

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**
Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное
подразделение федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I»
(СПбТЖТ – структурное подразделение ПГУПС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ

по учебной дисциплине

ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

по специальности 27.02.03. Автоматика и телемеханика на транспорте
(*железнодорожном транспорте*)

очной формы обучения

Санкт-Петербург
2020

Методические указания по выполнению практических работ составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности *27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте)* и на основе рабочей программы по ОП.02 Электротехника. Методические указания предназначены для подготовки и выполнения практических работ для обучающихся по очной форме обучения.

Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании цикловой комиссии по общетехническим и электротехническим дисциплинам

протокол № 1 от 04.09.2020г.,

Председатель цикловой комиссии

Т.М. Гидаспова

СОГЛАСОВАНО

Председатель цикловой комиссии
специальности 27.02.03 Автоматика
и телемеханика на транспорте
(железнодорожном транспорте)

С.А. Акбарова

Методические указания согласованы и зарегистрированы в методическом кабинете

№ регистрации 576 от 21.10.2020г.

Составитель _____ Акбарова С.А.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Страница
1	Пояснительная записка	4
2	Перечень практических работ	5
3	Требования к оформлению практических работ	6
4	Инструкция по технике безопасности в лаборатории	6
5	Практическое занятие № 1 Расчет линии по допустимому нагреву	7
6	Практическое занятие № 2 Расчет линии по допустимой потере напряжения	10
7	Практическое занятие № 3 Расчет сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений	13
8	Практическое занятие № 4 Расчет сложных электрических цепей методом контурных токов	19
9	Практическое занятие № 5 Расчет сложных электрических цепей методом узловых потенциалов	21
10	Практическое занятие № 6 Расчет сложных электрических цепей методом наложения	23
11	Практическое занятие № 7 Составление и расчет уравнения энергетического баланса мощности электрической цепи	26
12	Практическое занятие № 8 Расчет магнитной цепи	28
13	Практическое занятие № 9 Расчет электрических цепей переменного тока	32
14	Практическое занятие № 10 Расчет несимметричных трехфазных цепей	35
	Библиографический список	38

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Содержание учебной дисциплины Электротехника ориентировано на подготовку студентов к освоению профессиональных модулей по специальности и овладению профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам профессиональной деятельности.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;
- собирать электрические схемы и проверять их работу.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- физические процессы в электрических цепях;
- методы расчета электрических цепей;
- методы преобразования электрической энергии.

Учебная дисциплина участвует в формировании компетенций:

- | | |
|--------|---|
| ПК 1.1 | Анализировать работу станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем автоматики по принципиальным схемам |
| ПК 2.7 | Составлять и анализировать монтажные схемы устройств сигнализации, централизации и блокировки, железнодорожной автоматики и телемеханики по принципиальным схемам |
| ПК 3.2 | Измерять и анализировать параметры приборов и устройств сигнализации, централизации и блокировки |
| ОК 01. | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам |
| ОК 02. | Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности |

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Название работы	Объем часов
1	Практическое занятие № 1 Расчет линии по допустимому нагреву	2
2	Практическое занятие № 2 Расчет линии по допустимой потере напряжения	2
3	Практическое занятие № 3 Расчет сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений	2
4	Практическое занятие № 4 Расчет сложных электрических цепей методом контурных токов	2
5	Практическое занятие № 5 Расчет сложных электрических цепей методом узловых потенциалов	2
6	Практическое занятие № 6 Расчет сложных электрических цепей методом наложения	2
7	Практическое занятие № 7 Составление и расчет уравнения энергетического баланса мощности электрической цепи	2
8	Практическое занятие № 8 Расчет магнитной цепи	2
9	Практическое занятие № 9 Расчет электрических цепей переменного тока	2
10	Практическое занятие № 10 Расчет несимметричных трехфазных цепей	2
	ИТОГО	20

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Прежде чем приступить к выполнению практической работы, необходимо изучить весь учебный материал по рекомендуемой литературе.
2. Подготовьте листы формата А 4 с требуемыми полями и строкой для заголовка.
3. Содержание отчета по практической работе должно соответствовать порядку изложения материала в методических указаниях к данной работе.
4. Внимательно прочитайте контрольные вопросы, если они присутствуют в указаниях, и сформулируйте ответы на них, пользуясь конспектом или материалом соответствующей темы учебника.
5. Сформулируйте вывод по работе, который должен содержать анализ выполненных лабораторных исследований.
6. Схемы и чертежи необходимо выполнять карандашом, разрешается для наглядности использовать различные цвета, кроме красного. Чертежи и схемы должны быть выполнены в удобном для чтения чертежей масштабе или с помощью компьютера.
7. Все элементы схем должны изображаться в соответствии с действующим ГОСТ на устройства СЦБ.
8. Все необходимые рисунки и принципиальные схемы должны быть подписаны и пронумерованы.

4. ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В ЛАБОРАТОРИИ

Студенты допускаются к выполнению практических работ после проведения преподавателем инструктажа по охране труда.

1. Запрещается прикасаться к токоведущим участкам схем, находящимся под напряжением.
2. Все переключения в схемах производить только при выключенном питании.
3. Вся аппаратура, используемая на рабочем месте, должна быть надёжно заземлена.
4. При обнаружении любой неисправности необходимо отключить питание и доложить преподавателю.
5. Наличие напряжения на участках схем проверять только с помощью специальных индикаторов.
6. Доступ к узлам лабораторной установки, расположенным в корпусе или защищённом кожухе, возможен только с разрешения преподавателя или лаборанта и при выключенном питании.
7. Запрещается пользоваться приборами и оборудованием. Не подлежащим применению в выполняемой работе, и переносить приборы с одного рабочего места на другое.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема «Расчет линии по допустимому нагреву»

Цель работы: научиться выбирать сечение соединительных проводов по допустимому нагреву.

Исходные данные: раздаточный материал – индивидуальные задания; методические указания.

Краткие теоретические сведения

При прохождении электрического тока происходит выделение тепловой энергии. Выделение теплоты в соединительных проводах – явление нежелательное, т.к. приводит к потере электрической энергии, нагреву и разрушению изоляции, может вызвать пожар. Проводящие части и изоляции проводов должны быть рассчитаны на длительное протекание тока.

Максимальный ток, при длительном прохождении которого проводник не перегревается выше установленной температуры, называется номинальным током.

Для того чтобы определить сечение проводов. Питающих группу приемников энергии, нужно знать их общую мощность P и напряжение U , по которым определяют ток проводов I . Затем по таблицам выбирают сечение проводов

Задание. Для питания ламп накаливания требуется проложить открыто (в трубе) два медных (алюминиевых) провода. Определите сечение проводов, если напряжение сети U , число ламп N , мощность одной лампы $P_{\text{л}}$. Исходные данные для выполнения задания представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Исходные данные для расчета

Вариант	U , В	N	$P_{\text{л}}$, Вт	Материал провода и способ его прокладки
1, 16	220	100	100	Медь открыто
2, 17	220	200	75	Алюминий открыто
3, 18	220	120	60	Медь в трубе
4, 19	220	20	500	Алюминий в трубе
5, 20	220	150	40	Медь открыто
6, 21	127	200	75	Алюминий открыто
7, 22	127	120	60	Медь в трубе
8, 23	127	80	100	Алюминий в трубе
9, 24	220	140	60	Медь открыто

10,25	220	300	75	Алюминий открыто
11,26	220	100	40	Медь в трубе
12,27	220	160	100	Алюминий в трубе
13,28	220	250	60	Медь открыто
14,29	220	60	100	Алюминий открыто
15,30	220	180	40	Медь в трубе

Порядок выполнения

1. Начертить схему электрической цепи.
2. Определение сечения проводов по нагреву.
- 2.1 Расчет мощности осветительной установки:

$$P = P_{\text{л}} \cdot N,$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность одной лампы, Вт;

N – число ламп включенных параллельно.

- 2.2 Расчет силы тока в соединительных проводах:

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

- 2.3 Выбор сечения проводов:

сечение проводов производится по таблице 2 в следующем порядке:

- по таблице 2 определяется допустимый стандартный ток - $I_{\text{доп}}$ провода, который должен быть больше рассчитанного I (ближайший наибольший), при выборе сечения необходимо учитывать материал соединительного провода и способ его прокладки;
- для установленного допустимого стандартного тока по таблице 1.2 определить сечение провода.

