



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А.И. Колесниченко

ОП.05 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методическое пособие для выполнения практических занятий
по специальности

**15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт
промышленного оборудования (по отраслям)**

МО-15 02 17-ОП.05.ПЗ

РАЗРАБОТЧИК	Макарова С.С.
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Судьбина Н.А.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2024
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ	2025

Содержание

Введение	3
Перечень практических занятий	4
Практическая работ №1. Расчёт электрической цепи при последовательном соединении резисторов.....	5
Практическая работа №2 Расчёт электрической цепи при параллельном соединении резисторов.....	6
Практическая работа №3 Исследование явления электромагнитной индукции.....	8
Практическая работа №4 Исследование цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлениями.....	Ошибка! Закладка не определена.
Практическая работа №5 Исследование цепи переменного тока с активным и емкостным сопротивлениями.....	12
Практическая работа №6 Расчёт цепи трехфазного тока при соединении в звезду	15
Практическая работа №7. Расчёт цепи трехфазного тока при соединении в треугольник.....	18
Практическая работа №8 Поверка приборов.....	Ошибка! Закладка не определена.
Практическая работа №9 Исследование полупроводниковых диодов.....	Ошибка!
Закладка не определена.	

МО-15 02 17-ОП.05.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ	С.3/27

Введение

Рабочей программой дисциплины предусмотрено 18 академических часа на выполнение практических занятий.

Целью проведения практических занятий является формирование у обучающихся профессиональных и общих компетенций закрепление теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по отдельным темам дисциплины. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, конкретизируются и углубляются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность применять эти знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Выполнение практических занятий способствует формированию у обучающихся следующих элементов компетенций:

ПК 1.1. Осуществлять организационно-производственные работы для подготовки сборки и монтажа промышленного (технологического) оборудования

ПК 1.2. Проводить сборку, регулировку, дефектовку агрегатов промышленного (технологического) оборудования

ПК 1.3. Производить оценку состояния промышленного (технологического) оборудования после выполнения наладочных работ, контроль технического состояния оборудования при вводе в эксплуатацию

ПК 2.1. Производить техническое обслуживание и диагностику промышленного (технологического) оборудования в процессе эксплуатации в соответствии с технической документацией

ПК 2.2. Разрабатывать технологическую документацию для проведения работ по техническому обслуживанию промышленного (технологического) оборудования

ПК 2.3. Организовать работу персонала по техническому обслуживанию промышленного (технологического) оборудования

Учебная дисциплина ОП.05 «Электротехника и основы электроники» является общепрофессиональной дисциплиной, формирующей базовые знания, необходимые для освоения специальных дисциплин.

Перед проведением практических занятий обучающиеся обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания готовность к выполнению задания.

МО-15 02 17-ОП.05.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ	С.4/27

Перечень практических занятий

№ п/п	Практическое занятие	Кол-во часов
1	Практическая работ №1. Расчёт электрической цепи при последовательном соединении резисторов.	2/02
2	Практическая работа №2 Расчёт электрической цепи при параллельном соединении резисторов.	2/04
3	Практическая работа №3 Исследование явления электромагнитной индукции	2/06
4	Практическая работа №4 Исследование цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлениями.	2/08
5	Практическая работа №5 Исследование цепи переменного тока с активным и емкостным сопротивлениями.	2/10
6	Практическая работа №6 Расчёт цепи трехфазного тока при соединении в звезду.	2/12
7	Практическая работа №7. Расчёт цепи трехфазного тока при соединении в треугольник.	2/14
8	Практическая работа №8 Поверка приборов	2/16
9	Практическая работа №9 Исследование полупроводниковых диодов.	2/18
Всего по дисциплине		18

Практическое занятие №1 . Расчёт электрической цепи при последовательном соединении резисторов.

Цель работы:

Исследовать режимы работы электрической цепи постоянного тока при последовательном соединении ламп накаливания и распределение тока, напряжений и мощностей по участкам цепи.

План работы:

Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать их технические данные в таблицу 1.

Приборы и оборудование:

1. Амперметр М-367 3А
2. Вольтметр М-367 50В
3. Вольтметр М-367 15В
4. Лампы накаливания МО 24В 4-штуки.

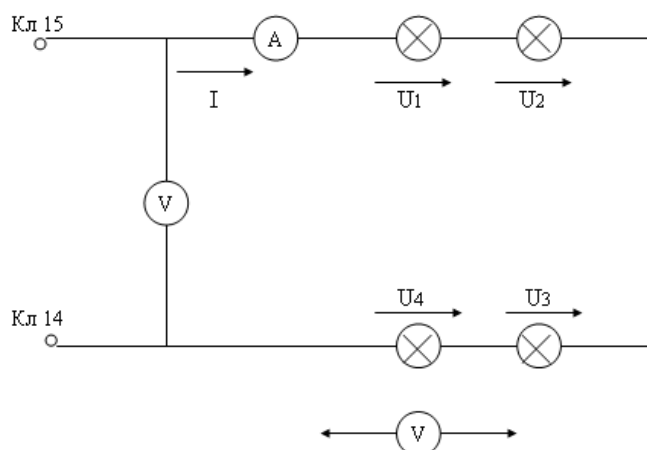
При последовательном соединении потребителей лампы накаливания образуют неразветвлённую цепь, т. е. по ним протекает один и тот же ток. Общее напряжение цепи равно сумме падений напряжений отдельных потребителей:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \text{ и т. д.}$$

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{U}{I}$$

$$P_{\text{общ}} = P_1 + P_2 + P_3 = I \cdot U$$

Собрать схему цепи:



Выполнение работы:

1. Установите напряжение цепи U и измерьте ток в цепи I , падение напряжения на лампах U_1, U_2, U_3, U_4 . Данные замеров занести в таблицу 2.

Таблица 2.

I	U	U_1	U_2	U_3	U_4
A	B	B	B	B	B

2. Проверьте справедливость равенства $U=U_1+U_2+U_3+U_4$, пользуясь результатами опыта.

