

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  
«Электротехника и электроника»**

для студентов специальности 22.02.03  
Литейное производство чёрных и цветных металлов  
(базовая подготовка)

Челябинск, 2020г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Электротехника и электроника» предназначены для студентов специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка).

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.

Программой учебной дисциплины «Электротехника и электроника» предусмотрено выполнение 14 лабораторных и 3 практических работ.

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

ПК 1.1. Выбирать исходные материалы для производства отливок.

ПК 1.2. Анализировать свойства и структуры металлов и сплавов для изготовления отливок.

ПК 1.3. Выполнять расчеты, необходимые при разработке технологических процессов изготовления отливок.

ПК 1.4. Устанавливать и осуществлять рациональные режимы технологических операций изготовления отливок.

ПК 1.5. Рассчитывать основные технико-экономические показатели производства отливок.

ПК 1.6. Оформлять и читать конструкторскую и технологическую документацию по литейному производству.

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**Умения:**

- выбирать электрические, электронные приборы и электрооборудование;
- правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов;
- производить расчеты простых электрических цепей;
- рассчитывать параметры различных электрических цепей и схем;
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами

## **Знания:**

- классификацию электронных приборов, их устройство и область применения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей;
- основные законы электротехники;
- основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;
- основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- принцип выбора электрических и электронных приборов;
- принципы составления простых электрических и электронных цепей;
- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- устройство, принцип действия и основные характеристики электротехнических приборов;
- основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках;
- характеристики и параметры электрических и магнитных полей;
- параметры различных электрических цепей.

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 знания и умения;
- теоретическое обоснование;
- электрическую принципиальную схему опыта;
- перечень приборов и (или) оборудования;
- порядок выполнения работы;
- содержание отчета;
- контрольные вопросы.

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

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Раздел	Номер и наименование лабораторной работы	Часы
2	1. Исследование способов соединения резисторов.	2
3	2. Исследование разветвленной магнитной цепи.	2
4	3. Исследование цепи переменного тока.	2
5	4. Измерение энергии в однофазной цепи.	2
6	5. Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей энергии звездой.	2
7	6. Исследование трехфазного трансформатора.	2
8	7. Исследование рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2
10	8. Исследование схемы релейно-контакторного управления трехфазным асинхронным двигателем.	2
11	9. Определение потери напряжения и мощности в линии электропередачи.	2
12	10. Исследование полупроводникового диода.	2
12	11. Исследование биполярного транзистора.	2
13	12. Исследование работы выпрямителя.	2
14	13. Исследование усилительного каскада.	2
15	14. Исследование формы выходного напряжения электронных генераторов.	2
<b>Всего:</b>		<b>28</b>

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел	Номер и наименование практической работы	Часы
1	1. Расчет электрических цепей при последовательном, параллельном и смешанном соединении конденсаторов.	2
2	2. Расчет электрических цепей постоянного тока.	2
13	3. Выбор диодов для различных схем выпрямителей	2
<b>Всего:</b>		<b>6</b>

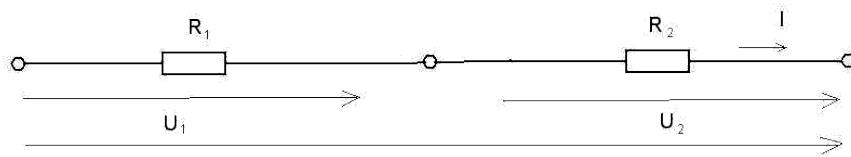
# Лабораторная работа № 1

## Исследование способов соединения резисторов.

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

### 1. Теоретическое обоснование.

#### 1.1 Последовательное соединение резисторов.



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

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.

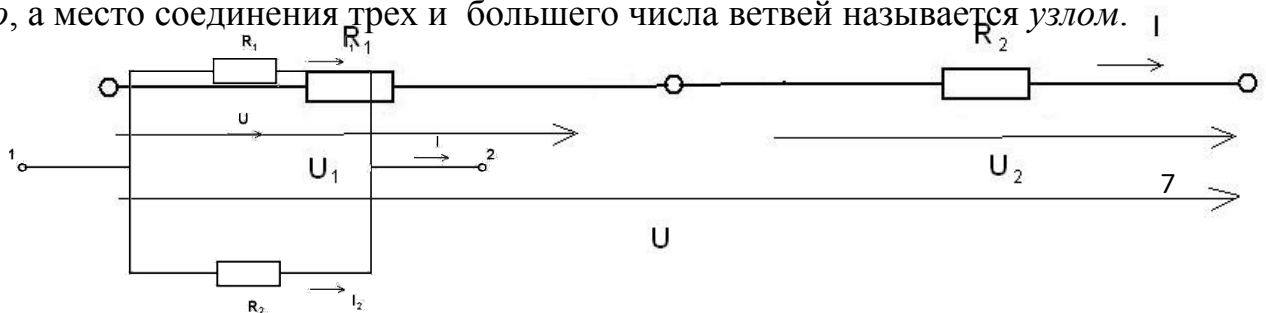
$$R = R_1 + R_2$$

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

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

#### 1.2 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, если они присоединены к одной и той же паре узлов электрической цепи, то есть находятся под действием одного и того же напряжения.

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.

$$I = I_1 + I_2$$

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

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

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

$$\text{где } G = \frac{1}{R}$$



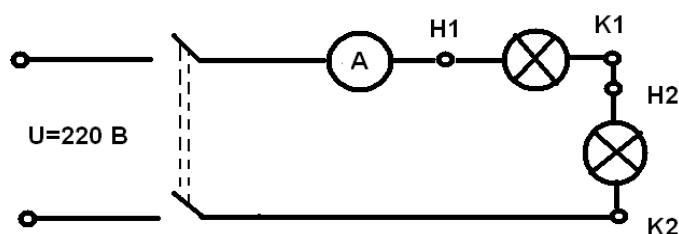
## 2 Приборы и оборудование.

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

## 3 Порядок выполнения работы

### Опыт 1.

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



- 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

№ 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:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I}$$

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

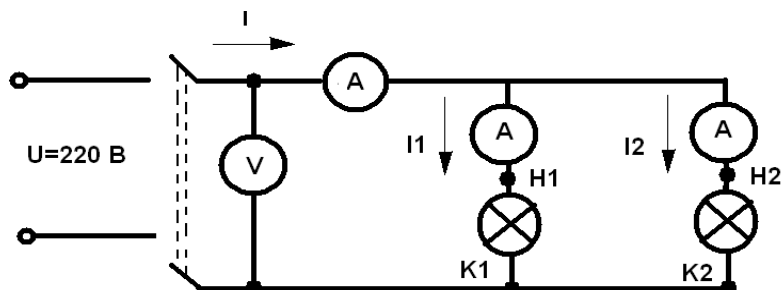
- 4) Пользуясь данными опытов и расчетов, подтвердить свойства последовательного соединения:

$$R = R_1 + R_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

## Опыт 2

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



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

№ 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:

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

$$G_{12} = \frac{I}{U}$$

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.

## 4 Контрольные вопросы.

4.1 Каков характер изменения напряжения на первом участке при последовательном соединении участков с лампами накаливания, если увеличить на нем число включенных ламп?

4.2 Какова величина тока в цепи при последовательном соединении участков, если на втором участке выключить все лампы?

4.3 Каков характер изменения величины тока в цепи при параллельном соединении участков, если на втором участке выключить все лампы?

## Лабораторная работа №2

### Исследование разветвлённой магнитной цепи

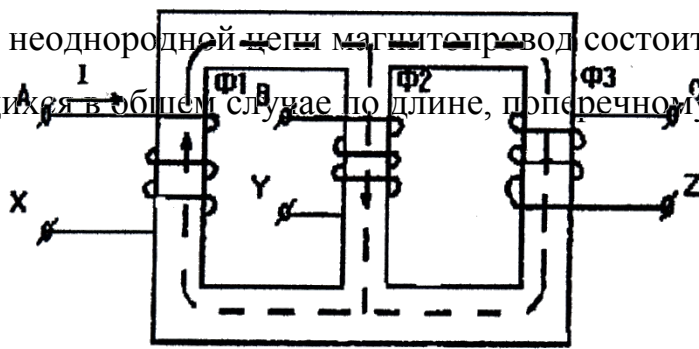
**Цель работы:** Опытное подтверждение первого закона Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи и овладение методикой расчета магнитных потоков.

#### 1. 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.

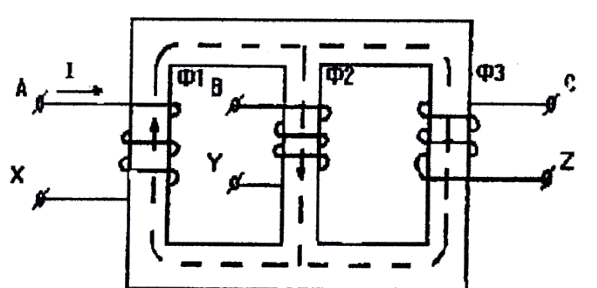


Рисунок 1 – Однородная разветвленная магнитная цепь.

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  $\sum \Phi = 0$ .**

## 2. Приборы и оборудование.

2.1 Источник переменного напряжения 220 В, 50 Гц

2.2 Трехфазный трансформатор.

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

## 3. Порядок выполнения работы

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

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

Таблица 1.

№ 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, СZ, подключив их на соответствующие фазные напряжения.

4) Рассчитайте величины магнитных потоков стержней. 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.

Таблица 2

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

5) Для заданного преподавателем тока определите направление магнитодвижущей силы катушки и вычертите конфигурацию магнитного потока, составьте уравнения по первому закону Кирхгофа, используйте расчетные данные.

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

6) Сделайте вывод.

#### 4. Контрольные вопросы

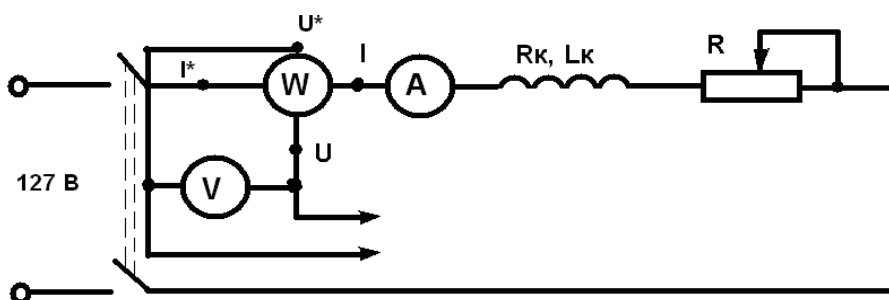
- 1) Дайте определение магнитной цепи.
- 2) Сколько участков содержит магнитная цепь трехфазного трансформатора?
- 3) Как изменится магнитодвижущая сила, если число витков катушки увеличить в 2 раза, а ток уменьшить в 2 раза?
- 4) Какими правилами пользуются для определения направления магнитодвижущей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

### Лабораторная работа № 3

#### Исследование цепи переменного тока

**Цель работы:** Опытное определение соотношений между токами и напряжениями участков с активным сопротивлением и индуктивностью.

##### 1. Схема



##### 2. Теоретическое обоснование

###### 2.1. Цепь с активным сопротивлением и индуктивностью

Цепь на рисунке 1 состоит из участков, свойства которых известны.

$R$  - активное сопротивление, на нем ток и напряжение совпадают по фазе.

Пусть ток в цепи изменяется по закону  $i = I_m \sin \omega t$ , тогда напряжение на активном сопротивлении  $u_R = I_m R \sin \omega t$ . Действующее значение напряжения

на индуктивном сопротивлении по закону Ома для участка цепи равно произведению действующего значения тока на индуктивное сопротивление:  
 $U_L = I \cdot X_L$ .

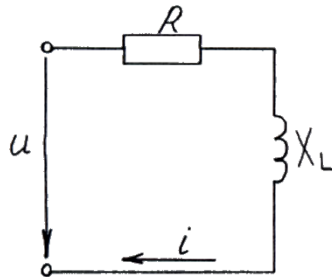


Рисунок 1- Цепь с активным сопротивлением  $R$  и идеальной катушкой  $X_L$

$X_L$  – индуктивное сопротивление, которое является реактивным, потому что зависит от частоты тока,  $X_L = 2\pi fL$  [Ом]. На участке с индуктивным реактивным сопротивлением напряжение опережает по фазе ток на  $90^\circ$ .

Если ток на участке цепи изменяется по закону  $i = I_m \sin \omega t$ , то напряжение на индуктивности  $u_L = I_m X_L \sin (\omega t + 90^\circ)$ .

### 1.2 Векторная диаграмма.

Векторная диаграмма представляет собой графическое построение, выполненное согласно векторного уравнения, составленного по второму закону

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L$$

Кирхгофа:

При отсутствии числовых данных векторную диаграмму построим в произвольном масштабе.

1) По условию начальная фаза тока  $\psi_i = 0$ , поэтому вектор тока  $\vec{I}$  чертим горизонтально.

2) Напряжение на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, поэтому вектор  $\vec{U}_R$  откладываем параллельно току.

3) Из конца вектора  $\vec{U}_R$  строим вектор  $\vec{U}_L$  перпендикулярно току, т.е. с опережением по фазе на  $90^\circ$ .

4) Соединяем начало вектора  $\vec{U}_R$  с концом вектора  $\vec{U}_L$ , получаем вектор  $\vec{U}$ , сумму напряжений участков. Он является гипотенузой прямоугольного треугольника (треугольника напряжений):  $U^2 = U_R^2 + U_L^2$ ,

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

Векторная диаграмма представлена на рисунке 2.

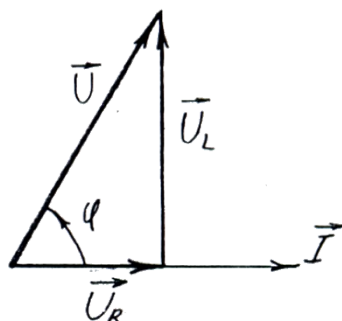


Рисунок 2 – Векторная диаграмма.

### 3. Приборы и оборудование:

- 1) Источник питания с напряжением 127 В., частотой 50 Гц
- 2) Амперметр переменного тока  $I = 1$  А - 1 шт.
- 3) Вольтметр  $U = 150$  В – 1 шт.
- 4) Ваттметр - 1 шт.
- 5) Реостат с сопротивлением 100 Ом - 1 шт.
- 6) Катушка индуктивности – 1 шт.

### 4 Порядок выполнения работы

4.1 Соберите схему и предъявите преподавателю для проверки.

4.2 Проведите измерения параметров цепи и параметров участков цепи.

Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1



№ опыта	Вся цепь			Катушка		Реостат	
	U (В)	I, А	P, Вт	U <sub>к</sub> (В)	P <sub>к</sub> (Вт)	U <sub>р</sub> (В)	P <sub>р</sub> (Вт)
1							
2							
3							

4.3 Рассчитайте параметры цепи и участков цепи. Результаты расчетов занесите в таблицу 2.

Расчётные формулы:

$$Z = \frac{U}{I}, \quad \cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}, \quad X = \sqrt{Z^2 - R^2},$$

$$R_R = \frac{U_R}{I}, \quad Z_K = \frac{U_K}{I}, \quad \cos \phi_K = \frac{P_K}{U_K \cdot I}, \quad R_K = Z_K \cos \phi_K, \quad X_L = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2},$$

$$L_K = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}, \quad R = Z \cdot \cos \phi$$

$$f = 50 \text{ Гц} \quad U_{RK} = I \cdot R_K \quad U_{LK} = I \cdot X_L$$

Таблица 2

№ п/п	Вся цепь				Реостат	Катушка					
	Z	R	X	cosφ	R <sub>Р</sub>	U <sub>РК</sub>	U <sub>ЛК</sub>	Z <sub>К</sub>	R <sub>К</sub>	X <sub>Л</sub>	L
	Ом	Ом	Ом		Ом	В	В	Ом	Ом	Ом	Гн
1											
2											
3											

4.4 Постройте векторную диаграмму цепи на миллиметровой бумаге.

4.5 Сделайте вывод.

## 5 Контрольные вопросы.

5.1 Какова величина фазового сдвига между током и напряжением на участке:

- а) с активным сопротивлением?
- б) с индуктивным сопротивлением?

5.2 Почему индуктивное сопротивление называют реактивным?