Таблица 1.2. - Допустимые токи и стандартные сечения проводов

Сечение провода, мм ²	Медные провода $I_{\text{доп}}$, А		Алюминиевые провода $I_{\text{доп}}$, А	
	Проложены открыто	Проложены в трубе	Проложены открыто	Проложены в трубе
1	15	14	-	-
1,5	20	17	-	-
2,5	27	24	21	18
4	36	34	28	25
6	46	41	35	32
10	70	60	50	45
16	90	75	70	55
25	125	100	95	75
35	150	120	115	90

50	190	165	145	125
70	240	200	185	155

Вывод: о сущности расчета сечения проводов по допустимому нагреву.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон Джоуля - Ленца.
2. Поясните, от чего происходит нагревание в соединительных проводах электрической цепи?
3. Поясните выражение – допустимый ток?
4. Поясните взаимосвязь между величиной силы тока в проводе, сечением провода, и нагреванием провода.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема «Расчет линии по допустимой потере напряжения»

Цель работы: научиться выбирать сечение соединительных проводов по допустимой потере напряжения.

Исходные данные: раздаточный материал – индивидуальные задания; методические указания.

Краткие теоретические сведения

При расчете проводов по допустимой потере напряжения обычно заданы: напряжение источника энергии U_1 , расстояние L , от этого источника до места потребления энергии, сила тока I (или мощность P) приемников и напряжение U , необходимое для нормальной работы приемников. Задачей расчета проводов является выбор их сечения, при котором обеспечивается нормальное рабочее напряжение на зажимах приемников энергии.

Задание. Мощность электроустановки P , при напряжении U_2 . Источник электрической энергии от потребителя находится на расстоянии l . Определите сечение медных (алюминиевых) проводов проложенных открыто по допустимой потере напряжения e , КПД электроустановки. Исходные данные для выполнения задания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. - Исходные данные для расчета

Вариант	U_2 , В	P_2 , Вт	e , %	l , м
1, 16	380	18000	5	150 (медь)
2, 17	220	25000	5	250 (алюминий)
3, 18	127	8000	2,5	90 (медь)
4, 19	127	16000	2,5	50 (алюминий)
5, 20	380	20000	3	150 (медь)
6, 21	127	12000	4	200 (алюминий)
7, 22	127	7000	2,5	60 (медь)
8, 23	220	17000	2,5	60 (алюминий)
9, 24	380	19000	5	250 (медь)
10, 25	220	20000	2,5	300 (алюминий)
11, 26	127	10000	5	280 (медь)
12, 27	220	16000	2,5	100 (алюминий)
13, 28	380	22000	5	250 (медь)
14, 29	127	12000	4	200 (алюминий)
15, 30	127	8000	2,5	160 (медь)

Порядок выполнения

1. Начертить схему электрической цепи.
 2. Определить сечение провода по допустимой потере напряжения
- 2.1 Расчет сечения провода:

$$S = \frac{200 \cdot P_2 \cdot l}{\gamma \cdot e \cdot U_2^2},$$

где γ - удельная проводимость материала соединительных проводов,
 $\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$;

- для медных проводов: $\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,0175} = 57,14 \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$;

- для алюминиевых проводов: $\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,029} = 34,48 \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$.

2.2 Используя таблицу 1.2, выбрать ближайшее наибольшее стандартное сечение проводов $S_{\text{ст}}$.

2.3 Расчет потерь напряжения в соединительных проводах:

$$\Delta U = \frac{e \cdot U_2}{100}$$

2.4 Расчет напряжения в начале линии (на источнике):

$$U_1 = U_2 + \Delta U$$

2.5 Расчет тока в соединительных проводах:

$$I = \frac{P_2}{U_2}$$

2.6 Расчет полной мощности электроустановки:

$$P_1 = U_1 \cdot I$$

2.7 Расчет КПД электроустановки:

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

КПД должен быть в пределах 95 – 98 %.

Вывод: о сущности расчета сечения проводов по потере напряжения в проводах.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, от чего в соединительных проводах возникает потеря напряжения?

2. Поясните, что называют - допустимой потерей напряжения?

3. Поясните формулу для определения сечения проводов по допустимой потере напряжения:

$$S = \frac{200 \cdot P_2 \cdot l}{\gamma \cdot e \cdot U_2^2},$$

5. Поясните, при каком напряжении осуществляется передача значительных мощностей на большие расстояния?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема «Расчет сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений»

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь с помощью метода узловых и контурных уравнений.

Исходные данные: таблица 3.1;

сложная электрическая цепь рисунки 3.1-3.10

Краткие теоретические сведения

Ветвью электрической цепи называется участок электрической цепи, состоящий из последовательно соединенных элементов и по которому проходит одинаковый ток.

Узлом электрической цепи называется место соединения трех и более ветвей.

Контуром называется замкнутый участок электрической цепи, состоящий из нескольких ветвей.

Сложные электрические цепи состоят из нескольких ветвей и контуров.

Сложной называется электрическая цепь, которая содержит два и более контура.

Расчет сложной цепи по методу узловых и контурных уравнений предполагает составление уравнений по первому и второму законам Кирхгофа для узла и соответственно для контура электрической схемы.

Первый закон Кирхгофа – алгебраическая сумма токов в ветвях, сходящихся в узле, равна нулю

Второй закон Кирхгофа – алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений в отдельных сопротивлениях этого контура.

Порядок выполнения

1. Начертить электрическую цепь. Для схемы по своему варианту, изображенных на рисунках 3.1-3.10.

2. Рассчитать токи с помощью метода узловых и контурных уравнений.

Данные для своего варианта взять из таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

№ вариант а	№ рисунка	E_1 , В	E_2 , В	r_{01} , Ом	r_{02} , Ом	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом
1,11,21	3.1	50	260	1	1	20	24	4	3	2	25
2,12,22	3.2	110	120	1	1	10	14	8	14	26	15
3,13,23	3.3	120	140	1	1	17	12	9	13	21	16
4,14,24	3.4	85	100	1	1	14	11	9	8	16	22

5,15,25	3.5	56	90	1	1	24	21	19	18	14	19
6,16,26	3.6	58	48	1	1	4	5	3	6	7	4,5
7,17,27	3.7	73	43	1	1	12	16	10	15	9	13
8,18,28	3.8	48	24	1	1	3	6	2,5	5	3	8
9,19,29	3.9	200	140	1	1	30	60	25	35	30	18
10,20,30	3.10	160	120	1	1	26	30	18	28	19	34