3. Определите сопротивления и мощность отдельных участков и всей цепи проверьте справедливость соотношений.

$$U_1: U_2 = r_{л1}: r_{л2}; \quad U_3: U_4 = r_{л3}: r_{л4}$$

$$P_{л1}: P_{л2} = r_{л1}: r_{л2}; \quad P_{л3}: P_{л4} = r_{л3}: r_{л4}$$

5. Изменяя напряжение на зажимах цепи от U установленного до 0 измерьте ток в цепи и данные замеров занести в таблицу 3.

Таблица 3.

U	B					
I	A					

По полученным данным постройте в масштабе зависимость $I = f(U)$

Сделайте вывод по проделанной работе:

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение называется последовательным?
2. Какая величина постоянная при последовательном соединении?
3. Как определить общее сопротивление при последовательном соединении.

Практическое занятие №2 Расчёт электрической цепи при параллельном соединении резисторов.

Цель работы:

Исследовать режимы работы электрической цепи постоянного тока при параллельном соединении ламп накаливания и распределение тока, напряжений и мощностей по участкам цепи.

При параллельном соединении (рисунок 4) ко всем потребителям приложено одно и то же напряжение, а токи определяются по закону Ома:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Эквивалентное сопротивление цепи определяются из выражения:

$$\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{или} \quad R_{\text{экв}} = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3}.$$

Для двух потребителей:

$$R_{\text{экв}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

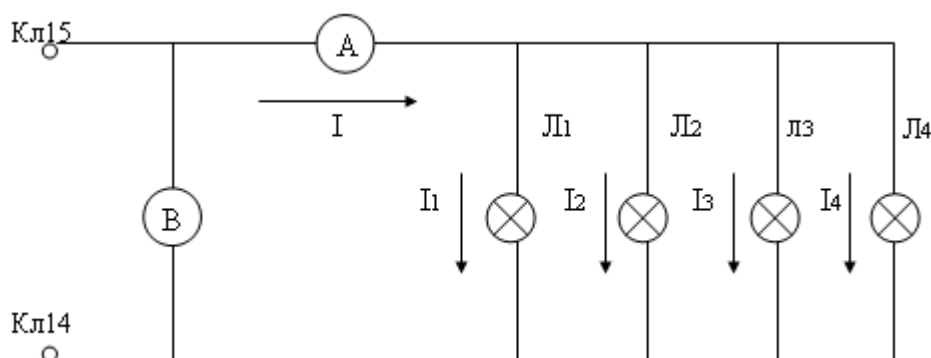
План работы:

Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать их технические данные в таблицу 1.

Приборы и оборудование:

- | | | | |
|----------------------|-------|----------------|--|
| 1. Амперметр | М-367 | 3А | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; line-height: 20px;">А</div>
 <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; line-height: 20px;">V</div> </div> |
| 2. Вольтметр | М-367 | 50В | |
| 3. Лампы накаливания | МО | 36В - 4 штуки. | |

2. Собрать схему цепи:



2.1. Установите напряжение цепи U и измерьте ток в цепи I , токи на участках цепи I_1, I_2, I_3, I_4 , последовательно переключая амперметр в ветви Л1, Л2, Л3, Л4.

2. 2. Данные замеров занести в таблицу 2.

Таблица 2

U	I	I1	I2	I3	I4
B	A	A	A	A	A

1. Проверьте справедливость равенства $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$, пользуясь результатами опыта.

2. Определите сопротивления, проводимости и мощность отдельных участков и всей цепи. Проверьте справедливость соотношений:

$$I_1:I_2 = R_{л1}: R_{л2}; \quad I_3:I_4 = R_{л3}: R_{л4};$$

$$P_1: P_2 = R_2: R_1; \quad P_3: P_4 = R_{л3}: R_{л4};$$

Установите на зажимах цепи постоянное напряжение U , и последовательно включая лампы, измеряйте ток в неразветвлённой части цепи (отключая лампы, изменяя сопротивление в цепи). Данные замеров занести в таблицу 3

Таблица 3

П/П	U	I	R
	B	A	Ом
1			
2			
3			

По полученным данным постройте в масштабе зависимость $I = f(R)$

Сделайте вывод по проделанной работе:

Контрольные вопросы:

1. Как определить общее сопротивление при параллельном соединении потребителей?
2. Какое соединение потребителей называется параллельным?
3. Какая величина постоянная при параллельном соединении?

Практическое занятие №3 Исследование явления электромагнитной индукции.

Цель работы:

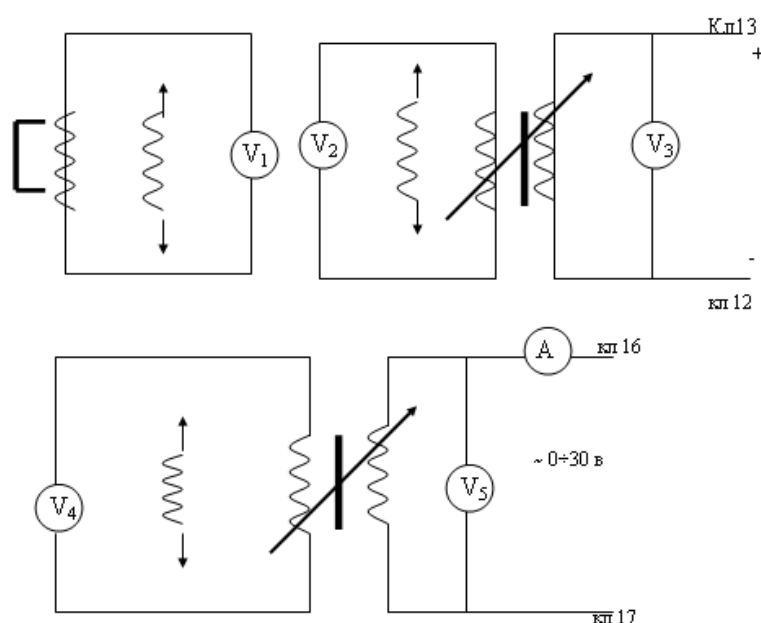
По результатам эксперимента убедиться, что при изменении магнитного потока в катушке, в ней наводится ЭДС и дать объяснения каждому опыту.

План работы:

Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать их технические данные в таблицу 1.

