона Кирхгофа:

$$\begin{aligned} I_I (R_1 + R_3) - I_{II}R_3 &= E_1; \\ - I_I R_3 + I_{II} (R_3 + R_4 + R_5 + R_6) - I_{III}R_4 &= 0; \\ - I_{II}R_4 + I_{III}(R_2 + R_4) &= E_2. \end{aligned}$$

Решение этой системы уравнений определит количественные значения контурных токов исследуемой цепи.

На следующем этапе решения поставленной изначально задачи через вычисленные значения контурных токов определяют токи в ветвях исследуемой цепи:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_I; \\ I_2 &= - I_{III}; \\ I_3 &= I_I - I_{II}; \\ I_4 &= I_{II} - I_{III}; \\ I_5 &= I_{II}; \\ I_6 &= I_{II}. \end{aligned}$$

Из представленного в общем виде примера решения видно, что токи I_5 и I_6 равны. Впрочем, это очевидно и из визуальной оценки схемы данной в качестве примера электрической цепи (рис. 1.1).

Метод узловых потенциалов.

Этот метод, как и предыдущий, позволяет решить прямую задачу анализа электрических цепей и рекомендуется к применению, когда количество узлов в исследуемой цепи если и превышает количество элементарных контуров, то не более чем на единицу.

Токи в ветвях исследуемой электрической цепи по методу узловых потенциалов определяются из предположения, что известен потенциал каждого узла этой цепи. Для этого достаточно воспользоваться законом Ома для электрической цепи, представленной схемой на рис. 1.1. Эта процедура выполняется следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= [E_1 - (\varphi_b - \varphi_a)]G_1 \\ I_2 &= [E_2 - (\varphi_c - \varphi_d)]G_2 \\ I_3 &= (\varphi_b - \varphi_a)G_3 \\ I_4 &= (\varphi_c - \varphi_d)G_4; \\ I_5 &= (\varphi_b - \varphi_c)G_5; \\ I_6 &= (\varphi_d - \varphi_a)G_6, \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

где

$$G_1 = \frac{1}{R_1}; G_2 = \frac{1}{R_2}; G_3 = \frac{1}{R_3}; G_4 = \frac{1}{R_4}; G_5 = \frac{1}{R_5}; G_6 = \frac{1}{R_6}.$$

Численные значения потенциалов узлов анализируемой цепи определяются в результате подстановки равенств (1.2) в уравнения, составленные на основании первого закона Кирхгофа, каковыми являются первые три уравнения математической модели (1.1). Если при этом принять потенциал узла d в исследуемой цепи (рис. 1.1) равным нулю,

$$\varphi_d = 0,$$

то численные значения потенциалов узлов этой цепи определяются из совместного решения системы

$$\left. \begin{aligned} \varphi_a G_{aa} - \varphi_b G_{ab} - \varphi_c G_{ac} &= I_a; \\ -\varphi_a G_{ba} + \varphi_b G_{bb} - \varphi_c G_{bc} &= I_b; \\ -\varphi_a G_{ca} - \varphi_b G_{cb} + \varphi_c G_{cc} &= I_c; \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

где G_{aa} ; G_{bb} и G_{cc} - собственные проводимости узлов а, b, с соответственно; G_{ab} , G_{ac} , G_{ba} , G_{bc} , G_{ca} , G_{cb} - взаимные проводимости соответствующих узлов; I_a , I_b , и I_c - узловые токи.

Для исследуемой в качестве примера электрической цепи

$$G_{aa} = G_1 + G_3 + G_6;$$

$$G_{bb} = G_1 + G_3 + G_5;$$

$$G_{cc} = G_2 + G_4 + G_5;$$

$$G_{ab} = G_{ba} = G_1 + G_3;$$

$$G_{ac} = G_{ca} = 0;$$

$$G_{bc} = G_{cb} = G_5;$$

$$I_a = -E_1 G_1;$$

$$I_b = E_1 G_1;$$

$$I_c = E_2 G_2.$$

Итак, порядок определения токов в ветвях электрической цепи следующий:

- 1) выбираются условно положительные направления токов в ветвях;
- 2) выбирается узел, условно обладающий нулевым потенциалом;
- 3) из решения системы уравнений, подобной системе (1.3), определяются величины потенциалов прочих узлов цепи;
- 4) по равенствам, аналогичным уравнениям (1.2), определяются величины токов в ветвях анализируемой электрической цепи.

Метод наложения.

Этот метод основан на принципе суперпозиции, который гласит, что каждое явление в линейной системе можно рассматривать как сумму элементарных явлений.

Применительно к электротехнике ток в каждой ветви линейной цепи с несколькими источниками электрической энергии можно рассматривать как алгебраическую сумму частичных токов от каждого источника.

В нашем случае, применяя метод наложения, из исследуемой цепи (рис. 1.1) следует исключить все источники ЭДС, заменяя их соответствующими внутренними сопротивлениями, кроме одного (EI), и измерить или рассчитать частичные токи

$I'_1, I'_2, I'_3, I'_4, I'_5$ и I'_6 (рис. 1.2, а). Затем, исключив все источники ЭДС, кроме E_a , определить частичные токи $I''_1, I''_2, I''_3, I''_4, I''_5$ и I''_6 (рис. 1.2, б).

Алгебраическая сумма частичных токов соответствующих ветвей даст величину результирующих токов, действующих в полной цепи (рис. 1.2, в):

$$I_1 = I_1' - I_1''; \quad I_4 = I_4' + I_4'';$$

$$I_2 = I_2'' - I_2'; \quad I_5 = I_5'' - I_5';$$

$$I_3 = I_3' + I_3''; \quad I_6 = I_6' - I_6''.$$

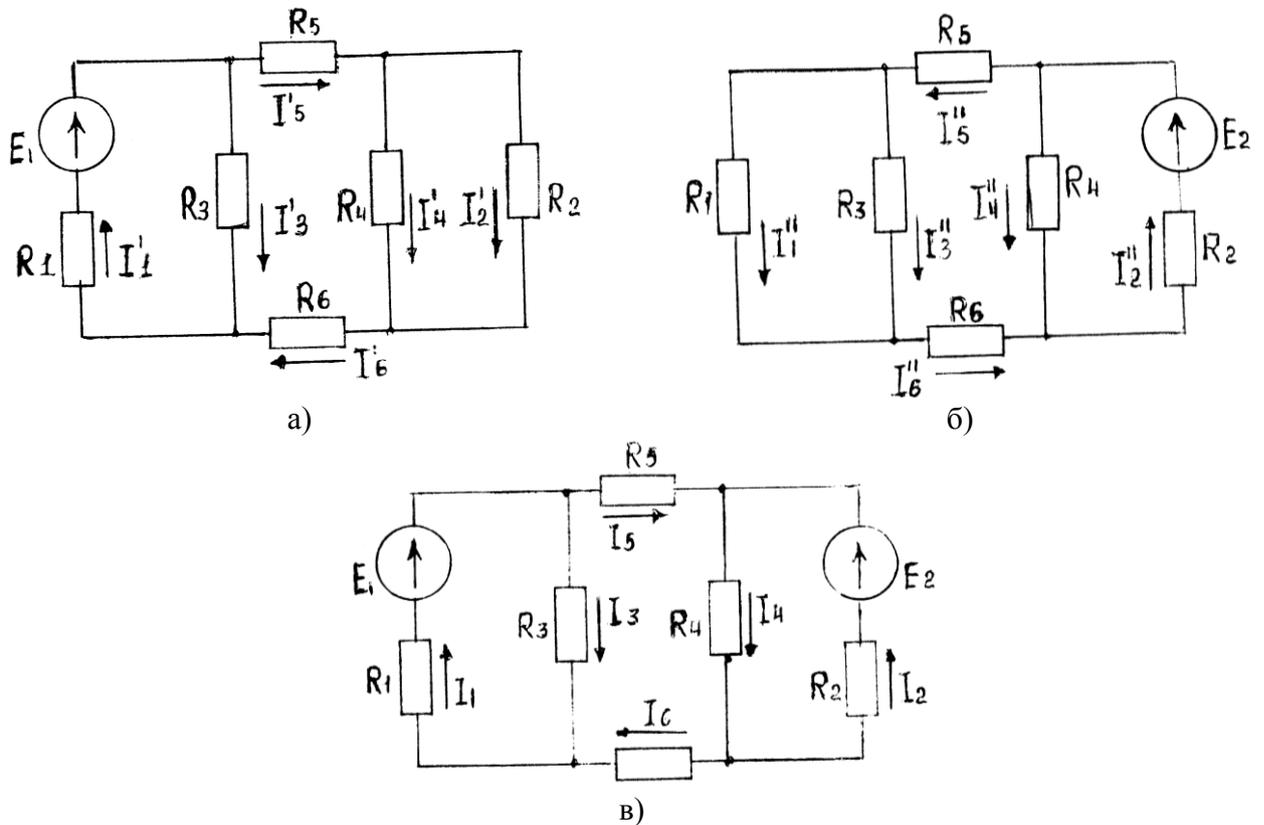


Рис. 1.2. Схема алгоритма использования метода наложения для решения прямой задачи анализа электрической цепи

Алгебраическая сумма частных токов соответствующих ветвей даст величину результирующих токов, действующих в полной цепи (рис. 1.2, в):

$$I_1 = I_1' - I_1''; \quad I_4 = I_4' + I_4'';$$

$$I_2 = I_2'' - I_2'; \quad I_5 = I_5'' - I_5';$$

$$I_3 = I_3' + I_3''; \quad I_6 = I_6' - I_6''.$$

Метод эквивалентного генератора.

Иногда нет необходимости в определении токов во всех ветвях электрической цепи, а достаточно знать ток в какой-либо одной ветви. В этом случае используют метод эквивалентного генератора.

Идея этого метода заключается в выделении интересующей ветви и замене оставшейся части цепи активным двухполюсником, который замещается эквивалентным генератором, обладающим ЭДС, равной по величине напряжению холостого хода двухполюсника, и внутренним сопротивлением.

В качестве примера определим ток в ветвях с резистором R_5 (рис. 1.1) методом эквивалентного генератора. Схема такого решения представлена на рис. 1.3.