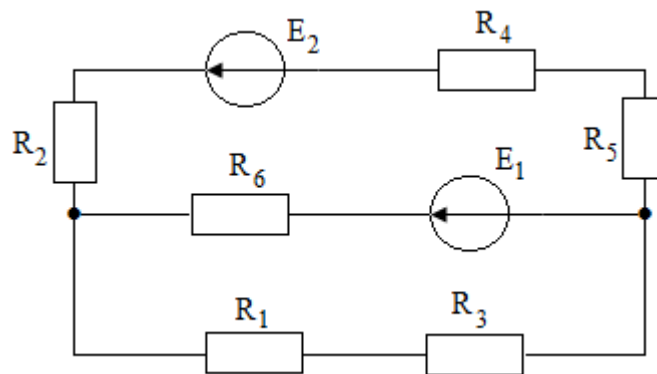


Рисунок 3.1. - Сложная электрическая цепь

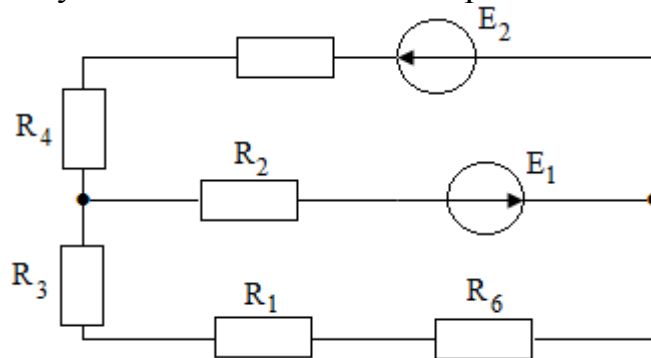


Рисунок 3.2. - Сложная электрическая цепь

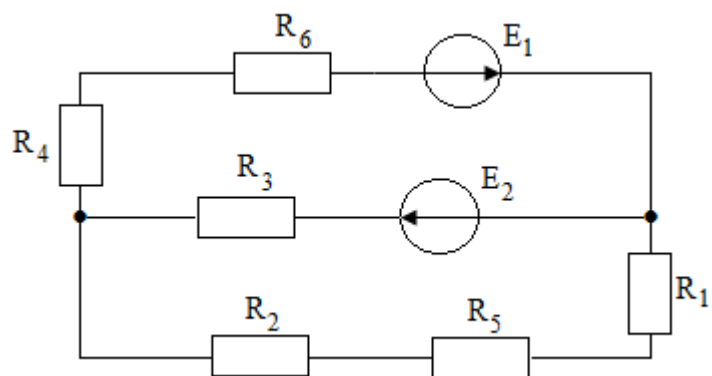


Рисунок 3.3. - Сложная электрическая цепь

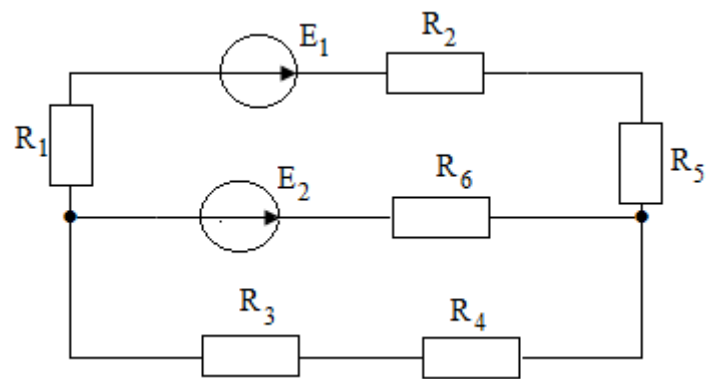


Рисунок 3.4. - Сложная электрическая цепь

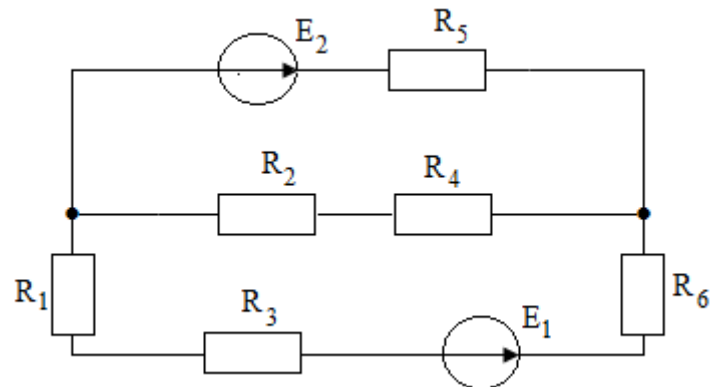


Рисунок 3.5. - Сложная электрическая цепь

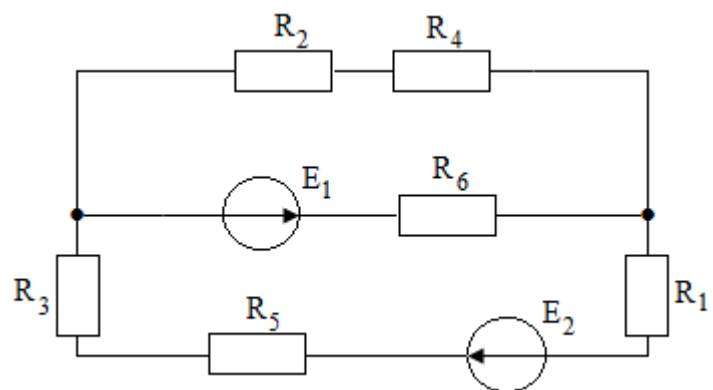


Рисунок 3.6. - Сложная электрическая цепь

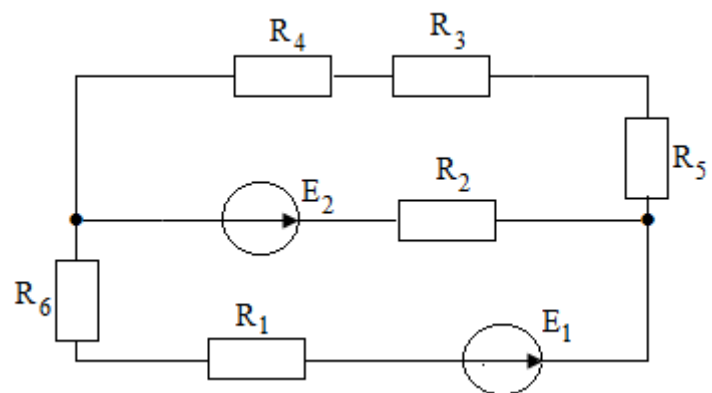


Рисунок 3.7. - Сложная электрическая цепь

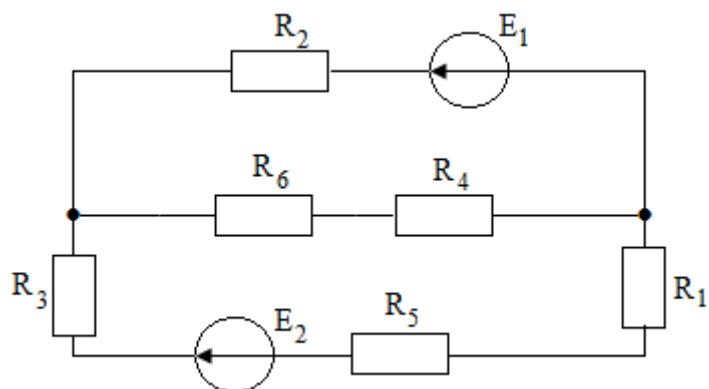


Рисунок 3.8. - Сложная электрическая цепь

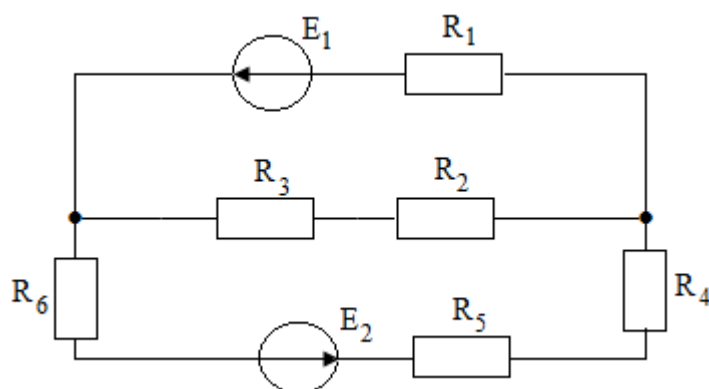


Рисунок 3.9. - Сложная электрическая цепь

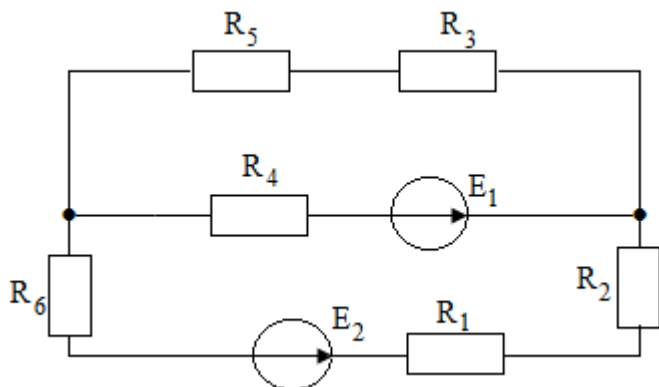


Рисунок 3.10. - Сложная электрическая цепь

Методические указания

При расчете сложной электрической цепи с помощью метода узловых и контурных уравнений выбирают произвольно направление токов в ветвях и направление обхода контуров. Затем составляют уравнения. Число независимых узловых уравнений, составленных с помощью первого закона Кирхгофа должно быть на единицу меньше количества узлов в схеме. Число независимых уравнений, составленных с помощью второго закона Кирхгофа должно равняться числу независимых контуров. Общая система уравнений должна состоять из числа уравнений равных числу искомых неизвестных (токов в ветвях схемы).

Первый закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов, сходящихся в одном узле равна нулю

$$\sum I = 0$$

Второй закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма падений напряжений, действующих в замкнутом контуре, равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в этом же контуре

$$\sum I \times R = \sum E$$

Рассмотрим расчет схемы на примере.

Пример. Для схемы, изображенной на рисунке 3.11, определить токи с помощью метода узловых и контурных уравнений.