Приборы и оборудование:

1. Амперметр Э-378 - 3А
2. Вольтметр Ц-4311 - 0,75 мВ
3. Вольтметр М-42100 - 3-0-3 В
4. Вольтметр М-367 - 15 В
5. Вольтметр Э-378 - 250 В
6. Вольтметр Э-378 - 150 В
7. Катушка индуктивности 2340 витков
8. Катушка индуктивности 4800 витков
9. Электромагнит
10. Постоянный магнит



Выполнение работы:

1. Соберите схему А, и изучите явление электромагнитной индукции, вводя в катушку L1 или L2 постоянный магнит.
2. Соберите схему Б, установите напряжение в цепи 5-6В. Перемещая электромагнит, начало в катушке L1, затем в катушке L2 измерьте примерное значение наведённой ЭДС и сравнив результаты эксперимента сделайте выводы о величине индуцированной ЭДС
3. Соберите схему В. Изменяя напряжение от 0 до 30 В для 3-х значений определите величины ЭДС, индуцированных в катушках L1 и L2. Объясните это явление, сравните результаты измерений и сделайте вывод о величине индуцированной ЭДС в зависимости от числа витков катушки.
4. По результатам проведённых экспериментов сделайте вывод по работе.

Вопросы для Самопроверки:

1. В каком случае индуцирование ЭДС в проводе, движущимся в магнитном поле, наиболее эффективным?
2. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
3. В чём заключается явление взаимной индукции?
4. Назовите наиболее яркий пример использования взаимной индукции.

Практическое занятие №4 Исследование цепи переменного тока с активным и индуктивным сопротивлениями

Цель работы:

1. Исследовать влияние индуктивности катушки на режимы работы цепи.
2. Закрепить вопрос о построении векторных диаграмм.

План работы:

Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать технические данные в таблицу (см. бланк отчёта)

Приборы и оборудование:

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Амперметр Э 59 | 2А |
| Ц 4311 | 3А |
| Э 514 | 5 А |
| 2. Вольтметр Э 59 | 7,5-60 |
| 3. Вольтметр Э378 | 150 |
| 4. Вольтметр Э | 150V |
| 5. Фазометр Д548 | 150V |
| 6. Резистор ПЭЛ | 27 Ом + 10% |
| 7. Катушка | 2340 витков индуктивности R _к =300м |

Общие сведения из теории:

При прохождении переменного тока через катушку, вокруг неё создаётся переменное поле, которое наводит в катушке ЭДС самоиндукции при I_L

$$I_L = - L \, di / dt$$

Направление ЭДС самоиндукции определяется по закону Ленца: При увеличении тока $di/dt > 0$ ЭДС самоиндукции отрицательна, т.е. направлена навстречу току, в контуре. Наоборот, при уменьшении тока $di/dt < 0$ ЭДС самоиндукции

положительная и направлена одинаково с током. Таким образом, ЭДС самоиндукции всегда препятствует изменению тока. Это препятствие называется индуктивным сопротивлением.

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

Где L - индуктивность катушки, зависящая от формы и размеров катушки, от числа витков и от сердечника. Измеряется в генри. Катушка обладает, как активным сопротивлением (сопротивление, которое оказывает сам проводник электрическому току), так и индуктивным сопротивлением, поэтому полное сопротивление:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Мгновенная мощность в такой цепи изменяется с двойной частотой несинусоидально, причём, одна часть расходуется на тепло (нагрев активного сопротивления) – активная мощность:

$$P = U I \cos \varphi = U_a I \text{ (Вт)}$$

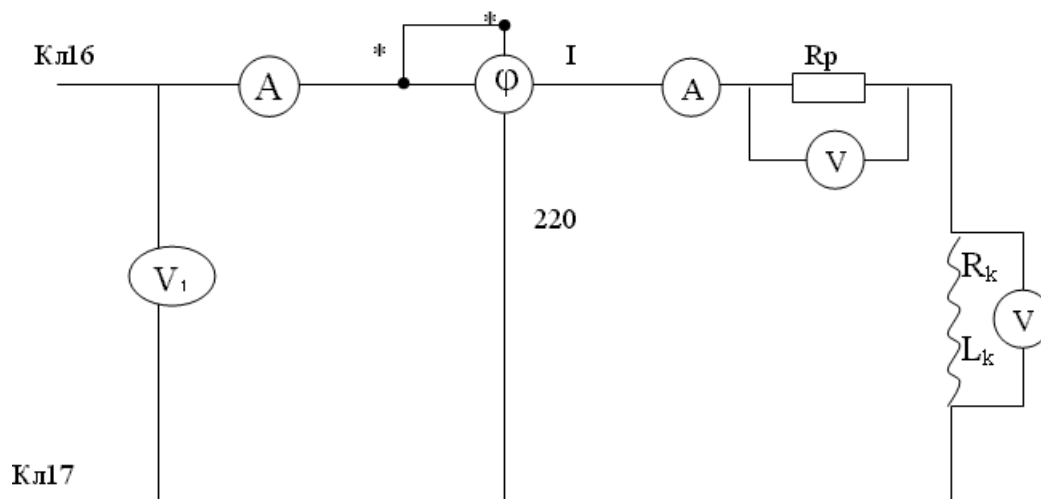
А другая часть идёт на создание переменного магнитного поля вокруг катушки – Q – реактивная мощность. $P = U I \cos \varphi = U_a I \text{ (вар)}$

$$\text{Полная мощность} - S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (ва)}$$

$$\text{Коэффициент мощности} - \cos \varphi = R/Z = P/S$$

Угол φ в цепи с активным сопротивлением и индуктивностью всегда положительный, т.е. в такой цепи напряжение опережает ток на $\cos \varphi$.