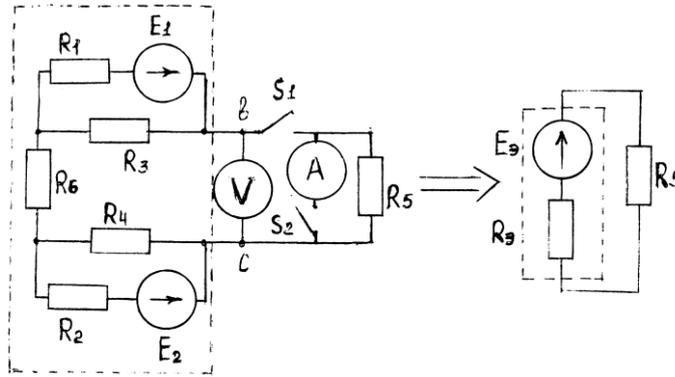


Рис. 1.3. Схема определения тока I_5 методом эквивалентного генератора

ЭДС эквивалентного генератора можно измерить вольтметром при разомкнутом ключе S_1 либо определить аналитически как разность потенциалов между точками b и c при отсутствии ветви с R_1 . Внутреннее сопротивление эквивалентного генератора также может быть определено аналитически как эквивалентное сопротивление пассивного двухполюсника, полученного из активного заменой всех входящих в состав последнего источников электрической энергии своими внутренними сопротивлениями. Так, для рассматриваемого примера:

$$R_э = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_6 + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}.$$

Это сопротивление можно определить и экспериментально. Для чего нужно замкнуть ключи S_1 и S_2 , обеспечив тем самым режим короткого замыкания эквивалентного генератора, и измерить ток короткого замыкания $I_к$, как это показано на рис. 1.3. Затем, воспользовавшись измеренным ранее напряжением холостого хода (ЭДС эквивалентного генератора), определить $R_э$:

$$R_э = \frac{U_{xx}}{I_к} = \frac{E_э}{I_к}.$$

Теперь можно определить и ток в ветви с резистором R_5 :

$$I_6 = \frac{E_э}{R_э + R_5}.$$

Баланс мощностей.

Баланс мощностей есть следствие закона сохранения энергии: мощность источников электрической энергии, входящих в состав исследуемой цепи, определяется суммарной мощностью, потребляемой пассивными элементами этой цепи:

$$P_{и} = P_{п}, \quad (1.4)$$

где

$$P_{и} = \sum_{i=1}^n E_i I_i;$$

$$P_{п} = \sum_{i=1}^k I_i^2 R_i;$$

n - число источников электрической энергии, входящих в состав исследуемой электрической цепи; i - число пассивных элементов этой цепи.

Перед составлением баланса мощностей необходимо разобраться, в каком режиме работают источники электрической энергии: в режиме генератора или в режиме нагрузки.

Если ток в ветви с источником электрической энергии совпадает по направлению с ЭДС этого источника, то последний работает в режиме генератора, а его мощность записывается в левой части равенства (1.4). В случае несовпадения направлений упомянутых тока и ЭДС говорят, что источник электрической энергии работает в режиме нагрузки и его мощность записывается при составлении баланса мощностей в правой части равенства (1.4).

Потенциальная диаграмма цепи постоянного тока.

Потенциальная диаграмма есть один из способов графического изображения электрической цепи постоянного тока, иллюстрирующая поконтурно изменение потенциала от каждого элемента, входящего в состав данного контура упомянутой цепи.

Потенциальная диаграмма для внешнего контура электрической цепи, схема которой изображена на рис. 1.1, строится так. Принимается, что потенциал какой-либо точки контура равен нулю. Например:

$$\varphi_d = 0.$$

Эта точка и принимается за начало обхода контура. Потенциалы остальных точек внешнего контура определяются так:

$$\begin{aligned}\varphi_a &= \varphi_d - I_6 R_6; \\ \varphi_e &= \varphi_a - I_1 R_1; \\ \varphi_b &= \varphi_e + E_1; \\ \varphi_c &= \varphi_b - I_5 R_5; \\ \varphi_f &= \varphi_c - E_2; \\ \varphi_d &= \varphi_f + I_2 R_2 = 0.\end{aligned}$$

Величины потенциалов в точках электрической цепи можно определить и экспериментально с помощью вольтметра. Для этого необходимо измерить разность потенциалов (напряжение) между точкой с нулевым потенциалом и другой точкой, где необходимо узнать значение потенциала. Тогда для исследуемой цепи (рис. 1.1):

$$\begin{aligned}U_{ad} &= \varphi_a - \varphi_d = \varphi_a; \\ U_{ed} &= \varphi_e - \varphi_d = \varphi_e; \\ U_{bd} &= \varphi_b - \varphi_d = \varphi_b; \\ U_{cd} &= \varphi_c - \varphi_d = \varphi_c; \\ U_{fd} &= \varphi_f - \varphi_d = \varphi_f.\end{aligned}$$

Изменение отклонения стрелки вольтметра соответствует изменению знака потенциала. Ориентировочно потенциальная диаграмма анализируемой цепи будет выглядеть так, как показано на рис. 1.4.

Описание лабораторной панели.

Лабораторная работа выполняется на специализированной панели, на которой установлены источники электрической энергии постоянного тока, резисторы, переключатели, гнезда для вольтметра и амперметра. Предлагаемая для исследования цепь частично скоммутирована.

Источники ЭДС E_1 и E_2 представлены на панели своими схемами замещения, где элементы R_1 и R_2 можно рассматривать как внутренние сопротивления этих источников.

Сопротивления соединительных проводов, амперметров и проводимость вольтметра сравнительно с сопротивлениями резисторов и проводимостью отдельных участков цепи ничтожно малы; их рекомендуется принять равными нулю.

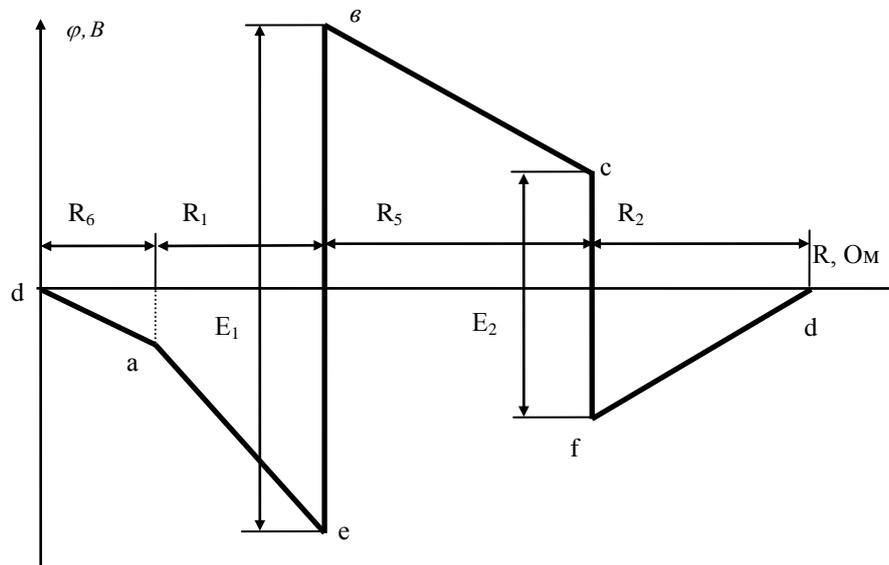


Рис. 1.4. Потенциальная диаграмма внешнего контура электрической цепи постоянного тока (рис.3.1)

Порядок выполнения:

1. По величинам E_1 и E_2 и параметрам R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 и R_6 , указанным на лабораторной панели или преподавателем, для электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1.5, определить истинные направления и рассчитать величины токов во всех ветвях данной цепи.

Для этого использовать метод контурных токов и метод узловых потенциалов. Результаты расчетов внести в табл. 1.1.

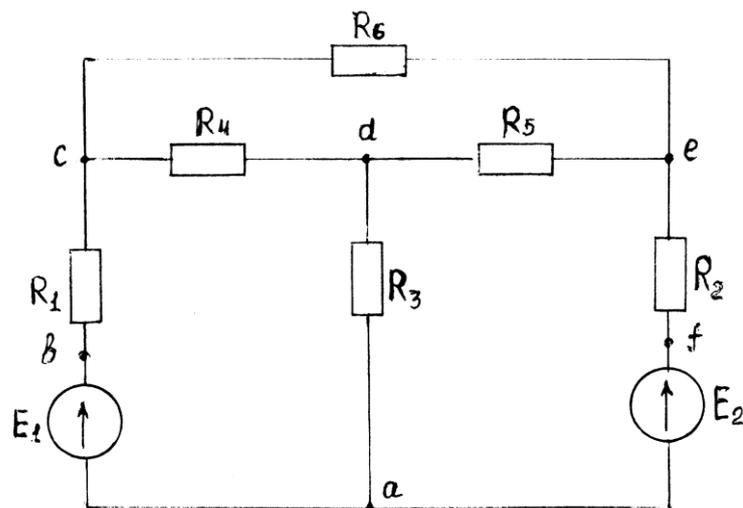


Рис. 1.5. Схема исследуемой электрической цепи

Таблица 1.1

Результаты вычислений и измерений токов в ветвях цепи

Способ определения	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A
Метод контурных токов	-	-	-	-	-	-
Метод узловых потенц.	-	-	-	-	-	-
Метод эквивалентного генератора	-	-	-	-	-	-
Измерено	-	-	-	-	-	-

Здесь и далее индексация токов принимается совпадающей с индексацией резисторов.

2. Скоммутировать на лабораторной панели электрическую цепь, схема которой приведена на рис. 1.5. Измерить токи и рассчитать по закону Ома напряжения на участках цепи. Полученные результаты занести в первую строку табл. 1.2 и в последнюю строку табл. 1.1.

Таблица 1.2

E_1	E_2	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6
В		А						В					
	0												
0													

3. Исключить из исследуемой цепи источник ЭДС E_2 , замкнув накоротко образовавшийся разрыв. Измерить токи в ветвях и рассчитать напряжения на участках цепи. Полученные результаты занести во вторую строку табл. 1.2.

4. Восстановить цепь, включить источник ЭДС E_2 . Исключить из исследуемой цепи источник ЭДС E_1 , замкнув накоротко образовавшийся разрыв. Измерить токи в ветвях и рассчитать напряжения на участках цепи. Результаты измерений занести в третью строку табл. 1.2.

5. По данным табл. 1.2 проверить справедливость законов Кирхгофа и принципа суперпозиции (метода наложения).

6. Методом эквивалентного генератора определить ток в ветви с резистором R_6 . Для этого, разомкнув указанную ветвь, измерить напряжение холостого хода (ЭДС эквивалентного генератора) и, замкнув накоротко резистор R_6 , измерить ток короткого замыкания. Результаты вычисления занести в табл. 1.1.

7. Оценить степень совпадения величины токов в одноименных ветвях из табл. 1.1.

8. Приняв потенциал в узле а равным нулю, измерить потенциал в остальных узлах цепи. Результаты измерений занести в табл. 1.3.