Дано:

$R_1 = 15 \text{ Ом}, R_2 = 3 \text{ Ом}, R_3 = 10 \text{ Ом}, R_4 = 4 \text{ Ом}, R_5 = 11 \text{ Ом}, R_6 = 100 \text{ Ом},$
 $r_{01} = 1 \text{ Ом}, r_{02} = 1 \text{ Ом}, E_1 = 80 \text{ В}, E_2 = 60 \text{ В}.$

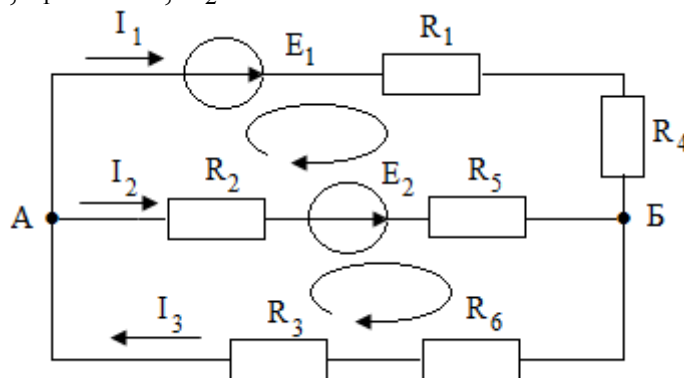


Рисунок 3.11. - Электрическая цепь для расчета методом узловых и контурных уравнений

Решение

1. Анализ схемы: в цепи 2 узла, 3 ветви и 2 независимых контура. Так как схема содержит 3 ветви, то в схеме протекает 3 тока, следовательно, наша система уравнений будет содержать 3 уравнения. По первому закону Кирхгофа составляем $n - 1 = 1$ (где n – число узлов) уравнений.

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Оставшиеся 2 уравнения составляем с помощью второго закона Кирхгофа, задавшись направлением обхода контура (по часовой стрелке):

$$I_1 \times (R_1 + R_4 + r_{01}) - I_2 \times (R_5 + R_2 + r_{02}) = E_1 - E_2$$

$$I_2 \times (R_2 + R_5 + r_{02}) + I_3 \times (R_3 + R_6) = E_2$$

Таким образом, имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 \times (R_1 + R_4 + r_{01}) - I_2 \times (R_5 + R_2 + r_{02}) = E_1 - E_2 \\ I_2 \times (R_2 + R_5 + r_{02}) + I_3 \times (R_3 + R_6) = E_2 \end{cases}$$

Подставляем в систему уравнений заданные значения ЭДС и сопротивлений и определяем действительные токи в ветвях.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 \times (15 + 4 + 1) - I_2 \times (11 + 3 + 1) = 80 - 60 \\ I_2 \times (3 + 11 + 1) + I_3 \times (10 + 10) = 60 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ I_1 \times 20 - I_2 \times 15 = 20 \\ I_2 \times 15 + I_3 \times 20 = 60 \end{cases}$$

Решая данную систему методом подстановки, токи будут равны:

$$I_1 = 1,6 \text{ A } I_2 = 0,8 \text{ A } I_3 = 2,4 \text{ A}$$

Выполняем проверку рассчитанных токов по первому уравнению, составленному по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Подставляем числовые значения рассчитанных токов:

$$1,6 + 0,8 = 2,4 \text{ A}$$

Токи рассчитаны, верно

Вывод: о сущности применения метода узловых и контурных уравнений при расчете сложных электрических цепей.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема сложной электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, что такое электрический узел?
2. Поясните, что называют ветвью в электрической схеме?
3. Поясните, что называют контуром электрической схемы?
4. Поясните формулировку первого закона Кирхгофа.
5. Поясните формулировку второго закона Кирхгофа.
6. Поясните, какую электрическую цепь постоянного тока называют сложной?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема «Расчет сложных электрических цепей методом контурных токов»

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь с помощью метода контурных токов.

Исходные данные: таблица 3.1;
сложная электрическая цепь рисунки 3.1-3.10

Краткие теоретические сведения

При расчете электрических цепей с помощью метода контурных токов определяют в заданной цепи независимые замкнутые контуры и задаются условным положительным направлением контурных токов в них. Контурный ток – величина расчетная и ее измерить невозможно.

Для определения контурных токов составляем уравнения по второму закону Кирхгофа. При этом число уравнений равняется числу контурных токов. В каждое уравнение входит алгебраическая сумма ЭДС, входящих в данный контур и общее падение напряжений в данном контуре.

Порядок выполнения

1. Начертить электрическую цепь. Для схемы по своему варианту, изображенных на рисунках 3.1-3.10.
2. Рассчитать токи с помощью метода контурных токов.
Данные для своего варианта взять из таблицы 3.1.

Методические указания

Пример. Сложную электрическую цепь рисунок 4.1, рассчитаем методом контурных токов. Параметры цепи взять из пункта 1.

Дано:

$R_1 = 15 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 11 \text{ Ом}$, $R_6 = 100 \text{ Ом}$,
 $r_{01} = 1 \text{ Ом}$, $r_{02} = 1 \text{ Ом}$, $E_1 = 80 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$.

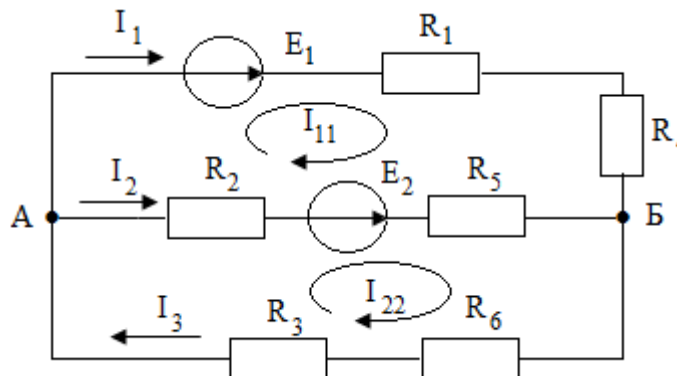


Рисунок 4.1. - Электрическая цепь для расчета методом контурных токов

Решение

1. Для данной схемы необходимо составить 2 уравнения:

$$\begin{cases} I_{11} \times (R_1 + r_{01} + R_4 + R_5 + r_{02} + R_2) - I_{22} \times (R_2 + r_{02} + R_5) = E_1 - E_2 \\ I_{22} \times (R_2 + r_{02} + R_5 + R_6 + R_3) - I_{11} \times (R_2 + r_{02} + R_5) = E_2 \end{cases}$$

Подставляем заданные значения ЭДС и сопротивлений решаем данную систему уравнений.

$$\begin{cases} I_{11} \times (15 + 1 + 4 + 1 + 1 + 3) - I_{22} \times (3 + 1 + 11) = 80 - 60 \\ I_{22} \times (3 + 1 + 11 + 10 + 10) - I_{11} \times (3 + 1 + 11) = 60 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \times 35 - I_{22} \times 15 = 20 \\ I_{22} \times 35 - I_{11} \times 15 = 60 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \times 35 - 20 = I_{22} \times 15 \\ I_{22} \times 35 - I_{11} \times 15 = 60 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} \times 2,33 - 1,33 = I_{22} \\ I_{22} \times 35 - I_{11} \times 15 = 60 \end{cases}$$

$$(I_{11} \times 2,33 - 1,33) \times 35 - I_{11} \times 15 = 60$$

$$I_{11} \times 81,55 - 46,55 - I_{11} \times 15 = 60$$

$$I_{11} \times 66,55 = 106,55$$

$$I_{11} = 1,6 \text{ A}$$

$$I_{22} = 1,6 \times 2,33 - 1,33 = 2,4 \text{ A}$$

2. Определим реальные токи в каждой ветви

$$I_1 = I_{11} = 1,6 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{22} = 2,4 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{22} - I_{11} = 0,8 \text{ A}$$

Выполнить сравнение рассчитанных токов методом узловых и контурных уравнений и методом контурных токов

Вывод: о сущности применения метода контурных токов при расчете сложных электрических цепей.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема сложной электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, выражение - контурный ток.
2. Поясните, как определяют контурные токи.
3. Поясните, как определяют реальные токи в ветвях схемы при решении задачи методом контурных токов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема «Расчет сложных электрических цепей методом узлового напряжения»

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь с помощью метода узлового напряжения.

Исходные данные: таблица 3.1;
сложная электрическая цепь рисунки 3.1-3.10.