Собрать схему цепи:



Выполнение работы:

1. Ввести полностью сердечник в катушку.
2. Включить цепь и установить на клеммах заданное напряжение.
3. Изменить положение сердечника в катушке (4,5 положений) измерить ток I напряжения на резисторе $U_{рез.}$, напряжение на катушке U_k , $\cos$. Данные занести в таблицу № 2

Таблица № 2

Порядок замера	U	$U_{рез.}$	U_k	I	cos	
	В	В	В			Град.
1						
2						
3						
4						
5						

По данным замеров определить (для каждого измерения):

- Сопротивление резистора – R_p ;
- Активное сопротивление цепи – $R = R_p + Z_k$
- Полное сопротивление катушки - Z_k
- Индуктивное сопротивление катушки – X_L
- Индуктивность катушки - L ($f = 50$ Гц)
- Индуктивное падение напряжения - U_L
- Полное сопротивление цепи - Z
- Активное падение напряжения - U_a
- Активную мощность цепи - P
- Индуктивную мощность цепи - Q_L
- Полную мощность цепи - S

Результаты отчётов занести в таблицу № 3

Таблица №3

Порядок замера	R_p	R	Z_k	X_L	L	Z	P_a	Q_L	S	U_a	U_L
	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	Ом	Вт	Вар	ВА	В	В

По данным таблицы № 3:

- построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и тока и сравнить их (для 1-го и последнего замеров);

МО-15 02 17-ОП.05.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ	С.13/27

- построить зависимости $I(L), P(L), S(L), \cos \varphi (L)$.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности энергетических процессов в исследуемой цепи?
2. Что такое реальная и идеальная катушка?
3. Как записывается закон Ома для данной цепи?

Практическое занятие №5 Исследование цепи переменного тока с активным и емкостным сопротивлениями.

Цель работы:

1. Исследовать влияние емкости конденсатора на режимы работы цепи.
2. Закрепить вопрос построения векторных диаграмм.

План работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать их технические данные в таблице 1 (см. бланк отчета)

Приборы и оборудование:

1. Амперметр Э-59; 2А
Ц-4311; 3А
2. Вольтметр Э 514; 5А
Э 59; 7,5 А
3. Вольтметр Э 378; 250В, 150В
4. Вольтметр Э 59; 150, 300 В
5. Фазометр Д548; 0-1-0
6. Резистор ПЭЛ; $270 \pm 10\%$
 $2\text{мкФ} \pm 10\%$
7. Конденсаторы МГБ; $10\text{мкФ} \pm 10\%$
 $20\text{мкФ} \pm 10\%$

Два проводника, разделенные диэлектриком образуют электрический конденсатор, проводники конденсатора называются обкладками. Если к обмоткам конденсатора приложить переменное напряжение, конденсатор начинает заряжаться, т.е. накапливать на своих обмотках равные по величине и разные по знаку электрические заряды. Вокруг обкладок создается переменное электрическое поле.

При внесении диэлектрика в электрическое поле (как это происходит с диэлектриком в конденсаторе) под действием сил поля происходит поляризация диэлектрика и возникает ток смещения, который создает свое электрическое поле, направленное противоположно основному. В результате чего происходит ослабление основного поля. Так возникает реактивное – емкостное сопротивление.

Где C – емкость конденсатора, которая зависит от формы и размеров обкладок, их взаимного расположения и свойства диэлектрика. Измеряется в фарадах.

Полное сопротивление цепи с активным сопротивлением и емкостью.

Мощность в такой цепи изменяется с двойной частотой, причем одна часть расходуется на тепло в активном сопротивлении.

P – активная мощность.

А другая часть идет на создание переменного электрического поля вокруг обкладок конденсатора.

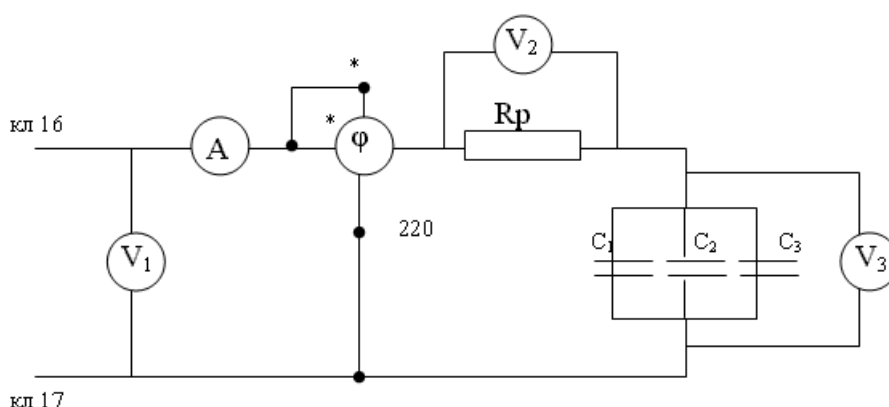
Q – Реактивная мощность;

S - Полная мощность такой цепи;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности.

Угол φ в такой цепи всегда отрицательный, т.е. в такой цепи напряжение отстает от тока на угол φ

Собрать схему цепи:



Выполнение работы:

1. Включить цепь и установить на клеммах 16-17 заданное напряжение.
2. Последовательно отключая конденсаторы $C = 32 \text{ мкФ}$, 30 мкФ – 20 мкФ , 10 мкФ , провести измерения тока I , напряжений на резисторе U_p и конденсаторе U_c ; $\cos \varphi$, φ . Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

C	U	I	U _p	U _c	cos φ	φ	f
мкФ	В	А	В	В		град	Гц
32							
30							
20							
10							

По данным замеров (таблицы 2) определить (для каждого измерения):

- сопротивление резистора - R_p ;
- емкостное сопротивление конденсатора – X_c ;
- полное сопротивление цепи – Z_c ;
- полную мощность цепи – S ;
- активную мощность цепи – P ;
- емкостную мощность цепи – Q_c .

Результаты расчетов ввести в таблицу 3.

Таблица 3

C	R_p	X_c	Z_c	S	P	Q_c
32						
30						
20						
10						

По данным таблицы 3:

1. Построить зависимости $I(C)$, $P(C)$, $\cos \varphi(C)$, $S(C)$;
2. Для первого и последнего замеров построить в масштабе векторные диаграммы напряжения и тока и сравнить их;
3. На основании проделанной работы сделать выводы о влиянии емкости на характеристики цепи.

Контрольные вопросы:

1. Как записывается закон Ома для данной цепи?
2. От чего зависит полное сопротивление цепи?
3. Каковы особенности энергетических процессов в исследуемой цепи?
4. Что такое реальный и идеальный конденсатор?