9. Приняв потенциал узла а равным нулю, пользуясь значениями E_1 , E_2 и данными табл. 1.2, рассчитать потенциалы узлов исследуемой цепи. Результаты расчета занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Способ определения	φ_a	φ_b	φ_c	φ_d	φ_e	φ_f
	B	B	B	B	B	B
Измерено	0					
Вычислено	0					

10. По данным табл. 1.3 построить потенциальную диаграмму для контура $abcdefa$ исследуемой цепи (рис. 1.5).

11. Составить баланс мощностей для исследуемой цепи (рис. 1.5).

12. В исследуемой цепи по указанию преподавателя изменить величину резистора R_3 . Измерить токи в ветвях цепи. Результаты измерений занести в табл. 1.4.

Таблица 1.4

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
А	А	А	А	А	А

13. Составить баланс мощностей при измененном резисторе R_3 , предварительно определив величину последнего через падение напряжения на нем, которое необходимо измерить.

Форма отчетности:

1. Цель работы.
2. Схема подвергнутой эксперименту электрической цепи.
3. Таблицы результатов измерений и расчетов по программе работы.
4. Рабочие формулы.
5. Потенциальная диаграмма.
6. Балансы мощностей.
7. Выводы по работе.

Основная литература

1. Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с.

Дополнительная литература

1. Большанин Г. А. Теоретические основы электротехники. В 2-х ч. Ч. 1.: Учебное пособие. / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2005. – 433 с.
2. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 7-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 736 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте принципы построения математических моделей электрических цепей.
2. Сформулируйте принцип суперпозиции. Какова его область применения? Почему?
3. Дайте краткую характеристику методам расчета линейных электрических цепей постоянного тока.
4. Охарактеризуйте элементы линейных электрических цепей.
5. Что такое эквивалентный генератор?
6. Как изменятся направления токов в ветвях исследуемой цепи при изменении величины резистора R_3 ?

Лабораторная работа № 2

1 час лабораторной работы проводится в форме дискуссии

Исследование трехфазного асинхронного двигателя

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором; приобрести практические навыки в сборке схемы установки; построить рабочие и механическую характеристики.

Краткие теоретические сведения

Асинхронный двигатель (АД) трехфазного тока представляет собой электрическую машину, служащую для преобразования электрической энергии трехфазного тока в механическую.

Слово “асинхронный” означает несинхронный или неодновременный. При этом имеется в виду, что у асинхронного двигателя частота вращения магнитного поля статора отличается от частоты вращения ротора.

Благодаря простоте устройства, высокой надежности в эксплуатации и меньшей стоимости по сравнению с другими двигателями асинхронные двигатели трехфазного тока нашли широкое применение.

Трехфазный асинхронный двигатель изобретен выдающимся русским электротехником М.О. Доливо-Добровольским в 1889г. Конструкция асинхронного двигателя, предложенная им, была настолько проста, надежна и экономична, что в основных чертах сохранилась до настоящего времени.

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: неподвижного статора и вращающегося ротора.

Статор состоит из алюминиевой или чугуновой станины, внутри которой помещен сердечник – магнитопровод. Сердечник, собранный из штампованных листов электротехнической стали в виде цилиндра, на внутренней стороне имеет пазы, в которых размещена обмотка, питаемая от сети трехфазного тока и создающая вращающееся магнитное поле.

Ротор представляет собой стальной цилиндр, укрепленный на валу двигателя. На наружной поверхности ротора имеются пазы для укладки обмотки. Вал ротора вращается в подшипниках, закрепленных в торцевых щитах станины статора. В роторе происходит процесс преобразования электрической энергии трехфазного тока в механическую.

Для уменьшения потерь мощности на гистерезис и вихревые токи сердечники статора и ротора набираются из листов электротехнической стали толщиной 0.35–0.5 мм. Сердечники статора и ротора, разделенные воздушным зазором, составляют магнитную цепь двигателя.

Обмотка каждой фазы статора укладывается в пазы и состоит из отдельных секций, имеющих несколько витков медного или алюминиевого изолированного провода.

Обмотки каждого статора соединяются между собой в звезду или треугольник; на щиток машины выводится шесть концов обмоток и обычно указывается два напряжения, например 220/380 В. Это означает, что двигатель может работать при одном из двух напряжений: 220 В – соединение фаз треугольником и 380 В – соединение фаз звездой.

По устройству обмотки ротора АД делятся на два типа: двигатели с короткозамкнутым ротором и двигатели с фазным ротором. Обмотка короткозамкнутого ротора выполняется из медных алюминиевых стержней, закладываемых в пазы ротора и соединяемых по торцам кольцами из того же материала, что и стержни. В целом такая обмотка образует проводящую металлическую клетку, напоминающую «беличье колесо». Следует отметить, что как в АД с фазным ротором, так и в АД с короткозамкнутым ротором при работе цепь ротора всегда замкнута.

Рассмотрим физические процессы, происходящие в АД при его работе.

При подключении обмотки статора к трехфазной сети переменного тока по фазам этой обмотки потекут токи, создающие вращающееся магнитное поле.

Частота вращения магнитного поля n_1 (синхронная частота вращения) зависит от частоты питающего напряжения f_1 и числа пар полюсов p обмотки статора, если $p=1$, а $f_1=50$ Гц, то

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Угловая скорость магнитного поля:

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{1} = 314 \text{ рад/с.}$$

Синхронная частота вращения и угловая скорость в зависимости от числа пар полюсов имеют следующие величины, указанные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

p – число пар полюсов	1	2	3	4	5	6
n_1 , об./мин	3000	1500	1000	750	600	500
ω_1 , рад/с	314	157	104.7	79.5	62.8	52.3

Вращающееся магнитное поле одного полюса замыкается через воздушный зазор, по сердечникам статора и ротора и, пересекая обмотку статора и ротора, наводит в них ЭДС самоиндукции E_1 и взаимоиנדукции E_2 .

Действующее значение ЭДС фазы статора:

$$E_1 = 4.44k_{об1}f_1w_1\Phi \approx U_1;$$

ротора:

$$E_2 = 4.44k_{об2}f_2w_2\Phi,$$

где U_1 – фазное напряжение на обмотке статора; f_1 и f_2 – частоты изменения ЭДС в статоре и роторе; w_1 и w_2 – количество витков в фазных обмотках статора и ротора; $k_{об1}$ и $k_{об2}$ – обмоточные коэффициенты статора и ротора, учитывающие наличие сдвига фаз между ЭДС в соседних витках обмоток; Φ – магнитный поток.

Поскольку обмотка ротора замкнута накоротко, то по ней потечет ток I_2 . В результате взаимодействия вращающегося магнитного поля статора с током ротора I_2 создается электромагнитный вращающий момент, под действием которого ротор начнет вращаться в сторону вращения магнитного поля. Частота вращения ротора n_2 всегда меньше частоты вращения магнитного поля. Разность частот вращения магнитного поля и ротора $n_s = n_1 - n_2$ называется частотой скольжения; с этой частотой вращения поле статора вращается относительно ротора.

Относительная частота скольжения,

$$s = \frac{n_s}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

называется скольжением асинхронного двигателя.

При номинальной нагрузке на валу АД номинальное скольжение $s_H = (2-8)\%$.

Номинальная частота вращения ротора n_2 указывается на табличке АД.

Рабочие свойства асинхронного двигателя определяются механической характеристикой, это $n_2 = f(M_{\text{дв}})$ (рис. 2.1) и рабочими характеристиками (рис. 2.2).

Под рабочими характеристиками понимаются зависимости потребляемой мощности P_1 , тока статора I_1 , коэффициента мощности $\cos\varphi$, скольжения s , вращающего момента двигателя $M_{\text{дв}}$, коэффициента полезного действия η от полезной механической мощности на валу двигателя P_2 :

$$(n_1; I_1; \cos\varphi; S; M; \eta) = f(P_2).$$

При этом подводимое к двигателю напряжение является номинальным $U_1 = U_H = \text{const}$, $f_1 = f_H = \text{const}$. Примерный характер рабочих характеристик показан на рис. 2.2.

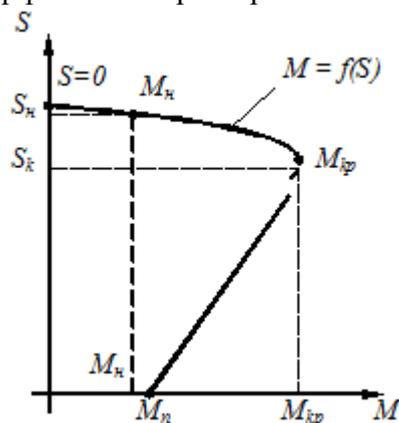


Рис. 2.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя

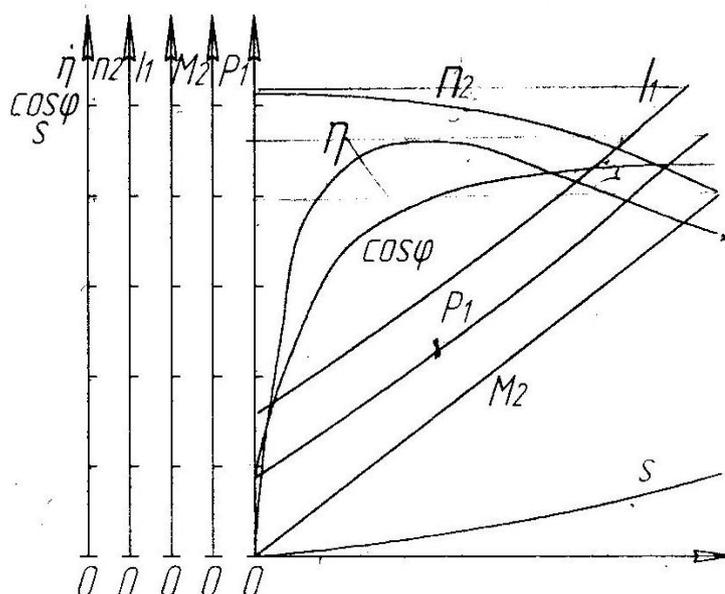


Рис. 2.2. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

Описание лабораторной установки

Эксперименты выполняются на лабораторном оборудовании компьютерного исполнения с использованием мультиметров и аналоговых электроизмерительных приборов. Электрические цепи собираются на монтажном плато.

Источник G1 (модуль 201.2) – источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания G2 (модуль 206.1) двигателя постоянного тока используется для питания обмотки возбуждения машины постоянного тока M2 (модуль 101.2), работающей в режиме генератора с независимым возбуждением и выступающей в качестве нагрузочной машины.

Преобразователь угловых перемещений G5 (модуль 104) генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 (модуль 506.2) электромашинного агрегата.