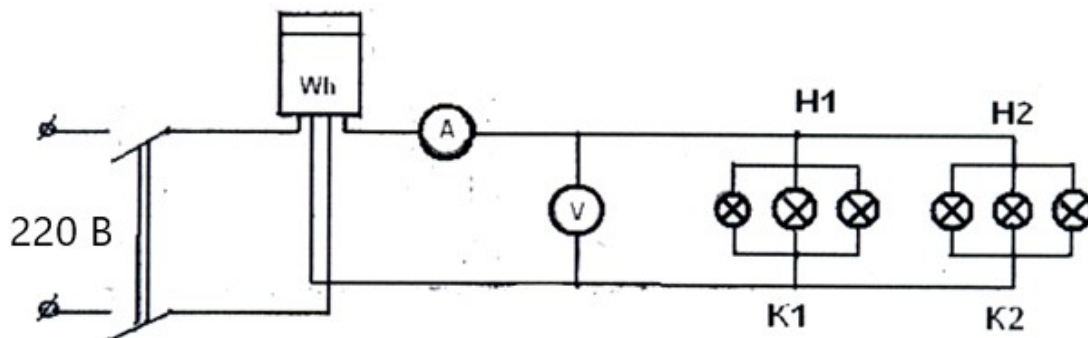
5.3 Каков характер изменения фазового сдвига в исследуемой схеме при уменьшении сопротивления реостата?

## Лабораторная работа № 4

### Измерение энергии в однофазной цепи

**Цель работы:** Овладение методикой измерений электроэнергии прямым и косвенным методами и освоение алгоритма расчета приведенной погрешности счетчика.

## 1. Схема.



## 2. Теоретическое обоснование.

### Индукционный счётчик электрической энергии.

Индукционные счетчики служат для подсчёта количества электрической энергии, поступившей к потребителю за определённое время. Устройство индукционного счётчика показано на рисунке 1. Многовитковая обмотка электромагнит 2 (обмотка напряжения) подсоединена параллельно потребителю (нагрузке). Последовательно с нагрузкой включена обмотка электромагнита 1-3, состоящая из нескольких витков (токовая обмотка).

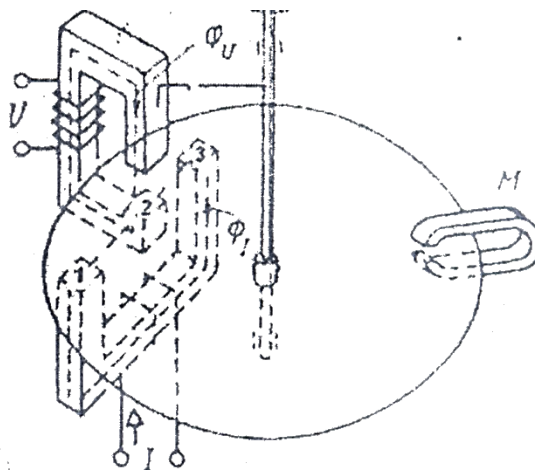


Рисунок 1 – Конструктивная схема индукционного счетчика.

Поскольку индуктивность катушки пропорциональна квадрату числа витков, можно сказать, что индуктивность обмотки напряжения значительно больше индуктивности токовой обмотки. Поэтому ток и совпадающий с ним по фазе магнитный поток электромагнита 2 отстают по фазе от тока и магнитного потока электромагнита 1-3 на угол, близкий к  $90^\circ$ .

Магнитное поле, образованное наложением магнитных полей двух электромагнитов, называется *бегущим*. Бегущее магнитное поле индуцирует в диске токи, которые, взаимодействуя с полем, создают механическую силу. Сила в соответствии с правилом Ленца стремится устранить причину, её вызывающую. Она раскручивает диск в направлении бегущего поля.

### Схемы включения однофазного счетчика.

Схема электрическая принципиальная включения однофазного счетчика представлена на рисунке 2.

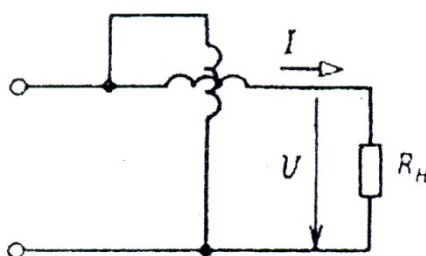


Рисунок 2

Практическая схема включения однофазного счетчика представлена на рисунке 3. Зажимы «Г» служат для подключения счетчика к электрической сети, к зажимам «Н» подключается нагрузка.

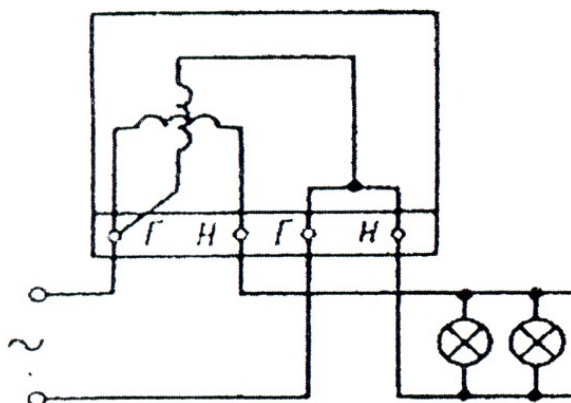


Рисунок 3-Практическая схема включения однофазного счетчика.

### 3. Приборы и оборудование.

1. Однофазный счётчик - 1 шт.
2. Ламповый реостат - 1 шт.
3. Амперметр с  $I_H = 5 \text{ A}$  - 1шт.
4. Вольтметр с  $U_H = 250 \text{ В}$  - 1 шт.
5. Секундомер - 1 шт.

### 4. Порядок выполнения работы.

4.1 Собрать схему 1 для исследования однофазного счетчика, предъявить преподавателю для проверки.

4.2 Включите сетевой выключатель, включите несколько ламп.

Показания амперметра и вольтметра занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Измерения				Вычисления				
	U	I	t	n	P	K	N	K <sub>n</sub>	γ
	В	А	с	обороты	Вт	---	Об/кВт·ч	---	%
1			120						
2									
3									

4.3 При зафиксированном токе нагрузки посчитайте количество оборотов диска счетчика  $n$  за 120 секунд, результаты счета занесите в таблицу 1.

4.4 Увеличьте число включенных ламп, повторите измерения по п. 4.2 и п. 4.3. Выключите сетевой выключатель.

4.5 Выполните вычисления параметров по формулам:

$P = U \cdot I$  - мощность потребителя, Вт.

Энергия, потребляемая цепью за время одного оборота диска счётчика

$$K = \frac{P \cdot t}{n}$$

где  $t$  - время, с;

$n$  - число оборотов диска счётчика за время  $t$ .

Номинальная постоянная счётчика  $K_n = \frac{3600 \cdot 1000}{N}$

где  $N$  - постоянная счётчика, число оборотов счетчика на 1 кВт · час энергии, указана на его щитке.

Приведенная погрешность  $\gamma = \frac{K - K_n}{K} \cdot 100\%$  .

Приведенная погрешность определяет класс точности прибора.

## **5. Сделайте вывод.**

## **6 Контрольные вопросы.**

6.1 Название обмотки (катушки) счетчика, если она включена параллельно нагрузке?

6.2 Название магнитного поля в индукционном счетчике при наличии которого вращается диск?

6.3 Название метода измерения энергии с использованием амперметра, вольтметра и секундомера?

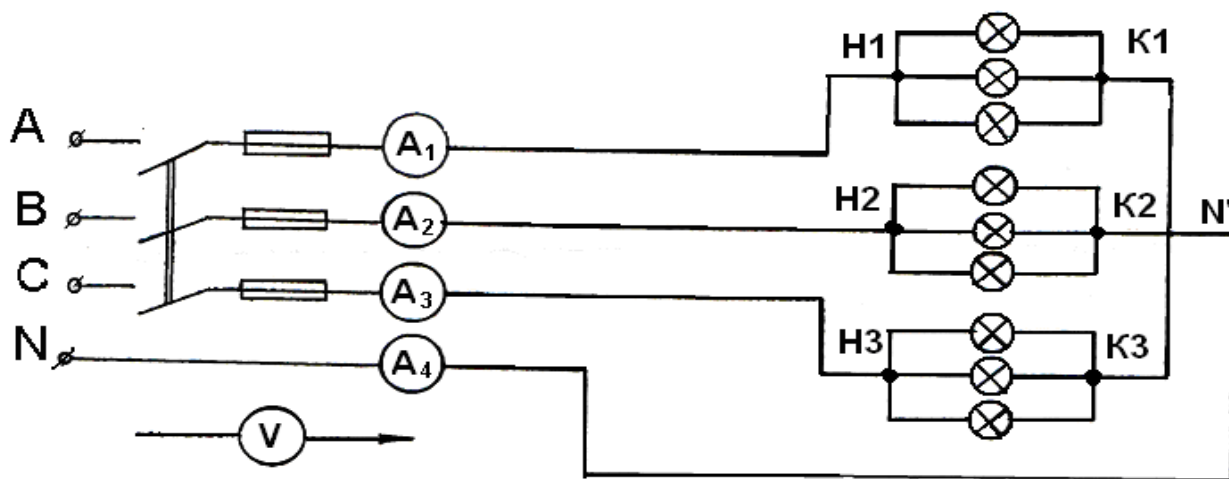
6.4 На шкале счетчика указан класс точности 2,5. Соответствует ли счетчик ГОСТу, если  $\gamma_{\text{расч}} = 3\%$  ?

## **Лабораторная работа № 5**

### **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.

### 1. Схема



### 2 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 трёхфазные 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 (см. рисунок 1). Провода, соединяющие начала A, B, C обмоток источника с приемником называются *линейными*.

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

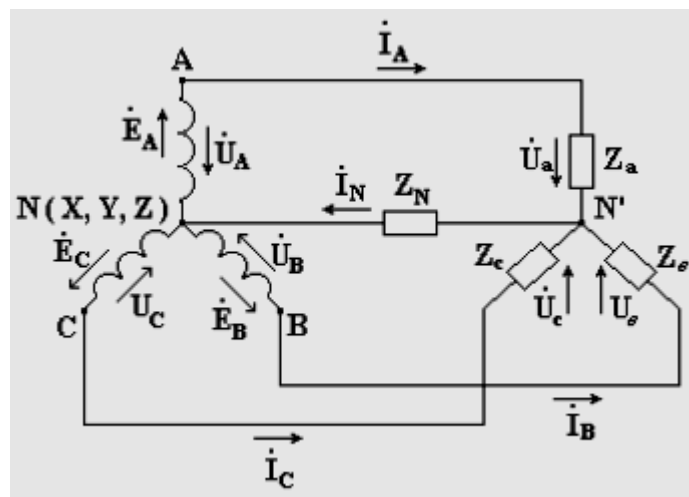


Рисунок 1 – Схема трехфазной цепи при соединении обмоток генератора и фаз потребителей звездой.

### 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:

$$\begin{aligned}\vec{U}_{AB} &= \vec{U}_A - \vec{U}_B \\ \vec{U}_{BC} &= \vec{U}_B - \vec{U}_C \\ \vec{U}_{CA} &= \vec{U}_C - \vec{U}_A\end{aligned}$$

Векторная диаграмма линейных и фазных напряжений представлена на рисунке 2.

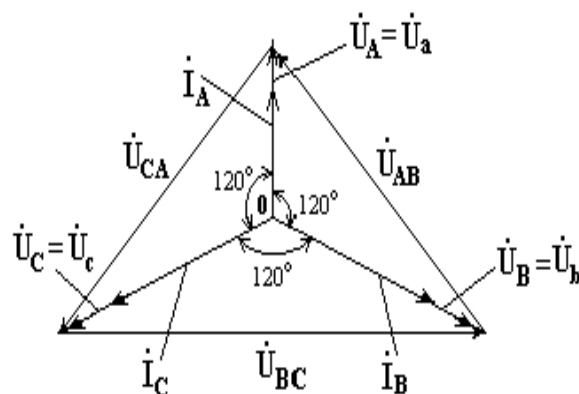


Рисунок 2 – Векторная диаграмма трехфазной цепи.

Если сопротивления фаз одинаковы (нагрузка симметричная), то треугольники на диаграмме являются равнобедренными, откуда легко получить соотношение:

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi$$

между напряжениями

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.

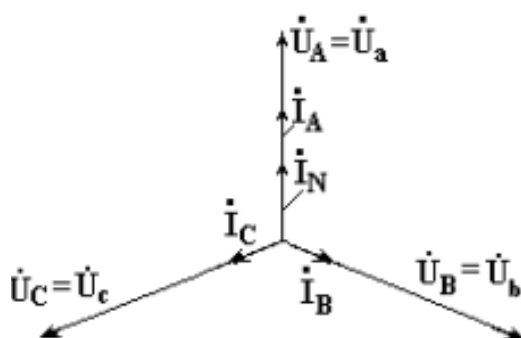


Рисунок 3 – Ток в нейтральном проводе  $\vec{I}_N$

### 3. Приборы и оборудование

- 1) Источник питания 220В 50 Гц.
- 2) Амперметры с  $I_{ном} = 3A$  -3 шт.
- 3) Амперметр с  $I_{ном} = 1A$  -1 шт.



4) Вольтметр с  $U_{\text{ном}} = 250\text{В}$  -1 шт.

5) Группы ламп накаливания - 3 шт.

#### 4. Порядок выполнения работы.

4.1 Соберите схему исследования трехфазной цепи, предъявите для проверки преподавателю.

4.2 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.

4.3 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.

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

№	Режим работы цепи		Измерения									
	Режим нейтрал	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	Равномерная				-						

5	пров од откл ючен	Неравномерная				-						
---	----------------------------	---------------	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

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.

проверки преподавателю.

4.5 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.

4.6 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.

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

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

4.9 Вычислите отношение линейного и фазного напряжений по результатам измерений в опыте 1.

## **5. Вывод.**

## **6. Контрольные вопросы.**

6.1 Как выполнить соединение фаз генератора и нагрузки звездой?

6.2 Название общего провода трех цепей четырехпроводной системы?

6.3 Что значит «холостой ход фазы»? При каких реальных условиях возникает такой режим работы.?

## **Лабораторная работа №6**

### **Исследование трехфазного трансформатора**

**Цель работы:** Формирование умений определения фазного и линейного коэффициентов трансформации на основе показаний приборов и измерение мощности потерь.

#### **1. Теоретическое обоснование**

Трехфазные трансформаторы преобразуют электрическую энергию трехфазных цепях с одним соотношением линейных напряжений и токов в электрическую энергию с другим соотношением этих же величин при неизменной частоте.

В стержневых трехфазных трансформаторах с расположением трех стержней в одной плоскости, замкнутых сверху и снизу ярмами, имеются две трехфазные обмотки - высшего напряжения (ВН) и низшего напряжения (НН), в каждую из которых входят по три фазные обмотки или фазы.

Трехфазный трансформатор имеет 12 выводов от 3 независимых фазных обмоток. Начальные выводы фаз обмотки высшего напряжения обозначают буквами А, В, С, конечные выводы - Х, Y, Z, а для фаз обмотки низшего напряжения принимают аналогичные обозначения - а, в, с, х, у, z. Фазные обмотки высшего и низшего напряжений соединяют звездой или треугольником. Соединение звездой обозначают -Y, ее нейтральные точки - буквами N, n, соединение треугольником - Δ

Фазный коэффициент трансформации трехфазного трансформатора определяют отношением фазных напряжений при холостом ходе:  $n_{\phi} = \frac{U_{1\phi 0}}{U_{2\phi 0}}$ .

Линейный коэффициент трансформации определяют аналогично:  $U_{л} = \frac{U_{1л0}}{U_{2л}}$

Если соединение фазных обмоток выполнено по схемам  $Y/Y$  или  $\Delta/\Delta$ , то оба коэффициента трансформации одинаковы:  $n_{л} = n_{\phi}$ .

По схеме  $\Delta/Y$ ,  $n_{л} = n_{\phi} \sqrt{3}$

$P_0$  и  $P_k$  - мощности, отвечающие соответственно опытам холостого хода и короткого замыкания;

$I_2$  и  $I_{2H}$  - соответственно ток нагрузки вторичной обмотки трансформатора ее номинальный ток.

## 2 Приборы и оборудование.

1) Стенд «Электрические машины».

Паспортные данные трансформатора.

$S_H$ ВА	$U_{1H}$ В	$U_2$ В	$I_{2H}$ А
100	220	110	0,91

## 3 Порядок выполнения работы.

### Опыт 1. Определение коэффициента трансформации.

1) Соберите электрическую схему опыта 1 согласно рисунку 1. Включите тумблер S1 «Сеть», затем включите собранную схему тумблером S8.