Краткие теоретические сведения

Метод узлового напряжения применяется для расчета сложных схем в том случае, когда потребители электрической энергии и источники электрической энергии включаются в цепи параллельно между двумя узлами А и Б. Напряжение между двумя узлами А и Б называется узловым напряжением. Оно равно разности потенциалов узловых точек, т.е. $U = \phi_A - \phi_B$.

Порядок выполнения

1. Начертить электрическую цепь. Для схемы по своему варианту, изображенных на рисунках 3.1-3.10.
2. Рассчитать токи с помощью метода узлового напряжения.
Данные для своего варианта взять из таблицы 3.1.

Методические указания

Пример. Сложную электрическую цепь рассчитать методом узлового напряжения.

Дано:

$R_1 = 15 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 11 \text{ Ом}$, $R_6 = 100 \text{ Ом}$,
 $r_{01} = 1 \text{ Ом}$, $r_{02} = 1 \text{ Ом}$, $E_1 = 80 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$.

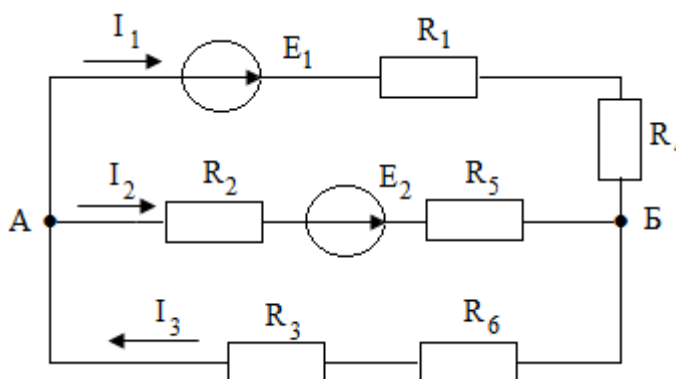


Рисунок 5.1. - Электрическая цепь для расчета методом узлового напряжения

1. Определим проводимость каждой ветви:

$$g_1 = \frac{1}{R_1 + r_{01} + R_4} = \frac{1}{15 + 1 + 4} = 0,05 \text{ См}$$

$$g_2 = \frac{1}{R_2 + r_{02} + R_5} = \frac{1}{3 + 1 + 11} = 0,0667 \text{ См}$$

$$g_3 = \frac{1}{R_3 + R_6} = \frac{1}{10 + 10} = 0,05 \text{ См}$$

2. Определим узловое напряжение:

$$U_{AB} = \frac{E_1 \times g_1 + E_2 \times g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{80 \times 0,05 + 60 \times 0,0667}{0,05 + 0,0667 + 0,05} = 48 \text{ В}$$

3. Определим токи во всех ветвях:

$$I_1 = (E_1 - U_{AB}) \times g_1 = (80 - 48) \times 0,05 = 1,6 \text{ А}$$

$$I_2 = (E_2 - U_{AB}) \times g_2 = (60 - 48) \times 0,0667 = 0,8 \text{ А}$$

$$I_3 = (U_{AB}) \times g_3 = 48 \times 0,05 = 2,4 \text{ А}$$

Выполнить сравнение рассчитанных токов методом узловых и контурных уравнений, методом контурных токов, методом узлового напряжения.

Вывод о сущности применения метода узлового напряжения при расчете сложных электрических цепей.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема сложной электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните выражение - узловое напряжение.
2. Запишите обобщенную формулу расчета узлового напряжения.
3. Поясните, как определяют проводимость ветви?
4. Поясните, какой закон лежит в основе определения токов в ветвях схемы, при решении задачи методом узлового напряжения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема «Расчет сложных электрических цепей методом наложения»

Цель занятия: рассчитать заданную сложную цепь с помощью метода узлового напряжения.

Исходные данные: таблица 3.1;
сложная электрическая цепь рисунки 1-10.

Краткие теоретические сведения

Метод наложения можно применять для определения токов в цепи, в которой одновременно действуют несколько ЭДС. Этот метод основан на принципе наложения и применим только для линейных цепей. Сущность принципа наложения заключается в том, что ток в любой ветви цепи с постоянными сопротивлениями равен алгебраической сумме частичных токов, создаваемых в этой ветви каждой из ЭДС в отдельности.

Порядок выполнения

1. Начертить электрическую цепь. Для схемы по своему варианту, изображенных на рисунках 3.1-3.10.
2. Рассчитать токи с помощью метода наложения.
Данные для своего варианта взять из таблицы 3.1.

Методические указания

Пример. Сложную электрическую цепь рассчитать методом наложения.

Дано:

$R_1 = 15 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 11 \text{ Ом}$, $R_6 = 100 \text{ Ом}$,
 $r_{01} = 1 \text{ Ом}$, $r_{02} = 1 \text{ Ом}$, $E_1 = 80 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$.

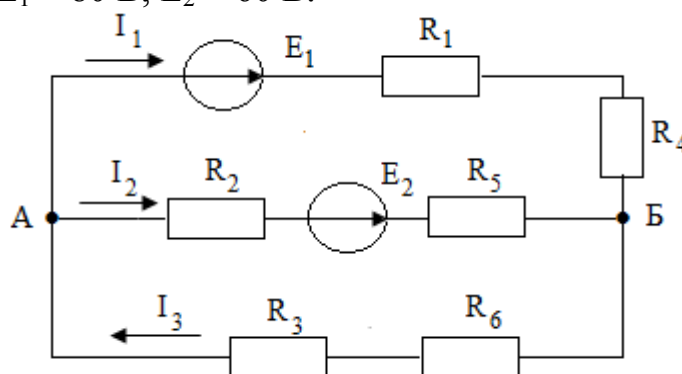


Рисунок 6.1. - Электрическая цепь для расчета методом наложения.

Решение

Метод наложения заключается в том, что ток каждой ветви электрической цепи определяется как алгебраическая сумма частичных токов, создаваемых в этой ветви каждым из источников энергии в отдельности.

1. Удалим источник E_2 , но оставим его внутреннее сопротивление в ветви r_{02} (рис. 6.2)

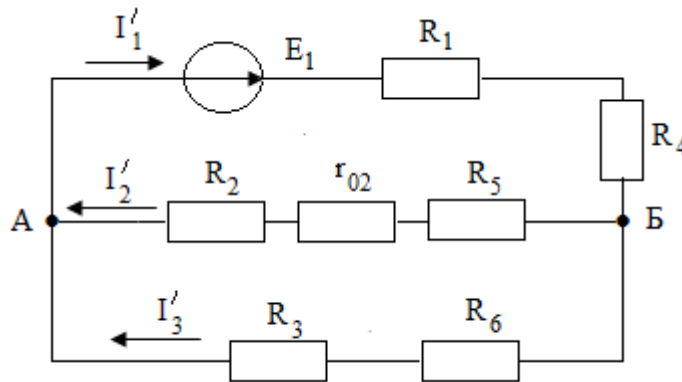


Рисунок 6.2

1.1 Определим эквивалентное сопротивление для цепи рисунок 6.2.

$$R_9^I = R_4 + R_1 + \frac{(R_6 + R_3) \times (R_2 + r_{02} + R_5)}{R_6 + R_3 + R_2 + r_{02} + R_5} = 4 + 15 + \frac{(10 + 10) \times (3 + 1 + 11)}{10 + 10 + 3 + 1 + 11} = 27,57 \text{ Ом}$$

1.2 Определим частичные токи, создаваемые источником E_1

$$I_1^I = \frac{E_1}{R_9^I + r_{01}} = \frac{80}{27,57 + 1} = 2,8 \text{ А}$$

$$U_{AB}^I = I_1^I \times R_{AB}^I = 2,8 \times 8,75 = 24 \text{ В}$$

$$I_2^I = \frac{U_{AB}^I}{R_5 + r_{01} + R_2} = \frac{24}{11 + 1 + 3} = 1,6 \text{ А}$$

$$I_3^I = \frac{U_{AB}^I}{R_6 + R_3} = \frac{24}{10 + 10} = 1,2 \text{ А}$$

2. Определим частичные токи, создаваемые в ветвях источником E_2 , удалив из цепи источник E_1 . Внутреннее сопротивление источника оставим (рис. 6.3.).