Испытуемый асинхронный двигатель получает питание через выключатель A6 (модуль 301.1) и трехфазную трансформаторную группу A2 (модуль 347.1) от трехфазного источника питания G1 (модуль 201.2).

Активная нагрузка A10 (модуль 306.1) используется для нагрузки генератора M2 (модуль 101.2).

С помощью мультиметров блока P1(модуль 508.2) контролируются ток статорной обмотки испытуемого двигателя M1 (модуль 102.1) , ток и напряжение якорной обмотки генератора M2 (модуль 101.2) .

С помощью измерителя P2 (модуль 507.2) контролируются активная и реактивная мощности, потребляемые испытуемым двигателем M1 (модуль 102.1).

В табл. 2.2 указаны паспортные данные исследуемого асинхронного двигателя M1 (модуль 102.1), а в табл. 2.3 – паспортные данные генератора постоянного тока независимого возбуждения M2 (модуль 101.2), используемого здесь в качестве нагрузки асинхронного двигателя.

Таблица 2.2

P , Вт	U , В	I , А	n , об/мин	p , число пар полюсов	$\cos\varphi$	η
100	220	0.35	1250	2	0.73	36

$P, \text{Вт}$	$U_{\text{ái}}, \text{В}$	$I_{\text{ái}}, \text{А}$	$U_{\text{ái}}, \text{В}$	$I_{\text{ái}}, \text{А}$	$n, \text{об/мин}$	η
90	220	0.56	220	0.2	1500	57.2

Порядок выполнения работы

1. Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

2. Собрать электрическую схему тепловой защиты машины переменного тока (рис. 3.3), соединив гнезда ТК на блоках М1 (модуль 102.1) и G1 (модуль 201.2).

3. Соединить гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника питания G1 (модуль 201.2).

4. Собрать электрическую схему для снятия рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (рис. 7.4).

5. Реостат А9 (модуль 307.1) поставить в нулевое положение по всем фазам ($R = 0$).

6. Предъявить схему для проверки преподавателю.

7. Переключатели режима работы источника G2 (модуль 206.1) и выключателя А6 (модуль 301.1) установить в положение «РУЧН.».

8. Регулировочную рукоятку источника G2 (модуль 206.1) повернуть до упора против часовой стрелки, а регулировочные рукоятки активной нагрузки А10 (модуль 306.1) – установить 0% от максимального значения.

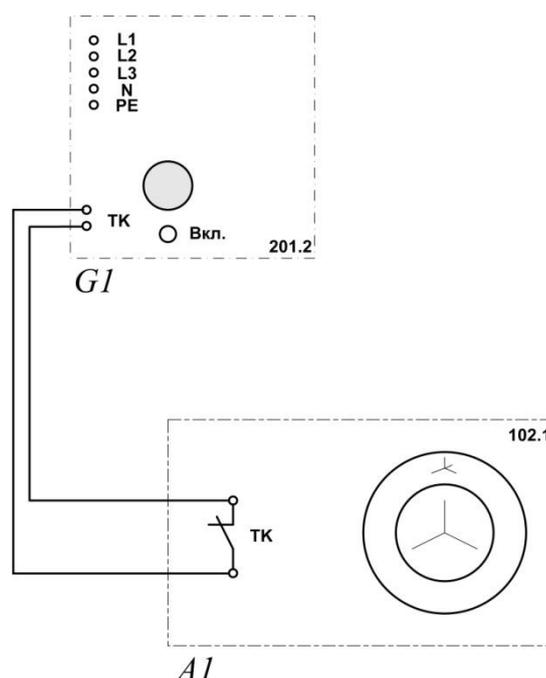


Рис. 2.3. Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока

9. В трехфазной трансформаторной группе А2 (модуль 347.1) установить номинальное первичное напряжение трансформатора 230В, номинальное вторичное напряжение трансформатора 220В.

10. Включить кнопки «СЕТЬ» блоков А6 (модуль 301.1), блок мультиметров Р1 (модуль 508.2) и активировать мультиметры, измеритель мощностей Р2 (модуль 507.2), указатель частоты вращения Р3 (модуль 506.2).

11. Включить источник G1 (модуль 201.2). О наличии напряжений на выходе источника должны сигнализировать светящиеся лампочки.

12. Запустить двигатель М1 (модуль 102.1) нажатием кнопки «ВКЛ.» выключателя А6 (модуль 301.1).

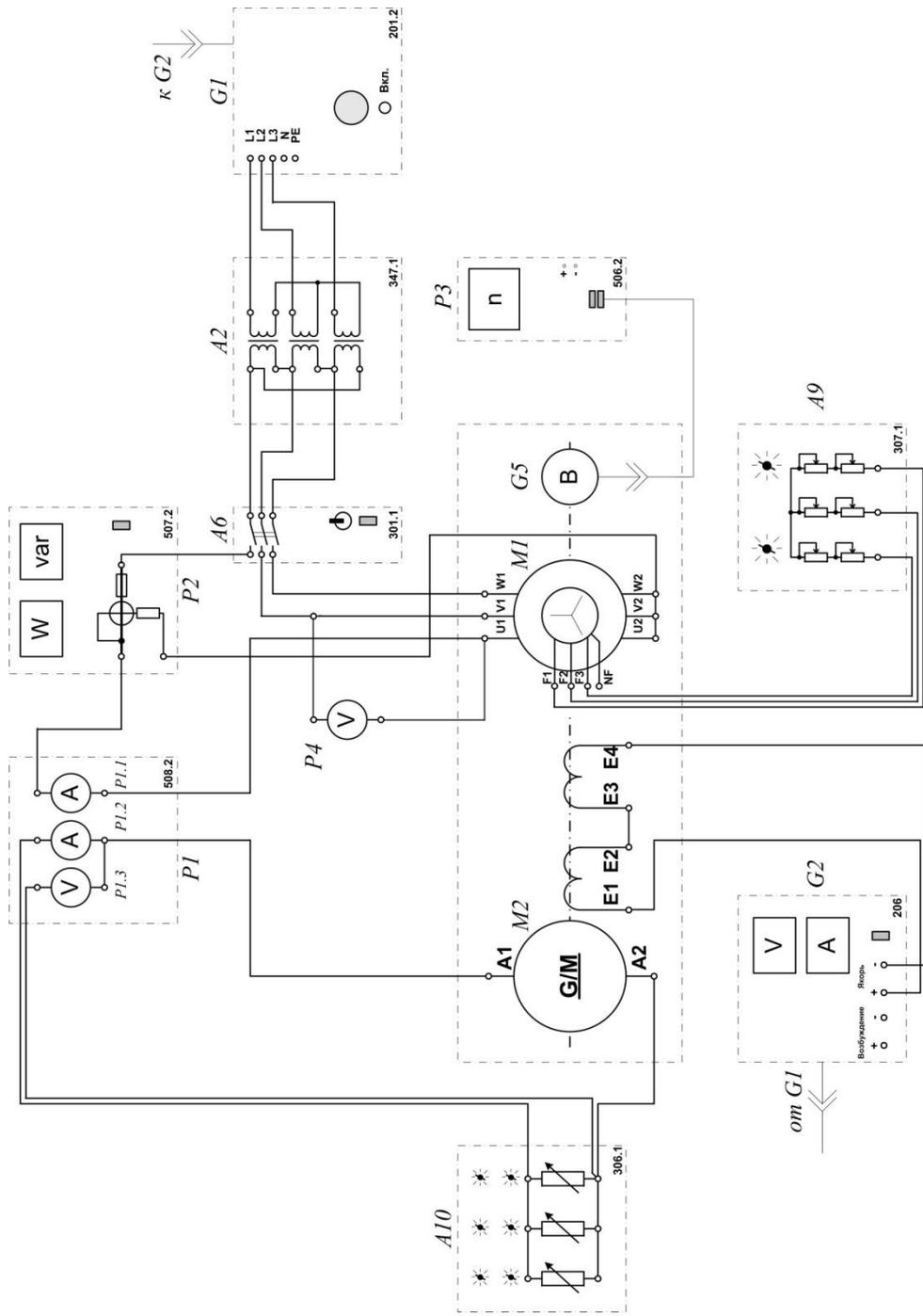


Рис. 2.4. Электрическая схема соединений для исследования асинхронного двигателя

13. Нажать кнопку "ВКЛ." источника G2 (модуль 206.1).
14. Вращая регулировочную рукоятку источника G2 (модуль 206.1), установить номинальное напряжение на обмотке возбуждения генератора 220В.
15. Вращая регулировочные рукоятки активной нагрузки А10 (модуль 306.1) – изменять значение активной нагрузки 0% до 100% , с шагом 10%.
- Для каждого значения активной нагрузки записывать показания приборов в таблицу 3.4 (опытные данные). Приборы регистрируют следующие величины:
- Вольтметр P4* – линейное напряжение U_1 на статорной обмотке двигателя М1.
- Амперметр P1.1* – ток I_1 статорной обмотки двигателя М1;
- Ваттметр и варметр* – соответственно активную P_{11} и реактивную Q_{11} мощности одной фазы двигателя М1;
- Указатель частоты вращения* – частоту вращения n_2 двигателя М1;
- Амперметр P1.2 и вольтметр P1.3* – соответственно ток I_a и напряжение U_a якорной обмотки генератора М2.
15. По завершении эксперимента нажать кнопки «ОТКЛ» выключателя А6 и источника G1.
16. Отключить выключатели «СЕТЬ» блоков А6, Р1, Р2, Р3.
17. Регулировочные рукоятки активной нагрузки А10 установить в положение – 0%.
18. Используя опытные данные табл. 2.4, вычислить для каждого значения напряжения U_a , В расчетные величины полезной активной мощности P_2 , Вт ,полной потребляемой из сети активной мощности P_1 , Вт, полезного механического момента M_2 , Н.м, коэффициента мощности $\cos\varphi$, скольжения s и коэффициента полезного действия η асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором по формулам:

$$P_2 = I_a U_a ;$$

$$P_1 = 3P_{11} ;$$

$$M_2 = 9,55 \frac{P_2}{n_2} ;$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{11}}{\sqrt{P_{11}^2 + Q_{11}^2}} ;$$

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% ;$$

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

где n_1 – частота вращения магнитного поля, равная 1500 об/мин.

Занести полученные результаты в табл. 2.4 (расчетные данные).

19. Используя данные табл. 5.4 , построить в масштабе на одном графике рабочие характеристики $I_1=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $n_2=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M_2=f(P_2)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

20. Используя данные табл. 2.4, построить рабочий участок механической характеристики $n = f(M)$ асинхронного двигателя.

21. Сделать выводы по работе.

