

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
**по учебной дисциплине**  
**«Основы электротехники и электроники»**  
для специальности  
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации  
технологических процессов и производств (по отраслям) (ТОП -50)

Челябинск, 2023 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Основы электротехники и электроники» предназначены для студентов специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) (ТОП -50)

Лабораторные занятия являются важным элементом учебной дисциплины, так как в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые составляют часть профессиональной практической подготовки, а также общие компетенции, проявляющиеся через умение наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимость, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, оформлять результаты в виде отчетов.

Рабочей программой учебной дисциплины «Основы электротехники и электроники» предусмотрено выполнение 7 лабораторных и 2 практические работы.

В процессе выполнения лабораторных и практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов:

*Умения:*

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;
- правильно эксплуатировать электрооборудование;
- использовать электронные приборы и устройства.

*Знания:*

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- принципы получения, передачи и использования электрической энергии;
- основы теории электрических машин;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;
- базовые электронные элементы и схемы;
- виды электронных приборов и устройств;
- релейно-контактные и микропроцессорные системы управления: состав и правила построения.

*Перечень общих и профессиональных компетенций, элементы которых формируются в ходе выполнения лабораторных и практических работ:*

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.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

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

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

ПК 1.1. Осуществлять анализ имеющихся решений для выбора программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.

ПК 1.2. Разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.

ПК 1.3. Проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов.

ПК 1.4. Формировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.

ПК 2.1. Осуществлять выбор оборудования и элементной базы систем автоматизации в соответствии с заданием и требованием разработанной технической документации на модель элементов систем автоматизации.

ПК 2.2. Осуществлять монтаж и наладку модели элементов систем автоматизации на основе разработанной технической документации.

ПК 2.3. Проводить испытания модели элементов систем автоматизации в реальных условиях с целью подтверждения работоспособности и возможной оптимизации.

ПК 3.1. Планировать работы по монтажу, наладке и техническому обслуживанию систем и средств автоматизации на основе организационно-распорядительных документов и требований технической документации.

ПК 3.2. Организовывать материально-техническое обеспечение работ по монтажу, наладке и техническому обслуживанию систем и средств автоматизации.

ПК 3.3. Разрабатывать инструкции и технологические карты выполнения работ для подчиненного персонала по монтажу, наладке и техническому обслуживанию систем и средств автоматизации.

ПК 3.4. Организовывать выполнение производственных заданий подчиненным персоналом.

ПК 3.5. Контролировать качество работ по монтажу, наладке и техническому обслуживанию систем и средств автоматизации, выполняемых подчиненным персоналом и соблюдение норм охраны труда и бережливого производства.

ПК 4.1. Контролировать текущие параметры и фактические показатели работы систем автоматизации в соответствии с требованиями нормативно-технической документации для выявления возможных отклонений.

ПК 4.2. Осуществлять диагностику причин возможных неисправностей и отказов систем для выбора методов и способов их устранения

ПК 4.3. Организовывать работы по устранению неполадок, отказов оборудования и ремонту систем в рамках своей компетенции.

Методические рекомендации по проведению лабораторных работ и практических разработаны с целью оказания помощи студентам в приобретении необходимых навыков сборки схем, исследования электрических машин, электронных приборов и устройств, освоении методов расчета электрических цепей.

Данные методические рекомендации определяют общий объем знаний, подлежащий обязательному усвоению студентами при выполнении каждой лабораторной и практической работы, что позволяет студентам закреплять знания теории, формировать и развивать навыки исследования электрических схем, электрических машин, электронных приборов и устройств, воспитывает познавательную активность и профессиональную ответственность за результаты опытов и расчетов, формирует навыки соблюдения правил техники безопасности.

Каждая работа имеет:

- номер;
- наименование;
- цель работы;
- формируемые в процессе выполнения работы умения и актуализация знаний;
- теоретическое обоснование;

- электрическую схему исследуемой цепи;
- перечень приборов и (или) оборудования;
- порядок выполнения работы;
- контрольные вопросы.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ содержат список рекомендуемой литературы. Титульный лист должен быть оформлен в соответствии с приложением А.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами;
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную не в полном объеме (не менее 70 % правильно выполненных заданий от общего объема работы);
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (менее 70% правильно выполненных заданий от общего объема работы).

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Раздел	Номер и наименование лабораторной работы
1	1. Исследование электрической цепи при различных способах соединения участков.
	2. Исследование разветвленной магнитной цепи.
	3. Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей энергии звездой.
	4. Исследование схемы релейно-контакторного управления трехфазным асинхронным двигателем.
	5. Измерение потерь энергии в линии электропередач
2	6. Исследование полупроводникового диода
	7. Исследование формы выходного напряжения электронных генераторов.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел	Номер и наименование практической работы
1	1. Расчет электрических цепей постоянного тока.
2	2. Расчет однофазного выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки.

## Лабораторная работа № 1

### «Исследование электрической цепи при различных способах соединения участков»

**Цель работы:** Опытное определение соотношений между токами и напряжениями при последовательном и параллельном соединении резисторов.

#### Умения:

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;

#### Знания (актуализация):

- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;

#### Приборы и оборудование:

Оборудование лабораторного стенда

- 1) Источник переменного напряжения 220 В.
- 2) Группы ламп накаливания -2шт.
- 3) Амперметр,  $I_{\text{ном}}=2.5 \text{ A}$  -3шт.
- 4) Амперметр,  $I_{\text{ном}}=1 \text{ A}$  -1шт.
- 5) Вольтметр,  $U_{\text{ном}}=250 \text{ В}$  -1шт.

### Теоретическое обоснование

#### Последовательное соединение резисторов.

Соединение резисторов называется последовательным, если при наличии источника питания через все резисторы проходит один и тот же ток (см. рисунок 1).

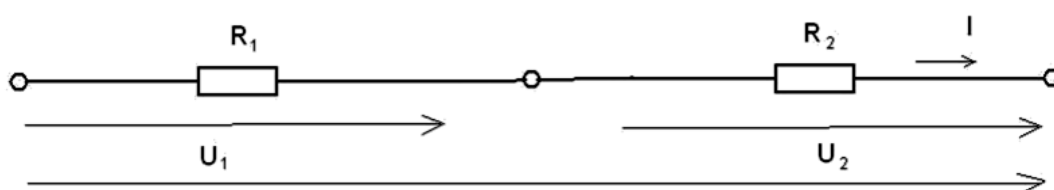




Рисунок 1 – Последовательное соединение резисторов.

Свойства:

- 1) При последовательном соединении резисторов ток через все резисторы проходит один и тот же

$$I = I_1 = I_2$$

- 2) Напряжение на зажимах цепи при последовательном соединении резисторов равно сумме напряжений на её отдельных участках.

$$U = U_1 + U_2$$

- 3) Сопротивление при последовательном соединении резисторов равно сумме сопротивлений всех последовательно соединенных участков.

$$R = R_1 + R_2$$

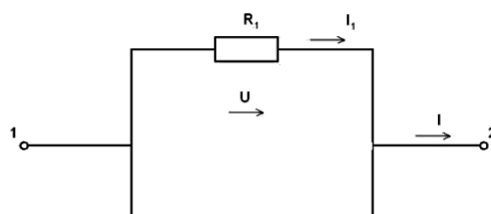
При последовательном соединении  $n$  резисторов общее сопротивление всей цепи равно арифметической сумме сопротивлений всех резисторов

$$R = \sum_{k=1}^n R_k$$

### Параллельное соединение резисторов.

Участок цепи, вдоль которого проходит один и тот же ток называется *ветвью*, а место соединения трех и большего числа ветвей называется *узлом*.

Соединение резисторов называется параллельным (рисунок 2), если они присоединены к одной и той же паре узлов электрической цепи, то есть находятся под действием одного и того же напряжения .



## Рисунок 2 – Параллельное соединение резисторов

Свойства:

- 1) Напряжение на параллельно соединённых резисторах одинаково:

$$U = U_1 = U_2$$

- 2) Ток в неразветвлённой части цепи равен сумме токов в параллельно соединённых резисторах

$$I = I_1 + I_2$$

- 3) Для каждой ветви и для всей цепи можно записать закон Ома

$$I_1 = \frac{U}{R_1} ; \quad I_2 = \frac{U}{R_2} ; \quad I = \frac{U}{R}$$

где  $R$  – общее (эквивалентное) сопротивление всей цепи.

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

разделив обе части равенства на  $U$ , окончательно имеем

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} , \quad R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

При параллельном соединении резисторов общая проводимость равна сумме проводимостей отдельных ветвей  $G = G_1 + G_2$ ,

где  $G = \frac{1}{R}$

**Задание №1.** Установить опытным путем соотношений между токами и напряжениями при последовательном соединении резисторов.

**Порядок выполнения работы:**

1) Собрать схему последовательного соединения двух участков с лампами накаливания (рисунок 3) и предъявить для проверки преподавателю.

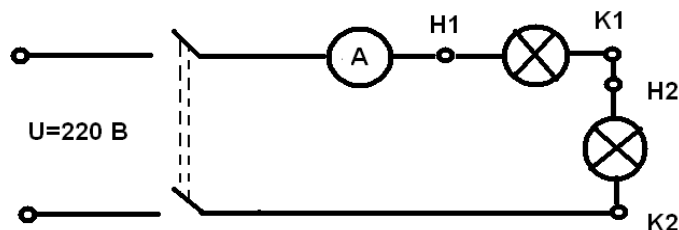


Рисунок 3 – Схема последовательного соединения резисторов.

2) Включить силовой выключатель. Включить лампы на первом и втором участках, провести измерения тока цепи и напряжений участков цепи. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты измерений тока и напряжения в цепи

№ п/п	Опытные данные				Расчётные данные		
	I, А	U <sub>1</sub> , В	U <sub>2</sub> , В	U, В	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R, Ом
1							
2							
3							

3) Рассчитать сопротивления участков, результаты занести в таблицу 1:

$$R_1 = \frac{U_1}{I} \quad R_2 = \frac{U_2}{I} \quad R = \frac{U}{I}$$

4) Пользуясь данными опытов и расчетов, подтвердить свойства последовательного соединения:

$$R = R_1 + R_2 \quad U = U_1 + U_2$$

**Задание №2** Установить опытным путем соотношений между токами и напряжениями при параллельном соединении резисторов.

### Порядок выполнения работы:

1) Собрать схему параллельного соединения двух участков с лампами накаливания (рисунок 4) и предъявить для проверки преподавателю.