Практическое занятие №6

Исследования трёхфазной цепи при соединении приёмников энергии звездой

Цель работы:

1. Проверить соотношение фазных и линейных напряжений.
2. По опытным данным построить векторные диаграммы.

Общие сведения из теории:

Соединение «звездой» называется такое соединение, когда концы фаз соединены в одну точку, называемую нулевой, а начала выделены к линейным проводам.

Напряжение между двумя линейными проводами называется линейным U

Напряжение между линейными проводами и нулевым называется фазным U_{ϕ}

При соединении «звездой» напряжение линейное больше фазного в $\sqrt{3}$

$$U_{\text{л}} = U_{\phi} \sqrt{3}$$

Линейными токами называются токи, проходящие по линейным проводам $I_{\text{л}}$

Фазными токами называются токи, проходящие по фазам I_{ϕ}

При соединении «звездой» линейные токи равны фазным $I_{\text{л}} = I_{\phi}$ Сила тока в нулевом проводе равна геометрической сумме токов отдельных фаз.

$$I_0 = I_A + I_B + I_C$$

При равномерной нагрузке фаз, т.е. при различных сопротивлениях фаз по нулевому проводу будет протекать ток, называемый уравнивающим. Сечение нулевого провода зависит от неравномерности нагрузке фаз, обычно его берут равным 50% сечения линейного провода, т.к. сила тока в нулевом проводе меньше. При наличии нулевого провода и неравномерной нагрузке фаз напряжения на фазах потребителей остаются неизменными и равными напряжениям на соответствующих фазах генератора. А в случае обрыва одного из линейных проводов при наличии нулевого провода потребители, связанные с оборванной фазой, лишаются питания, а две другие фазы работают нормально. На нулевой провод рубильники и предохранители не ставятся, 4-х проводная цепь 3-х фазного тока применяется тогда, когда неравномерность нагрузки на фазах является нормальным условием эксплуатации потребителей (в частности, осветительная нагрузка, нагревательные приборы).

Мощность одной фазы определяется: $P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi$

При неравномерной нагрузке фаз мощность 3-х фаз определяется:

$$P = 3P_{\phi} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi$$

Приборы и оборудование:

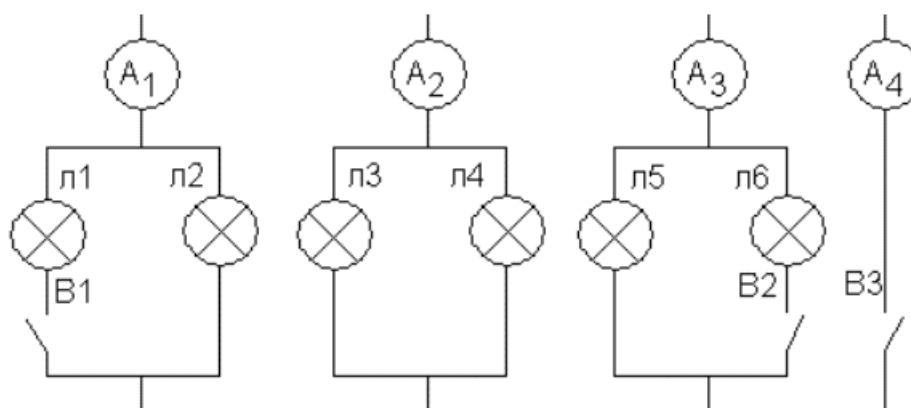
1. Амперметр Ц 4311

2. Вольтметр Э 59

3. Лампы накаливания БК 40 Вт, 60 Вт, 220 В

План работы:

1. Данные приборов и оборудования занести таблицу 1 (см. бланк отчёта)
2. Собрать схему установки и показать её руководителю занятий.



Выполнение работы:

1. При равномерной нагрузке измерить фазное и линейное напряжение, фазные токи, ток нулевого провода, смещение нейтрали. Данные замеров записать в таблицу

2. Отключив нулевой провод убедиться, что режим работы цепи не изменится.

3. По данным замеров вычислить:

- сопротивление фаз приёмника;
- мощность фаз приёмника и всей цепи;
- убедиться, что $U_{\text{л}} = 3 \cdot U_{\text{ф}}$.

3. Выключателями изменить сопротивление фаз приёмника (неравномерная нагрузка) и повторить измерения п.1.

4. По данным измерения вычислить п.2. (а, б)

а) построить векторную диаграмму линейных напряжений, фазных и нулевого тока ($U_{\text{л}} = U_{\text{ф1}} - U_{\text{ф2}}$) фазные токи совпадают с фазным напряжением, так как лампы активная нагрузка; ($I_0 = I_A + I_B + I_C$)

5. Отключить нулевой провод, провести измерения п.1.

6. По данным замеров вычислить: $U_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

$$U_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} \cdot e;$$

$Y = \text{-----}; Z = R$ (для активной нагрузки) и сравнить U_0 и U_0 для всех случаев.

Фазные напряжения источника равны и сдвинуты по фазе на 120°

7. Построить в масштабе векторную диаграмму.

Порядок замера	U	U	U	U	U	U	U	U	U	I	I	I	I	I
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Равномерная нагрузка														
Неравномерная нагрузка														
Обрыв "О"														

Контрольные вопросы:

1. Какова роль нейтрального провода?
2. Какое напряжение называется линейным?
3. Какое напряжение называется фазным?
4. Соотношение линейных и фазных напряжений при соединении потребителей звездой.

Практическое занятие №7 Исследование трёхфазной цепи при соединении приёмников энергии «треугольником»

Цель работы:

1. Проверить соотношение линейных и фазных токов
2. Построить по опытным данным векторные диаграммы.

Треугольником называется такое соединение, когда конец фазы «А» соединён с началом фазы «В». Конец фазы «В» соединён с началом фазы «С» и конец с началом фазы «А». К точкам соединений присоединяется линейные провода.

При соединении «треугольником» фазное напряжение равно линейному $U_{\phi} = U_{\text{л}}$

Линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз $I_{\text{л}} = \sqrt{3} I_{\phi}$

При неравномерной нагрузке фаз линейные напряжения будут одинаковы, а токи в фазах будут различными.