2) Переключателем T1, Vф установите напряжение 220В. Используя вольтметр VI, измерьте фазные напряжения первичной и вторичной обмоток, занесите в таблицу 1. По измеренным величинам определите коэффициент трансформации испытуемого трансформатора ТЗ.

Таблица 1 – Коэффициенты трансформации.

$U_{1\phi}$ , В	$U_{2\phi}$ , В	$U_{2л}$ , В	$n_{\phi}$	$n_{л}$

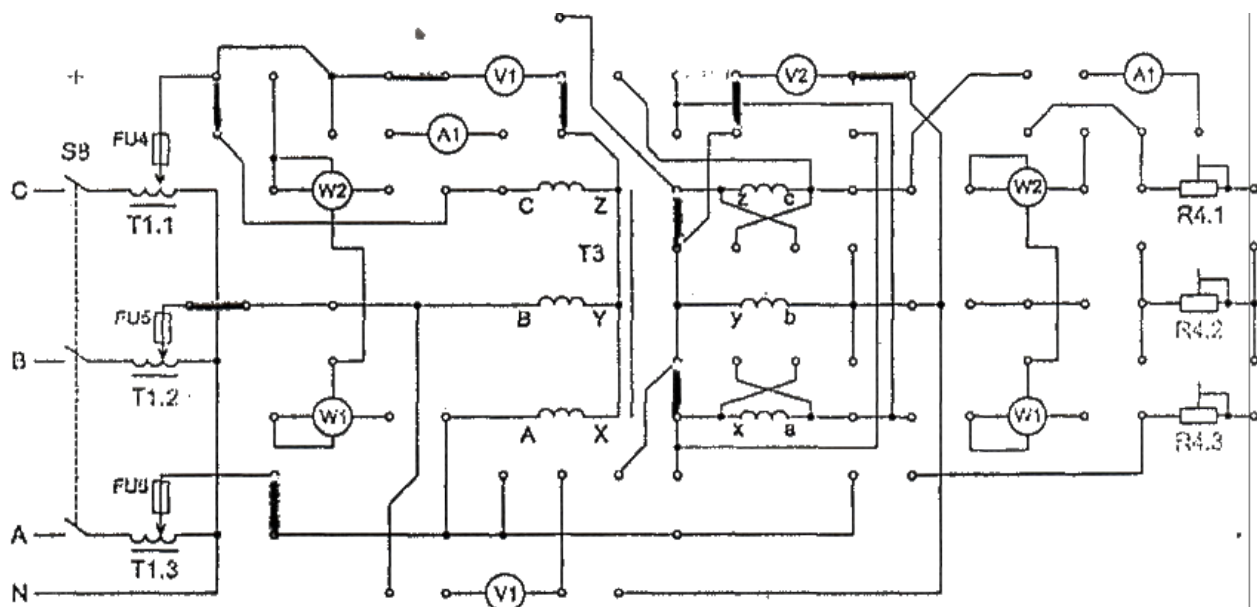


Рисунок 1 – Электрическая схема опыта 1.

### Опыт 2. Холостой ход.

1) Соберите электрическую схему опыта 2 согласно рисунку 2.

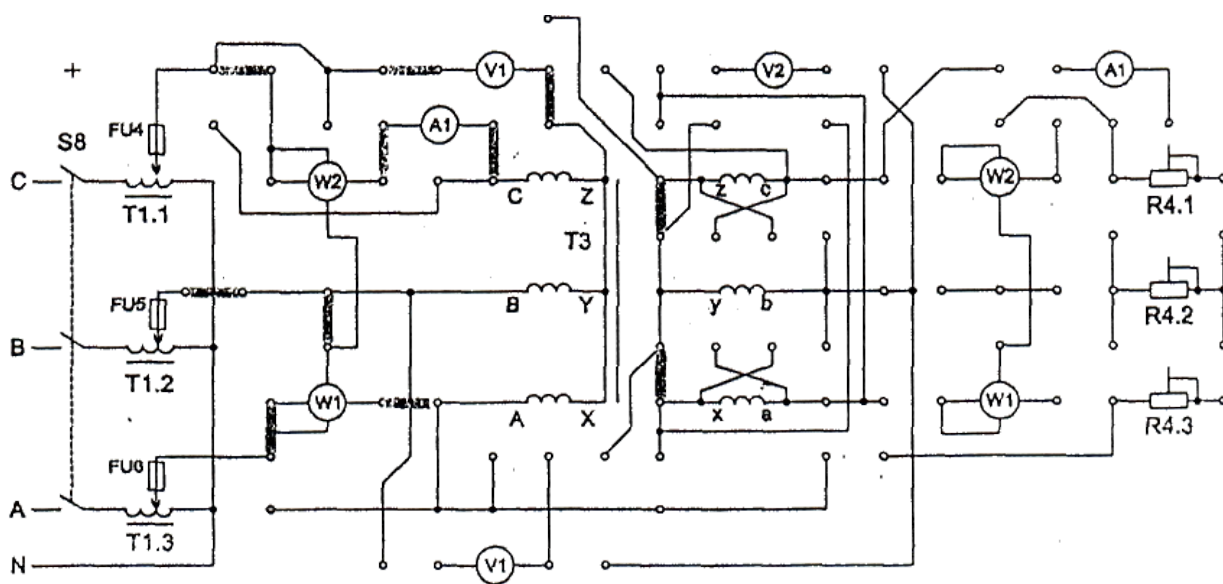


Рисунок 2 – Электрическая схема опыта 2 (холостой ход).

2) Включите стенд тумблером «Сеть» S1. Включите схему работы тумблером S8. Установите переключателем T1 напряжение 220В ( $V_1$ ). Измерьте фазное напряжение на первичной обмотке трансформатора T3 вольтметром V1. Снимите показания приборов A1, W1, занесите в таблицу 2.

Таблица 2- Опыт XX.

$U_{1\phi 0}, \text{ В}$	$I_{1\phi 0}, \text{ А}$	$P_{10}, \text{ Вт}$

3) Установите переключатель Т1 в начальное положение. Выключите тумблер S8. Выключите тумблер S1.

### Опыт 3 Короткое замыкание.

1) Соберите электрическую схему опыта 3 согласно рисунку 3.

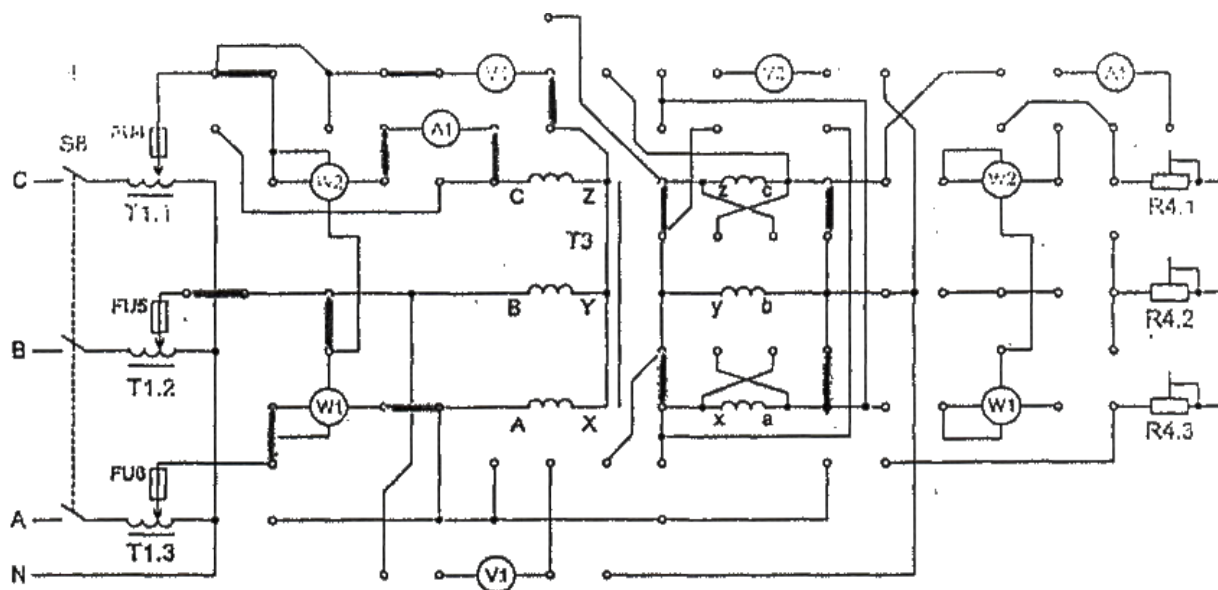


Рисунок 3 – Электрическая схема опыта 3 короткого замыкания.

2) Проверьте, что пакетный переключатель Т1, Vф выведен в положение 0.

3) Включите стенд тумблером S1 «Сеть» и схему лабораторной работы тумблером S8.

4) Изменяя первичное напряжение переключателем Т1,  $V_{\phi}$ , установите ток по амперметру А1 в пределах (0,8 . . . 1) А.

**Внимание!** Ручку галетника ЛАТР а Т1 устанавливать только в пределах (0÷20) В на зеленой зоне шкалы во избежание выхода из строя элементов схемы.

5) Выключите стенд и присоедините амперметр  $A1$  в первичную, цепь трансформатора. Включите стенд, запишите показания приборов в таблицу 3.

Таблица 3- Опыт КЗ.

$U_{1\text{ФК}}, \text{ В}$	$I_{1\text{ФК}}, \text{ А}$	$P_{1\text{К}}, \text{ Вт}$

5) Установите переключатель  $T1$  в начальное положение. Выключите тумблер  $S8$ . Выключите тумблер  $S1$ .

#### **4 Вывод**

#### **5 Контрольные вопросы.**

1) Что называют фазным и линейным коэффициентами трансформации?

2) Какие потери энергии имеют место в трансформаторе и от чего они зависят?

3) Какова область применения трехфазных трансформаторов?

### **Лабораторная работа № 7**

#### **Исследование рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором**

**Цель работы:** Получение опытным путем рабочих характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

#### **1. Теоретическое обоснование**

##### **Конструкция асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.**

Трехфазный асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: статора и ротора. Статор - неподвижная часть двигателя, служит для создания

вращающегося магнитного поля. Он состоит из корпуса (станины), сердечника и обмотки. Схема соединения трехфазной статорной обмотки - звезда или треугольник. Корпус литой, стальной и чугунный. Сердечник собирается из тонких листов электротехнической стали. Собранные листы стали образуют пакет статора, который запрессовывается в корпус статора. На внутренней стороне сердечника образованы пазы, в которые уложена обмотка статора.

Ротор состоит из стального вала, на который напрессован сердечник, выполненный, как и сердечник статора, из отдельных листов электротехнической стали с выштампованными в них пазами. Короткозамкнутая обмотка (беличье колесо) представляет собой ряд металлических стержней (алюминиевых или медных), расположенных в пазах сердечника, замкнутых с двух сторон кольцами.

Вал ротора вращается в подшипниках качения. Расположенных в подшипниковых щитах. Охлаждение двигателя осуществляется методом поверхности корпуса центробежным вентилятором.

### **Принцип действия.**

Магнитное поле статора пересекает проводники обмотки ротора и наводит в них переменную э.д.с. Поскольку обмотка ротора замкнута, эта э.д.с. вызывает в ней ток того же направления, что и э.д.с. В результате взаимодействия тока ротора с вращающимся магнитным полем возникает электромагнитная сила, действующая на проводники ротора. Сила создает вращающий момент, действующий в ту же сторону, что и сила.

Под действием момента вращения ротор приходит в движение и после разбега вращается в том же направлении, что и магнитное поле с несколько меньшей частотой вращения, чем поле:  $n_2 = (0,92 \dots 0,98)n_1$ ,

где  $n_1$  - частота вращения магнитного поля статора, или синхронная частота вращения;

$n_2$  - частота вращения ротора.



Синхронная частота вращения определяется частотой тока ( $f_1$ ) источника питания двигателя и числом пар полюсов статора ( $p$ ): 
$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

Частота вращения ротора определяется скольжением:

$$n_2 = n_1(1 - S),$$

где  $S$  - скольжение: 
$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

### Рабочие характеристики асинхронного двигателя.

Рабочие характеристики представляют собой графические зависимости параметров двигателя от мощности на валу:  $n = f(P_2)$ ;  $M = f(P_2)$ ;  $\cos \varphi_1 = f(P_2)$ ;  $\eta = f(P_2)$ .

### 2 Приборы и оборудование.

Стенд «Электрические машины», двигатель М2.

Паспортные данные двигателя

$P_H$ , Вт	180
$\eta$ , %	65
$\cos \varphi_H$	0,78
$n_H$ , об/мин	2730
$I_H$ , А	0,5
$I_H/I_P$ , А	4
$\lambda$	2,2

$M_H$ , Нм	0,62967
$n_0$ , об/мин	3000
$S_H$	0,09
$S_K$	0,37436
$M_K$ , Н м	1,38527
$I_n$ , А	2
$I_H$ , А	0,5

3  
Порядок

**выполнения работы.**

Собрать электрическую схему опыта согласно рисунку 1.

#### Опыт 1. Холостой ход.

1) Включите стенд тумблером «Сеть» S1, схему лабораторной установки тумблером S2, асинхронный двигатель кнопкой S4.

2) Генератор постоянного тока М1 не включать (перемычки П1 и П2

отсутствуют, регулятор ЛАТРа 11.1 в положение «О» тумблер S6 отключен).

В этом режиме измеряются следующие параметры двигателя:

- мощность холостого хода;
- ток холостого хода;
- напряжение статора.

Параметры занести в таблицу 1.

Таблица 1- Параметры АД

$U_{\phi}, \text{В}$	$I_{\phi}, \text{А}$	$P_{\text{н}}, \text{Вт}$

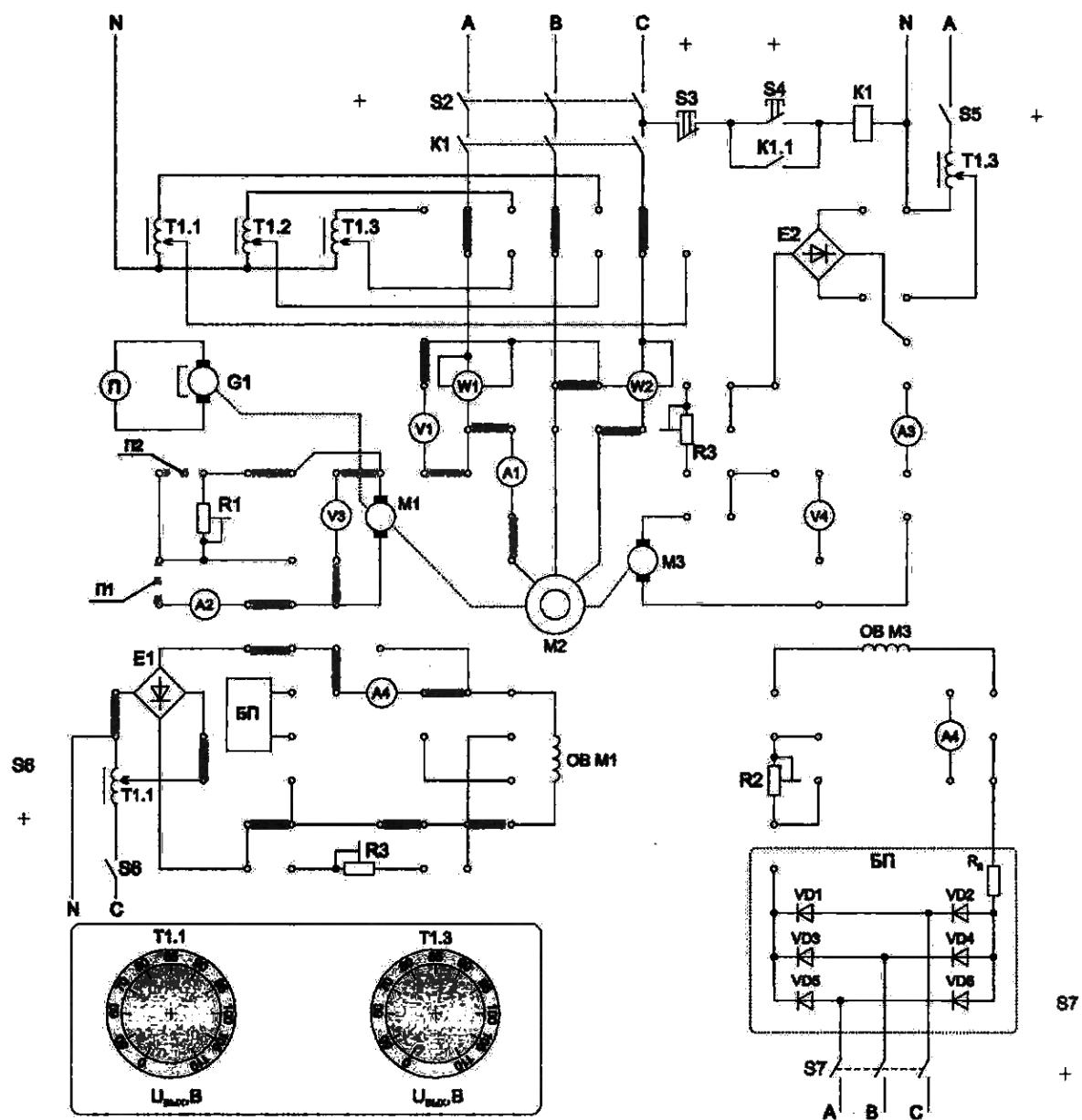


Рисунок 1 – Электрическая схема включения асинхронного двигателя M2

Опыт 2.Режим нагрузки двигателя.