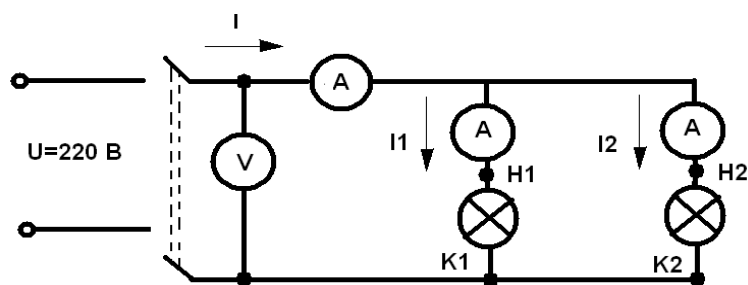


Рисунок 4 – Схема параллельного соединения резисторов.

2) Включить силовой выключатель. Включить лампы на первом и втором участках цепи. Провести измерения напряжения на зажимах цепи и токов ветвей (участков). Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 Результаты измерений токов и напряжения в цепи

№ п/п	Опытные данные				Расчётные данные					
	$I_1$	$I_2$	$I$	$U$	$R_1$	$R_2$	$R_{12}$	$G_1$	$G_2$	$G_{12}$
1										
2										
3										

3) Рассчитать сопротивления и проводимости участков, результаты расчетов занести в таблицу 2:

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \quad R_2 = \frac{U}{I_2} \quad R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad G_1 = \frac{I_1}{U} \quad G_2 = \frac{I_2}{U} \quad G_{12} = \frac{I}{U}$$

4) Пользуясь данными опытов и расчетов, подтвердить свойства параллельного соединения:

$$I = I_1 + I_2 \quad G_{12} = G_1 + G_2$$

5) Сделать вывод.

### Контрольные вопросы.

1) Как изменится напряжение на первом участке при последовательном соединении участков с лампами накаливания, если увеличить на нем число включенных ламп?

2) Как изменится величина тока в цепи при последовательном соединении участков, если на втором участке выключить все лампы?

3) Как изменится величина тока в цепи при параллельном соединении участков, если на втором участке выключить все лампы?

## **Лабораторная работа №2**

### **«Исследование разветвлённой магнитной цепи»**

**Цель работы:** Опытное подтверждение первого закона Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи и овладение методикой расчета магнитных потоков.

#### **Умения:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;

#### **Знания (актуализация):**

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;

#### **Приборы и оборудование:**

1. Оборудование лабораторного стенда:

Источник переменного напряжения 220 В, 50 Гц

2. Трехфазный трансформатор 220В /127В

3. Вольтметр электромагнитной системы  $U_{ном}=150$  В.

#### **Теоретическое обоснование.**

*Магнитной цепью* называется совокупность устройств, содержащих ферромагнитные тела и образующих замкнутую цепь, в которой при наличии магнитодвижущей силы образуется магнитный поток и вдоль которой замыкаются линии магнитной индукции.

Примером являются сердечники трансформатора, магнитных усилителей, электрических машин и т.д.

Магнитодвижущую силу в электрических машинах создают обмотки с электрическим током или постоянные магниты. Часть магнитной цепи, по которой замыкается магнитный поток, изготавливают в основном из ферромагнитных материалов и называют *магнитопроводом*. Магнитные цепи выполняют неразветвленными и разветвленными. Различают также магнитные цепи однородные и неоднородные. Магнитопровод однородной цепи на всем его протяжении выполнен из одного материала и имеет одинаковое по форме и размерам поперечное сечение; в неоднородной цепи магнитопровод состоит из нескольких участков, отличающихся в общем случае по длине, поперечному сечению, материалам. На рисунке 1 представлена однородная разветвленная магнитная цепь.

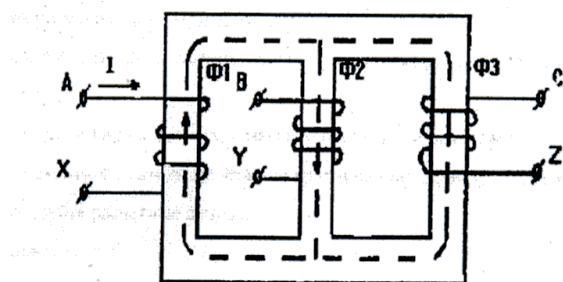


Рисунок 1 – Однородная разветвленная магнитная цепь.

Для расчетов магнитных цепей используют аналогии с электрическими цепями:

$\Phi$ , магнитный поток – электрический ток  $I$ ;

$R_M$ , магнитное сопротивление - электрическое сопротивление  $R$ ;

$U_M$ , магнитное напряжение - электрическое напряжение  $U$ ;

$F_M$ , магнитодвижущая сила - электродвижущая сила  $E$ .

В разветвленной магнитной цепи, по аналогии с электрической цепью, можно выделить контуры, ветви и отметить узлы. Можно составить узловые уравнения и сформулировать первый закон Кирхгофа для магнитной цепи.

**Алгебраическая сумма магнитных потоков в узле магнитной цепи равна нулю  $\sum \Phi = 0$ .**

**Задание:** Собрать схему трехфазного трансформатора и осуществить замеры фазного напряжения на катушках.

### Порядок выполнения работы:

1) Подключите катушку AX трехфазного трансформатора к фазному напряжению  $U_{\phi} = 127 \text{ В}$  (рисунок 2).

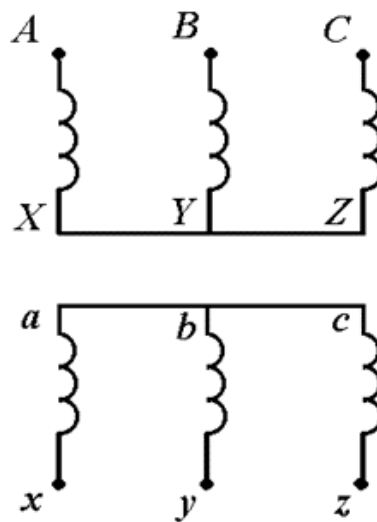


Рисунок 2 – Схема соединения обмоток трансформатора.

2) Включите источник напряжения и измерьте ЭДС всех обмоток. Данные измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты измерений.

№ п/п	Схема включения	$E_{AX}$	$E_{BY}$	$E_{CZ}$	$E_{ax}$	$E_{by}$	$E_{cz}$
1							
2							
3							

3) Повторите опыт для катушек ВУ, CZ, подключив их на соответствующие фазные напряжения.

4) Рассчитайте величины магнитных потоков. Данные расчетов занесите в таблицу 2.

Формула расчета амплитуды магнитного потока

$$\Phi_m = \frac{E}{4,44 \cdot f \cdot w_2}$$

где E – ЭДС вторичных обмоток  $E_{ax}$ ,  $E_{by}$ ,  $E_{cz}$

f = 50 Гц - частота напряжения сети;

$w_2 = 690$  - число витков вторичной обмотки трансформатора.

Таблица 2 - Данные расчетов величин магнитных потоков.

№ п/п	$\Phi_{m1}$ Вб	$\Phi_{m2}$ , Вб	$\Phi_{m3}$ , Вб
1			
2			
3			

5) Определите направление магнитодвижущей силы и вычертите конфигурацию магнитного потока. Используя расчетные данные, составьте уравнение по первому закону Кирхгофа,.

$$\Phi_1 - \Phi_2 - \Phi_3 = 0$$

6) Сделайте вывод.

### Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение магнитной цепи.
- 2) Сколько участков содержит магнитная цепь трехфазного трансформатора?
- 3) Как изменится магнитодвижущая сила, если число витков катушки увеличить в 2 раза, а ток уменьшить в 2 раза?
- 4) Какими правилами пользуются для определения направления магнитодвижущей силы?



## **Лабораторная работа № 3**

### **«Исследование работы трёхфазной цепи при соединении потребителей энергии звездой»**

**Цель работы:** Опытное определение основных соотношений между токами и напряжениями при соединении потребителей звездой, выяснение роли нейтрального провода.

#### **Умения:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;

#### **Знания (актуализация):**

- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- основы теории электрических машин;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;

#### **Приборы и оборудование:**

Оборудование лабораторного стенда

- 1) Источник переменного напряжения 220 В.
- 2) Группы ламп накаливания -3 шт.
- 3) Амперметр,  $I_{\text{ном}}=2.5$  А -3шт.
- 4) Амперметр,  $I_{\text{ном}}=1$  А -1шт.
- 5) Вольтметр,  $U_{\text{ном}}=250$  В -1шт.

#### **Теоретическое обоснование.**

##### **Трёхфазная система.**

Трёхфазной системой электрических цепей называется совокупность трех электрических цепей, которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутые относительно друг друга на  $120^\circ$ .

Источниками электрической энергии в трёхфазных цепях являются трёхфазные генераторы или трансформаторы. В трёхфазной системе

электрических цепей фазой называется одна из трех цепей. Для сокращения числа проводов используют связанные трехфазные системы. Для соединения звездой концы обмоток приемника X,Y, Z соединяют в общую точку, которую называют нулевой точкой или *нейтралью*. Концы обмоток приемника соединяют в общую точку N' – *нейтраль* нагрузки (рисунок 1). Провода, соединяющие начала A,B,C обмоток источника с приемником называются *линейными*.