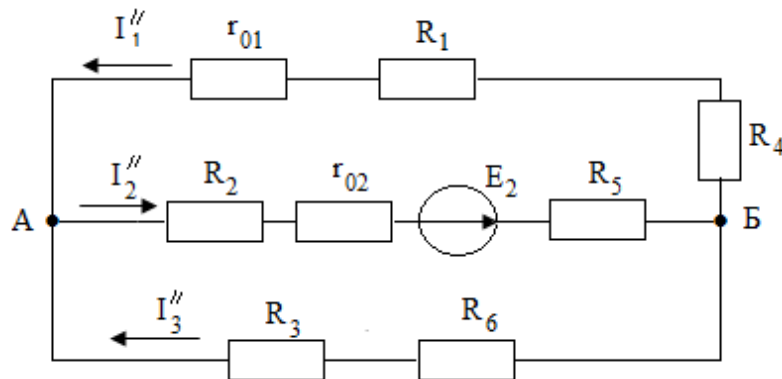


Рисунок 6.3

2.1 Определим эквивалентное сопротивление для цепи рисунок 6.3.

$$R_9^{II} = R_5 + R_2 + \frac{(R_6 + R_3) \times (R_4 + r_{01} + R_1)}{R_6 + R_3 + R_4 + r_{01} + R_1} = 11 + 3 + \frac{(10 + 10) \times (4 + 1 + 15)}{10 + 10 + 4 + 1 + 15} = 24 \text{ Ом}$$

2.2 Определим частичные токи, создаваемые источником E_2

$$I_2^{\text{II}} = \frac{E_2}{R_3^{\text{II}} + r_{02}} = \frac{60}{24 + 1} = 2,4 \text{ A}$$

$$U_{\text{AB}}^{\text{II}} = I_2^{\text{II}} \times R_{\text{AB}}^{\text{II}} = 2,4 \times 10 = 24 \text{ В}$$

$$I_1^{\text{II}} = \frac{U_{\text{AB}}^{\text{II}}}{R_4 + r_{01} + R_1} = \frac{24}{4 + 1 + 15} = 1,2 \text{ A}$$

$$I_3^{\text{II}} = \frac{U_{\text{AB}}^{\text{II}}}{R_6 + R_3} = \frac{24}{10 + 10} = 1,2 \text{ A}$$

3. Определим реальные токи в каждой ветви

$$I_1 = I_1^{\text{I}} - I_1^{\text{II}} = 2,8 - 1,2 = 1,6 \text{ A}$$

$$I_2 = I_2^{\text{I}} - I_2^{\text{II}} = 2,4 - 1,6 = 0,8 \text{ A}$$

$$I_3 = I_3^{\text{I}} + I_3^{\text{II}} = 1,2 + 1,2 = 2,4 \text{ A}$$

Выполнить сравнение рассчитанных токов методом узловых и контурных уравнений, методом контурных токов, методом узлового напряжения, методом наложения. Если, при расчете электрической цепи всеми методами токи совпадают, следовательно, расчет выполнен правильно.

Вывод: о сущности применения метода наложения при расчете сложных электрических цепей.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема сложной электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, что является основой для расчета эквивалентного сопротивления цепи при решении задачи методом наложения?
2. Поясните, какой закон лежит в основе определения частичных токов?
3. Поясните, как определяют реальные токи в каждой ветви?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема «Составление и расчет уравнения энергетического баланса мощности электрической цепи»

Цель занятия: научиться опытным составлять и рассчитывать уравнение энергетического баланса мощности электрической цепи.

Исходные данные: таблица 3.1;

сложная электрическая цепь рисунки 3.1-3.10.

Краткие теоретические сведения

Уравнение энергетического баланса мощности цепи записывается следующим образом

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{пр}}$$

Если через источник ЭДС протекает ток, направление которого совпадает с направлением ЭДС, то источник ЭДС отдает энергию и его мощность равна произведению $E \cdot I$. Если же ток направлен навстречу ЭДС, то источник работает как потребитель энергии.

Баланс мощности показывает, что цепь рассчитана правильно.

Направление токов I_1 и I_2 совпадает с выбранным направлением, следовательно источник E_1 и источник E_2 работают в режиме генератора.

Порядок выполнения

1. По полученным данным практической работы № 3, составить уравнение энергетического баланса мощности электрической цепи и выполнить расчет:

$$\sum P_{\text{ист}} = \sum P_{\text{пр}}$$

$\Sigma P_{\text{ист}}$ - суммарная мощность генераторов:

$$\Sigma P_{\text{ист}} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 + E_3 \cdot I_3, \text{ Вт}$$

где E – ЭДС источника в ветви, В;

I – сила тока в ветви, А.

Если направление ЭДС и силы тока в ветви не совпадают, то этот источник работает в режиме потребителя.

$\Sigma P_{\text{пр}}$ – суммарная мощность потребителей:

$$\Sigma P_{\text{пр}} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3, \text{ Вт}$$

где I_1, I_2, I_3 – токи в ветвях, А;

R_1, R_2, R_3 – сопротивления ветвей, Ом.

Если какой либо из источников (например, первый) работает в режиме потребителя, то мощность $\Sigma P_{\text{пр}}$ будет определяться по формуле:

$$\Sigma P_{\text{пр}} = E_1 \cdot I_1 + I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3, \text{ Вт.}$$

2. Определить режимы работы источников электрической энергии в цепи.

Вывод: о сущности уравнения энергетического баланса мощности цепи

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- исходные данные;
- схема сложной электрической цепи;
- электрические расчеты;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, на что расходуется мощность источника электрической энергии?
2. Поясните, от чего создается потеря мощности в источнике электрической энергии?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема «Расчет магнитной цепи»

Цель работы: получить навыки в расчете неразветвленной магнитной цепи, установить зависимость силы тока в катушке, необходимой для создания подъемной силы электромагнита, от величины воздушного зазора между сердечником и якорем.

Исходные данные: таблица 8.1;
магнитная цепь рисунок 8.1

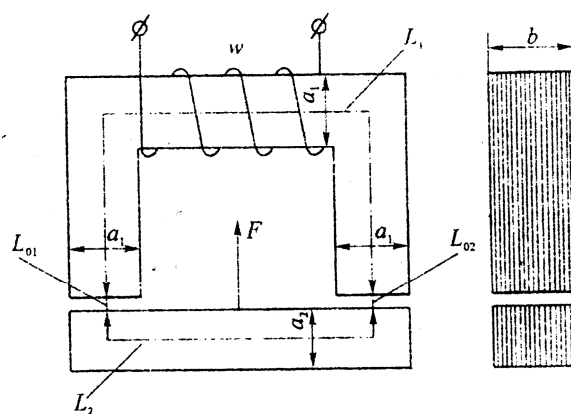


Рисунок 8.1- Схема магнитной цепи

Таблица 8.1- Исходные данные для расчета

Вариант	L_1 , см	L_2 , см	a_1 , см	a_2 , см	b , см	$L_{a1} = L_{a2}$, см	w	$F, Н$
1	180	60	4	6	4	1	200	3500
2	200	70	3	4	4	1,5	210	2800
3	220	70	5	5	4	2	220	3000
4	240	80	5	4	5	1	230	3200
5	260	80	6	5	5	1,5	240	3500
6	280	80	5	6	5	2	250	3400
7	200	60	4	5	6	1	260	3800
8	160	50	5	4	6	1,5	270	3500
9	140	50	4	5	6	2	280	4000
10	150	50	6	5	7	1	290	3600
11	250	80	4	3	7	1,5	300	3000
12	170	90	5	7	7	2	310	2900
13	190	110	7	5	4	1	320	3150
14	210	75	8	8	4	1,5	330	3250
15	230	65	6	3	4	2	340	3350
16	250	85	3	4	5	1	350	3450
17	140	95	4	6	5	1,5	360	3550
18	215	105	6	5	5	2	370	3650

19	185	65	8	7	6	1	380	3750
20	175	115	9	4	6	1,5	390	3850
21	155	50	4	3	6	2	400	3950
22	210	60	6	5	7	1	390	4050
23	195	70	7	7	7	1,5	380	2750
24	225	80	3	5	7	2	370	2850
25	165	90	5	6	4	1	360	2950
26	245	100	6	4	5	1,5	350	3300
27	205	110	7	4	6	2	340	3500
28	180	105	3	6	7	1	330	3700
29	200	65	4	7	7	1,5	320	3100
30	230	80	5	4	6	2	310	3200

Краткие теоретические сведения

Устройство, содержащее сердечник из ферромагнитных материалов, через которое замыкается магнитный поток, называется магнитной цепью.

Магнитные цепи бывают неразветвленные и разветвленные, однородные и неоднородные.