**ВНИМАНИЕ!** Перед проведением работы убедитесь что все галетные переключатели ЛАТРов (Т1, Т1.1, Т1.3) установлены в поз.«О». При работе с однофазными ЛАТРами Т1.1 и Т1.3 не допускается одновременное использование трехфазного ЛАТРа Т1.

1)Для снятия рабочих характеристик установите перемычку П1.

2)Включите стенд тумблером «Сеть», схему лабораторной установки тумблером S2, асинхронный двигатель кнопкой S4.

3)Тумблером S6 включите ЛАТР Т1.1 и установите его регулятор в положение «50» и изменяйте нагрузку генератора резистором R1 (положения 1-6) и при необходимости получить  $R1 = 0$  установить перемычку П2 . Изменяя положение регулятора ЛАТРа Т1.1, можно увеличивать нагрузку на асинхронный двигатель, при проскальзывании пассива по шкивам уменьшить напряжение ЛАТРа. Данные измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Параметры АД в режиме нагрузки.

Измерения						Вычисления					
Двигатель				Генератор							
$U_{дв}$	$I_{дв}$	$P_{ф}$	$n_2$	$U_{г}$	$I_{г}$	$P_2$	$M$	$s$	$\eta_{дв}$	$\eta_{г}$	$\cos\varphi$
В	А	Вт	мин <sup>-1</sup>	В	А	Вт	Нм	-	-	-	-

4)Выполнить расчеты.

5) Построить графики характеристик.

6) Сделать вывод.

#### 4. Контрольные вопросы.

1)Почему в момент пуска ток статора наибольший?

2) Каковы способы снижения пускового тока?

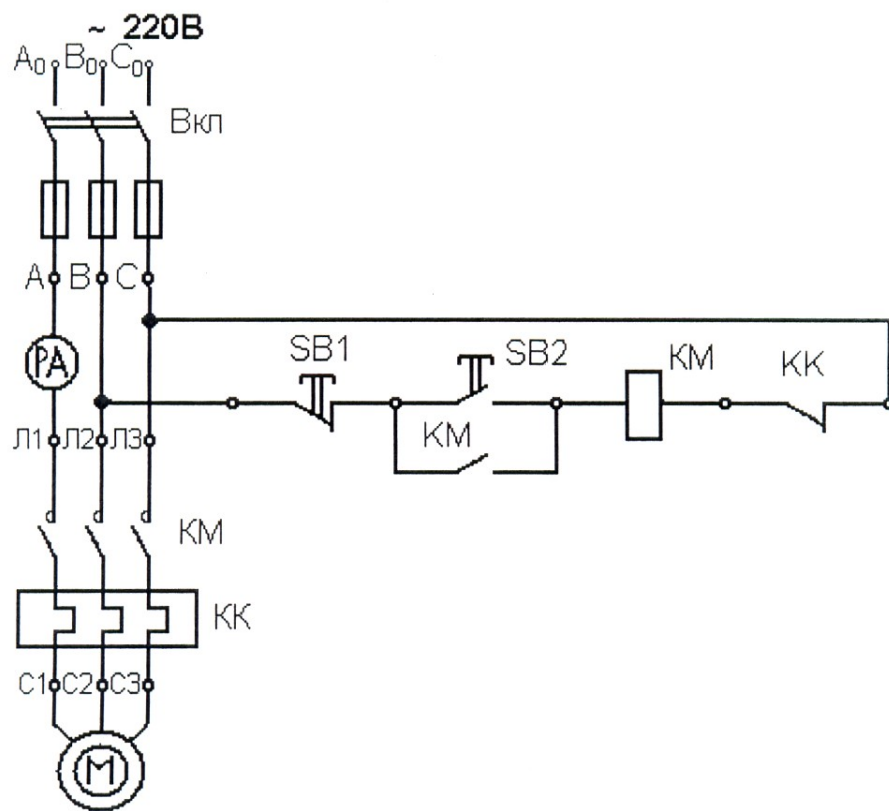
3) От каких параметров зависит момент вращения двигателя?

4) Как изменится вращающий момент двигателя, если напряжение в сети снизится на 10%?

**Лабораторная работа № 8**  
**Исследование схемы релейно-контактного управления**  
**трехфазным асинхронным двигателем**

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

**1 Схема**



**2 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.

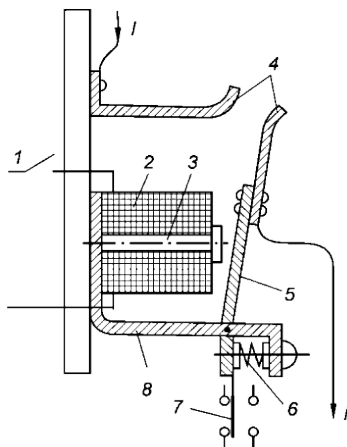


Рисунок 1 – Электромагнитный контактор.

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

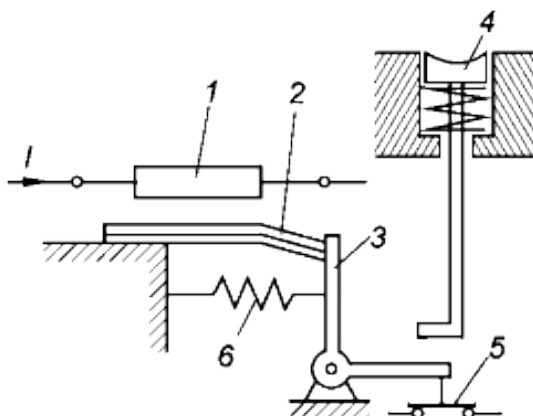
которые запитывается обмотка статора. Одновременно происходит переключение блок – контактов. Число блок - контактов может быть различным. Их включают в цепь управления данного контактора или другого аппарата. На электрических схемах контакторы обозначаются в исходном обесточенном состоянии согласно ГОСТ 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  
биметаллической  
представлена на

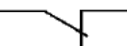
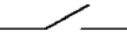
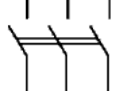
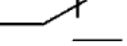

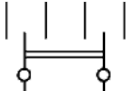

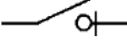
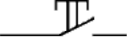
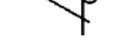
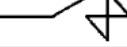
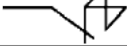
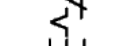




реле с  
пластиной  
рисунке 2.

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

Наименование элемента		Обозначение
Контакт коммутирующего устройства (общее обозначение)	замыкающий	
	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	замыкающий	
	размыкающий	
	замыкающий дугогасительный	
	размыкающий дугогасительный	
Контакт теплового реле без самовозврата (с возвратом нажатием кнопки)		
Контакт замыкающий с выдержкой времени	при замыкании	
	при размыкании	

### 3 Приборы и оборудование

1) Источник питания - трехфазная сеть 220 В, 50 Гц



2) Трехфазный асинхронный двигатель АОЛ-22-4 220/380 В 50 Гц ;

$P_n = 400 \text{ Вт}$ ;  $n = 1400 \text{ об/мин}$

3) Магнитный **пускатель**

4) Пост управления - ПKE - 222 - 2У2

5) Амперметр тока - 5 А.

#### **4 Порядок работы**

1) Собрать схему. Предъявить схему для проверки преподавателю.

2) Включить сеть выключателем QF.

3) Включить двигатель с помощью кнопки SB2. Убедиться 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) Выключить сетевое питание.

#### **5 Сделать вывод.**

#### **6 Контрольные вопросы**

1) Объясните принцип работы магнитного пускателя.

2) Каково назначение блок - контактов магнитного пускателя?

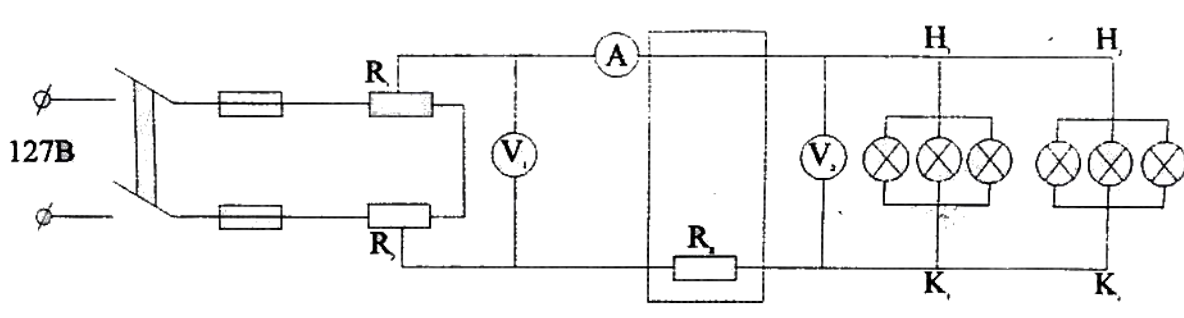
3) Можно ли использовать тепловое реле для защиты потребителя при коротких замыканиях?

### **Лабораторная работа №9**

#### **Определение потери напряжения и мощности в линии электропередачи**

**Цель работы:** Формирование умения опытным путем определять влияние электрической нагрузки и сопротивления проводов на величину потери напряжения, величину потерь мощности в проводах и коэффициент полезного действия линии электропередачи.

## 1 Схема



## 2 Теоретическое обоснование.

В проводах линий электроснабжения возникает падение напряжения, пропорциональное току и сопротивлению линии. Напряжения на зажимах потребителя  $U$  меньше напряжения на зажимах источника  $U_1$ . Разность  $\Delta U = U_1 - U$  называют потерей напряжения в линии.

Потерю напряжения часто выражают в процентах от номинального

значения напряжения потребителя  $\frac{\Delta U}{U} 100 \%$ .

Значение потери напряжения строго регламентируется, так как при заданном напряжении источника от значения потерь зависит напряжение на потребителе. Несоблюдение норм потери напряжения приводит к нарушению работы потребителей, уменьшению пусковых и вращающих моментов двигателей, уменьшению светового потока ламп. Например, при уменьшении напряжения на 10% световой поток ламп уменьшается на 1/3. Незначительное превышение напряжения относительно номинального приводит к уменьшению срока службы ламп.

## 2 Приборы и оборудование:

1) Амперметр с  $I_{ном} = 1A$  - 1 шт.

- 2) Вольтметр с  $U_{\text{ном}}=150\text{В}$  - 2шт.
- 3) Реостаты с  $R_{\text{ном}}=300\text{Ом}$  - 3шт.
- 4) Группа ламп накаливания - 3шт.

### 3 Порядок выполнения работы

- 1) Соберите схему и предъявите для проверки преподавателю.
- 2) Включите сетевой выключатель. При помощи двух реостатов, регулируя их сопротивления, установите напряжение в начале линии  $U_1 = 60\text{ В}$ .
- 3) Опыт холостого хода: все лампы выключены. Определите ток линии и напряжение на потребителе  $U_2$ . Показания приборов занесите в таблицу 1.
- 4) Включите нагрузку, при помощи двух реостатов восстановите напряжение в начале линии  $U_1 = 60\text{ В}$ . Определите ток линии и напряжение на потребителе  $U_2$ . Показания приборов занесите в таблицу 1.
- 5) Меняя количество включенных ламп, выполните п.4).

Таблица 1- Результаты измерений и расчетов.

№ опыта	Измерения			Вычисления						
	$U_1$	$I$	$U_2$	$\Delta U$	$P_1$	$P_2$	$\Delta P$	$\eta$	$R_n$	$R_{\text{л}}$
	В	А	В	В	Вт	Вт	Вт	%	Ом	Ом
1										
2										
3										
4										
5										

- 6) Выполните вычисления. Расчетные формулы:  $\Delta U = U_1 - U_2$

$$P_1 = U_1 \cdot I \quad P_2 = U_2 \cdot I \quad \Delta P = P_1 - P_2 \quad R_n = \frac{U_2}{I} \quad R_{\text{л}} = \frac{\Delta U}{I} \quad \eta = \frac{U_2}{U_1}$$

- 7) Постройте графики зависимостей  $\Delta U = f(I)$ ;  $\Delta P = f(I)$ ;

$\eta = f(I)$  на миллиметровой бумаге.

### 4 Сделайте вывод.

### 5 Контрольные вопросы

- 1) Напряжение на зажимах источника 230 В, напряжение на зажимах потребителя 220 В. Рассчитайте потери напряжения в процентах.

2) Активное сопротивление линии одного провода 0,05 Ома, ток в линии 10 А. Определите потерю напряжения в линии, если реактивным сопротивлением можно пренебречь.

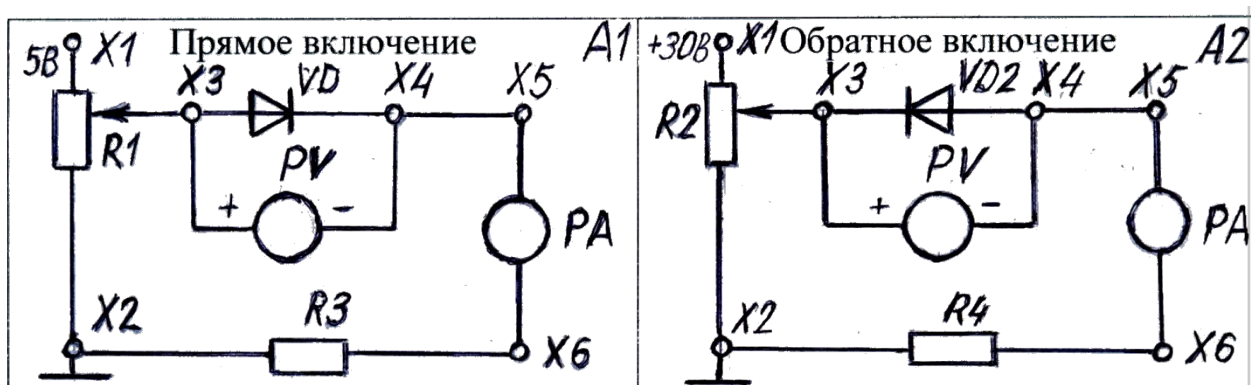
3) Каковы возможные последствия увеличения потерь напряжения в линии?

## Лабораторная работа №10

### Исследование полупроводникового диода

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

#### 1 Схемы.



#### 2 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.

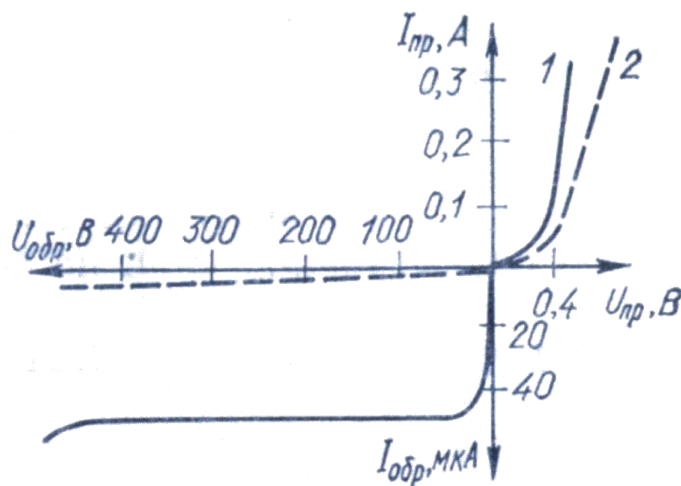


Рисунок 1 - Сравнительные ВАХ характеристики германиевого (1) и кремниевого (2) диодов.