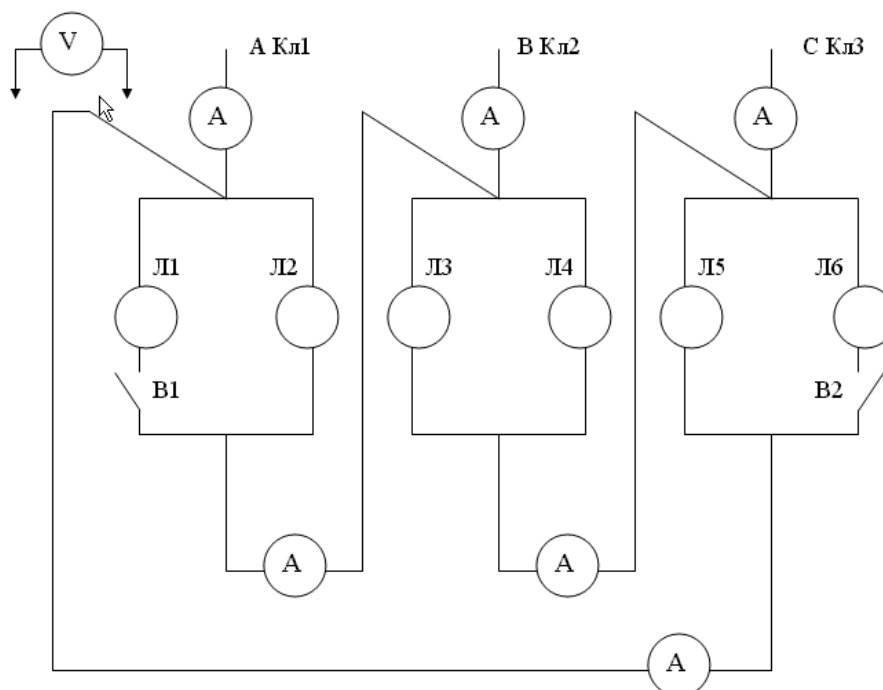
В случае обрыва одного из линейных проводов потребители, не связанные с оборванным проводом, будут работать нормально, а две другие фазы окажутся соединёнными между собой последовательно и на них напряжение распределится пропорционально сопротивлениям фаз (если нагрузка на фазах была равномерная, то линейное напряжение на фазах распределится поровну). В этом случае потребители на этих 2х фазах будут гореть в полнакала.

В результате можно сказать, что соединение потребителей «треугольником» применяется только там, где имеет место равномерная нагрузка фаз (в частности – эл. двигатели).

Активная мощность при соединении «треугольником» определяются по тем же формулам, что и при соединении «звездой».

Если одни и те же потребители соединить по схеме (звездой), затем по схеме «треугольник», при соединении «треугольником» потребляемая мощность будет больше в 3 раза. $P_{\Delta} = 3P_{\text{Y}}$

Собрать схему:



Приборы и оборудование:

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. Амперметр Э514 , Э59 | A1, A2, A3. |
| 2. Амперметр Ц4311 | A4, A5, A6. |
| 3. Вольтметр Э59 | 150-300 В. |

Лампы накаливания БК 40 Вт, 60 Вт, 220 Вт

План работы:

Ознакомиться с приборами и оборудованием лабораторного стола и записать технические данные в таблицу (см. бланк отчёта)

Собрать схему установки и показать её для проверки руководителю занятий

Выполнение работы:

1. При равномерной нагрузке фаз измерить фазное напряжение, фазные и линейные токи. Данные замеров занести в таблицу.
2. По данным измерений вычислить:
 - сопротивление фаз приёмника;
 - мощность фаз приёмника и всей цепи;

- в масштабе построить векторную диаграмму векторных напряжений, фазных и линейных токов (для 1-го и 2-го замера)

3. Включателями изменить сопротивление фаз (неравномерная нагрузка) и выполнить измерения и расчёты п.п. 1 и 2

4. Отключить провод (линейный – А, обрыв линейного провода) и выполнить измерения п. 1. По данным замеров сделать вывод об аварийном режиме работы цепи.

Пояснение:

Построение векторных диаграмм обосновывается на:

- U_{ϕ} и I_{ϕ} совпадают по фазе, т.к. лампы - нагрузка активная.

- $U_{ав}$, $U_{вс}$, $U_{са}$ – сдвинуты друг относительно друга на 120°

- $I_a = I_{ав} - I_{са}$ и т. Д.

Таблица замеров.

Порядок замера	$U_{ав}$	$U_{вс}$	$U_{са}$	I_a	I_b	$I_{са}$	I_A	I_B	I_C
	В	В	В	А	А	А	А	А	А
Равномерные нагрузки									
Неравномерные нагрузки									
Обрыв линейного провода при неравномерной нагрузке.									

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение обмоток называется треугольником?

2. Что такое равномерная и неравномерная нагрузка.

3. Как изменяется режим работы потребителей, соединённых треугольником при обрыве одного из линейных проводов?

Практическое занятие №8 Поверка приборов

Цель работы:

Научиться определять ошибку измерения приборов и находить поправку приборов.

Общие сведения из теории:

Какими бы методами и как бы тщательно не измерялась величина, точное ее значение получить невозможно из-за приборов, методов измерений, органов чувств, а так же из-за различных случайных влияний на результат измерения. Вследствие

этого при измерении необходимо определять числовое значение измеряемой величины и степень точности измерений.

При измерении любым методом неизбежны некоторые расхождения (погрешности) между измеренным и действительными значениями измеряемой величины.

Все погрешности в электроизмерительных приборах могут быть разделены на основные и дополнительные. Основной погрешностью прибора называется погрешность, которую имеет прибор при нормальных условиях эксплуатации (положение, температура окружающего воздуха, его влажность и пр.)

Основные погрешности, характеризующие прибор и зависящие от его свойств и состояния, определяются классом точности. Они представляют собой сумму погрешности от трения, опрокидывания, неуравновешенности, неправильной градуировки и установки шкалы, остаточной деформации пружин, внутренних электрических магнитных полей, а также от погрешности отсчета.