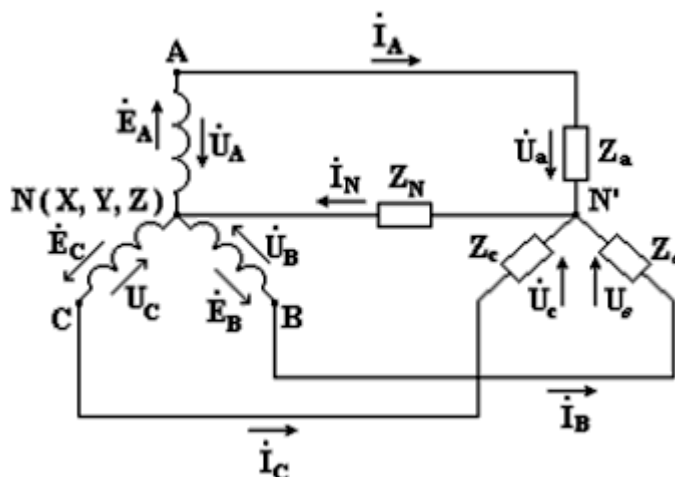


Рисунок 1 – Схема трехфазной цепи при соединении обмоток генератора и фаз потребителей звездой.

Провод, соединяющий нейтраль генератора N и нейтраль нагрузки N' называют *нейтральным*. Получается связанная четырехпроводная система электрических цепей.

### Параметры трехфазной цепи

*Линейный ток* - это ток, протекающий по линейным проводам ( $I_L$ ).

*Фазный ток* - ток, протекающий в фазе приемника или источника ( $I_\Phi$ ).

Для схемы звезда фазные и линейные токи одинаковы в каждой фазе:

$$I_L = I_\Phi$$

*Линейное напряжение* - это разность потенциалов между двумя линиями ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ).

*Фазное напряжение* - это напряжение между началом и концом фазы или напряжение между линейным и нулевым проводом ( $U_A, U_B, U_C$ ).

Если считать потенциалы начал фаз генератора и нагрузки равными (т.е. падение напряжения в линейных проводах равно нулю). Линейное напряжение любой фазы представляет собой алгебраическую сумму фазных напряжений:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B$$

$$\vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C$$

$$\vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A$$

Векторная диаграмма линейных и фазных напряжений представлена на рисунке 2.

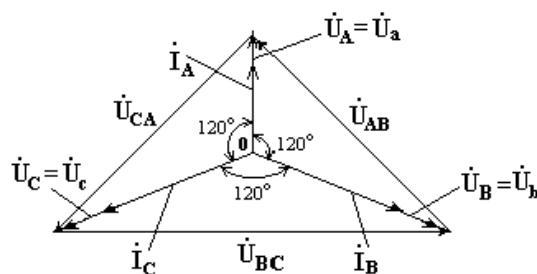


Рисунок 2 – Векторная диаграмма трехфазной цепи

Если сопротивления фаз одинаковы (нагрузка симметричная), то треугольники на диаграмме являются равнобедренными, откуда легко получить соотношение между напряжениями  $U_L = \sqrt{3}U_\phi$

Ток в нейтральном проводе равен алгебраической сумме фазных токов:

$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C$$

Векторная диаграмма представлена на рисунке 3.

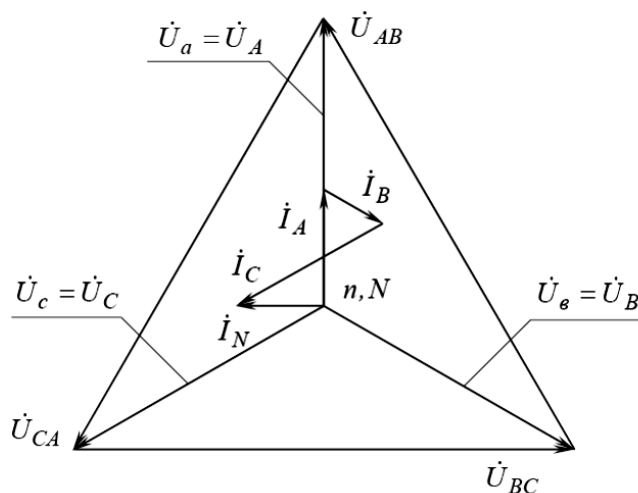


Рисунок 3 – Ток в нейтральном проводе  $\vec{I}_N$

**Задание:** Собрать схему трехфазной цепи, провести измерения токов и напряжений, определить соотношения между токами и напряжениями.

#### Порядок выполнения работы

1) Соберите схему исследования трехфазной цепи, предъявите для проверки преподавателю (рисунок 4).

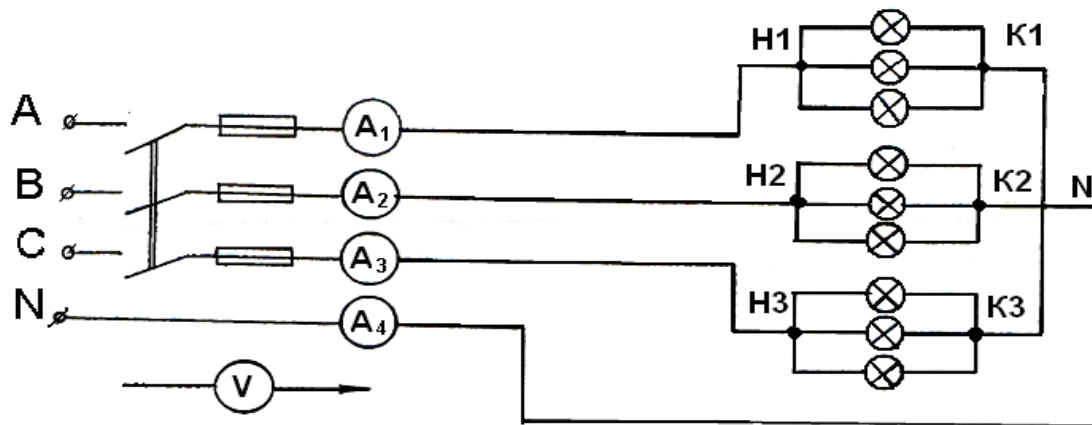


Рисунок 4 – Схема трехфазной цепи с нейтральным проводом.

2) Проведите исследование цепи. Режим работы цепи: Равномерная нагрузка (симметричная нагрузка), нейтральный провод включен.

а) Установите равномерную нагрузку (включите одинаковое количество ламп в фазах нагрузки). Включите сетевой выключатель;

б) Измерьте токи фаз, ток в нейтральном проводе, фазные и линейные напряжения на нагрузке. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

в) Выключите сетевой выключатель.

3) Режим работы цепи: Неравномерная нагрузка, нейтральный провод включен.

а) Установите неравномерную нагрузку (разное количество ламп в фазах нагрузки). Включите сетевой выключатель.

б) Измерьте токи фаз, ток в нейтральном проводе, фазные и линейные напряжения на нагрузке. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

в) Выключите сетевой выключатель.

4) Режим работы цепи: Холостой ход фазы, нейтральный провод включен.

а) Установите неравномерную нагрузку, все лампы одной из фаз должны быть выключены, что означает холостой ток фазы (разное количество ламп в фазах нагрузки). Включите сетевой выключатель.

б) Измерьте токи фаз, ток в нейтральном проводе, фазные и линейные напряжения на нагрузке. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

в) Выключите сетевой выключатель.

5) Режим работы цепи: Равномерная нагрузка (симметричная нагрузка), нейтральный провод выключен.

а) Установите равномерную нагрузку (включите одинаковое количество ламп в фазах нагрузки). Включите сетевой выключатель;

б) Измерьте токи фаз, фазные и линейные напряжения на нагрузке. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

в) Выключите сетевой выключатель.

б) Режим работы цепи: Неравномерная нагрузка, нейтральный провод выключен.

а) Установите неравномерную нагрузку (разное количество ламп в фазах нагрузки). Включите сетевой выключатель.

б) Измерьте токи фаз, фазные и линейные напряжения на нагрузке. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

в) Выключите сетевой выключатель.

Таблица 1 – Результаты измерений параметров нагрузки

№ опыта	Режим работы цепи		Измерения									
	Режим нейтрального провода	Режим нагрузки	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_N$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$
			A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
1	Нейтральный провод включен	Равномерная										
2		Неравномерная										
3		Холостой ход фазы										
4	Нейтральный провод отключен	Равномерная				-						
5		Неравномерная										

7) По данным опытов 1,2,3 постройте векторную диаграмму расчета тока в нейтральном проводе на миллиметровой бумаге.

8) Оцените постоянство фазных напряжений по результатам опытов 2,3,5 и его зависимость от режима работы трехфазной цепи.

9). Вычислите отношение линейного и фазного напряжений по результатам измерений в таблице 1.

10) Сделайте выводы.

### Контрольные вопросы.

- 1) Как выполнить соединение фаз генератора и нагрузки звездой?
- 2) Название общего провода трех цепей четырехпроводной системы?
- 3) Что значит «холостой ход фазы»? При каких реальных условиях возникает такой режим работы?

### Лабораторная работа № 4

#### «Исследование схемы релейно-контактного управления трехфазным асинхронным двигателем»

**Цель работы:** Освоение алгоритма дистанционного управления трехфазным асинхронным двигателем.

#### Умения:

- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- правильно эксплуатировать электрооборудование;

### **Знания (актуализация):**

- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- основы теории электрических машин;
- релейно-контактные и микропроцессорные системы управления: состав и правила построения.

### **Приборы и оборудование:**

- 1) Источник питания - трехфазная сеть 220 В, 50 Гц
- 2) Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором – АОЛ-22-4 220/380 В 50 Гц ;  $P_n = 400$  Вт;  $n = 1400$  об/мин
- 3) Магнитный пускатель
- 4) Пост управления - ПKE - 222 - 2У2
- 5) Амперметр тока - 5 А.

### **Теоретическое обоснование**

#### **Аппаратура коммутации и управления.**

Автоматическое управление электродвигателями и другими приемниками электрической энергии осуществляют путем применения в электрических цепях различных аппаратов, при помощи которых осуществляют пуск, регулирование частоты его вращения, торможение, остановку двигателей, а также их защиту от перегрузок и коротких замыканий. Наибольшее применение среди подобного рода устройств получили контакторы, реле, магнитные пускатели, путевые и концевые выключатели, кнопки, предохранители и т.п.