Таблица 2.4

$P_a, \%$	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Опытные данные										
$U_1, В$										
$I_1, А$										
$P_{11}, Вт$										
$Q_{11}, вар$										
$n_2, об/мин$										
$I_a, А$										
$U_a, В$										
Расчетные данные										
$P_2, Вт$										
$P_1, Вт$										
$M_2, Н·м$										
$\cos \varphi$										
$s, \%$										
$\eta, \%$										

Форма отчетности:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Схема экспериментальной установки для исследования асинхронного двигателя.
4. Таблица результатов измерений и вычислений.
5. Рабочие формулы.
6. Рабочие характеристики асинхронного двигателя $I_1=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $n_2=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M_2=f(P_2)$.
7. Механическая характеристика асинхронного двигателя $n = f(M)$.
8. Выводы.

Основная литература

1. Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с.
2. Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – 8-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 496 с.

Дополнительная литература

1. Большанин Г. А. Теоретические основы электротехники. В 2-х ч. Ч. 1.: Учебное пособие. / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2005. – 433 с.
2. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 7-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 736 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Объясните конструкцию короткозамкнутого асинхронного двигателя.
2. Что такое скольжение асинхронного двигателя? Какой диапазон изменения скольжения у асинхронного двигателя?
3. Как осуществляется реверсирование асинхронных двигателей трехфазного тока?
4. Какие характеристики асинхронного двигателя называются рабочими?
5. Какими способами можно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя?
6. Изобразите механическую характеристику асинхронного двигателя.
7. От чего зависит вращающий момент асинхронного двигателя?
8. Какие виды потерь имеют место в асинхронных двигателях?

Практическое занятие 1

Решение задачи однофазного синусоидального тока, используя законы Кирхгофа

Цель работы: научиться применять законы Кирхгофа для решения задачи однофазного синусоидального тока.

Для линейной электрической цепи синусоидального тока, схема которой изображена на рис. 6, необходимо выполнить следующее: составить математическую модель цепи; определить токи во всех ветвях электрической цепи; определить показания вольтметра электромагнитной и ваттметра электродинамической систем (сопротивления измерительных обмоток напряжения приборов принять бесконечно большим, а сопротивление измерительной обмотки тока – бесконечно малым); составить баланс активной, реактивной и полной мощностей; построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

Исходные данные: $e = 141 \sin(\omega t + 30^\circ)$; $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 10 \text{ Ом}$; $R_3 = 8 \text{ Ом}$;
 $L_1 = 15,9 \text{ мГн}$; $L_2 = 31,8 \text{ мГн}$; $C_1 = 328 \text{ мкФ}$; $C_2 = 637 \text{ мкФ}$;
 $C_3 = 100 \text{ мкФ}$; $f = 50 \text{ Гц}$.

Решение.

Расчет в данном случае целесообразно выполнять для действующих значений ЭДС, напряжений и токов.

Условно положительные направления токов в ветвях в какой-либо фиксированный, в данном случае начальный момент времени указаны на рис. 1.1.

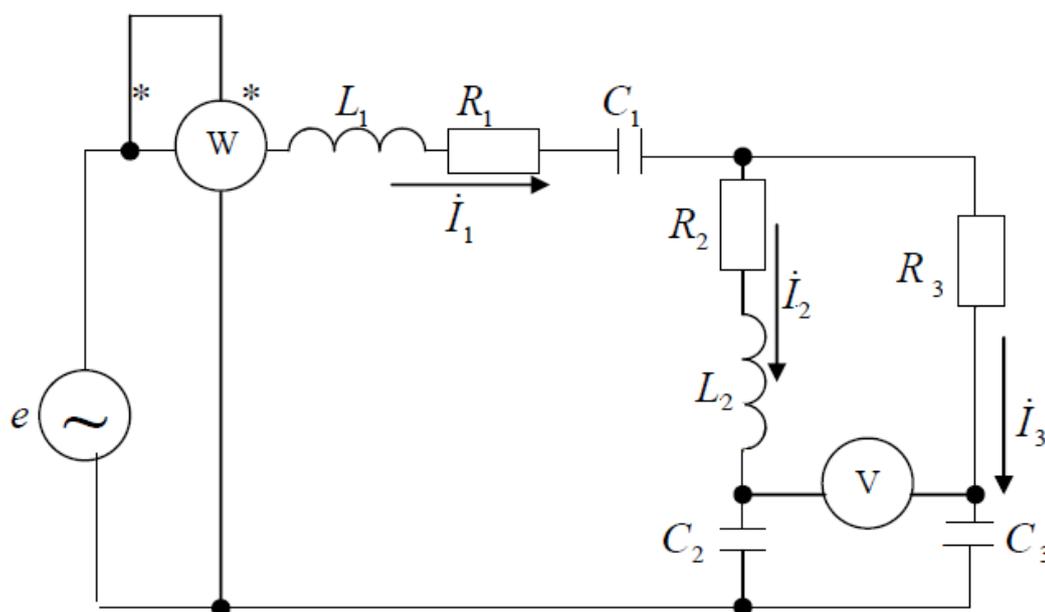


Рис. 1.1. Схема электрической цепи синусоидального тока

Математическую модель анализируемой цепи можно представить так:

$$\left. \begin{aligned} I_1 - I_2 - I_3 &= 0; \\ I_1 \left[R_1 + j \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} \right) \right] + I_2 \left[R_2 + j \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right) \right] &= \dot{E}; \\ I_2 \left[R_2 + j \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right) \right] - I_3 \left(R_3 - j \frac{1}{\omega C_3} \right) &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Ее можно записать и так:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 &= 0; \\ \dot{I}_1 [R_1 + j(X_{L1} - X_{C1})] + \dot{I}_2 [R_2 + j(X_{L2} - X_{C2})] &= \dot{E}; \\ \dot{I}_2 [R_2 + j(X_{L2} - X_{C2})] - \dot{I}_3 (R_3 - jX_{C3}) &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Можно записать еще проще:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 &= 0; \\ \dot{I}_1 \underline{Z}_1 + \dot{I}_2 \underline{Z}_2 &= \dot{E}; \\ \dot{I}_2 \underline{Z}_2 - \dot{I}_3 \underline{Z}_3 &= 0. \end{aligned} \right\}$$

В заданной цепи присутствует лишь один источник электрической энергии. Поэтому здесь вполне применим метод эквивалентных преобразований.

Циклическая частота изменения электрического тока во времени определится так:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ рад/с.}$$

Численные значения индуктивных сопротивлений в анализируемой цепи:

$$X_{L1} = \omega L_1 = 314 \cdot 15,9 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ Ом};$$

$$X_{L2} = \omega L_2 = 314 \cdot 31,8 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ Ом.}$$

Численные значения емкостных сопротивлений:

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314 \cdot 318 \cdot 10^{-6}} = 10 \text{ Ом};$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{314 \cdot 637 \cdot 10^{-6}} = 5 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega C_3} = \frac{1}{314 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 31,85 \text{ Ом.}$$

Комплексное значение полного сопротивления первой ветви (в неразветвленной части цепи):

$$\underline{Z}_1 = R_1 + j(X_{L1} - X_{C1}) = 5 + j(5 - 10) = 5 - j5 = 7,07e^{-j45^\circ} \text{ Ом.}$$

Второй ветви:

$$\underline{Z}_2 = R_2 + j(X_{L2} - X_{C2}) = 10 + j(10 - 5) = 10 + j5 = 11,18e^{j45^\circ} \text{ Ом.}$$

Третьей ветви:

$$\underline{Z}_3 = R_3 - jX_{C3} = 8 - j31,85 = 32,85e^{-j76^\circ} \text{ Ом.}$$

Эквивалентное полное сопротивление цепи:

$$\underline{Z}_3 = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = 5 - j5 + \frac{11,18e^{j45^\circ} \cdot 32,85e^{-j76^\circ}}{10 + j5 + 8 - j31,85} = 16,27 - j3,62 = 16,67e^{-j13^\circ} \text{ Ом.}$$

ЭДС в исходных данных рассматриваемого примера задана мгновенным значением, то есть в виде закона изменения мгновенного значения ЭДС во времени. Действующее значение этой ЭДС определится так:

$$\dot{E} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} e^{j\varphi_e} = \frac{141}{\sqrt{2}} e^{j30^\circ} = 100e^{j30^\circ} \text{ В.}$$

Комплексное значение тока в неразветвленной части цепи:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{\underline{Z}_Y} = \frac{100e^{j30^\circ}}{16,67e^{-j13^\circ}} = 6e^{j43^\circ} = (4,39 + j4,06)\text{А.}$$

В таком случае комплексные значения остальных токов определяются так:

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{\underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = 6e^{j43^\circ} \frac{32,85e^{-j76^\circ}}{10 + j5 + 8 - j31,85} = 6,1e^{j23^\circ} = (5,62 + j2,38)\text{А};$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = 6e^{j43^\circ} \frac{11,18e^{j45^\circ}}{10 + j5 + 8 - j31,85} = 2,08e^{j126^\circ} = (-1,23 + j1,68)\text{А.}$$

Комплексное значение напряжения в месте подключения вольтметра (рис. 1.1) определится так:

$$\begin{aligned} \dot{U}_V &= \dot{I}_2(R_2 + jX_{L2}) - \dot{I}_3 R_3 = \\ &= 6,1e^{j23^\circ}(10 + j10) - 2,08e^{j126^\circ} \cdot 8 = 42,1 + j66,53 = 78,73e^{j58^\circ} \text{ В.} \end{aligned}$$

Показания вольтметра электромагнитной системы: $U_V = 78,73 \text{ В}$.

Ваттметр электродинамической системы регистрирует активную мощность электрической цепи:

$$P_W = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 = 6^2 \cdot 5 + 6,1^2 \cdot 10 + 2,08^2 \cdot 8 = 587 \text{ Вт.}$$

Баланс активной мощности предполагает равенство генерируемой и потребляемой активных мощностей: $P_H = P_H$.

Баланс реактивной мощности предполагает равенство генерируемой и потребляемой реактивных мощностей: $Q_H = Q_H$.

Баланс полной мощности предполагает равенство генерируемой и потребляемой полных мощностей: $\tilde{S}_H = \tilde{S}_H$.

Последнее равенство подразумевает равенства вещественных и мнимых составляющих полных мощностей, то есть баланс полной мощности предполагает балансы активных и реактивных мощностей:

$$\tilde{S}_H = P_H + jQ_H = \tilde{S}_H = P_H + jQ_H.$$

Полная мощность, генерируемая источником ЭДС:

$$\tilde{S}_H = \dot{E} \bar{I}_1 = 100e^{j30^\circ} \cdot 6e^{-j43^\circ} = 600e^{-j13^\circ} = (587 - j135) \text{ ВА},$$

где $\bar{I}_1 = 6e^{-j43^\circ}$ А – сопряженный вектор тока в неразветвленной части цепи.