### 3 Приборы и оборудование.

- 1) Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №1, схемы А1и А2;
- 2) Прибор электроизмерительный многофункциональный Ц4317.3.
- 3) Соединительные провода.

### 4 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: «+» на X1, «-» на X2.
- 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, измерять прямое напряжение диода в пределах, указанных в таблице 1, фиксируя значения тока через каждые 0,1 В. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{пр}, В$	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 обоих источниках питания лабораторного стенда «Промэлектроника» V1 и V2 выставить максимальные напряжения питания 15 В, повернув ручки по часовой стрелке до упора. Соединить источники последовательно, установив напряжение блока 30 В.

2) Подать напряжение питания на исследуемую схему: «+» 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.

$U_{обр}, В$	0	5	10	15	20	25
$I_{обр}, мкА$						

7) Выключить сетевой тумблер.

8) По данным таблиц 1 и 2 построить ВАХ диода.

9) Выполнить расчеты сопротивлений  $R_{пр}$  и  $R_{обр}$ .

10) Сделать вывод.

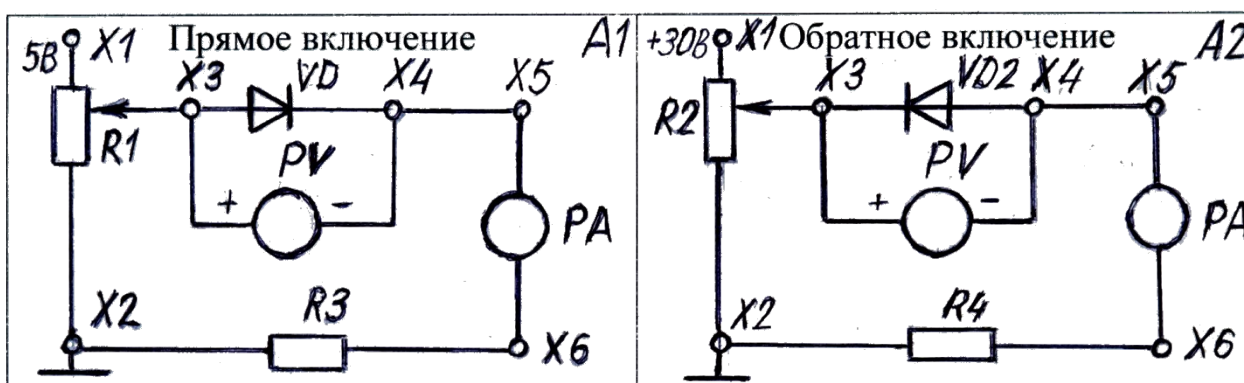
## 5 Контрольные вопросы.

- 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?

### Отчет по Лабораторной работе № 10 Исследование полупроводникового диода

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

#### 1 Схемы.



**2 Таблица 1 Прямая ветвь вольт – амперной характеристики.**

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

**3 Таблица 2 Обратная ветвь вольт – амперной характеристики.**

$U_{обр}, В$	0	5	10	15	20	25
$I_{обр}, мкА$						



**2 Расчеты.**

$$R_{np} = \frac{\Delta U_{np}}{\Delta I_{np}}$$

$$R_{обр} = \frac{\Delta U_{обр}}{\Delta I_{обр}}$$

**4 График вольт – амперной характеристики на миллиметровой бумаге.**

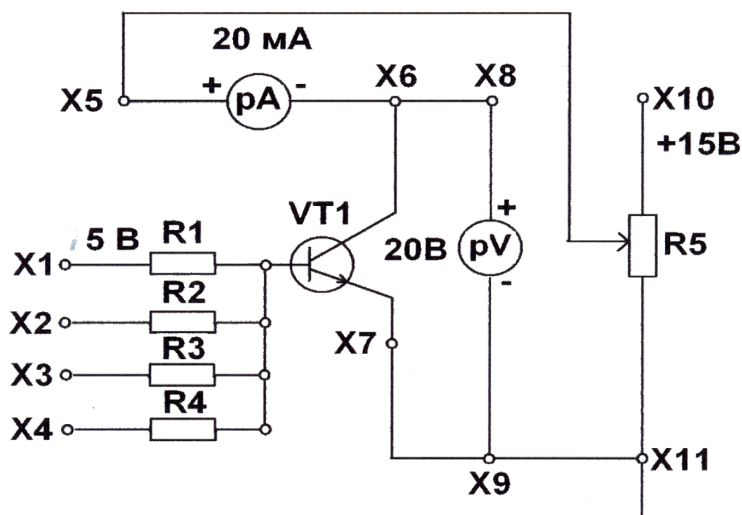
**5 Ответы на контрольные вопросы.**

**6 Вывод.**

### Лабораторная работа №11 Исследование биполярного транзистора

**Цель работы:** Освоение методов снятия характеристик и алгоритма расчета параметров транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

#### 1 Схема



#### 2. Теоретическое обоснование.

##### Определение транзистора.

Транзистор (полупроводниковый триод) представляет собой электронный прибор, основанный на взаимодействии двух расположенных

близко друг от друга (на расстоянии нескольких микрометров) электронно-дырочных  $p$ - $n$ -переходов. Основным элементом транзистора является кристалл германия или кремния, в котором с помощью соответствующих примесей созданы три области (слоя) с различными типами проводимости. В германиевом транзисторе обычно два крайних слоя обладают дырочной проводимостью ( $p$  - области), а внутренний слой имеет электронную проводимость ( $n$  - область), в соответствии, с чем такой транзистор называется полупроводниковым триодом типа  **$p$ - $n$ - $p$** . Условное обозначение транзистора типа  **$p$ - $n$ - $p$**  показано на рисунке 1. Кремниевые транзисторы чаще изготавливают в виде полупроводниковых триодов типа  **$n$ - $p$ - $n$** , принципиальная схема и условное изображение которых показаны на рисунке 2. Принцип действия полупроводниковых транзисторов независимо от их типа один и тот же. Различие состоит лишь в выборе полярности присоединяемых к ним источников питания. Средняя область (слой) транзистора независимо от типа является его базой Б или основанием, а крайние — эмиттером Э и коллектором К.

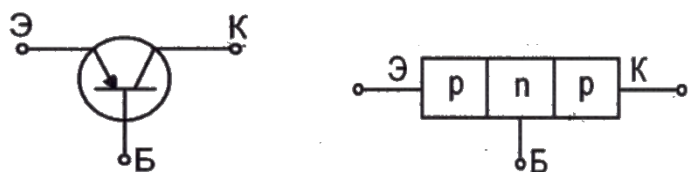


Рисунок 1 - Условное обозначение и структура транзистора типа  $p$ - $n$ - $p$

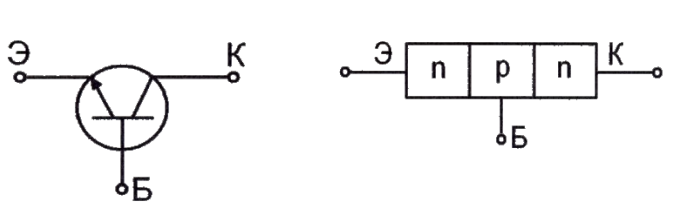
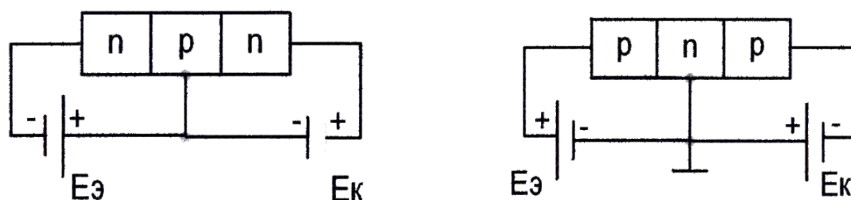


Рисунок 2 - Условное обозначение и структура транзистора типа  $n$ - $p$ - $n$ .

На границах раздела областей образуются два  $p$ - $n$  -перехода, характеризующихся динамическим равновесием. Чтобы вывести  $p$ - $n$ - переход из состояния равновесия, к нему прикладывается внешнее напряжение.

## 2 Принцип действия транзистора

Схемы включения источников питания транзисторов типов  $p$ - $n$ - $p$  и  $n$ - $p$ - $n$  представлены на рисунке 3.



### Рисунок 3 - Схемы нормального включения транзисторов.

Нормальное включение - транзисторы включаются в схему таким образом, чтобы к переходу эмиттер — база внешнее напряжение было приложено в прямом направлении, а к  $p$ - $n$ -переходу коллектор — база — в обратном направлении.

При воздействии внешних напряжений потенциальный барьер между эмиттером и базой понижается, а между базой и коллектором — увеличивается. В результате основные носители заряда эмиттерного слоя переходят в область базы, а затем в область коллектора, создавая ток коллекторного перехода.

Одновременно с этим происходит и переход основных носителей заряда базы через эмиттерный переход. Однако в область базы при изготовлении транзистора вводят значительно меньшее количество атомов примеси, чем в эмиттер, поэтому ток эмиттерного перехода создается главным образом переходом основных носителей эмиттерного слоя. Если время прохождения основных носителей заряда эмиттера через область базы много меньше времени их независимого существования, то основная часть этих носителей доходит до коллекторного перехода и попадает в область коллектора. При этом лишь небольшая часть указанных носителей рекомбинирует в области базы с ее основными носителями. Таким образом, значение тока в цепи коллекторного (закрытого) перехода зависит от значения тока в цепи эмиттерного (открытого) перехода. Связь между токами коллекторной и эмиттерной цепей характеризуется коэффициентом передачи тока

$$\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E} \quad \text{при } U_K = \text{const}$$

где  $\Delta I_K, \Delta I_E$  - приращения коллекторного и эмиттерного токов.

Для плоскостных транзисторов коэффициент передачи тока  $\alpha = 0,92—0,99$ . Это означает, что в области базы рекомбинирует соответственно 1—8% основных носителей заряда эмиттера. Число рекомбинирующих в области базы основных носителей заряда эмиттера определяет ток базы  $I_B$ .

В соответствии с этими  $I_B = I_E - I_K$

### Схемы включения биполярных транзисторов в электрическую цепь.

Схемы классифицируются по названию электрода, общего для входной и выходной цепей.

**Схема с общей базой.** Схему усилительной ячейки на транзисторе с общей базой (рисунок - 4) можно применять на более высоких частотах, однако она имеет коэффициент усиления по току меньше единицы и малое входное сопротивление.

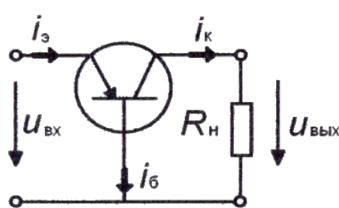


Рисунок 4 – Схема с общей базой.

**Схема с общим коллектором.** Схема включения транзистора с общим коллектором (рисунок 5) имеет большое входное и малое выходное сопротивления. Поэтому ее часто применяют в многокаскадных усилителях в качестве согласующего каскада и выходного каскада при работе на низкоомную нагрузку.

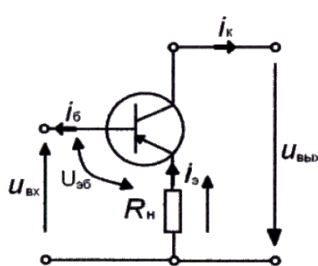


Рисунок 5 – Схема с общим коллектором.

**Схема с общим эмиттером.** Наиболее часто используют схему с общим эмиттером (рисунок 6), с помощью которой возможно осуществлять усиление по току, напряжению и мощности наибольшее по сравнению с другими схемами включения транзистора. Эта схема характеризуется незначительным входным сопротивлением.

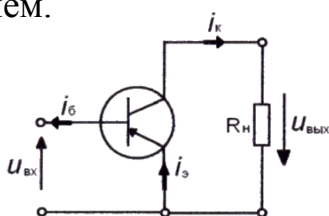


Рисунок 6 – Схема с общим эмиттером.

Статические характеристики транзистора отражают зависимость между токами и напряжениями на его входе и выходе. Для схемы с общим эмиттером *статической входной характеристикой* является график зависимости тока

базы  $I_B$  от напряжения  $U_{БЭ}$  при постоянном напряжении на коллекторе  $U_{КЭ}$ :

$$I_B = f(U_{БЭ}) \quad \text{при} \quad U_{КЭ} = \text{const.}$$

Статические выходные характеристики транзистора представляют собой зависимость тока коллектора от напряжения между коллектором и эмиттером при постоянном токе базы:  $I_K = f(U_{КЭ})$  при  $I_B = \text{const.}$

Графики статических характеристик представлены на рисунке 7.

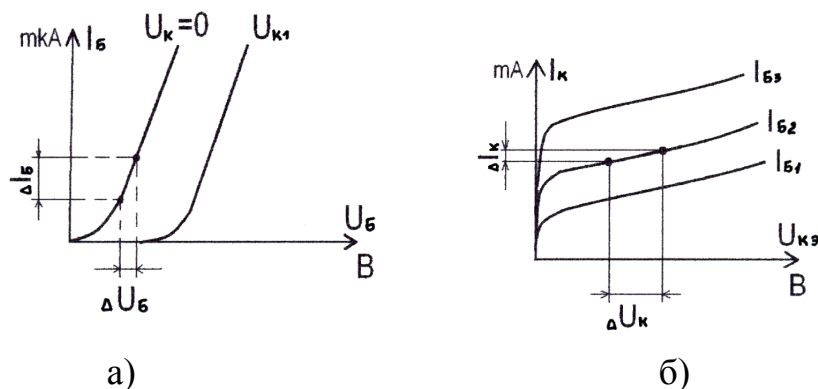


Рисунок 7 – Статические характеристики транзистора для схемы с общим эмиттером: а) – входная характеристика; б) - выходная характеристика.

### 3 Приборы и оборудование.

- 1) Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №2, схема А;
- 2) Прибор электроизмерительный многофункциональный Ц4317.3.
- 3) Соединительные провода.

### 4 Порядок выполнения работы.

- 1) Включите стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ.
- 2) На источнике питания V1 с помощью ручки выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерений 20В.
- 3) На источнике питания V2 с помощью ручки выставите напряжение 15В, измерив его мультиметром на пределе измерений 20В.
- 4) Выключите сетевой тумблер .
- 5) Соедините источник питания V1 со входом транзистора согласно мнемосхемы.
- 6) Соедините источник питания V 2 с выходными клеммами транзистора согласно мнемосхемы.
- 7) Ручку потенциометра R5 поверните против часовой стрелки до упора.

8) Подключите измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.

9) После проверки схемы преподавателем включите сетевой тумблер.

10) Поворачивая ручку потенциометра R5 по часовой стрелке, изменяйте напряжение коллектора в пределах, указанных в таблице 1, фиксируя значения тока. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{КЭ}, В$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	5
$I_K, мА$ при $R_1$									
$I_K, мА$ при $R_2$									
$I_K, мА$ при $R_3$									
$I_K, мА$ при $R_4$									

11) Выключите сетевой тумблер.

12) По данным таблицы 1 постройте выходные характеристики транзистора  $I_K = f(U_{КЭ})$  при  $I_б = const$  на миллиметровой бумаге. Рассчитайте параметры ( $\beta$ ,  $R_{вых}$ ).

13) Сделайте вывод.

### 5 Контрольные вопросы

1) Причины широкого применения схемы с ОЭ?

2) Параметр, остающийся неизменным при снятии статических выходных характеристик транзистора;

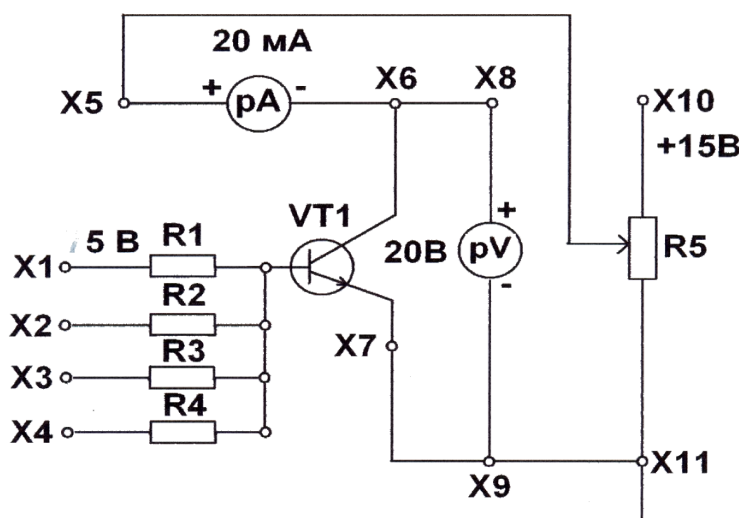
3) Коэффициент  $a = 0,8$ , вычислите  $\beta$  транзистора?