Управлять трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором можно при помощи магнитного пускателя. Магнитные пускатели представляют собой совокупность контактора и тепловых реле, установленных на одной панели.

#### **Контакторы.**

Контактором называют коммутационный электромагнитный аппарат, у которого вручную производят переключение в цепи управления, а переключение в главной цепи происходит автоматически. Контакторы предназначены для частых включений и отключений электроустановки под нагрузкой (до 1500

включений и отключений в час). Устройство электромагнитного контактора представлено на рисунке 1.

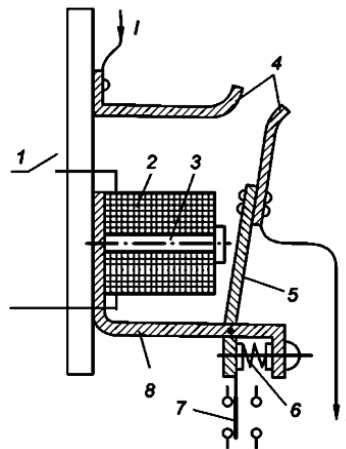


Рисунок 1 – Электромагнитный контактор.

При замыкании кнопки управления 1 в цепи управления, т.е. катушке 2, возникает ток, который создает в сердечнике 3 магнитный поток и электромагнитная сила притягивает якорь 5 к сердечнику 3. Магнитный поток замыкается по магнитопроводу, состоящему из сердечника 3, якоря 5 и скобы 8. Когда якорь притянут к сердечнику, замыкаются главные контакты 4, через которые запитывается обмотка статора. Одновременно происходит переключение блок – контактов. Число блок - контактов может быть различным. Их включают в цепь управления данного контактора или другого аппарата. На электрических схемах контакторы обозначаются в исходном обесточенном состоянии согласно ГОСТ 2.755 (таблица 1).

### **Реле**

Реле – это аппараты, которые производят автоматическое переключение контактов в цепи управления другого аппарата.

Тепловые реле предназначены для защиты обмоток двигателя от длительных перегрузок на 10-20%. Конструктивная схема теплового реле с биметаллической пластиной представлена на рисунке 2.



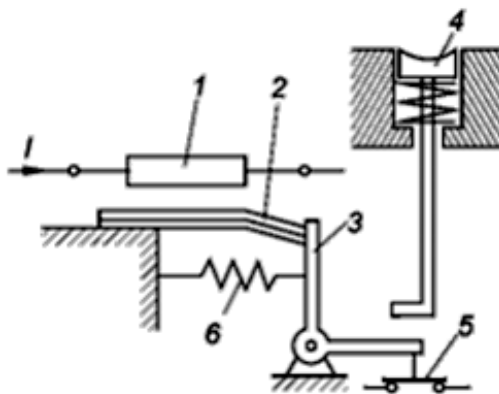


Рисунок 2 – Тепловое реле.

Нагревательный элемент 1 включают последовательно с электрической цепью, которую надо защищать. Нагревательный элемент нагревает расположенную рядом биметаллическую пластину 2. Биметаллическая пластина выполнена из двух слоев металлов с разными коэффициентами расширения, поэтому при нагревании она выпрямляется, и рычаг 3 освобождается. Под действием пружины 6 рычаг поворачивается и размыкает контакты 5 в цепи управления.

Таблица 1 – Графическое обозначение контактов

Наименование элемента		Обозначение
Контакт коммутирующего устройства (общее обозначение)	закрывающий	
	размыкающий	
	переключающий	
Выключатель	однополюсный	
	трехполюсный	
Переключатель	однополюсный	
	трехполюсный	
	двухполюсный трехпозиционный с нейтральным положением	
Разъединитель		
Выключатель нагрузки		
Выключатель автоматический		
Кнопки управления	с замыкающим контактом	
	с размыкающим контактом	
Контакт главной цепи контактора, магнитного пускателя	закрывающий	
	размыкающий	
	закрывающий дугогасительный	
	размыкающий дугогасительный	
Контакт теплового реле без самовозврата (с возвратом нажатием кнопки)		
Контакт замыкающий с выдержкой времени	при замыкании	
	при размыкании	

**Задание:** Выполнить сборку схемы дистанционного управления трехфазным асинхронным двигателем, освоить алгоритмы работы.

**Порядок выполнения работы:**

- 1) Собрать схему электродвигателя (рисунок 3). Предъявить схему для проверки преподавателю.
- 2) Включить сеть выключателем QF.
- 3) Включить двигатель с помощью кнопки SB2. Убедится в том, что после отпускания кнопки двигатель продолжает работать. Проследить за срабатыванием магнитного пускателя.
- 4) Отключить двигатель с помощью кнопки SB1. Проследить за работой магнитного пускателя
- 5) Отключить блок - контакт КМ. Включить двигатель с помощью кнопки SB2. Проследить за работой схемы. Подключить блок - контакт КМ.
- 6) Произвести реверс двигателя, поменяв местами два любых линейных провода
- 7) Нагружая двигатель тормозом, добиться его отключения тепловым реле. Вновь запустить двигатель, устранив перегрузку.
- 8) Выключить сетевое питание.
- 9) Сделайте выводы.

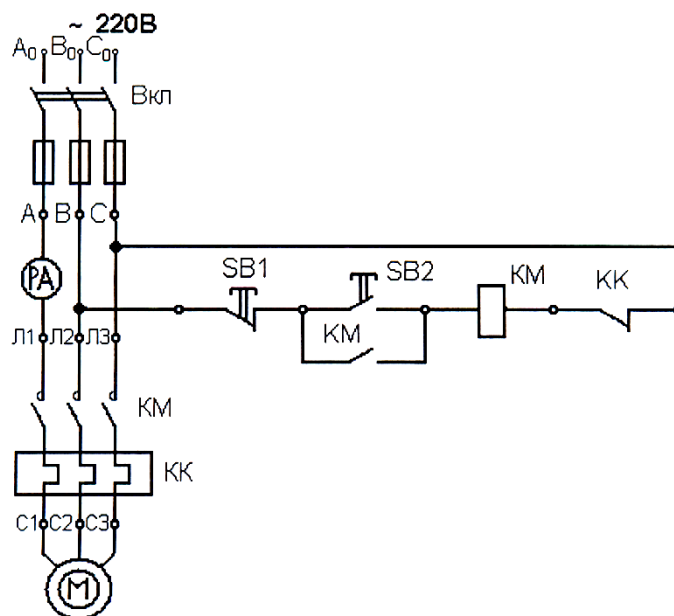


Рисунок 3 – Схема включения двигателя.

### Контрольные вопросы.

- 1) Объясните принцип работы магнитного пускателя.
- 2) Каково назначение блок - контактов магнитного пускателя?
- 3) Можно ли использовать тепловое реле для защиты потребителя при коротких замыканиях?

### **Лабораторная работа № 5**

#### **«Измерение потерь энергии в линии электропередач»**

**Цель работы:** определение потерь напряжения в линии, потерь мощности и уменьшения КПД, расчет сечения проводов линии в зависимости от величины нагрузки.

**Умения:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- правильно эксплуатировать электрооборудование;

**Знания (актуализация):**

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- принципы получения, передачи и использования электрической энергии;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;

**Приборы и оборудование:**

- 1) Оборудование лабораторного стенда:
  - Источник питания - трехфазная сеть 220 В, 50 Гц;
  - Ламповые реостаты;
- 2) ЛАТР – 1 шт.;
- 3) Реостат, 100 Ом – 1 шт.;

4) Вольтметр,  $U_{\text{ном}}=150 \text{ В}$  -2 шт.;

5) Амперметр переменного тока,  $3 \text{ А}$  -1 шт..

### Теоретическое обоснование

Под потерей напряжения в линии понимается разность между напряжением в начале линии  $U_1$  и в конце  $U_2$ :

$$\Delta U = U_1 - U_2. \quad (1)$$

Применяя закон Ома, можно записать:

$$\Delta U = I \cdot R_{\text{л}}, \quad (2)$$

где  $R_{\text{л}}$  – сопротивление двухпроводной линии, Ом.

$$R_{\text{л}} = \frac{2l}{g \cdot s} \quad (3)$$

где  $l$  – протяженность линии, м;

$g$  – удельная проводимость материала проводов линии, м/Ом×мм<sup>2</sup>;

$s$  – сечение проводов линии, мм<sup>2</sup>.

Подставляя значение  $R_{\text{л}}$  в формулу (2), получим:

$$\Delta U = \frac{I \cdot 2l}{g \cdot s} \quad (4)$$

На практике потери напряжения часто задаются в процентах

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

После подстановки выражения (4) в последнюю формулу, получим:

$$\Delta U\% = \frac{200 \cdot I \cdot l}{g \cdot s \cdot U_{\text{ном}}} \quad (5)$$

откуда

$$s = \frac{200 \cdot I \cdot l}{g \cdot \Delta U\% U_{\text{ном}}} \quad (6)$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение на входе линии, В.

При подаче электрической энергии по проводам, мощность  $P_2$ , подводимая к приемникам энергии, меньше мощности  $P_1$ , потребляемой от источника питания на величину потерь мощности в линии  $\Delta P$ :

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad (7)$$

где  $P_1 = U_1 \cdot I$  – мощность, потребляемая от источника питания, Вт;

$P_2 = U_2 \cdot I$  – мощность, подаваемая на приемники электрической энергии, Вт.

Работа любой электрической цепи оценивается КПД, который для линий электропередачи:

$$\eta = \frac{P - \Delta P}{P} = \frac{U_1 I - \Delta U I}{U_1 I} = \frac{U_1 - \Delta U}{U_1} = \frac{U_2}{U_1},$$

где  $\Delta U$  – потери напряжения в линии, В.

**Задание:** Выполнить сборку схемы линии электропередач, провести измерения и расчеты параметров.

### Порядок выполнения работы

- 1) Соберите схему (рисунок 1), которая имитирует работу линии электропередачи переменного тока. Предъявите преподавателю для проверки, получите разрешение на включение.