Генерируемая активная мощность: $P_H = 587$ Вт.

Генерируемая реактивная мощность: $Q_H = 135$ ВАр.

Причем реактивная мощность имеет емкостной характер.

Потребляемая полная мощность определяется так:

$$\begin{aligned} \tilde{S}_H &= I_1^2 \underline{Z}_1 + I_2^2 \underline{Z}_2 + I_3^2 \underline{Z}_3 = \\ &= 6^2(5 - j5) + 6,1^2(10 + j5) + 2,08^2(8 - j31,85) = (587 - j135) = 600e^{-j13^\circ} \text{ ВА}. \end{aligned}$$

Потребляемая активная мощность: $P_H = 587$ Вт.

Потребляемая реактивная мощность: $Q_H = 135$ ВАр.

Балансы активной, реактивной и полной мощностей сошлись.

Векторную диаграмму напряжений и токов лучше всего на комплексной плоскости (рис. 1.2).

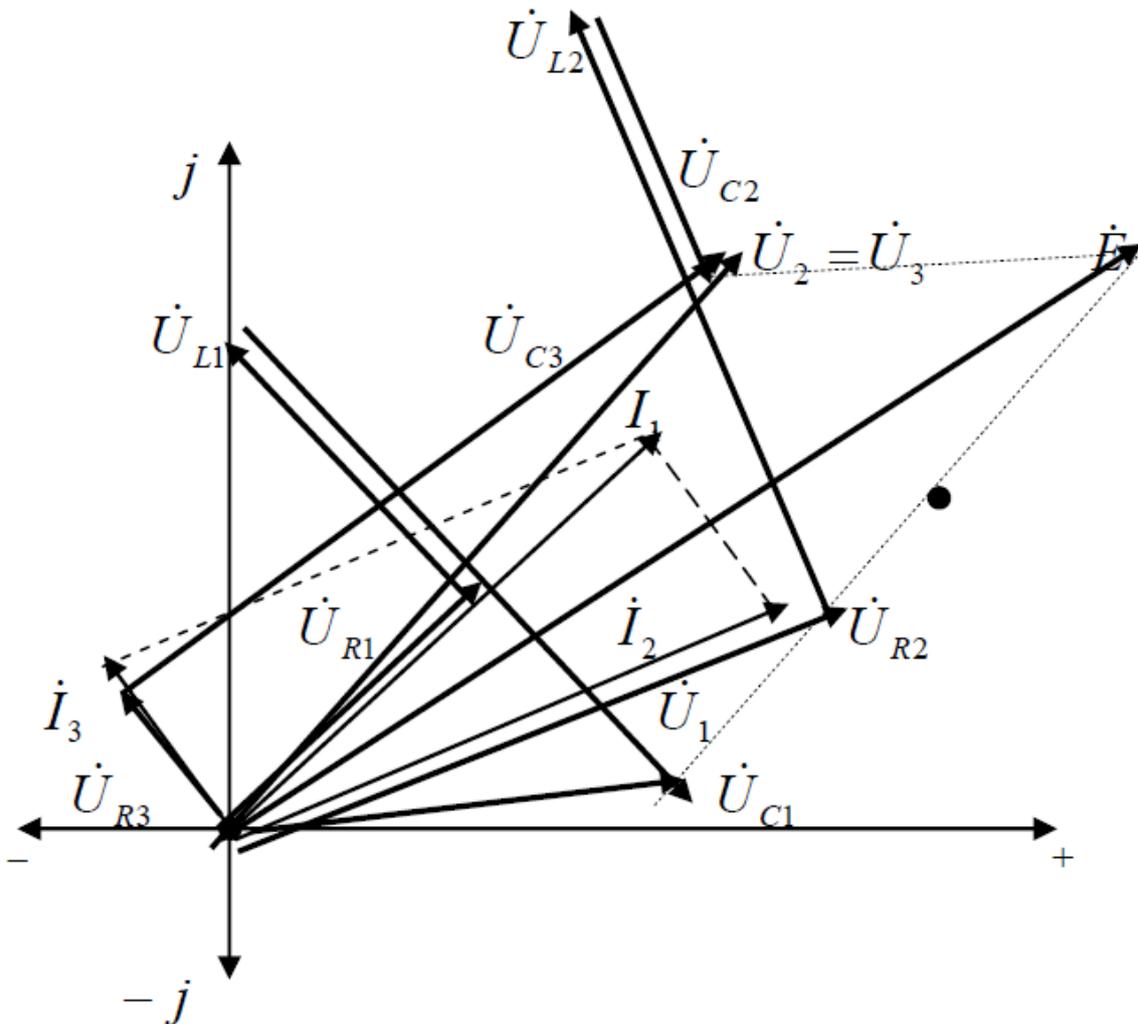


Рис. 1.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

В первую очередь на комплексной плоскости следует указать в масштабе токи:

$$\dot{I}_1 = 6e^{j43^\circ} \text{ А}; \quad \dot{I}_2 = 6,1e^{j23^\circ} \text{ А}; \quad \dot{I}_3 = 2,08e^{j126^\circ} \text{ А}.$$

Для построения векторов напряжения на комплексной плоскости необходимо определить их величины:

$$\begin{aligned}U_{R1} &= I_1 R_1 = 6 \cdot 5 = 30 \text{ В}; \\U_{L1} &= I_1 X_{L1} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ В}; \\U_{C1} &= I_1 X_{C1} = 6 \cdot 10 = 60 \text{ В}; \\U_{R2} &= I_2 R_2 = 6,1 \cdot 10 = 61 \text{ В}; \\U_{L2} &= I_2 X_{L2} = 6,1 \cdot 10 = 61 \text{ В}; \\U_{C2} &= I_2 X_{C2} = 6,1 \cdot 5 = 30,5 \text{ В}; \\U_{R3} &= I_3 R_3 = 2,08 \cdot 8 = 16,64 \text{ В}; \\U_{C3} &= I_3 X_{C3} = 2,08 \cdot 31,85 = 66,25 \text{ В}.\end{aligned}$$

Эти напряжения следует поместить в масштабе на комплексной плоскости, помня, что напряжение на идеальном резистивном элементе совпадает по фазе с соответствующим током, напряжение на идеальном индуктивном элементе опережает соответствующий ток на 90° , а напряжение на идеальном емкостном элементе отстает от соответствующего тока на 90° . Причем следует обратить внимание на то, что суммарные напряжения на второй и третьей ветвях должны полностью совпадать: $\dot{U}_2 = \dot{U}_3$. Кроме того, должны выполняться равенства:

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_2 = \dot{E}; \quad \dot{U}_1 + \dot{U}_3 = \dot{E}.$$

Форма отчетности:

1. Цель работы.
2. Схема экспериментальной электрической цепи.
3. Результаты вычислений по программе работы.
4. Рабочие формулы.
5. Векторные диаграммы напряжений и токов, выполненные в масштабе по программе работы.
5. Выводы по работе.

Основная литература

1. Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с.
2. Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – 8-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 496 с.

Дополнительная литература

1. Большанин Г. А. Теоретические основы электротехники. В 2-х ч. Ч. 1.: Учебное пособие. / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2005. – 433 с.
2. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 7-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 736 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Способы изображения синусоидально изменяющихся величин. Представьте их для тока $i = 10\sin(\omega t + 45^\circ)$.
2. Мощность в цепи однофазного синусоидального тока. Для заданной схемы определите все виды мощности (S, P, Q).

3. Объясните принцип составления законов Кирхгофа для однофазных цепей синусоидального тока. От чего зависит число уравнений, составляемых при расчете цепи методом контурных токов?

Практическое занятие 2

Решение задачи по теме «Трансформаторы»

Цель работы: научиться решать задачи по определению первичных и вторичных параметров трансформатора.

Для двухобмоточного трехфазного трансформатора, соединение обмоток которого $Y/Y_0 - 0$, известно: номинальная мощность $S_{ном} = 100$ кВА; номинальное напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора $\dot{U}_{1ном} = 6000$ В; номинальное напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора $\dot{U}_{2ном} = 400$ В; напряжение короткого замыкания $u_k = 5,5\%$; мощность короткого замыкания $P_k = 2400$ Вт; мощность холостого хода $P_0 = 600$ Вт; ток холостого хода $i_0 = 7\%$.

Требуется выполнить следующее: составить уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора; определить коэффициент трансформации; определить номинальные токи в первичной и вторичной обмотках трансформатора; построить T-образную схему замещения трансформатора; определить параметры T-образной схемы замещения трансформатора; определить действительные параметры вторичной обмотки трансформатора; построить внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(\beta)$ при активно-индуктивной нагрузке ($\cos\varphi_2 = 0,75$); для $\cos\varphi_2 = 0,75$ построить графическую зависимость коэффициента полезного действия от нагрузки $\eta = f(\beta)$, где $\beta = \frac{i_2}{i_{2ном}}$ – коэффициент нагрузки.

Решение.

Строго говоря, трехфазный трансформатор нельзя считать абсолютно симметричной системой. Например, при трехстержневом исполнении магнитопровода магнитный поток, а, следовательно, и магнитная индукция, и индуцируемая ЭДС в среднем стержне больше, чем в боковых. Но электромагнитные процессы в каждой фазе трансформатора однотипны и могут быть описаны идентичными уравнениями.

Уравнения электрического состояния каждой фазы трансформатора выглядят так:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= -e_1 + L_{1\sigma} \frac{di_1}{dt} + i_1 R_1; \\ u_2 &= -e_2 - L_{2\sigma} \frac{di_2}{dt} - i_2 R_2, \end{aligned} \right\}$$

где u_1 , u_2 и i_1 , i_2 – мгновенные значения напряжений и токов первичной и вторичной обмоток трансформатора; e_1 – ЭДС самоиндукции в первичной обмотке трансформатора; e_2 – ЭДС взаимоиндукции во вторичной обмотке трансформатора; $L_{1\sigma}$ и $L_{2\sigma}$ – собственные индуктивности рассеяния первичной и вторичной обмоток трансформатора; R_1 и R_2 – активные сопротивления первичной и вторичной обмоток трансформатора.

Уравнение магнитного состояния фазы трансформатора обычно представляют как соотношение намагничивающих сил (МДС):

$$i_1 w_1 = i_0 w_1 + i_2 w_2,$$

где w_1 и w_2 – количество витков в первичной и вторичной фазных обмотках трансформатора; i_0 – ток холостого хода.