Дополнительной погрешностью прибора называется погрешность, вызванная отклонением условий работы прибора от нормальных (неправильная установка, внешние электрические и магнитные поля, изменение частоты и пр.) условий.

Дополнительные погрешности вызываются влиянием внешних причин и зависят от температуры окружающей среды, внешнего магнитного и электрического поля и частоты измеряемой величины.

Разность между показанием прибора $A_{изм}$ и действительным значением измеряемой величины A_d называется абсолютной погрешностью прибора

$$\Delta A = A_{изм} - A_{дейст}$$

Для получения действительного значения измеряемой величины вводится поправка прибора "с" называется разностью между A_d действительным и $A_{изм}$ измеренным значением определяемой величины

$$\Delta C = A_d - A_{изм} = -\Delta A$$

Поправка прибора равна абсолютной погрешности, взятой с обратным знаком.

Точность измерений характеризуется относительной погрешностью, представляющей выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности прибора ΔA к действительному значению измеряемой величины A_d

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_d} \cdot 100\% = \frac{A_{изм}}{A_d} \cdot 100\%$$

В технических условиях и ГОСТ нормируется обычно приведенная погрешность γ прив, которая равняется выраженному в процентах отношению наиболее абсолютной погрешности $\Delta A_{\max}$ к верхнему пределу измерений прибора $A_{\text{пр}}$, то есть

$$\gamma_{\text{прив}} = \frac{\Delta A_{\max}}{A_D} \cdot 100\%$$

Цифра, обозначающая класс точности прибора указывает и его допустимую приведенную погрешность γ прив.

С течением времени электроизмерительные приборы не сохраняют своих технических характеристик и особенно класса точности измерения независимо от того, применяются ли они в работе или хранятся на складе.

Применение неточных и неисправных приборов приводит к искаженным результатам измерений.

Определение погрешности технических приборов классов точности 1,0;1,5;2,5; и 4 заключается в сравнении показаний проверяемого и образцового прибора. При проверке методом сличения в качестве образцовых приборов используются приборы классов 0,1;0,2; и 0,5.

Проверка амперметров методом сличения их показания с показаниями образцовых стрелочных приборов производится при последовательном включении проверяемого A и образцового A_0 амперметров с тем, чтобы через них протекал один и тот же ток.

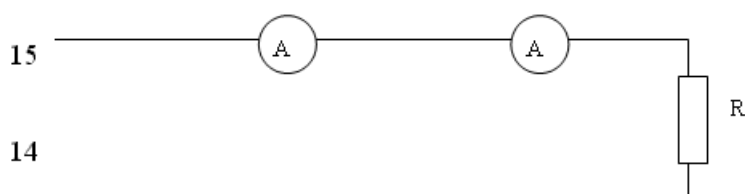
Проверка вольтметров методом сличения выполняется при параллельном включении проверяемого V и образцового V_0 вольтметров с тем, чтобы оба прибора находились под одним и тем же напряжением.

Приборы и оборудование:

1. Амперметр (образцовый) М 1104 3А
2. Амперметр (поверяемый) М 367 3А
3. Вольтметр (образцовый) Э59 60 В
4. вольтметр (поверяемый) М 367 50 В
5. Реостат Р П Ш 1000м.2А

Выполнение работы:

1. Собрать схему для амперметра



2. Выставляя на проверяемом амперметре А значения $I_{изм} = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$ А снять значение образцового прибора A_0
3. По данным замеров определить “с”
4. Данные замеров и расчетов занести в таблицу и сделать вывод о соответствии прибора его классу точности.

Изм	Идейств	ΔI	$\Delta I\%$	Σ

5. Собрать схему для проверки вольтметра



6. Выставляя на поверяемом вольтметре V значения

$U_{изм} = 0; 10; 20; 30; 50$ В , снять значение $V_0 = U_{Дест}$

7. По данным замеров определить

ΔU ; C_u ; Σ ; ΔU_{max} ; $\Sigma_{пр}$.

8. Данные замеров и расчетов занести таблицу и сделать вывод о соответствии прибора классу точности.

U изм	U действ	ΔU	$\Delta U\%$	Σ

9. По результатам расчетов построить график зависимости

$CI = f_1(I_{изм})$; $CU = f_2(U_{изм})$.

Контрольные вопросы:

1. Что такое относительная погрешность?

2. Что такое приведённая погрешность?

3. Как обозначается класс прибора?

Практическое занятие №9 Исследование полупроводниковых диодов

Цель работы:

Снятие и анализ ВАХ германиевого и кремниевого диодов ; определение их параметров по характеристикам; понять свойства р-п перехода.

Полупроводниковый диод имеет один р - п переход и два контактных вывода , катод из п-области и анод из р - области . Наиболее распространены выпрямительные и импульсные диоды . Выпрямительные применяют главным образом для выпрямления переменного тока частотой 50 - 100 Гц. Импульсные применяют в импульсных режимах работы.

Работа диода в выпрямительной схеме определяется его вольт-амперной характеристикой (ВАХ), которая состоит из прямой и обратной ветвей. Прямую ветвь ВАХ снимают по схеме (рисунок 5а). Плавно увеличивая от нуля ток генератора тока ГТ, измеряют прямое напряжение диода для ряда значений прямого тока. Обратную ветвь ВАХ снимают по схеме (рисунок 5 б) . Плавно увеличивая от нуля напряжение генератора ГНЗ, измеряют обратный ток для ряда значений обратного напряжения.

ВАХ германиевого и кремниевого диодов имеет вид (рисунок 6). Анализ этих характеристик позволяет сделать выводы:

1. При одинаковых значениях прямого тока $I_{пр}$ падение напряжения $U_{пр}$ на кремниевом в два раза больше, чем на германиевом диодах .

2. При одинаковых значениях обратного напряжения германиевый диод имеет значительно больший обратный ток $I_{обр}$, чем кремниевый .

Германиевые диоды применяют при обработке сигналов малой амплитуды

(до 0.3 В). Кремниевые применяют , когда обратный ток недопустим .