4) Какие изменения нужно произвести в схеме для исследования транзистора р-п-р типа?

Отчет по  
Лабораторной работе №11  
Исследование биполярного транзистора

**Цель работы:** Освоение методов снятия характеристик и алгоритма расчета параметров транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

**1 Схема**



## 2 Таблица

$U_{KЭ}, В$									
$I_K, мА$ при $R_1$									
$I_K, мА$ при $R_2$									
$I_K, мА$ при $R_3$									
$I_K, мА$ при $R_4$									

3 Расчеты.  $\beta =$

$R_{вых} =$

4 Графики характеристик на миллиметровой бумаге

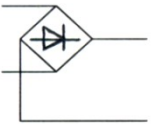
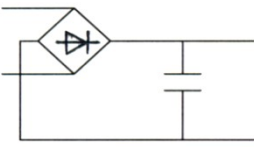
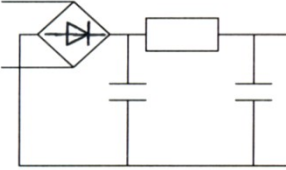
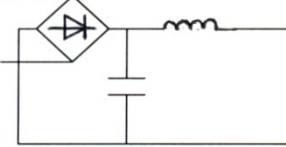
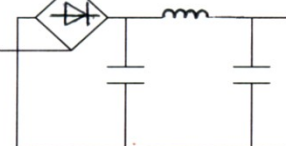
$$I_K = f(U_{KЭ}) \text{ при } I_0 = const.$$

5 Ответы на контрольные вопросы.

6 Вывод.

## Лабораторная работа №12

Цель  
качес  
разнь  
1 Схе

№ опыта	Схема	Осциллограмма	$U_d$	$U_n$ max	$K_n$	$K_{сгл}$
			В	В	—	—
1						
2						
3						
4						
5						

ИСПОЛЬЗОВАНИИ



## **2 Теоретическое обоснование**

### **Основные понятия о сглаживающих фильтрах.**

При рассмотрении схем выпрямителей было установлено, что выпрямленное напряжение всегда является пульсирующим и содержит кроме постоянной переменные составляющие. В большинстве случаев питание схем промышленной электроники пульсирующим напряжением неприемлемо. Допустимые значения коэффициента пульсации зависят от назначения и режима работы устройства; их выбирают в пределах 0,001 - 2,5%. Поскольку в любой схеме выпрямителя коэффициент пульсаций входного напряжения во много раз превышает эти пределы, на выходе выпрямителей включают сглаживающие фильтры.

К схемам сглаживающих фильтров предъявляют следующие основные требования:

- 1) Фильтр должен быть построен таким образом, чтобы с одной стороны, максимально уменьшились переменные составляющие, а с другой не происходило существенного уменьшения постоянной составляющей, которая проходит через фильтр. Поэтому обычно схемы сглаживающих фильтров содержат реактивные составляющие (индуктивности и ёмкости) и лишь при очень малых мощностях нагрузки могут содержать и активные сопротивления.
- 2) При переходных процессах в фильтре во время включения напряжения сети или нагрузки величины бросков напряжения и тока должны находиться в допустимых пределах.
- 3) Собственная частота фильтра должна быть ниже частоты основной гармоники выпрямленного напряжения во избежание резонансных явлений в отдельных звеньях фильтра.

Основным параметром позволяющим дать количественную оценку сглаживающего фильтра, является коэффициент сглаживания, который равен отношению коэффициента пульсации на входе фильтра к коэффициенту пульсации на выходе фильтра:

$$K_{C2} = \frac{K_{n.вх}}{K_{n.вых}}$$

### Фильтры с пассивными элементами.

Роль простейших сглаживающих фильтров могут играть индуктивные катушки, включённые последовательно с нагрузкой, и конденсаторы, включённые параллельно нагрузке (рисунок 1).

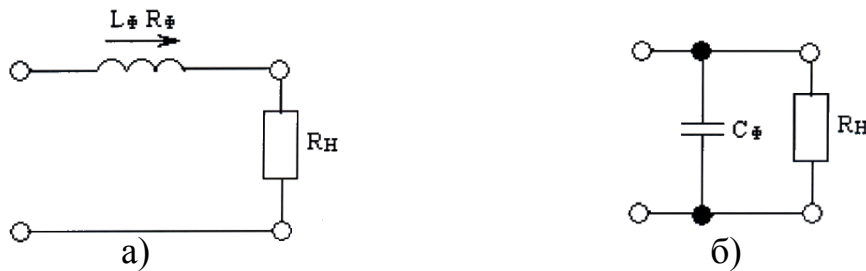


Рисунок 1 – Простейшие фильтры: а) индуктивный; б) емкостный.

При использовании индуктивных катушек высокий коэффициент сглаживания может быть достигнут при условии, что индуктивное сопротивление цепи значительно превышает её активное сопротивление:

$$X_L = \omega \cdot L \gg R_H$$

где  $\omega$  - частота основной гармоники выпрямленного напряжения.

В этом случае основное падение напряжения переменных составляющих происходит не на сопротивлении нагрузки, а на индуктивности фильтра (дресселя) обычно невелико, напряжения постоянной составляющей выпрямленного тока на входе фильтра и на нагрузке практически равны.

Индуктивный фильтр имеет простую схему и обеспечивает малые потери мощности и малое изменение выходного напряжения при изменении сопротивления нагрузки. Однако при быстром уменьшении тока нагрузки на зажимах дросселя возникают кратковременные броски напряжения, которые могут достигать существенного значения.

Поскольку индуктивные фильтры обеспечивают лучшее сглаживание пульсации при малых сопротивлениях нагрузки, их применяют главным образом в мощных выпрямителях. При включении конденсатора параллельно нагрузке для лучшего сглаживания пульсаций ёмкостное сопротивление должно быть значительно меньше активного сопротивления:

$$X_C = \frac{1}{\omega_C} \ll R_H$$

В этом случае конденсатор заряжается через диод выпрямителя до амплитудного значения напряжения на выходе фильтра в те моменты времени, когда напряжение на выходе фильтра превышает напряжение на конденсаторе.

В остальное время конденсатор разряжается на нагрузку. Значение ёмкости выбирают таким образом, чтобы за период колебаний напряжения на выходе фильтра напряжение на конденсаторе существенно не изменилось.

### Комбинированные фильтры.

Для получения более высокого коэффициента сглаживания применяют **комбинированные фильтры**, которые обозначают по конфигурации соединения элементов фильтра:

- Г - образные RC (Рисунок 2а);
- Г - образные LC (Рисунок 2б);
- П - образные RC (Рисунок 3а);
- П - образные RL (Рисунок 3б).

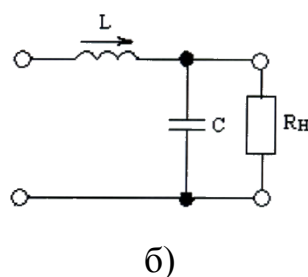
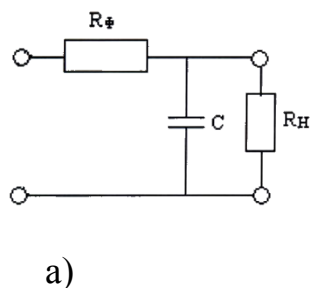


Рисунок 2 – Г – образные фильтры: а) RC – фильтр; б) LC – фильтр.

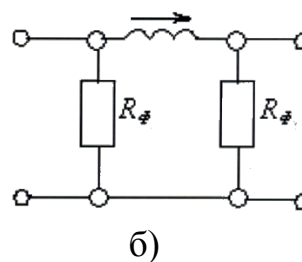
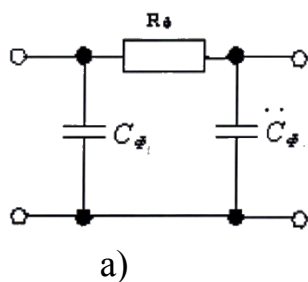


Рисунок 3 – П –образные фильтры: а) RC – фильтр; б) RL – фильтр.

Широкое применение на практике находят Г - образные индуктивно-ёмкостные фильтры, которые представляют собой сочетание двух простейших фильтров: индуктивного и ёмкостного.

При выполнении условия  $X_C \ll R_H \ll X_L$  такие фильтры обеспечивают значительно более высокий коэффициент сглаживания пульсаций, чем фильтры из одной индуктивности или ёмкости.

Выбор конкретных значений индуктивности и ёмкости представляет в данном случае не математическую, а техническую задачу. Обычно её решают с учётом дополнительных условий, к которым относятся габаритные размеры, масса и стоимость фильтра, а так же величина допустимого броска тока при включении. Более эффективными являются П -образные фильтры.

Лучший результат сглаживания получают с помощью **многозвенных фильтров**, состоящих из нескольких последовательно включённых Г -образных или П - образных фильтров.

Общий коэффициент сглаживания многозвенного фильтра равен произведению всех коэффициентов сглаживания отдельных звеньев:

$$K_{CF} = K_{CF1} K_{CF2} \dots K_{CFn}$$

Среди перечисленных требований, предъявляемых к сглаживающим фильтрам, отмечалась необходимость ограничения собственной частоты фильтра  $\omega_0$

условием  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \leq \frac{\omega}{2}$  , откуда  $CL \geq \frac{4}{\omega^2}$

### 3 Приборы и оборудование.


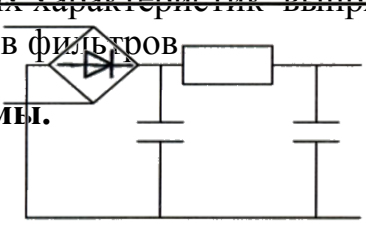
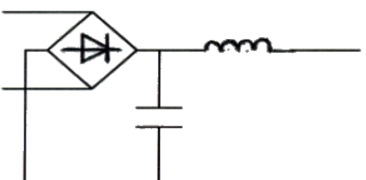
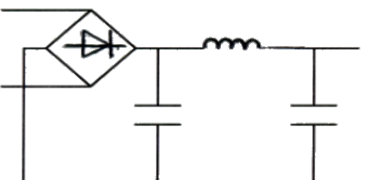
- 1) Лабораторный стенд «Промэлектроника», блок №8.
- 2) Осциллограф С1-159.
- 3) Соединительные провода.

### 4 Порядок выполнения работы.

- 1) Включите стенд в сеть.
  - 2) Количество опытов соответствует количеству схем.
- Опыт.

- 3) Соедините проводами элементы схемы, соответствующие данному опыту. Подключите к выходу схемы осциллограф и вольтметр.
- 4) В выбранном масштабе разверток изобразите осциллограммы выпрямленных напряжений, определите амплитуду переменной составляющей выпрямленного напряжения. Данные занесите в таблицу.
- 5) По вольтметру определите величину среднего выпрямленного напряжения  $U_d$ . Результат занесите в таблицу.
- 6) Вычислите коэффициенты пульсаций  $K_n$  и сглаживания  $K_{сгл}$  для каждого фильтра.
- вывод о качестве выпрямленного напряжения.
- 7) Сделайте

### 5 Контрольные вопросы:

№ опыта	Схема	Осциллограмма	$U_d$ В	$U_n$ В	$K_n$ —	$K_{сгл}$ —
1)	После какого типа фильтра пульсации максимальны?					
2)	Какие типы фильтров можно применять только в маломощных выпрямителях?					
3)	Назовите фильтры, применявшиеся в работе?					
1						
2	<p>Стчет по</p> <p><b>Лабораторной работ №12</b></p> <p><b>Исследование работы выпрямителя</b></p> <p>Цель работы: Освоение методов измерений и алгоритма расчета качественных характеристик выпрямленного напряжения при использовании разных типов фильтров</p>					
3	<p>Схемы.</p> 					
4						
5						

**2 Расчеты.** Расчетные формулы:

$$Kn = \frac{Un}{Ud}$$

$$K_{сгл} = \frac{K_{п\text{вх}}}{K_{п\text{вых}}}$$

;

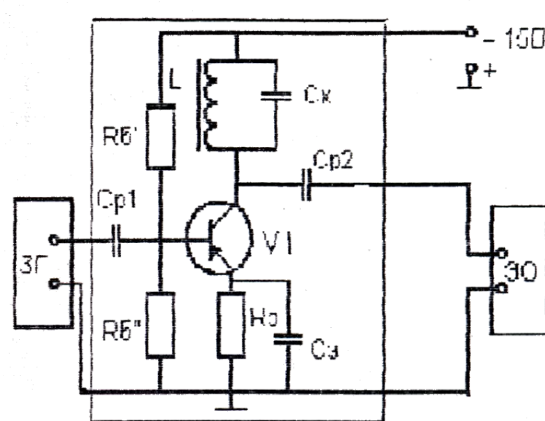
**2 Ответы на контрольные вопросы.**

### 3 Вывод.

## Лабораторная работа №13 Исследование усилительного каскада

**Цель работы:** Формирование умения измерений выходного напряжения на различных частотах и построение амплитудно- частотной характеристики однокаскадного избирательного усилителя.

### 1 Схема



## 1 Теоретическое обоснование.

### Основные технические показатели усилителей.

Важнейшим техническим показателем усилителя являются: коэффициенты усиления (по напряжению, току и мощности), входное и выходное сопротивления, выходная мощность, коэффициент полезного действия, номинальное входное напряжение (чувствительность), диапазон усиливаемых частот, динамический диапазон амплитуд и уровень собственных помех, а показатели, характеризующие нелинейные, частотные и фазовые искажения усиливаемого сигнала.

#### Коэффициент усиления.

Коэффициентом усиления по напряжению  $K_U$  называется величина, показывающая, во сколько раз напряжение сигнала на выходе усилителя больше, чем на его входе:

$$K_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}$$

Значение коэффициента усиления  $K$  у различных усилителей напряжения может иметь величину порядка десятков и сотен. Учитывая, что в современных усилительных схемах коэффициент усиления, выраженный в безразмерных единицах, получается, довольно громоздким числом. В электронике получил распространение способ выражения усилительных свойств в логарифмических единицах - *децибелах* (дБ). Коэффициент усиления, выраженный в децибелах, равен

$$K = 20 \lg \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = 20 \lg K$$

Обратный переход от децибел к безразмерному числу производится при помощи выражения

$$K = 10^{\frac{K_{дБ}}{20}}$$

Амлитудно-частотная характеристика - это графическая зависимость коэффициента усиления сигнала от частоты сигнала.



**Диапазон усиливаемых частот или полоса пропускания**, или полосой пропускания усилителя, называется та область частот, в которой коэффициент усиления изменяется не больше, чем это допустимо по техническим условиям. Допустимые изменения коэффициента усиления в пределах полосы пропускания зависят от назначения и условий работы усилителя. В УНЧ, например, эти измерения обычно не превышают 3 дБ.

### **3 Приборы и оборудование:**

- 1) Избирательный усилительный каскад
- 2) Генератор Г 6 - 43
- 3) Осциллограф С1-137
- 4) Источник питания «Агат»

### **4 Порядок выполнения работы**

1) Соберите электрическую схему, предъявите для проверки преподавателю.

2) Включите источник питания «Агат», установите напряжение питания усилителя  $U = 15\text{В}$ .

3) Включите осциллограф: кабель первого измерительного луча присоедините к выходу генератора, кабель второго измерительного луча присоедините к выходу усилителя.

4) Включите генератор сигналов.

- выберите вид сигнала – синусоидальный нажатием соответствующей кнопки;

- вращением ручки «Амплитуда» установите величину амплитуды входного напряжения  $U_{\text{мвх}} = 0,1\text{В}$ . Контроль величины входного напряжения выполните осциллографом (луч I).

5) Установите начальную частоту входных сигналов  $f_n = 300 \text{ Гц}$ .

Генератор имеет шесть диапазонов частот: 10Гц; 100Гц; 1кГц; 10кГц; 100кГц; 1МГц. Выбор диапазона частот производится нажатием соответствующей кнопки: нажмите кнопку 1 кГц. Вращая ручку плавной регулировки частоты, установите напротив указателя выбора число 0,3.

$$f_H = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ Гц.}$$

6) Измерьте амплитуду выходного сигнала (луч II). Параметры входного и выходного сигналов занесите в таблицу 1.