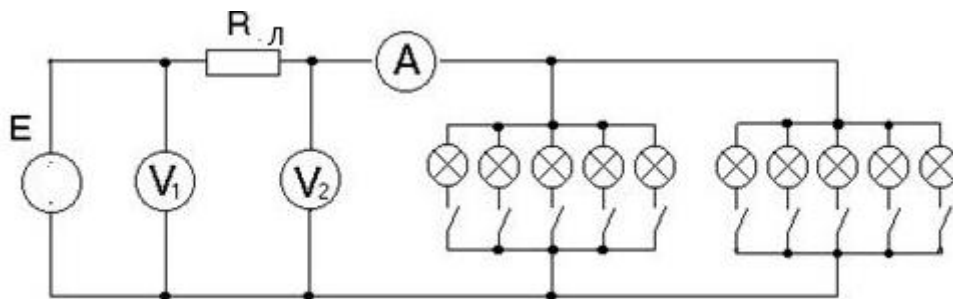


Рисунок 1 – Схема линии электропередач.

- 2) В качестве имитатора сопротивления проводов линии использовать реостат  $R_{\text{л}}$ .
- 3) Установить напряжение  $U_1 = 60$  В источника ЛАТРома, контроль напряжения осуществлять вольтметром  $V_1$ , контроль напряжения в конце линии осуществления вольтметром  $V_2$ .
- 4) Показания приборов записать в таблицу 1, при включении в сеть поочередно двух, четырех, шести, восьми электрических ламп.

Таблица 1- Параметры линии электропередач.

$I, A$	$U_1, B$	$U_2, B$	$\Delta U, B$	$P_1, Bт$	$P_2, Bт$	$\Delta P, Bт$	$\eta \%$	$R_{л}, Ом$

5) Произвести вычисления сопротивления имитатора линии  $R_{л}$ , мощностей  $P_1$  и  $P_2$ , потерь мощности  $\Delta P$ , коэффициента полезного действия  $\eta$ .

6) Определить сечение проводов линии длиной 1 км при  $\Delta U = 2,5 \%$ ,  $U_1 = 220B$  и измеренной силе тока для двух типов проводов линии:

а) алюминиевый провод с удельной проводимостью, равной  $g = 32,3 \text{ м/Ом} \times \text{мм}^2$ ;

б) провод из меди с удельной проводимостью, равной  $g = 54,4 \text{ м/Ом} \times \text{мм}^2$ .

7) Вычислить сопротивление электрических ламп.

### Контрольные вопросы

1) Назовите способы увеличения КПД линии электропередачи.

2) Какие нормы падения напряжения допускаются в ЛЭП?

3) Как определить сечение проводов при известном их материале и длине ЛЭП?

4) Назовите причины падения напряжений в линиях электропередачи.

5) Какие электроизмерительные приборы применялись в работе, их основные параметры?

### Лабораторная работа №6

#### «Исследование полупроводникового диода»

**Цель работы:** Освоение методов снятия вольт – амперной характеристики диода и алгоритма расчета сопротивлений при прямом и обратном включении.

**Умения:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;
- использовать электронные приборы и устройства.

**Знания (актуализация):**

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- принципы получения, передачи и использования электрической энергии;
- основы теории электрических машин;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;
- базовые электронные элементы и схемы;
- виды электронных приборов и устройств;

**Приборы и оборудование.**

1) Лабораторный стенд «Промэлектроника»:

блок №1, схемы А1и А2; Соединительные провода.

2) Прибор электроизмерительный многофункциональный Ц4317.3.

**Теоретическое обоснование**

**Полупроводниковым диодом** называется прибор с двумя выводами, содержащий один электронно-дырочный переход.

Работа полупроводникового выпрямительного диода основана на свойстве *p-n*-перехода пропускать ток только в одном направлении. Основной характеристикой полупроводниковых диодов является вольт - амперная



характеристика (ВАХ)- зависимость тока через диод от приложенного напряжения.

#### ***Прямое включение*** диода.

Приложенное напряжение называется **прямым**, если плюс источника подключается к полупроводнику ***p*** –типа (аноду), а минус к полупроводнику ***n*** – типа (катоде). При прямом включении ток потечет только тогда, когда напряжение прямого включения  $U_{пр}$  превысит потенциальный барьер. Высота потенциального барьера зависит от типа полупроводника: 0,3 В для германиевых и 0,6 В для кремниевых полупроводников.

#### ***Обратное включение*** диода.

Приложенное напряжение называется **обратным**, если минус источника подключается к полупроводнику ***p*** –типа (аноду), а плюс к полупроводнику ***n*** – типа (катоде). При обратном включении потенциальный барьер для основных носителей зарядов увеличивается, поэтому они не могут его преодолеть. Практически обратный ток обусловлен дрейфом неосновных носителей зарядов (током дрейфа), поэтому является незначительным.

#### ***Вольт -амперная характеристика.***

Для сравнения на рисунке 1 приведены типовые ВАХ германиевого и кремниевого диодов. Кремниевые диоды имеют во много раз меньшие обратные токи при одинаковом напряжении, чем германиевые. Допустимое обратное напряжение кремниевых диодов может достигать 1000-1500 В, в то время как у германиевых оно лежит в пределах 100-400 В. Кремниевые диоды могут работать при температурах от -60 до +150°С, а германиевые - от -60 до +85°С. Это обусловлено тем, что при температурах выше 85° С резко увеличивается собственная проводимость германия, приводящая к недопустимому возрастанию обратного тока. Вместе с тем прямое падение напряжения у кремниевых диодов больше, чем у германиевых. Это объясняется, что у германиевых диодов можно получить величину сопротивления в прямом направлении в 1,5-2 раза меньшую, чем у кремниевых, при одинаковом токе нагрузки. Поэтому мощность, рассеиваемая внутри германиевого диода, оказывается во столько же раз

меньше. В связи с этим в выпрямительных устройствах низких напряжений выгоднее применять германиевые диоды.

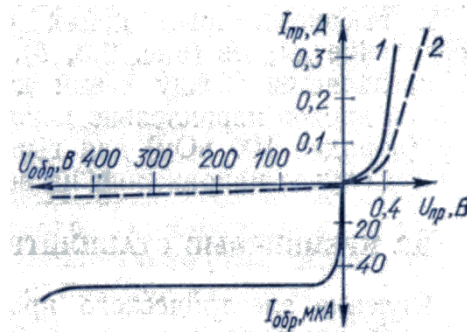


Рисунок 1 - Сравнительные ВАХ характеристики германиевого (1) и кремниевого (2) диодов.

**Задание:** Снять ВАХ характеристику диода, построить ее график и рассчитать сопротивления.

### Порядок выполнения работы.

#### Опыт 1 Снятие прямой ветви ВАХ диода.

- 1) Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.
- 2) На одном из источников питания лабораторного стенда (V1 или V2) с помощью ручки выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерений 20В.
- 3) Выключить сетевой тумблер
- 4) Ручку потенциометра R1 повернуть против часовой стрелки до упора.
- 5) Подать питание на исследуемую схему (рисунок 2): «+» на X1, «-» на X2.

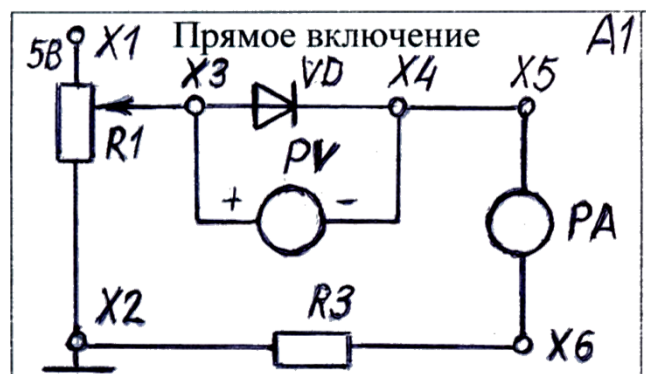


Рисунок 2 = Схема включения диода в прямом направлении.

- 6) Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.
- 7) После проверки схемы преподавателем включить сетевой тумблер.
- 8) Поворачивая ручку потенциометра R1 по часовой стрелке, устанавливать прямое напряжение диода в пределах, указанных в таблице 1, фиксируя значения тока. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1- Прямая ветвь ВАХ диода.

$U_{пр}, В$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$I_{пр}, мА$						

- 9) Выключить сетевой тумблер.

### Опыт 2. Снятие обратной ветви ВАХ диода.

- 1) На двух источниках питания постоянного напряжения лабораторного стенда «Промэлектроника» V1 и V2 выставить напряжения питания 15 В, повернув ручки по часовой стрелке до упора. Соединить источники последовательно, установив напряжение блока 30 В.

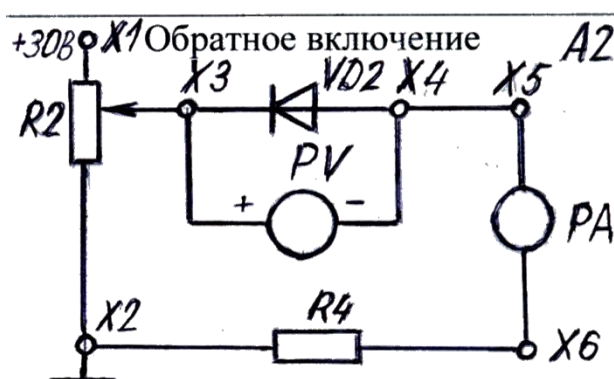


Рисунок 3 = Схема включения диода в обратном направлении.

- 2) Подать напряжение питания на исследуемую схему (рисунок 3): «+» от источника V2 на клемму X1, «-» от источника V1 на клемму X2.
- 3) Ручку потенциометра R2 повернуть против часовой стрелки до упора.

- 4) Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.
- 5) После проверки преподавателем включить стенд в сеть.
- 6) Поворачивая ручку потенциометра R2 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице 2. Значения обратного тока необходимо фиксировать каждые 5 В, результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Обратная ветвь ВАХ диода.