Основные параметры выпрямительных диодов:

$U_{пр}$ - постоянное прямое напряжение при определенном $I_{пр}$;

$I_{пр}$ - средний допустимый прямой ток;

$U_{обр}$ - обратное допустимое напряжение (амплитудное);

$I_{обр}$ - постоянный обратный ток при определенном $U_{обр}$

Превышение $U_{обр \max}$ переводит диод в режим пробоя р - п перехода . Электрический пробой не разрушает р - п переход (кратковременный), тепловой пробой разрушает р - п переход . Электрический пробой может перейти в тепловой, при длительном воздействии .

Методические указания:

Работа проводится на оборудовании лабораторного стенда 87Л-01, сменная панель 1, на которой собирается рабочая схема (рисунок 5).

1. При выполнении п. 4 используют:

G1(ГТ)-генератор тока стенда;

РА1($I_{пр}$)-АВМ1 на пределе измерения «10 мА»;

PV1 ($U_{пр}$) - АВМ 2 на пределах измерения Для Ge - 0,5 В; для Si - 1 В; VD1 - исследуемые диоды Д7 и кд 103.

2. При выполнении п. 5 используют:

G2 (ГНЗ) - источник напряжения от 0 до 100 В;

РА2 ($I_{обр}$) -АВО на пределах измерения «0,1 мА» и «0,01 мА»;

PV2 ($U_{обр}$) - АВМ 2 на пределах измерения "100 В».

Порядок выполнения работы :

1.Начертить таблицу 1 и 2 для записи снимаемых показаний прямой и обратной ветвей ВАХ.

2.Начертить систему координат (рисунок 7) для построения прямых и обратных ветвей ВАХ в масштабе:

Прямая ветвь: $I_{пр}$ - в 1 см 2 мкА; $U_{пр}$ - в 1 см 0,1 В.

Обратная ветвь: $U_{обр}$ - в 1 см 5 В; для Ge $I_{обр}$ - в 1 см 5 мкА, для Si в 1 см 0,05 мкА.

3.Начертить электрические схемы (рисунок 5 а, б). Для снятия показаний при прямом включении диодов (рисунок 5 а) . Для снятия показаний при обратном включении диодов (рисунок 5 б).

4.Снятие прямых ветвей ВАХ германиевого и кремниевых диодов. На сменной панели 87Л-07/Л собрать схему (рисунок 5 а) . Устанавливая указанные значения $I_{пр}$ снять показания $U_{пр}$ и замеры внести в соответствующие графы для Ge и Si, таблица 1.

5.Снятие обратных ветвей ВАХ германиевого и кремниевых диодов. На сменной панели 87Л-01/1 собрать схему (рисунок 5 б). Устанавливая указанные значения $U_{обр}$ снять показания $I_{обр}$ и замеры внести в соответствующие графы для Ge и Si, таблица 2.

По данным таблиц 1 и 2 построить прямые и обратные ветви ВАХ германиевого и кремниевых диодов в координатных осях.

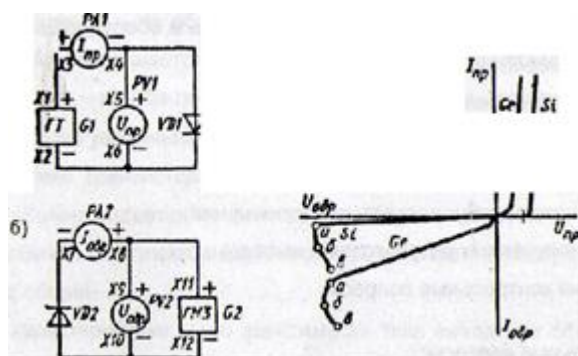


Рисунок 6

Рисунок 5

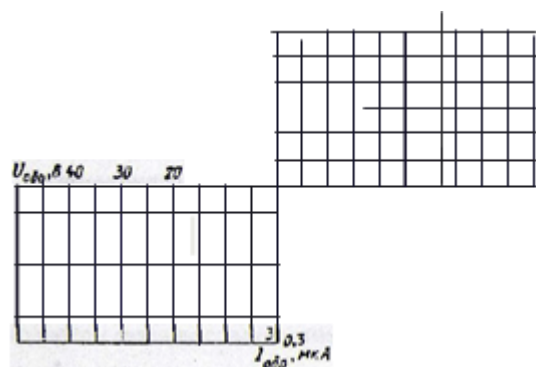


Рисунок 7

Таблица 1

Прямой ток $I_{пр}$, мА		0,05	0,2	0,5	1	5	10
Прямое напряжение $U_{пр}$, В	Ge						
	Si						

Таблица 2

Обратное напряжение $U_{обр}$, В		1	5	10	20	30
Обратный ток $I_{обр}$, мА	Ge					
	Si					

Использованные источники: (2), (5), (6)

Содержание отчёта:

Наименование лабораторной работы, цель работы, кто выполнил
Технические данные используемых приборов и оборудования (наименование, тип, пределы измерения, цена деления)
Электрические схемы соединений
Результаты наблюдений и вычислений
Графики, вольт- амперная характеристика
Методы измерений и расчётные соотношения
Оценка полученных результатов и выводы
Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Объяснить свойства электропроводности р-п перехода.
2. Основные параметры выпрямительных диодов, по ВАХ.
3. По ВАХ сравнить германиевый и кремниевый диоды.
4. Влияние температуры на п/п диоды, показать по ВАХ.
5. Виды пробоя диодов и их причины.
6. Основные полупроводниковые диоды, их применение.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1.Алиев, И. И. Электротехника и электрооборудование: базовые основы [Электронный ресурс]: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. И. Алиев. - Москва: Юрайт, 2023. - 291 on-line. - (Профессиональное образование). -
- 2.Аполлонский, С. М. Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. - Москва : КноРус, 2023. - on-line. - (Среднее проф. образование).

МО-15 02 17-ОП.05.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ	С.27/27

3.Бондарь, И. М. Электротехника и основы электроники в примерах и задачах : учебное пособие / И. М. Бондарь. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 388 on-line. - (Среднее профессиональное образование).

4.Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 3-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 736 on-line. - (Среднее профессиональное образование).

5.Мартынова, И. О. Электротехника [Электронный ресурс]: учебник / И. О. Мартынова. - М.: КНОРУС, 2023.