7) Плавнo меняя частоту входных сигналов в диапазоне от 300 Гц до 1000 Гц, проведите измерения выходных сигналов. Параметры выходного сигнала занесите в таблицу 1. При проведении измерений необходимо определить максимальную амплитуду выходного сигнала и частоту резонанса.

Таблица 1.

Параметры сигналов усилителя

$U_{BX}, \text{ В}$											
$f, \text{ Гц}$											
$U_{ВЫХ}, \text{ В}$											
$K_U$											
$K_U, \text{ дБ}$											

8) Выключите приборы и источник питания.

9) Выполните расчеты  $K_U$  и перевод в децибелы (дБ):

$$K_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \quad K_U = 20 \lg K \text{ дБ}$$

9) Постройте амплитудно - частотную характеристику усилителя.

**5 Сделайте вывод.**

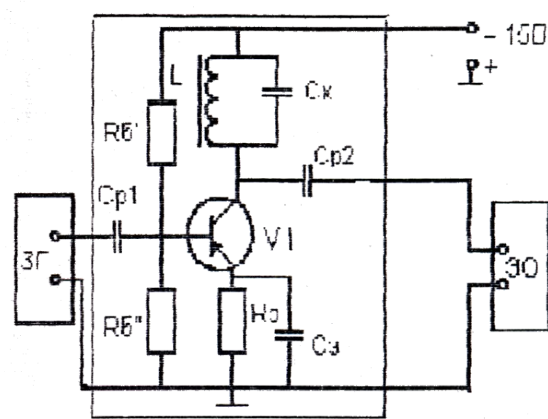
**6 Контрольные вопросы.**

- 1) Основное отличие схем УНЧ от резонансного усилителя?
- 2) Амплитуда входного сигнала 0,05 В, амплитуда выходного сигнала – 5 В. Вычислите коэффициент усиления  $K_U$  в децибелах.

Отчет по  
**Лабораторной работе №13**  
**Исследование усилительного каскада**

**Цель работы** Формирование умения измерений выходного напряжения на различных частотах и построение амплитудно- частотной характеристики однокаскадного избирательного усилителя.

**1 Схема**



**2 Таблица 1**

$U_{ВХ}, В$											
$f, Гц$											
$U_{ВЫХ}, В$											
$K_U$											
$K_U, дБ$											

**3 Расчеты**  $K_U$  и перевод в децибелы( дБ):

$$K_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}$$

$$K_U = 20 \lg K \text{ дБ}$$

**4 График характеристики.**

**5 Ответы на контрольные вопросы.**

**6 Вывод.**

## Лабораторная работа №14

### Исследование формы выходного напряжения электронных генераторов

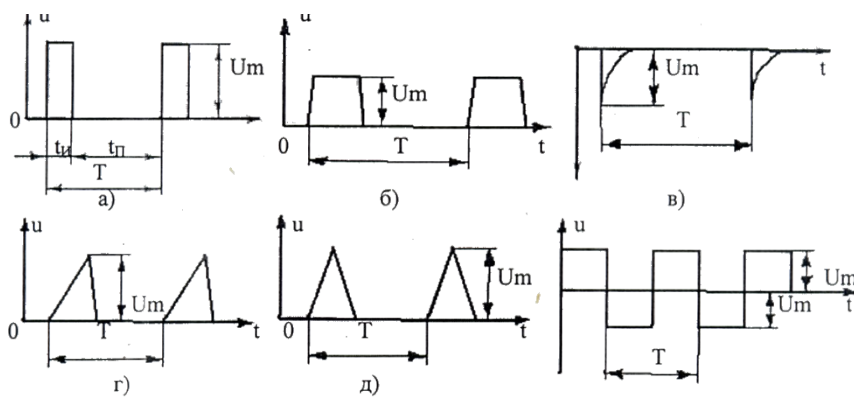
**Цель работы:** Овладение методикой снятия осциллограмм последовательностей выходных импульсов электронных генераторов и определение их параметров.

#### 1 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 отрицательные 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.**

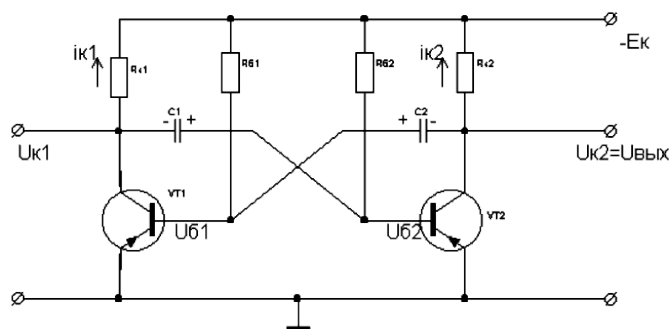
По способу возбуждения генераторы подразделяют на генераторы с независимым возбуждением и генераторы с самовозбуждением (автогенераторы). Генераторы с независимым возбуждением являются усилителями колебаний, которые вырабатывают посторонние источники.

Автогенераторы сами создают незатухающие колебания за счет использования положительной обратной связи.

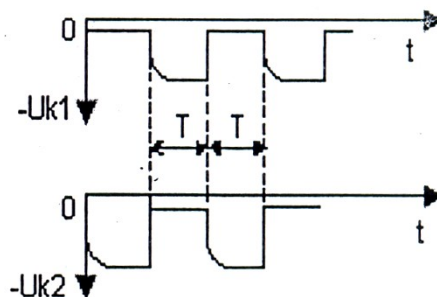
### Мультивибратор

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.



а)

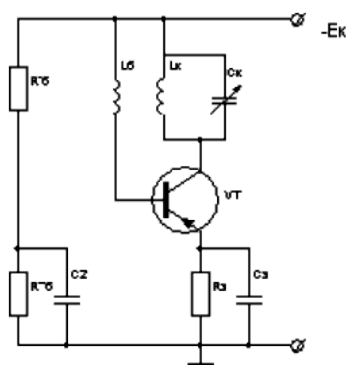


б)

Рисунок 2 – а) схема автоколебательного мультивибратора;  
б) временные диаграммы напряжений на коллекторах транзисторов.

### LC- автогенератор.

Схема  
автогенератора типа LC



транзисторного  
приведена на рисунке 3.

Рисунок 3

### Транзисторный автогенератор с индуктивной связью.

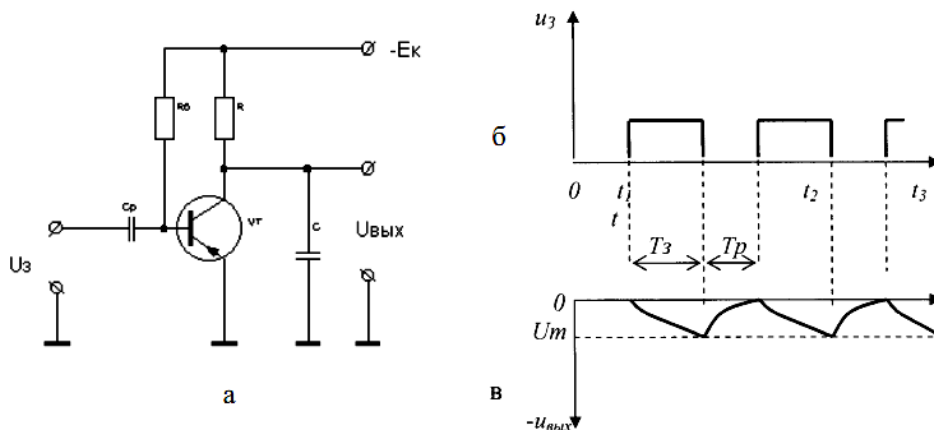
Конденсатор  $C_k$  и катушка индуктивности  $L_k$  образуют параллельный колебательный контур. При подключении к источнику питания  $E_k$  конденсатор  $C_k$  колебательного контура заряжается, после чего в контуре возникают незатухающие электрические колебания с частотой  $f_0$

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

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 4).



- Рисунок 4 – а) схема генератора пилообразного напряжения;  
 б) временные диаграммы запирающих импульсов;  
 в) выходные импульсы.

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.

## 2 Приборы и оборудование:

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

## 3 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

Вариант	1	2	3	4	5	6	
U <sub>м</sub> , В	1	5	2	3	4	6	
Диапазон частот, кГц	0,5 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 25	25 – 50	50 - 75	
Исследуемая схема	Измерение амплитуды			Измерение частоты			
	Цена деления	Кол-во делений	U <sub>м</sub>	Цена деления	Кол-во делений	T	f
	В/дел		В	С/дел		С	Гц
Схема 1							
Схема 2							
Схема 3							

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



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.

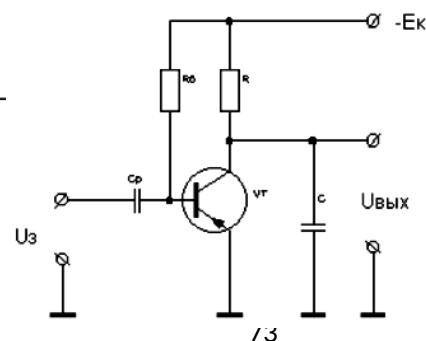
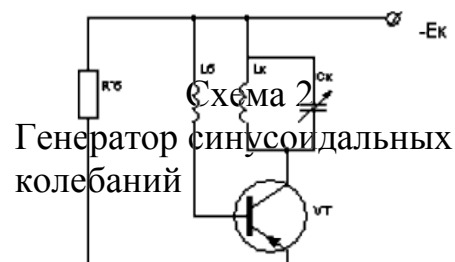
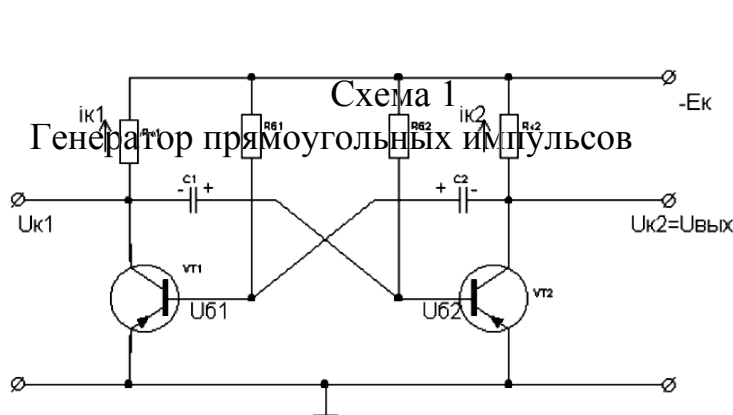
#### 4. Контрольные вопросы.

- 1) Каким образом поддерживается непрерывная генерация импульсов в автогенераторах?
- 2) Название каскада на биполярном транзисторе на основе которого построены схемы генераторов.
- 3) Какой из генераторов не является «автогенератором»? Почему?

### Отчет по Лабораторной работе №14 Исследование формы выходного напряжения электронных генераторов

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

#### 1 Схемы



**Схема 3**  
**Генератор пилообразного напряжения**

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							

**2Таблица 2.**

**3.Рисунки осциллограмм на миллиметровой бумаге.**

**4. Ответы на контрольные вопросы.**

**5. Вывод.**

## Практическая работа №1

### Расчет электрических цепей при последовательном, параллельном и смешанном соединении конденсаторов.

**Цель работы:** освоение методики расчета эквивалентной емкости при различных способах соединения конденсаторов.

#### 1. Теоретическое обоснование.

В технике конденсатором называют устройство, состоящее из двух металлических пластин, разделенных диэлектриком, обладающее определенной емкостью и предназначенное для включения в электрическую цепь. Промышленность выпускает конденсаторы различной емкости: от 1 пикофарды до тысяч микрофард на различные напряжения. Номинальные значения емкостей конденсаторов определяются рядами номинальных значений: E3, E6, E12, E24, E48, E96, E192. Число после E указывает количество значений емкости для десятичного порядка. Например:

Ряд	Значения номинала
E3	1; 2,2; 4,7
E6	1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8;
E12	1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8;

Номинал емкости получается умножением числа из выбранного ряда на  $10^{-n}$ .

Для получения расчетных значений емкости конденсатора применяют различные способы соединения.

1) Последовательное соединение (рисунок 1), при котором его

эквивалентная электроемкость  $\frac{1}{C_{\text{э}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_k}$ , где  $k$  – число последовательно включенных конденсаторов.

Если последовательно включены два конденсатора, то  $C_{\text{э}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ .

При последовательном включении  $k$  конденсаторов одинаковой

электроемкости  $C_{\text{э}} = \frac{C}{k}$ .

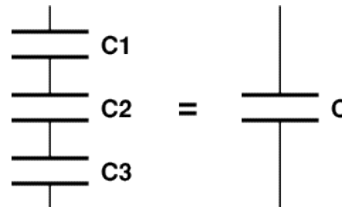


Рисунок 1- Последовательное соединение 3-х конденсаторов и эквивалентный участок.

2) Параллельное соединение (рисунок 2), при котором эквивалентная емкость равна сумме емкостей всех параллельных участков:

$C_{\text{э}} = C_1 + C_2 + \dots + C_k$ , где  $k$  – число включенных параллельно конденсаторов. Если величины емкостей всех конденсаторов цепи одинаковы, то  $C_{\text{э}} = k \cdot C$ .

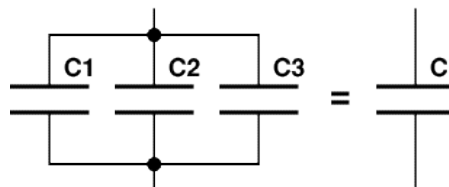


Рисунок 2 – Параллельное соединение 3-х конденсаторов и эквивалентный участок

- 3) Смешанное соединение конденсаторов представляет цепь с участками параллельного и последовательного соединений конденсаторов (рисунки 3 и 4).

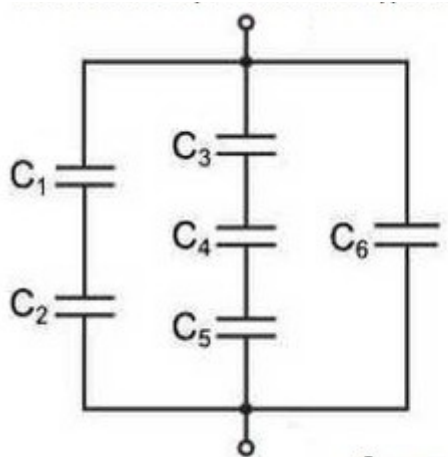


Рисунок 3 – Смешанное параллельное соединение конденсаторов.

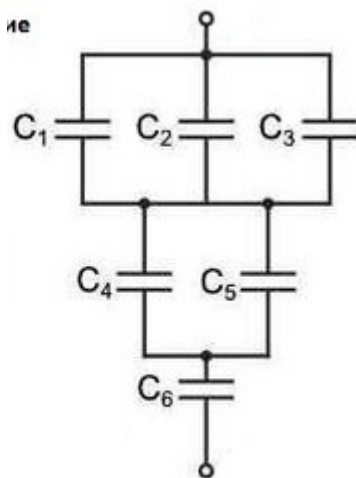


Рисунок 4 – Смешанное последовательное соединение конденсаторов.

Расчет таких цепей сводится к последовательной замене участков, содержащих несколько конденсаторов участком с эквивалентной расчетной емкостью.

## 2.Пример.

Дано: В расчетной схеме по рисунку 4  $C_1 = C_2 = C_3 = 1 \text{ мкФ}$ ;  $C_4 = C_5 = 1,5 \text{ мкФ}$ ;  $C_6 = 3 \text{ мкФ}$ . Определите  $C_{\Sigma}$ .

Расчет.

- 1) Определим эквивалентную емкость участка с конденсаторами  $C_1, C_2, C_3$ , включенными параллельно. Т.к. емкости указанных конденсаторов одинаковы,  $C_{1,2,3} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ мкФ}$ .
- 2) Определим эквивалентную емкость участка с конденсаторами  $C_4, C_5$ . Т.к. емкости указанных конденсаторов одинаковы, то  $C_{4,5} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ мкФ}$ .
- 3) Получили цепь, состоящую из трех конденсаторов  $C_{1,2,3}, C_{4,5}, C_6$ , соединенных последовательно. Т.к. емкости указанных конденсаторов

одинаковы,  $C_3 = \frac{3}{3} = 1 \text{ мкФ}$ .

### Задание.

Рассчитать эквивалентную емкость соединения конденсаторов, по схеме на рисунке 5, при положениях ключей в соответствии с таблицей 1. Значения емкостей конденсаторов  $C_1 = 2 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = C_3 = C_4 = C_6 = 1 \text{ мкФ}$ ,  $C_5 = 3 \text{ мкФ}$ ,  $C_7 = 0,5 \text{ мкФ}$ . Положения ключей: 0 – выключен; 1 – включен.