Однородная магнитная цепь имеет участки, выполненные из одного материала и имеющие одинаковую площадь поперечного сечения.

Расчет магнитной цепи сводится к определению намагничивающей силы Iw , которая требуется для получения заданного магнитного потока или магнитной индукции.

Порядок выполнения

1. Начертить схему магнитной цепи. Записать исходные данные.
2. Разбить магнитную цепь на однородные участки.
3. Определить площадь поперечного сечения каждого участка:

$$S = a \cdot b$$

$$\text{Пример: } a = 4 \text{ см, } b = 6 \text{ см} \quad S = a \cdot b = 4 \cdot 6 = 24 \text{ см}^2 = 24 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$S_1 = a_1 \cdot b - \text{площадь поперечного сечения сердечника}$$

$$S_2 = a_2 \cdot b - \text{площадь поперечного сечения якоря}$$

$$S_{01} = S_{02} = S_1 = a_1 \cdot b - \text{площадь поперечного сечения воздушных промежутков}$$

4. Определить магнитную индукцию в сердечнике:

$$B_1 = \sqrt{\frac{F}{8 \cdot 10^5 \cdot S_1}}$$

5. Определить магнитный поток в магнитной цепи:

$$\Phi = \Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_{01} = \Phi_{02} = B_1 \cdot S_1$$

6. Определить магнитную индукцию в якоре:

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2}$$

7. Магнитная индукция в воздушном зазоре:

$$B_{01} = B_{02} = B_1$$

8. Определить напряженность магнитного поля в воздушном зазоре:

$$H_{01} = H_{02} = \frac{B_{01}}{\mu_{01}},$$

где μ_{01} – магнитная проницаемость воздуха, $\mu_{01} = 1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

9. Определить магнитные проницаемости для сердечника и якоря (определяются по кривой первоначального намагничивания электротехнической стали)

при $B_1 = \dots$ Тл $H_1 = \dots$ А/м

при $B_2 = \dots$ Тл $H_2 = \dots$ А/м

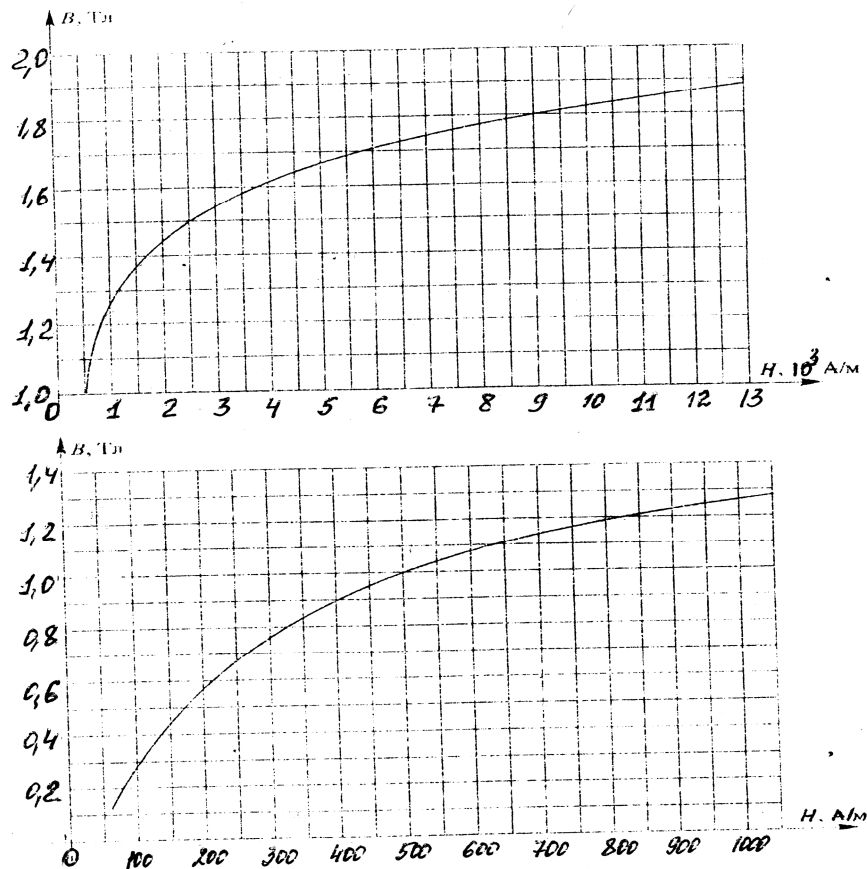


Рисунок 8.2 – Кривые первоначального намагничивания ферромагнетика

10. Определить намагничивающую силу катушки электромагнита, необходимую для создания требуемой интенсивности магнитного поля (заданной подъемной силы электромагнита):

$$I_w = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 + 2 \cdot H_{01} \cdot L_{01}$$

11. Определить силу тока в катушке, которая необходима для создания подъемной силы электромагнита:

$$I = \frac{Iw}{w}$$

12. Определить намагничивающую силу катушки электромагнита, необходимую для удержания якоря в притянутом состоянии:

$$Iw_1 = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2$$

13. Определить силу тока катушки, необходимую для удержания якоря в притянутом состоянии:

$$I_1 = \frac{Iw_1}{w}$$

Вывод: пояснить, что такое магнитодвижущая сила катушки, от чего она зависит

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- схема магнитной цепи и исходные данные;
- расчет магнитной цепи;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назовите практическое применение электромагнитов?
2. К каким материалам с точки зрения намагничивания относится электротехническая сталь.
3. Что происходит с электромагнитной силой при увеличении воздушного промежутка между сердечником и якорем?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема «Расчет электрических цепей переменного тока»

Цель работы: получить навыки в расчете неразветвленной электрической цепи переменного тока; научиться определять полное сопротивление; силу тока; активную, реактивную и полную мощности цепи; строить векторные диаграммы тока и напряжений

Исходные данные: таблица 9.1;

Таблица 9.1- Исходные данные для расчета

Вариант	U, В	f, Гц	R ₁ , Ом	L ₁ , мГн	C ₁ , мкФ	R ₂ , Ом	C ₂ , мкФ	L ₂ , мГн	R ₃ , Ом	C ₃ , мкФ	R ₄ , Ом	L ₃ , мГн
1	50	50	4	16	796	3	531	38	3	531	6	19,1
2	80	50	3	38	531	4	319	16	6	796	3	9,6
3	120	50	40	127	106	20	53	159	30	133	50	160
4	60	50	4	9,6	796	6	319	15,9	10	531	4	12,7
5	40	50	2	12,7	637	3	1061	12,7	2	1061	5	15,9
6	30	50	4	31,8	796	3	796	19	3	319	6	19,1
7	20	50	2	25,4	531	2	796	6,4	3	266	4	12,7
8	70	50	4	12,7	796	5	796	9,5	3	266	2	6,4
9	90	50	5	25,4	1061	4	796	25,4	2	1592	3	96
10	100	50	4	12,7	531	2	398	15,9	3	319	5	15,9
11	50	100	4	16	796	3	531	38	3	531	6	19,1
12	80	100	3	38	531	4	319	16	6	796	3	9,6
13	120	100	40	127	106	20	53	159	30	133	50	160
14	60	100	4	9,6	796	6	319	15,9	10	531	4	12,7
15	40	100	2	12,7	637	3	1061	12,7	2	1061	5	15,9
16	30	100	4	31,8	796	3	796	19	3	319	6	19,1
17	20	100	2	25,4	531	2	796	6,4	3	266	4	12,7
18	70	100	4	12,7	796	5	796	9,5	3	266	2	6,4
19	90	100	5	25,4	1061	4	796	25,4	2	1592	3	96
20	100	100	4	12,7	531	2	398	15,9	3	319	5	15,9
21	50	75	4	16	796	3	531	38	3	531	6	19,1
22	80	75	3	38	531	4	319	16	6	796	3	9,6
23	120	75	40	127	106	20	53	159	30	133	50	160
24	60	75	4	9,6	796	6	319	15,9	10	531	4	12,7
25	40	75	2	12,7	637	3	1061	12,7	2	1061	5	15,9
26	30	75	4	31,8	796	3	796	19	3	319	6	19,1
27	20	75	2	25,4	531	2	796	6,4	3	266	4	12,7
28	70	75	4	12,7	796	5	796	9,5	3	266	2	6,4
29	90	75	5	25,4	1061	4	796	25,4	2	1592	3	96
30	100	75	4	12,7	531	2	398	15,9	3	319	5	15,9

Краткие теоретические сведения

Электрическая цепь переменного тока обладает тремя сопротивлениями: активным R , индуктивным X_L и емкостным X_C . Эти сопротивления влияют на величину и начальную фазу переменного тока.