U <sub>обр</sub> , В	0	5	10	15	20	25
I <sub>обр</sub> , мкА						

- 7) Выключить сетевой тумблер.
- 8) По данным таблиц 1 и 2 построить ВАХ диода.
- 9) Выполнить расчеты сопротивлений R<sub>пр</sub> и R<sub>обр</sub>.

### Контрольные вопросы.

- 1) Величины потенциальных барьеров германиевого и кремниевого и полупроводниковых диодов?
- 2) Как выполнить прямое включение диода?
- 3) Как выполнить обратное включение диода?
- 4) Почему при обратном включении диода ток через него намного меньше, чем при прямом включении?

## Лабораторная работа № 7

### «Исследование формы выходного напряжения электронных генераторов»

**Цель работы:** Овладение методикой снятия осциллограмм последовательностей выходных импульсов электронных генераторов и определение их параметров.

#### Умения:

-использовать основные законы и принципы теоретической

электротехники и электроники в профессиональной деятельности;

- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;
- использовать электронные приборы и устройства.

### **Знания (актуализация):**

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;
- базовые электронные элементы и схемы;
- виды электронных приборов и устройств;

### **Приборы и оборудование:**

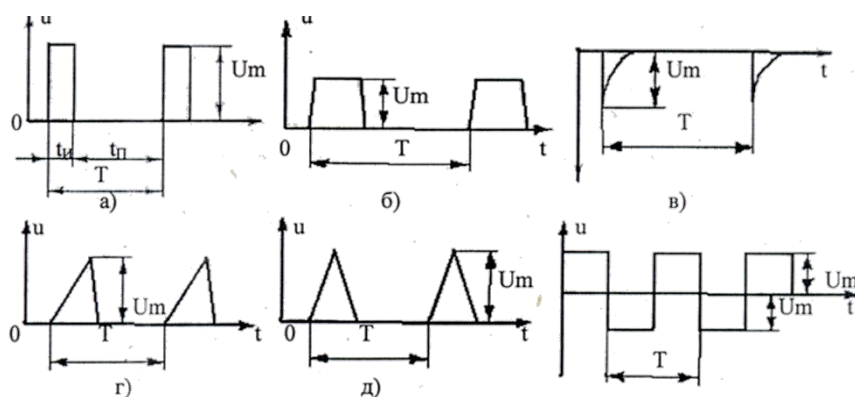
- 1) Осциллограф С 1 -59
- 2) Генератор функциональный Г6-43.

### **Теоретическое обоснование.**

#### **Виды импульсов.**

Под *импульсом* понимают кратковременное отклонение напряжения или тока от некоторого постоянного уровня, в частности от нулевого.

Наиболее распространенными являются прямоугольная, трапецеидальная и треугольная формы (рисунок 1).



## Рисунок 1 – Виды импульсных сигналов.

Реальные импульсы не имеют формы, строго соответствующей названию. Например, прямоугольные импульсы имеют форму, близкую к трапецеидальной а треугольные — к экспоненциальной. Различают импульсы положительной (рисунок 1 - а, б, г, д) и отрицательной полярности (рисунок 1 - в), а также двухсторонние (разнополярные) импульсы (рисунок 1 - е). В электронной технике наиболее часто используется прямоугольные импульсы.

### **Параметры последовательности импульсов.**

*Период и частота повторения импульсов.* Промежуток времени  $T$  между началом двух соседних однополярных импульсов (см. рисунок 1) называют *периодом* повторения (следования) импульсов. Он выражается в единицах времени: секундах (с), миллисекундах (мс) и микросекундах (мкс). Величину, обратную периоду повторения, называют *частотой повторения* (следования)  $f$  импульсов. Она определяет количество периодов в течение 1 с и выражается в герцах (Гц), килогерцах (кГц) и т.д.

### **Виды электронных генераторов.**

Электронный генератор - это устройство, преобразующее электрическую энергию источника постоянного тока в энергию незатухающих электрических колебаний заданной формы и частоты. Электронный генератор широко используют в радиоаппаратуре, измерительной технике, устройствах автоматике, электронно-вычислительных машинах и т.д.

### **Классификация по способу возбуждения колебаний.**

По способу возбуждения генераторы подразделяют на генераторы с независимым возбуждением и генераторы с самовозбуждением (автогенераторы). Генераторы с независимым возбуждением являются усилителями колебаний, которые вырабатывают посторонние источники. Автогенераторы сами создают незатухающие колебания за счет использования положительной обратной связи.

## Мультивибратор.

Мультивибратор представляет собой генератор колебаний, близких по форме к прямоугольным. Мультивибратор широко используют в импульсной технике, в ЭВМ и устройствах автоматике в качестве пусковых или переключающих устройств.

Автоколебательный мультивибратор, собранный по основной схеме (рисунок 2), представляет собой двухкаскадный резистивный усилитель на транзисторных ключах-инверторах, соединенных перекрестными обратными связями. При подключении мультивибратора к источнику питания начинается генерация колебаний: на коллекторах транзисторов формируются импульсы, по форме близкие к прямоугольным.

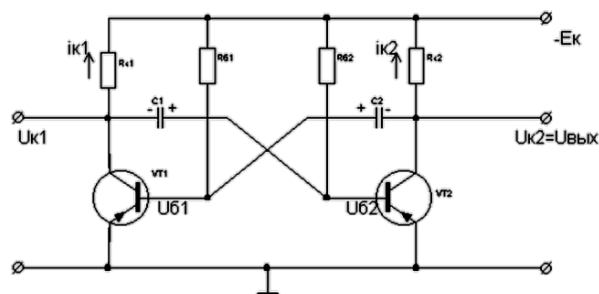


Рисунок 2 – Схема автоколебательного мультивибратора.

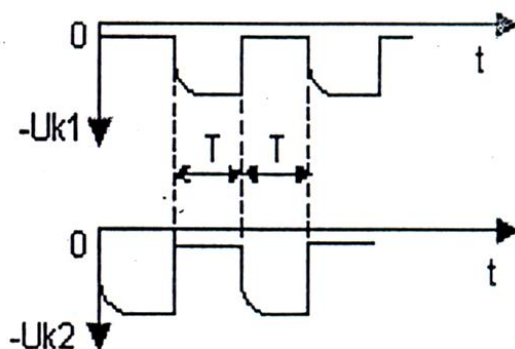


Рисунок 3 – Временные диаграммы напряжений на коллекторах транзисторов.

## LC- автогенератор.

Схема транзисторного автогенератора типа LC приведена на рисунке 4.

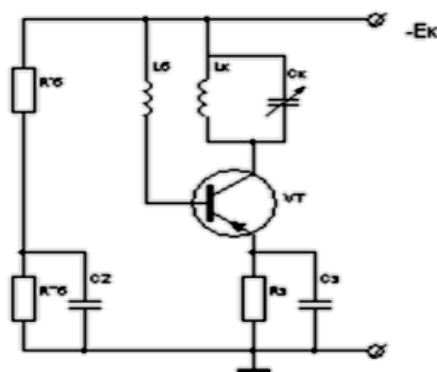


Рисунок 4 – Транзисторный автогенератор с индуктивной связью.

Конденсатор  $C_k$  и катушка индуктивности  $L_k$  образуют параллельный колебательный контур. При подключении к источнику питания  $E_k$  конденсатор  $C_k$  колебательного контура заряжается, после чего в контуре возникают незатухающие электрические колебания с частотой  $f_0$

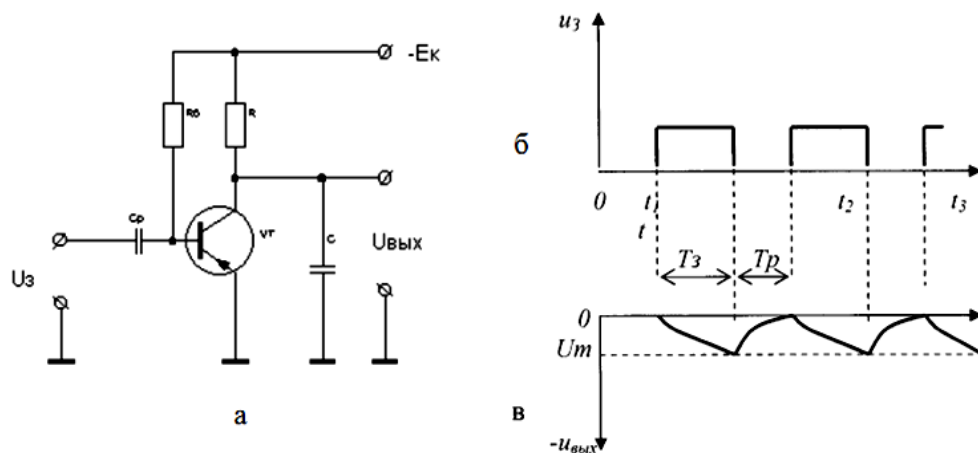
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}.$$

На коллекторе выходного транзистора формируются синусоидальные колебания. Колебания являются незатухающими благодаря положительной обратной связи, передающей часть выходного сигнала на вход усилителя. При этом должны соблюдаться два условия: баланс амплитуд и баланс фаз.

### **Генераторы пилообразного напряжения.**

Генератор пилообразного напряжения представляет собой однокаскадный усилитель, преобразующий энергию прямоугольных колебаний в энергию пилообразных колебаний той же частоты (рисунок 5).





а) схема генератора пилообразного напряжения;  
б) временные диаграммы запирающих импульсов;  
в) выходные импульсы

Рисунок 5 – Генератор пилообразного напряжения

Выходное напряжение снимается с конденсатора, включенного параллельно транзистору. При поступлении положительного импульса, запирающего транзистор, конденсатор заряжается до напряжения  $U_m \leq E_k$ . По окончании импульса транзистор открывается и конденсатор разряжается на нагрузку.

**Задание:** Опытным путем произвести снятие осциллограмм выходных импульсов электронных генераторов.

### Порядок выполнения работы.

1) Включите приборы в сеть. Соедините выход генератора со входом осциллографа.