Уравнения магнитного и электрического состояний фазы трансформатора для действующих значений ЭДС, напряжений и токов переписуются так:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 w_1 &= \dot{I}_0 w_1 + \dot{I}_2 w_2; \\ \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + jX_{L1} \dot{I}_1 + \dot{I}_1 R_1; \\ \dot{U}_2 &= -\dot{E}_2 - jX_{L2} \dot{I}_2 - \dot{I}_2 R_2, \end{aligned} \right\}$$

где \dot{E}_1 , \dot{E}_2 , \dot{U}_1 , \dot{U}_2 , \dot{I}_1 и \dot{I}_2 – изображения на комплексной плоскости действующих значений ЭДС, напряжений и токов первичной и вторичной фазных обмоток трансформатора; \dot{I}_0 – комплексное значение действующей величины тока холостого хода; X_{L1} и X_{L2} – индуктивные сопротивления рассеяния первичной и вторичной фазных обмоток трансформатора.

Коэффициент трансформации определяется как отношение количества витков первичной и вторичной обмоток трансформатора $k = w_1 / w_2$. Ориентир

$$k = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} = \frac{6000}{400} = 15.$$

Номинальный ток в первичной обмотке трансформатора:

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{1ном}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 9,6 \text{ А.}$$

Номинальный ток во вторичной обмотке трансформатора:

$$I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{2ном}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 248,9 \text{ А.}$$

T-образная схема замещения одной фазы двухобмоточного трансформатора изображена на рис. 2.1.

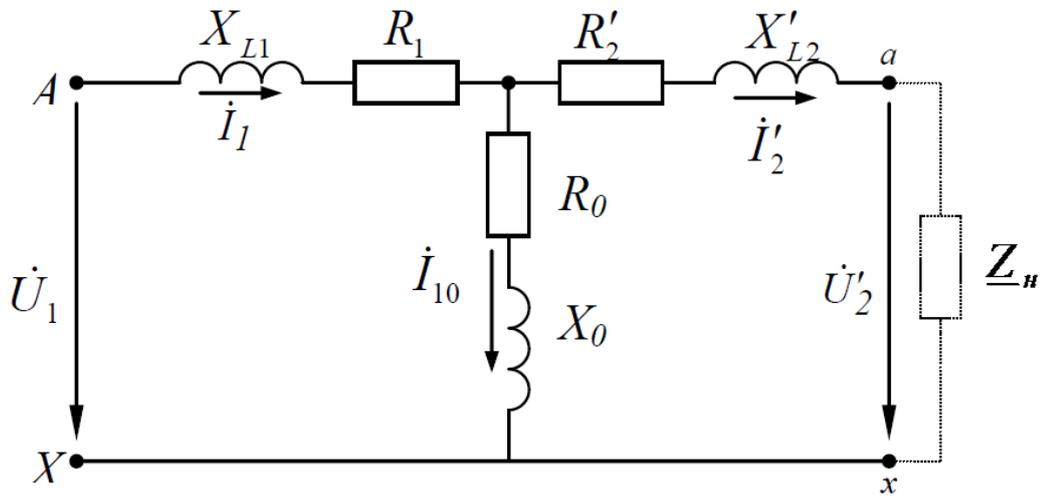


Рис. 2.1. Т-образная схема замещения двухобмоточного трансформатора

Ток в ветви намагничивания определяется величиной тока холостого хода:

$$I_0 = \frac{i}{100} I_{\text{н.о.м}} = \frac{7}{100} \cdot 9,6 = 0,67 \text{ А.}$$

Сопротивления ветви намагничивания:

$$Z_0 = \frac{U_{\text{н.о.м}}}{\sqrt{3} \cdot I_0} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 0,67} = 5170 \text{ Ом;}$$

$$R_0 = \frac{P_0}{3I_0^2} = \frac{600}{3 \cdot 0,67^2} = 446 \text{ Ом;}$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{5170^2 - 446^2} = 5151 \text{ Ом.}$$

Сопротивления короткого замыкания:

$$Z_k = \frac{u_k U_{\text{н.о.м}}}{\sqrt{3} \cdot 100 I_{\text{н.о.м}}} = \frac{5,5 \cdot 6000}{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 9,6} = 19,8 \text{ Ом;}$$

$$R_k = \frac{P_k}{3I_{\text{н.о.м}}^2} = \frac{2400}{3 \cdot 9,6^2} = 8,68 \text{ Ом;}$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{19,8^2 - 8,68^2} = 17,8 \text{ Ом.}$$

Сопротивление первичной обмотки и приведенной к ней вторичной:

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_k}{2} = \frac{8,68}{2} = 4,34 \text{ Ом;}$$

$$X_{L1} = X'_{L2} = \frac{X_k}{2} = \frac{17,8}{2} = 8,9 \text{ Ом.}$$

Действительные сопротивления вторичной обмотки:

$$R_2 = \frac{R'_2}{k^2} = \frac{4,34}{15^2} = 0,0193 \text{ Ом;}$$

$$X_{L2} = \frac{X'_{L2}}{k^2} = \frac{8,9}{15^2} = 0,0396 \text{ Ом.}$$

Для построения внешней характеристики трансформатора необходимо определить величину потерь напряжения в его вторичной обмотке. Это определяется по формуле:

$$\Delta U_{2\%} = \beta(u_{ka} \cos \varphi_2 + u_{kp} \sin \varphi_2),$$

где

$$u_{ka} = \frac{u_k R_k}{Z_k} = \frac{5,5 \cdot 8,68}{19,8} = 2,4\% ;$$

$$u_{kp} = \sqrt{u_k^2 - u_{ka}^2} = \sqrt{5,5^2 - 2,4^2} = 4,95\% .$$

Напряжение на внешних зажимах вторичной обмотки трансформатора определяется по формуле:

$$U_2 = \frac{U_{2н.о.м} (100 - \Delta U_{2\%})}{100} .$$

Результаты расчета потерь напряжения во вторичной обмотке и напряжения на ее внешних зажимах сведены в табл. 1.

Для построения зависимости $\eta = f(\beta)$ необходимо определить КПД трансформатора по формуле

$$\eta = \frac{\beta S_{н.о.м} \cos \varphi_2}{\beta S_{н.о.м} \cos \varphi + P_0 + \beta^2 P_k}$$

Результаты расчеты сведены в табл. 2.1.

По результатам вычислений, приведенных в табл. 2.1, на рис. 2.2 построена внешняя характеристика трансформатора, а на рис. 2.3 – зависимость КПД от нагрузки.

Таблица 2.1.

Результаты расчета внешней характеристики и коэффициента полезного действия

β	$\Delta U_{2\%}$	$U_2, \text{ В}$	η
0,01	-	-	0,555
0,025	-	-	0,757
0,05	-	-	0,904
0,1	0,507	397,97	0,924
0,2	1,014	395,94	0,956
0,3	1,521	393,92	0,965
0,4	2,028	391,89	0,967
0,5	2,535	389,86	0,969
0,6	3,042	387,83	0,967
0,7	3,549	385,80	0,966
0,8	4,056	383,78	0,964
0,9	4,563	381,75	0,963
1,0	5,070	379,72	0,962

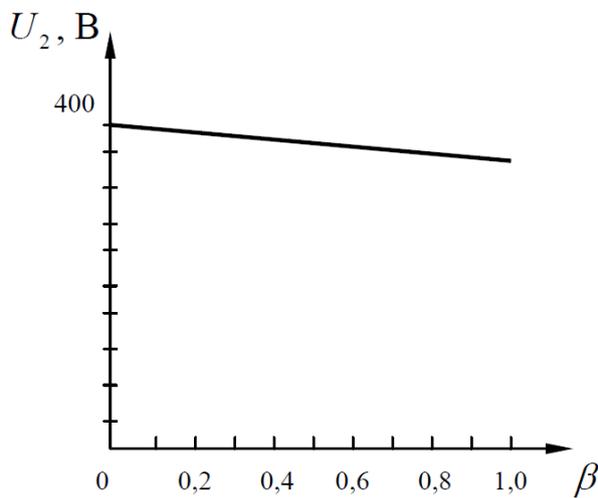


Рис. 2.2. Внешняя характеристика трансформатора

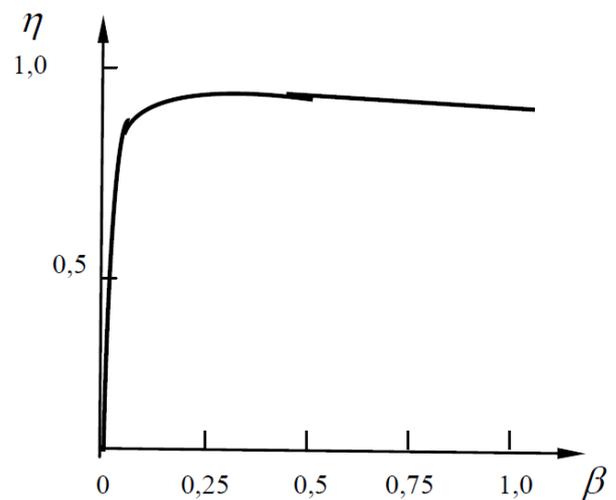


Рис. 2.3. Графическая зависимость КПД трансформатора от нагрузки

Форма отчетности:

1. Цель работы.
2. Схема экспериментальной электрической цепи.
3. Результаты вычислений по программе работы.
4. Рабочие формулы.
5. Векторные диаграммы напряжений и токов, выполненные в масштабе по программе работы.
5. Выводы по работе.

Основная литература

1. Титов, М. П. Электротехника: Учебник. / Г. А. Большанин. 2 – изд., испр. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – 356 с.
2. Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – 8-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 496 с.

Дополнительная литература

1. Большанин Г. А. Теоретические основы электротехники. В 2-х ч. Ч. 1.: Учебное пособие. / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2005. – 433 с.
2. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 7-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 736 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Принцип работы трансформатора?
2. Объясните понятие «коэффициент трансформации»?

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Выполнение контрольной работы является важнейшей формой учебной работы и способствует закреплению и углублению знаний, полученных обучающимися на лекциях и практических занятиях, воспитывает навыки самостоятельной творческой работы и ведения инженерных расчетов.

Данные методические указания призваны помочь обучающимся выполнить расчет линейных электрических цепей постоянного тока, однофазных и трехфазных линейных электрических цепей синусоидального тока, трансформаторы и произвести выбор электродвигателя для производственного механизма. Конкретные решения обучающийся принимает самостоятельно, основываясь на своих знаниях дисциплины.

В приложении даны все необходимые для выполнения работы справочные данные.