На участке цепи с активным сопротивлением напряжение и ток совпадают по фазе.

На участке цепи с индуктивным сопротивлением напряжение опережает ток на угол 90^0 .

На участке цепи с емкостным сопротивлением напряжение отстает от тока на угол 90^0 .

Порядок выполнения

1. Начертить схему неразветвленной электрической цепи (элементы цепи расположить в том порядке, в котором они даны в таблице 9.1).
2. Определить активное сопротивление цепи:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n, \text{ Ом}$$

3. Определить реактивные сопротивления элементов цепи

- 3.1 Реактивное индуктивное сопротивление:

$$X_L = 2\pi fL, \text{ Ом}$$

- 3.2 Реактивное емкостное сопротивление:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}, \text{ Ом}$$

Суммарное реактивное индуктивное сопротивление:

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + \dots, \text{ Ом}$$

Суммарное реактивное емкостное сопротивление:

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + \dots, \text{ Ом}$$

- 3.5 Реактивное сопротивление цепи:

$$X_P = X_L - X_C, \text{ Ом}$$

4. Определить полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_P^2}, \text{ Ом}$$

5. Определить действующее значение силы тока в цепи:

$$I = \frac{U}{Z}, \text{ А}$$

6. Определить активную мощность цепи:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ Вт}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

7. Определить реактивную мощность цепи:

$$P = U \cdot I \cdot \sin\varphi, \text{ вар}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

8. Определить полную мощность цепи:

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ В}$$

9. Определить напряжения на каждом элементе цепи:

$$U_a = I \cdot R = I^2 \cdot R, \text{ В}$$

$$U_L = I \cdot X_L = I^2 \cdot X_L, \text{ В}$$

$$U_C = I \cdot X_C = I^2 \cdot X_C, \text{ В}$$

10. По результатам расчетов построить векторную диаграмму тока и напряжений, выполнить проверку полного напряжения на зажимах цепи.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- схема электрической цепи и исходные данные;
- расчет электрической цепи;
- векторная диаграмма тока и напряжений;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, о чем говорит знак минус перед реактивным сопротивлением?
2. Поясните, как определить какой характер нагрузки имеет рассчитанная электрическая цепь по векторной диаграмме?
3. Поясните, как называется режим, который возникает в неразветвленной электрической цепи переменного тока при $X_L = X_C$?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема «Расчет несимметричных трехфазных электрических цепей»

Цель работы: научиться рассчитывать трехфазную электрическую цепь при соединении приемников электроэнергии звездой при несимметричной нагрузке фаз.

Исходные данные: таблица 10.1

Таблица 10.1- Исходные данные для расчета

Номера задач	$U_{\text{л}}, \text{В}$	Сопротивления, Ом								
		R_A	X_{LA}	X_{CA}	R_B	X_{LB}	X_{CB}	R_C	X_{LC}	X_{CC}
1, 16	380	3	-	4	6	8	-	10	-	10
2, 17	660	8	6	-	3	-	4	10	-	-
3, 18	220	12	-	16	10	10	-	16	12	4
4, 19	660	6	8	-	16	-	12	10	10	-
5, 20	380	4	3	-	6	-	8	12	20	4
6, 21	220	10	10	-	10	-	20	6	-	8
7, 22	380	16	-	12	14.1	14.1	20	20	-	-
8, 23	660	8	-	6	10	-	-	10	10	-
9, 24	380	30	40	-	32	-	24	-	-	40
10, 25	220	24	-	32	32	24	-	-	50	-
11, 26	380	-	40	-	12	-	16	30	40	-
12, 27	220	30	-	40	-	10	-	-	-	50
13, 28	660	-	50	-	8	-	6	50	-	-
14, 29	380	15	-	20	-	20	-	12	-	16
15, 30	220	-	10	-	4	-	3	8	6	-

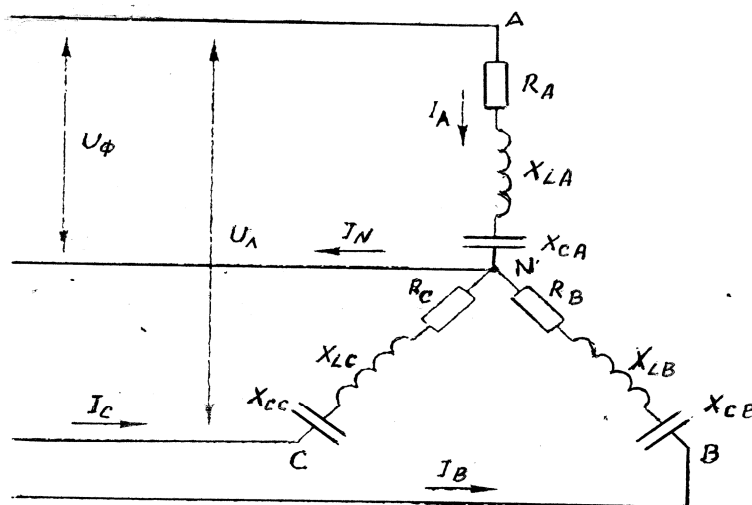


Рисунок 10.1 – Схема электрической цепи

Краткие теоретические сведения

При несимметричной нагрузке фазы имеют разные по величине и по характеру сопротивления.

При расчете трехфазной системы «звезда» необходимо определить: фазные токи I_A , I_B , I_C ; активные мощности каждой фазы P_A , P_B , P_C ; реактивные мощности фаз Q_A , Q_B , Q_C ; а также полную мощность трехфазной системы S .

При расчете реактивной мощности необходимо учитывать следующее: если в фазе нагрузка имеет реактивный индуктивный характер, то значение реактивной мощности Q этой фазы берется со знаком плюс; если в фазе нагрузка имеет реактивный емкостный характер, то значение реактивной мощности Q этой фазы берется со знаком минус.

При несимметричной нагрузке фаз в нулевом проводе будет протекать электрический ток. Величина этого тока определяется графическим способом. Вектор тока в нулевом проводе определяют, как геометрическую сумму векторов фазных токов.

Порядок выполнения

1. Начертить схему трехфазной цепи в соответствии с заданными нагрузками (сопротивления, отмеченные прочерками, в цепи отсутствуют), таблица 10.1.
2. Определить фазное напряжение каждой фазы:

$$U_{\Phi} = U_A = U_B = U_C = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}$$

3. Определить полные сопротивления каждой фазы:

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_{PA}^2}$$

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_{PB}^2}$$

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_{PC}^2}$$

4. Определить фазные токи:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C}$$

5. Определить активную мощность каждой фазы:

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos\varphi_A \quad \cos\varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B \quad \cos\varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C \quad \cos\varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}$$

6. Определить реактивную мощность каждой фазы:

$$Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin\varphi_A \quad \sin\varphi_A = \frac{X_{PA}}{Z_A}$$

$$Q_B = U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B \quad \sin\varphi_B = \frac{X_{PB}}{Z_B}$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C \cdot \sin\varphi_C \quad \sin\varphi_C = \frac{X_{PC}}{Z_C}$$

7. Определить активную мощность трехфазной цепи:

$$P = P_A + P_B + P$$

8. Определить реактивную мощность трехфазной цепи:

$$Q = \pm Q_A \pm Q_B \pm Q_C$$

9. Определить полную мощность трехфазной цепи:

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

10. По результатам расчетов построить векторную диаграмму токов и напряжений. Графически определить ток в нулевом проводе.

Содержание отчета

- тема и цель работы;
- схема электрической цепи и исходные данные;
- расчет электрической цепи;
- векторная диаграмма токов и напряжений;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, какая нагрузка называется несимметричной?
2. Поясните роль нулевого провода при несимметричной нагрузке.
3. Поясните правило определения тока в нулевом проводе по векторной диаграмме
4. Поясните, в каком случае выполняется соотношение $U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi$ на потребителе электроэнергии?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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»
2. Кривонос Н.А. Общая электротехника: учебное пособие/Н.А. Кривонос и др.-Ростов-на-Дону: Феникс, 2016.-222с.
3. Частоедов Л.А. Электротехника [Текст]: Учебное пособие для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта.- М.: УМЦ, 2004.-464 с.