2) На шкале генератора выберите «прямоугольный сигнал», нажав кнопку на панели генератора. Установите сигнал определенной амплитуды и частоты приблизительно по шкале генератора согласно варианта задания по таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий.

Вариант	1	2	3	4	5	6
$U_m$ , В	1	5	2	3	4	6
Диапазон частот, кГц	0,5	1	5	10	25	50

3) Выберите оптимальные масштабы разверток сигнала, занесите в таблицу 2. Нарисуйте осциллограмму сигнала на миллиметровой бумаге. Вычислите амплитуду импульса и параметры последовательности импульсов, результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

Исследуемая схема	Измерение амплитуды			Измерение частоты			
	Цена деления	Кол-во делений	$U_m$	Цена деления	Кол-во делений	T	f
	В/дел		В	С/дел		С	Гц
Схема 1							
Схема 2							
Схема 3							

4) На шкале генератора выберите «синусоидальный сигнал», нажав кнопку на панели генератора. Повторите действия согласно п.2 и 3.

5) На шкале генератора выберите «треугольный сигнал», нажав кнопку на панели генератора. Повторите действия согласно п.2 и 3.

6) Сделайте вывод.

### **Контрольные вопросы.**

1) Каким образом поддерживается непрерывная генерация импульсов в автогенераторах?

2) Как называется каскад на биполярном транзисторе на основе которого построены схемы генераторов.

3) Какой из генераторов не является «автогенератором»? Почему?

## **Практическая работа №1**

### **Расчет электрических цепей постоянного тока**

**Цель работы:** Освоение методики расчета электрических цепей постоянного тока с одним источником питания.

**Умения:**

использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;

- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;

**Знания (актуализация):**

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;

**Теоретическое обоснование**

При расчете электрических цепей в большинстве случаев известны параметры источников ЭДС, сопротивления элементов электрической цепи. Задача расчета электрической цепи сводится к определению токов в ветвях. По найденным токам можно рассчитать напряжения на элементах цепи, мощность отдельных элементов и электрической цепи в целом, мощность источников, сечения проводников.

Для расчета электрических цепей с одним источником энергии применяется метод эквивалентных преобразований, заключающийся в постепенном преобразовании и замене последовательно и параллельно соединенных элементов эквивалентными. Всю группу элементов цепи заменяют одним эквивалентным. Преобразования начинают в ветвях, наиболее удалённых от источника. Затем в преобразованной (предельно простой) цепи по закону Ома определяют ток. Полученные в процессе преобразования расчетные схемы позволяют определить токи во всех остальных ветвях.

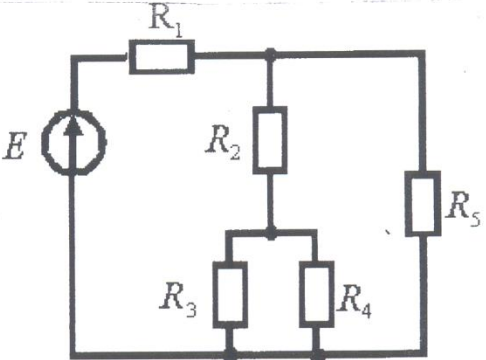
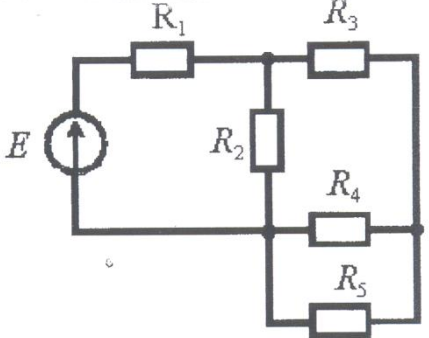
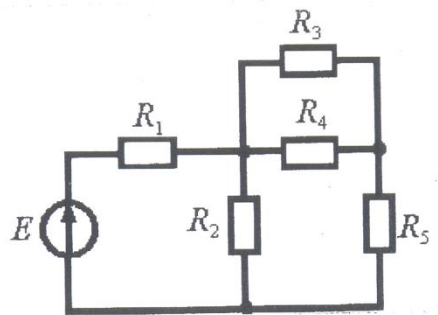
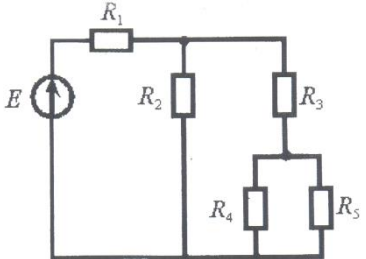
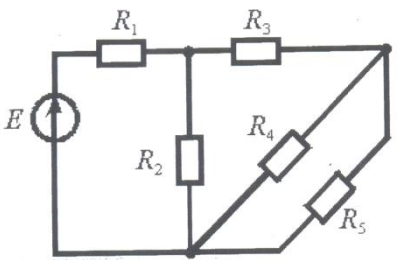
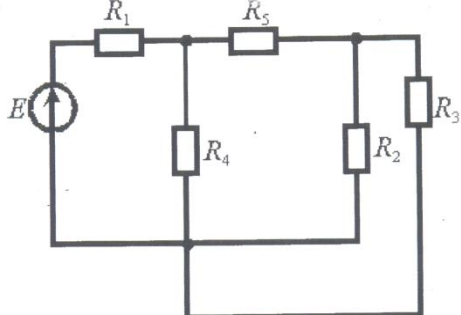
**Задание:** Выполнить расчет электрических цепей постоянного тока.

Дана разветвленная электрическая цепь, содержащая один источник энергии с ЭДС  $E$  и приёмники  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ . Методом эквивалентных преобразований найти токи во всех ветвях и напряжения на элементах цепи. Составить баланс мощности. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий

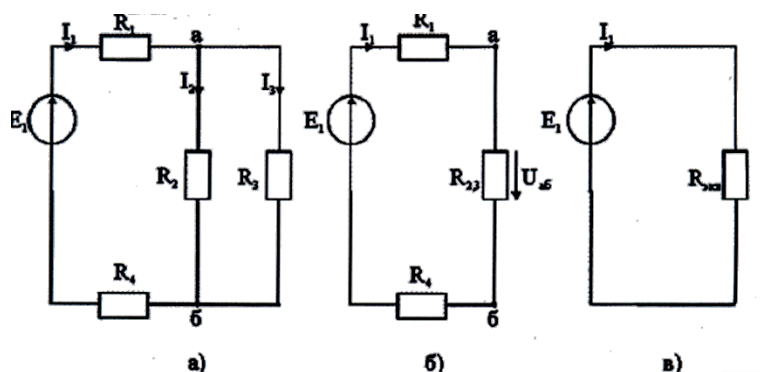
Номер варианта	Номер рисунка	$E$ , В	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
			Ом				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	30	2	2	6	12	12
2	1	30	2	2	12	6	12
3	1	20	2	12	2	6	12
4	1	20	2	6	12	2	12
5	1	30	6	2	12	2	12
6	2	40	4	12	2	6	12
7	2	40	4	12	2	12	6
8	2	40	12	4	12	6	2
9	2	40	6	12	2	4	2
10	2	40	2	4	12	6	12
11	3	30	2	3	5	4	2
12	3	30	2	4	5	3	2
13	3	30	2	3	4	5	2
14	3	30	3	2	5	4	2
15	3	30	4	5	2	2	3
16	4	40	5	6	2	4	5
17	4	40	6	5	2	4	5
18	4	40	2	4	5	6	5
19	4	40	5	4	6	2	5
20	4	40	4	6	2	5	5
21	5	20	10	5	4	6	3
22	5	20	2	6	4	5	10
23	5	20	5	10	6	4	3
24	5	20	4	6	5	10	3
25	5	20	3	10	4	6	5
26	5	10	2	4	4	6	3
27	6	10	3	6	4	4	2
28	6	10	4	2	4	3	6
29	6	10	2	6	3	4	4
30	6	10	6	3	2	4	4
31	6	25	5	10	10	15	20
32	6	25	20	15	10	10	5

Таблица 1 – Схемы к заданиям

<p style="text-align: center;">Рисунок 1</p> 	<p style="text-align: center;">Рисунок 2</p> 
<p style="text-align: center;">Рисунок 3</p> 	<p style="text-align: center;">Рисунок 4</p> 
<p style="text-align: center;">Рисунок 5</p> 	<p style="text-align: center;">Рисунок 6</p> 

**Пример**

Дано:  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ ;  $E = 50 \text{ В}$ .



а) схема электрической цепи до преобразования;

б) расчетная схема после первого преобразования;

в) - расчетная схема после второго (окончательного) преобразования.

Рисунок 1 - Пример эквивалентных преобразований

### Расчет

1. Определим токи в ветвях схемы, представленной на рисунке 1-а.

2. Выбираем направления токов в ветвях. Преобразуем параллельно соединенные резисторы  $R_2$  и  $R_3$ , заменяя их эквивалентным элементом  $R_{2,3}$

3. Расчетная схема после первого преобразования показана на рисунке 1-б.

4. Проводим второе преобразование. Для этого последовательно соединенные резисторы  $R_1$ ,  $R_{2,3}$ ,  $R_4$  заменяем одним эквивалентным  $R_{ЭКВ}$ .

$$R_{ЭКВ} = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 3 + 1,43 + 10 = 14,43 \text{ Ом}.$$

5. Теперь исходная схема сведена к простейшей, показанной на рисунке 1-

в, из которой определим  $I_1 = \frac{E}{R_{ЭКВ}} = \frac{50}{14,43} = 3,47 \text{ А}$ .

Для определения токов  $I_2$  и  $I_3$ , необходимо определить напряжение  $U_{ab}$ , их схемы на рисунке 1- а, которое рассчитываем по схеме рисунка 1- б:

$$U_{ab} = R_{2,3} \cdot I_1 = 1,43 \cdot 3,47 = 4,96 \text{ В}.$$

Возвращаясь к схеме рисунка 1-а, получим

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{4,96}{2} = 2,48 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_{a\bar{b}}}{R_3} = \frac{4,96}{5} = 0,99 \text{ A}$$

Для проверки правильности расчета токов составляем баланс мощности. Мощность, вырабатываемая всеми источниками энергии в цепи, должна быть равна мощности, потребляемой всеми приёмниками электрической энергии (нагрузкой). Относительная погрешность расчета не должна превышать одного процента.