Методические указания по выполнению контрольной работы можно найти:

1. Электротехника: Методические указания и задания к выполнению контрольной работы / Г. А. Большанин. – Братск: БрГУ, 2014. – 89с.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ОС Windows 7 Professional;
2. Microsoft Imagine Premium;
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
5. OpenOffice;
6. Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия (Лк, ЛР, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория	Учебная мебель	№ 1-12
ЛР	Лаборатория теоретические основы электротехники	Учебная мебель, лабораторная установка Электрические и магнитные цепи, электрические машины и привод ЭОЭ1-С-К; лабораторная установка Основы электроники ОЭ1-Н-Р	№ 1-2
ПЗ	Лекционная аудитория	Учебная мебель	№ 1-2
СР	Читальный зал №3	Учебная мебель Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF); принтер HP LaserJet P3005	ЛР № 1-2

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-6	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Электрические цепи постоянного тока	1.1. Цепи постоянного тока	<i>Вопросы к Экзамену 1.1-1.3</i>
		2. Электрические цепи переменного тока	2.1. Цепи однофазного синусоидального тока	<i>Вопросы к Экзамену 2.1-2.7</i>
		3. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи	3.1. Трехфазные цепи	<i>Вопросы к Экзамену 3.1-3.5</i>
		4. Переходные процессы в электрических цепях	4.1. Переходные процессы в электрических цепях	<i>Вопросы к Экзамену 4.1</i>
		5. Линейные и нелинейные цепи	5.1. Нелинейные электрические цепи	<i>Вопросы к Экзамену 5.1</i>
		6. Магнитные цепи	6.1. Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой	<i>Вопросы к Экзамену 6.1-6.2</i>
		7. Трансформаторы	7.1. Трансформаторы	<i>Вопросы к Экзамену 7.1-7.4</i>
		8. Электрические машины постоянного тока	8.1. Машины постоянного тока	<i>Вопросы к Экзамену 8.1</i>
		9. Асинхронные машины	9.1. Асинхронные машины	<i>Вопросы к Экзамену 9.1-9.2</i>
		10. Синхронные машины	10.1. Синхронные машины	<i>Вопросы к Экзамену 10.1</i>
		11. Основы электропривода и электроснабжения	11.1. Основы электропривода и электроснабжения	<i>Вопросы к Экзамену 11.1-11.2</i>
		12. Основы электроники	12.1. Основы электроники	<i>Вопросы к Экзамену 12.1-12.7</i>

2. Вопросы к экзамену

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-6	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1.1. Законы Ома и Кирхгофа при постоянном токе. Работа и мощность электрической цепи при постоянном токе.	1. Электрические цепи постоянного тока
			1.2. Баланс мощностей электрической цепи и КПД при постоянном токе. Потенциальная диаграмма при постоянном токе.	
			1.3. Методики расчета разветвленных цепей постоянного тока с несколькими источниками.	2. Электрические цепи переменного тока
			2.1. Электрические цепи однофазного синусоидального тока. Амплитудные, действующие, средние и мгновенные значения.	
2.2. Изображение синусоидально изменяющейся величины. Комплексный метод расчёта. Векторные диаграммы.				
		2.3. Активное, индуктивное и ёмкостное сопротивления в цепи синусоидального тока.		
		2.4. Закон Ома для цепи синусоидального тока. Комплексное сопротивление, комплексная проводимость.		
		2.5. Активная, реактивная и полная мощности. Коэффициент мощности.		
		2.6. Резонансный режим работы двухполюсника. Резонанс напряжений. Условия возникновения и практическое значение.		
		2.7. Параллельное соединение элементов электрической цепи. Резонанс токов, условия возникновения.		
		3.1. Трёхфазный генератор. Получение трёхфазной системы ЭДС.	3. Трёхпроводные и четырёхпроводные трёхфазные цепи	
		3.2. Четырёхпроводная цепь. Соединение обмоток генератора и фаз приемника звездой. Роль нейтрального провода.		
		3.3. Трёхпроводная цепь. Соединение нагрузки звездой.		
		3.4. Соединение обмоток генератора и фаз приемника треугольником.		
		3.5. Определение мощности трёхфазного тока при несимметричной и симметричной нагрузке.		
		4.1. Понятие о переходных процессах в электрических цепях. Причины возникновения. Законы коммутации. Начальные условия.	4. Переходные процессы в электрических цепях	

		5.1. Методы расчёта нелинейных электрических цепей постоянного тока	5. Линейные и нелинейные цепи
		6.1. Магнитные цепи с постоянной намагничивающей силой. Элементы магнитной цепи. Применение закона полного тока для анализа магнитных цепей. 6.2. Магнитные цепи с переменной намагничивающей силой. Особенности электромагнитных процессов в катушке с магнитопроводом.	6. Магнитные цепи
		7.1. Принцип действия однофазного трансформатора, устройство трансформатора и его назначение. Коэффициент трансформации. 7.2. Схема замещения. Холостой ход трансформатора: физические процессы, уравнения электрического состояния обмоток, составляющие тока холостого хода, действующее значение ЭДС обмоток, коэффициент трансформации, векторная диаграмма, схема замещения. 7.3. Схема замещения. Режим короткого замыкания трансформатора: опыт к.з., физические процессы; уравнения и векторная диаграмма трансформатора в режиме к.з., треугольник Z_k трансформатора, физический смысл u_k трансформатора? 7.4. Энергетическая диаграмма трансформатора. Потери мощности и КПД трансформатора.	7. Трансформаторы
		8.1. Электрические машины постоянного тока. Устройство, принцип действия. Основные уравнения.	8. Электрические машины постоянного тока
		9.1. Асинхронные машины. Устройство, принцип действия, назначение. 9.2. Схема замещения. Основные уравнения. Способы регулирования оборотов. Реверсирование электрического двигателя.	9. Асинхронные машины
		10.1. Область применения синхронного двигателя. Схема замещения синхронной машины. Основные уравнения.	10. Синхронные машины
		11.1. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока. Основные уравнения. Графические зависимости. 11.2. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя. Основные уравнения. Графические зависимости.	11. Основы электропривода и электроснабжения

		<p>12.1. Общие сведения из теории полупроводников. Основные положения теории электропроводности.</p> <p>12.2. Электронно-дырочный переход (процессы при прямом и обратном включении р-п перехода).</p> <p>12.3. Полупроводниковые диоды (классификация, характеристики, параметры).</p> <p>12.4. Устройство и принцип действия биполярного транзистора.</p> <p>12.5. Полевой транзистор. Устройство, принцип действия, разновидности.</p> <p>12.6. Принцип действия полевого транзистора с управляющим р-п переходом, характеристики.</p> <p>12.7. Тиристоры. Устройство, принцип действия.</p>	12. Основы электроники
--	--	---	-------------------------------

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; <p>Уметь: (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы математического анализа и моделирования; <p>Владеть: (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами математического анализа и моделирования; - методами теоретического и экспериментального исследования. 	отлично	Оценка «5» («отлично») выставляется обучающимся, показавшим всестороннее знание теоретических основ дисциплины, в частности, уметь самостоятельно выбирать и применять методы анализа электрических цепей; знать основы электронных устройств, электроизмерительных приборов; электрических машин, электротехническую символику; уметь использовать полученные знания в научной деятельности, а также систематизировать информацию и представлять ее в виде научных публикаций и докладов;
	хорошо	Ответ содержит неточности. Дополнительные вопросы требуются, но студент с ними справляется отлично.
	удовлетворительно	Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.
	неудовлетворительно	На оба вопроса студент отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Электротехника и электроника» направлена на приобретение у

обучающихся теоретических и практических знаний в области электротехники и электроники в такой степени, чтобы они могли выбирать необходимые электротехнические, электронные, электроизмерительные устройства, уметь объяснить их работу и правильно эксплуатировать.

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому и научно-исследовательскому видам деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Изучение дисциплины «Электротехника и электроника» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- самостоятельные работы;
- экзамен.

С целью определения уровня овладения компетенциями, закрепленными за дисциплиной, в заданные преподавателем сроки проводится текущий контроль знаний, умений и навыков каждого обучающегося и аттестация по итогам освоения дисциплины. Текущий контроль проводится на аудиторных занятиях с целью определения качества усвоения материала по окончании изучения очередной учебной темы в следующих формах: письменный опрос.

Аттестация по итогам освоения дисциплины.

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен. На экзамене обучающимся предлагается ответить на два вопроса билета, составленного из вопросов, примеры которых приведены в приложении 1 табл. 2. На подготовку к ответу на билет студентам выделяется от 30 до 40 минут. На все вопросы студент готовит письменный конспективный ответ, который затем докладывает преподавателю.

Самостоятельную работу необходимо начинать с проработки теоретического материала по пройденной теме.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Электротехника и электроника

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: теоретическая и практическая подготовка в области электротехники и электроники.

Задачей изучения дисциплины является обучение обучающегося основным законам и методам анализа электрических цепей; принципам действия, свойствам, областям применения и потенциальным возможностям основных электронных устройств, электроизмерительных приборов; электрических машин, электротехнической символике и терминологии.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебной работы, включая самостоятельную работу: Лк – 4 час., ЛР – 4 час., ПЗ – 4; СР – 123 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Электрические цепи постоянного тока
2. Электрические цепи переменного тока
3. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи
4. Переходные процессы в электрических цепях
5. Линейные и нелинейные цепи
6. Магнитные цепи
7. Трансформаторы
8. Электрические машины постоянного тока
9. Асинхронные машины
10. Синхронные машины
11. Основы электропривода и электроснабжения
12. Основы электроники

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-6 – способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, к

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	ФОС
ОПК-6	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Электрические цепи постоянного тока	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
		2. Электрические цепи переменного тока	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
		3. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные цепи	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
		4. Переходные процессы в электрических цепях	–
		5. Линейные и нелинейные цепи	–
		6. Магнитные цепи	–
		7. Трансформаторы	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
		8. Электрические машины постоянного тока	–
		9. Асинхронные машины	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.
		10. Синхронные машины	–
		11. Основы электропривода и электроснабжения	–
		12. Основы электроники	Вопросы по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; <p>Уметь: (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы математического анализа и моделирования; <p>Владеть: (ОПК-6):</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами математического анализа и моделирования; - методами теоретического и экспериментального исследования. 	зачтено	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет находить взаимосвязь теории с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников.</p>
	не зачтено	<p>Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, не знает значительной части программного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении теоретического материала, не владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование от «20» октября 2015 г. № 1170

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. № 769;

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429;

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125;

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130.

Программу составил:

Плотников Михаил Павлович, доцент кафедры ЭиЭ, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «___» _____ 201__ г., протокол № ___

Заведующего кафедрой ЭиЭ _____ Ю.Н. Булатов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ВиПЛР _____ В.А. Иванов

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета энергетики и автоматики

от «___» _____ 201__ г., протокол № ___

Председатель методической комиссии факультета _____ А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____