Таблица 1

Ключ	Позиции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
К1	0	1	0	0	1	1	0	1
К2	0	0	1	0	1	0	1	1
К3	0	0	0	1	0	1	1	1

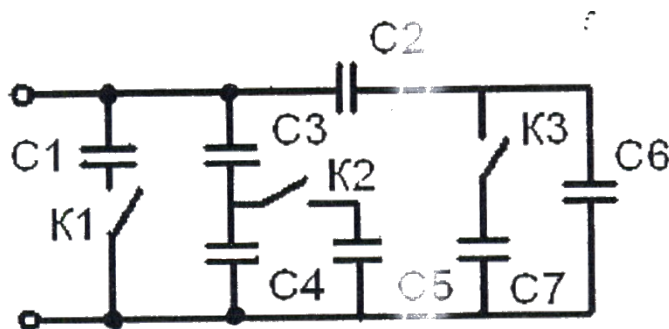


Рисунок 5.

### 3.Контрольные вопросы.

1) Как определяется эквивалентная емкость при последовательном и параллельном соединении конденсаторов?

2) Какой вид соединения конденсаторов называется смешанным?

Приведите пример такого соединения.

#### **4. Содержание отчета.**

1)Номер работы.

2)Наименование.

3)Цель работы.

4)Чертеж схемы согласно варианту задания.

5)Расчет параметров.

6)Ответы на контрольные вопросы.

7) Вывод.

## **Практическая работа №2**

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

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

#### **1.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. Вся 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.

### 1. Пример.

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

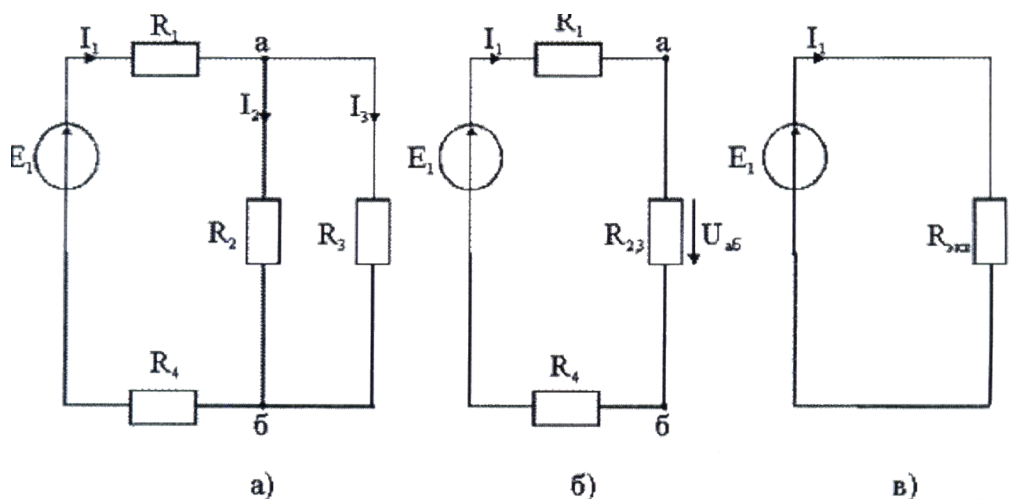


Рисунок 1 - Пример эквивалентных преобразований:  
а) схема электрической цепи до преобразования;  
б) расчетная схема после первого преобразования;  
в) - расчетная схема после второго (окончательного) преобразования

### Расчет

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

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

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

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

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

12) Теперь исходная схема сведена к простейшей, показанной на

рисунке 1- в, из которой определим  $I_1 = \frac{E}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{50}{14,43} = 3,47 \text{ А}$ .

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

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

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

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

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

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.

Задание.

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	$E, \text{ В}$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
			Ом				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	30	2	2	6	12	12
2	2	30	2	2	12	6	12
3	2	20	2	12	2	6	12
4	2	20	2	6	12	2	12

5	2	30	6	2	12	2	12
6	3	40	4	12	2	6	12
7	3	40	4	12	2	12	6
8	3	40	12	4	12	6	2
9	3	40	6	12	2	4	2
10	3	40	2	4	12	6	12
11	4	30	2	3	5	4	2
12	4	30	2	4	5	3	2
13	4	30	2	3	4	5	2
14	4	30	3	2	5	4	2
15	4	30	4	5	2	2	3
16	4	40	5	6	2	4	5
17	5	40	6	5	2	4	5
18	5	40	2	4	5	6	5
19	5	40	5	4	6	2	5
20	5	40	4	6	2	5	5
21	5	20	10	5	4	6	3
22	6	20	2	6	4	5	10
23	6	20	5	10	6	4	3
24	6	20	4	6	5	10	3
25	6	20	3	10	4	6	5
26	6	10	2	4	4	6	3
27	6	10	3	6	4	4	2
28	7	10	4	2	4	3	6
29	7	10	2	6	3	4	4
30	7	10	6	3	2	4	4
31	7	25	5	10	10	15	20
32	7	25	20	15	10	10	5

### Схемы к заданиям

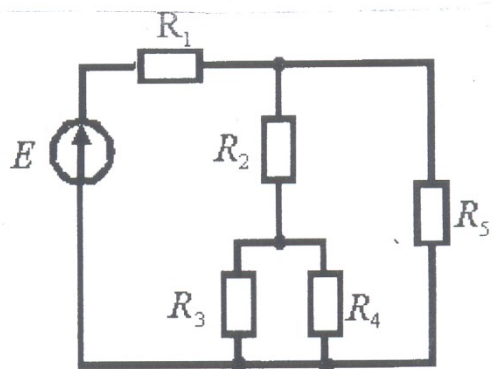


Рисунок 2.

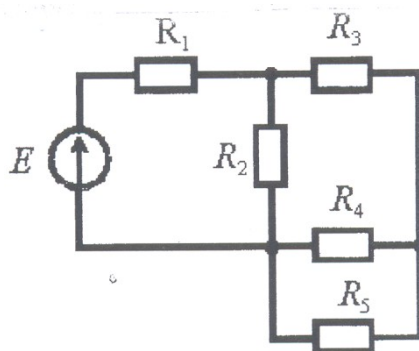


Рисунок 3.

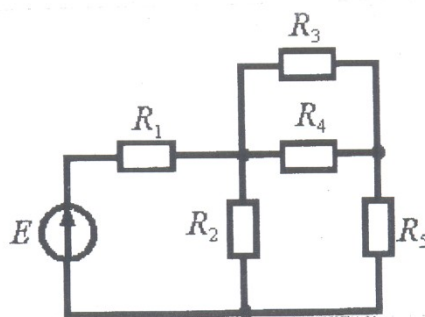


Рисунок 4.

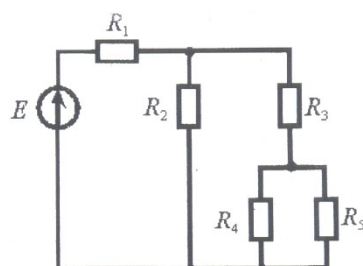


Рисунок 5.

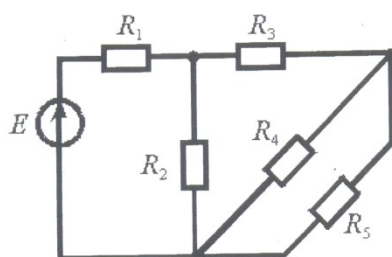


Рисунок 6.

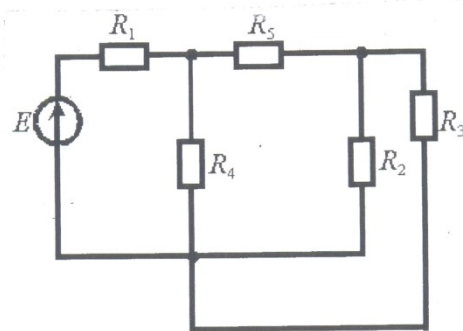


Рисунок 7.

## 2. Контрольные вопросы.

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

## 4. Содержание отчета.

- 1)Номер работы.
- 2)Наименование.
- 3)Цель работы.
- 4)Чертеж схемы согласно варианту задания.
- 5)Расчет параметров.
- 6)Ответы на контрольные вопросы.
- 7)Вывод.

## Практическая работа № 3

### Расчет однофазного выпрямителя с активным сопротивлением нагрузки

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

## 1 Теоретический материал

### Параметры выпрямительных диодов.

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

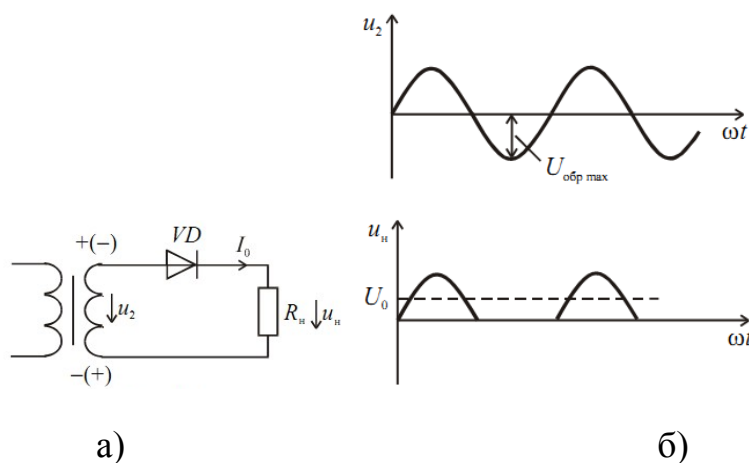


Рисунок 1 – Однофазный однополупериодный выпрямитель:

а - схема; б - временные диаграммы работы.

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.

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.

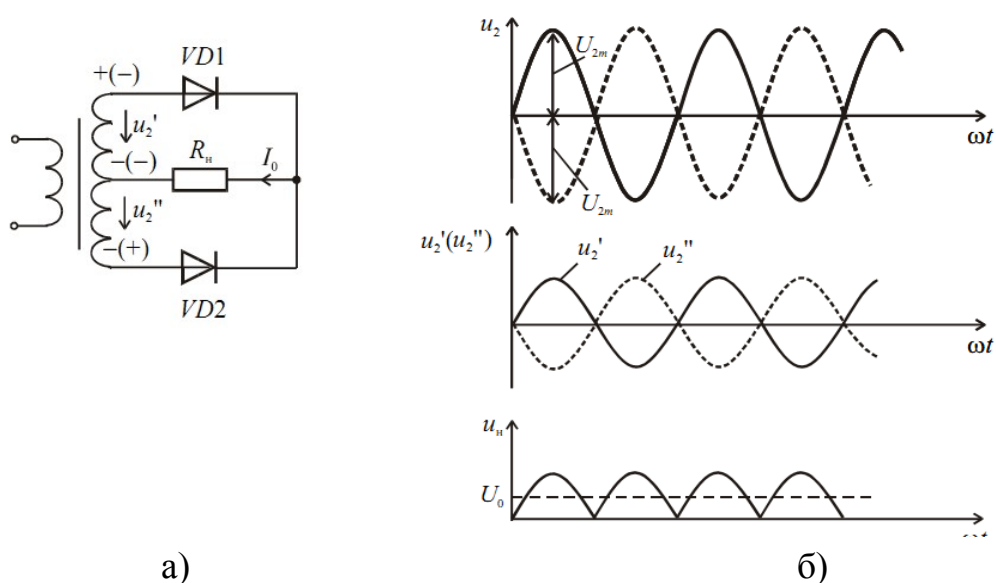


Рисунок 2 – Выпрямитель со средней точкой:  
а – схема; б – временные диаграммы.

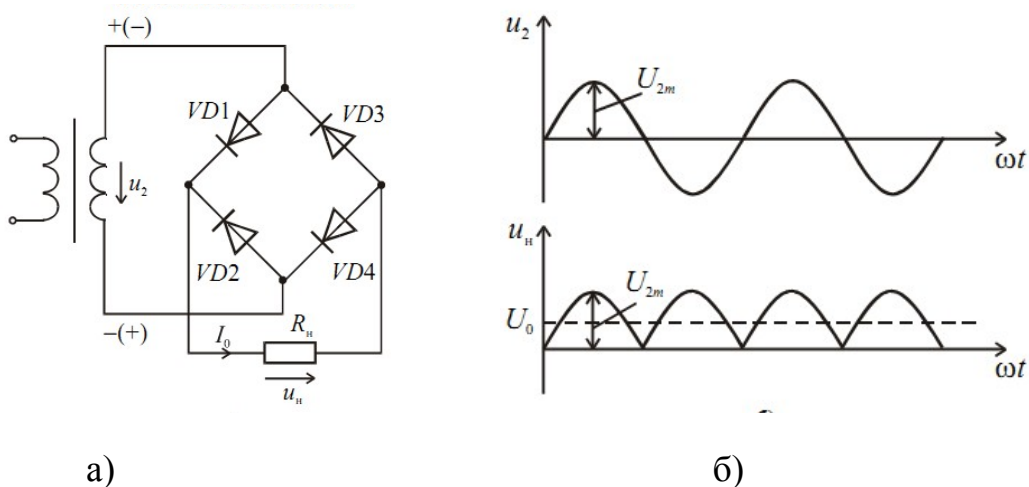


Рисунок 3 – Мостовой выпрямитель: а – схема; б - временные диаграмм

## 2 Порядок расчета.

1) Расчет среднего выпрямленного тока

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} I_d = \frac{P_d}{U_d} .$$

2) Расчет обратного напряжения

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

3) Выбор диодов проводят

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

### Задание.

Выберите диоды для выпрямителя.

Варианты расчетных заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ 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	$I_{доп.}$ , А	$U_{обр}$ В	Тип диода	$I_{доп.}$ , А	$U_{обр}$ , В
Д205	0,4	400	Д243	5	200
Д207	0,1	200	Д243А	10	200
Д209	0,1	400	Д243Б	2	200
Д210	0,1	500	Д217	0,1	800
Д21П	0,1	600	Д218	0,1	1000
Д214	5	100	Д221	0,4	400
Д214А	10	100	Д222	0,4	600
Д214Б	2	100	Д224	5	50
Д215	5	200	Д224А	10	50

Д015Л	10	200	Д224Б	2	50
Д215Б	2	200	Д 226	0.3	400
Д233	10	500	Д226А	0.3	300
Д233Б	5	500	Д231	10	300
Д234Б	5	600	Д231Б	5	300
Д242	5	100	Д232	10	400
Д242А	10	100	Д232Б	5	400
Д242Б	2	100	Д244	5	50
Д244А	10	50	Д303	3	150
Д244Б	2	50	Д 304	3	100
Д302	1	200	Д305	6	50

### **3. 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?

### **4. Содержание отчета.**

- 1)Номер работы.
- 2)Наименование.
- 3)Цель работы.
- 4)Чертеж схемы выпрямителя согласно варианту задания.
- 5)Временные диаграммы напряжений выпрямителя.
- 6) Расчет параметров.
- 7) Выбор диодов по таблице 2.
- 8)Ответы на контрольные вопросы.
- 9)Вывод.

## **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).

## ЛИТЕРАТУРА

### Основные источники:

1. Немцов М.В., Электротехника и электроника [текст]: учебник / М.В. Немцов, М.Л. Немцова.- 1-е изд.- М. : Академия, 2020. — 480 с.

2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине "Электротехника и электроника" для студентов специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка) [Текст] / В.В. Лыкова ; ЮУрГТК. - Челябинск: РИО, 2022. - 90 с. : схемы.

3. Методические рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы по учебной дисциплине "Электротехника и электроника" для студентов специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов [Текст] / А.А. Пестрикова ; ЮУрГТК. - Челябинск : РИО, 2022. - 46 с.

### Дополнительные источники:

2. Электротехника и электроника: Учебник/ Гальперин М.В.-М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2020 - 480 с.- (Профессиональное образование)- ISBN 978-5-91134-783-3 - Текст электронный- URL<http://znanium.com/catalog/product/553180/>

### Интернет-ресурсы

[/ https://www.electrolibrary.info](https://www.electrolibrary.info)

[http://www.kgau.ru/distance/etf\\_01/kolmakov/el-technology\\_eumk/](http://www.kgau.ru/distance/etf_01/kolmakov/el-technology_eumk/)

<http://go.elec.ru>

<http://www.electric-find.com>

<http://netelectro.ru/>

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

***«Электротехника и электроника»***

Выполнил:

Группа:

Проверил:

Челябинск, 2022