Мощность, вырабатываемая источником ЭДС

$$P_{\text{и}} = E \cdot I_1 = 50 \cdot 3,47 = 173,5 \text{ Вт.}$$

Мощность, потребляемая нагрузкой

$$P_{\text{н}} = I_1^2 \cdot R_1 + I_1^2 \cdot R_4 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 = 36,12 + 120,41 + 12,3 + 4,9 = 173,73 \text{ Вт}$$

Погрешность баланса мощности

$$\frac{P_{\text{и}} - P_{\text{н}}}{P_{\text{и}}} \cdot 100\% = \frac{173,5 - 173,73}{173,5} \cdot 100\% = -0,13\% \leq \pm 1\%$$

Вывод: Т.к. баланс сходится с допустимой погрешностью, то расчет токов выполнен верно.

### **Контрольные вопросы.**

- 1) Как определяется эквивалентное (общее) сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов?
- 2) В чем суть метода эквивалентных преобразований при смешанном соединении элементов?

## **Практическая работа № 2**

### **«Расчет однофазного выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки»**

**Цель работы:** Формирование умений подбора диодов по допустимому прямому току  $I_d$  и обратному напряжению  $U_b$  для работы в качестве вентиля в схеме однополупериодного выпрямителя.

**Умения:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;

**Знания (актуализация):**

- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- базовые электронные элементы и схемы;
- виды электронных приборов и устройств;

**Теоретическое обоснование**

**Параметры выпрямительных диодов.**

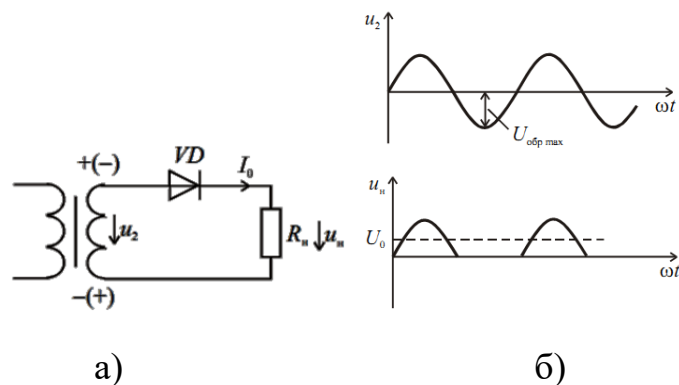
- *Наибольший выпрямительный ток  $I_{пр\ max}$*  - наибольшее допустимое среднее значение выпрямленного тока за период;
- *Прямое падение напряжения  $U_{пр}$*  - напряжение на диоде при протекающем через него установленном выпрямленном токе;
- *Наибольшее обратное напряжения  $U_{обр\ max}$*  - напряжение, которое может быть приложено к диоду в обратном направлении в течении длительного времени без опасности нарушения нормальной работы диода;
- *Наибольший обратный ток  $I_{обр\ max}$*  - ток через диод в обратном направлении при приложенном к нему наибольшем допустимом обратном напряжении;
- *Наибольшая допустимая мощность рассеивания  $P_{рас\ тах}$*  - допустимое значение рассеиваемой мощности, при которой обеспечивается заданная надежность при длительной работе диода.



- Диапазон частот  $\Delta f$  - полоса частот, в пределах которой выпрямленный ток диода не уменьшается ниже заданного уровня.

### Выпрямительные схемы.

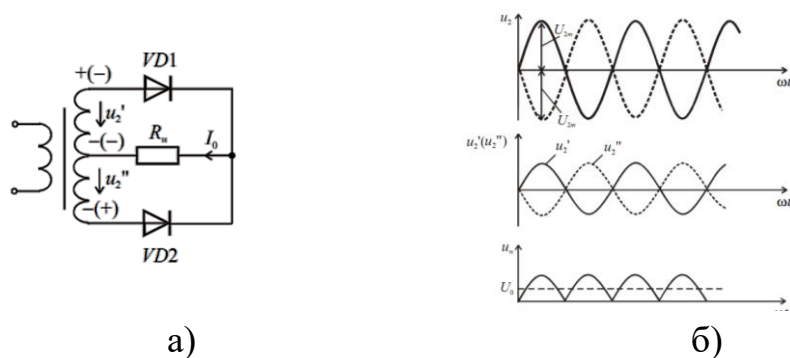
Однофазный однополупериодный выпрямитель – простейшая схема с одним диодом представлена на рисунке 1.



а - схема; б - временные диаграммы работы.

Рисунок 1 – Однофазный однополупериодный выпрямитель:

Однофазный выпрямитель со средней точкой состоит из однофазного трансформатора с двумя одинаковыми вторичными обмотками, имеющими общую точку, и двух диодов. Схема выпрямителя представлена на рисунке 2.

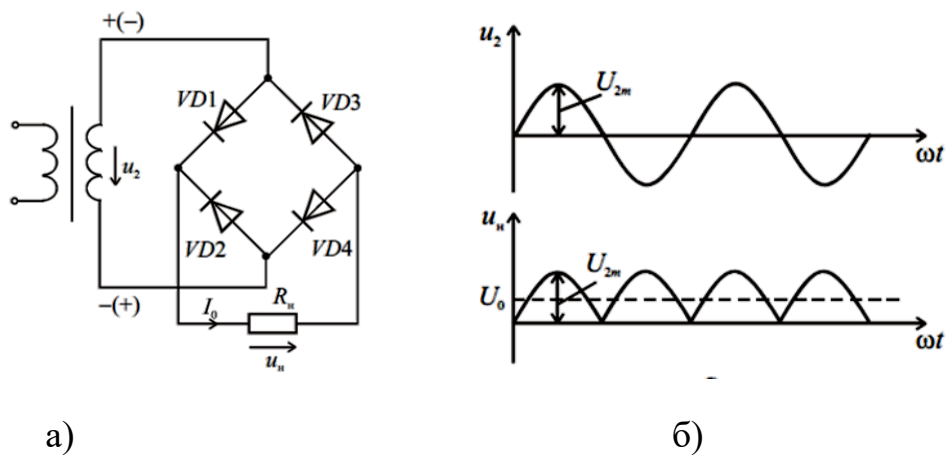


а – схема; б – временные диаграммы

Рисунок 2 – Выпрямитель со средней точкой.

Однофазный мостовой выпрямитель состоит из однофазного трансформатора с одной первичной и одной вторичной обмоток и симметричной

схемы на четырех диодах (мостовой схемы). Схема выпрямителя представлена на рисунке 3.



а – схема; б - временные диаграммы

Рисунок 3 – Мостовой выпрямитель.

**Задание:** Рассчитать однофазный выпрямитель с активным сопротивлением нагрузки.

#### Порядок расчета:

1) Варианты расчетных заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты расчетных заданий

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_d$ , В	100	50	100	100	50	40	10	30	60	30
$P_d$ , Вт	100	500	250	50	50	120	50	60	150	15
Тип схемы	Однополупериодная			Мостовая				Со средней точкой.		

Параметры диодов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры диодов.

Тип диода	I <sub>доп</sub> , А	U <sub>обр</sub> В	Тип диода	I <sub>доп.</sub> , А	U <sub>обр</sub> , В
Д205	0,4	400	Д243	5	200
Л207	0.1	200	Л243А	10	200
Д209	0.1	400	Д243Б	2	200
Л210	0.1	500	Л217	0.1	800
Л21П	0.1	600	Л218	0.1	1000
Л214	5	100	Л221	0.4	400
Л214А	10	100	Л222	0.4	600
Л214Б	2	100	Л224	5	50
Л215	5	200	Л224А	10	50
Л015Л	10	200	Л224Б	2	50
Л215Б	2	200	Л226	0.3	400
Л233	10	500	Л226А	0.3	300
Л233Б	5	500	Л231	10	300
Л234Б	5	600	Л231Б	5	300
Л242	5	100	Л232	10	400
Л242А	10	100	Л232Б	5	400
Л242Б	2	100	Л244	5	50
Л244А	10	50	Л303	3	150
Л244Б	2	50	Л304	3	100
Д302	1	200	Д305	6	50

Выберите диоды для выпрямителя.

2) Расчет среднего выпрямленного тока  $I_d = \frac{P_d}{U_d}$ .

3) Расчет обратного напряжения:

- однополупериодная схема и схема со средней точкой  $U_b = \pi U_d$ ;
- мостовая схема  $U_b = 0,5\pi U_d$ .

4) Выбор диодов проводят:

- по максимальному прямому току  $I_{пр доп.} \geq I_d$ ;
- по допустимому обратному напряжению  $U_{обр.} \geq U_b$ .

### Контрольные вопросы.

- 1) Каков порядок напряжений на диоде в проводящий полупериод?
- 2) Каков порядок напряжений на диоде в непроводящий полупериод?
- 3) В какой схеме обратное напряжение меньше по сравнению с другими схемами?

### ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНЫХ ИЗДАНИЙ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основные источники:

1. Немцов М.В., Электротехника и электроника [текст]: учебник / М.В. Немцов, М.Л. Немцова.- 1-е изд.- М. : Академия, 2018. — 480 с.

#### Дополнительные источники:

2. Комиссаров, Ю. А. Общая электротехника и электроника : учебник / Ю. А. Комиссаров, Г. И. Бабокин, П. Д. Саркисова ; под ред. П. Д. Саркисова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 479 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010416-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093351> (дата обращения: 29.04.2021). — Режим доступа: по подписке.

#### Интернет- ресурсы:

3.elec.ru [Электронный ресурс]:Электротехнический интернет-портал. — Режим доступа: <https://www.elec.ru> (дата обращения 29.04.2021)

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

## **ОТЧЕТ**

по выполнению лабораторных и практических

работ по учебной дисциплине

***«Основы электротехники и электроники»***

Выполнил:

Группа:

Проверил:

Челябинск, 2021