

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

В.А. Кулигин

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Лабораторно-практические работы по электротехнике и электронике

*Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ
в качестве учебного пособия*

Специальность 15.02.08 «Технология машиностроения».

Специальность 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)».

Специальность 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта».

Специальность 09.02.04 «Информационные системы (по отраслям)».

Вологда
2014

Лабораторно-практические работы по электротехнике и электронике: учебное пособие // В.А. Кулигин. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 111с.

Рецензенты:

А.С. Степанов, ктн, зав. каф. «Технология машиностроения» ВоГУ;

М.В. Румянцева, преподаватель машиностроительного техникума ВоГУ.

В учебном пособии представлены общие вопросы организации и выполнения комплекса лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника», а так же их содержание и состав, изложены требования к оформлению расчетной и графической части лабораторно-практических работ. Подробно описана последовательность выполнения лабораторных исследований и обработки полученных результатов. В учебное пособие включены примеры проведения расчетов и оформления лабораторно-практических работ, представлены краткие теоретические сведения об исследуемом объекте. Учебное пособие предназначено для студентов машиностроительного техникума очной формы обучения по специальностям: 190631 – Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 151031 – Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям), 203401 – Информационные системы (по отраслям), 151901 – Технология машиностроения.

ВВЕДЕНИЕ

«Электротехника и электроника» – это общепрофессиональная дисциплина, изучаемая студентами по специальностям технического профиля. Дисциплина направлена на формирование общих и профессиональных компетенций, в том числе организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту металлорежущего оборудования, автомобильного транспорта, организовывать безопасное ведение работ.

В процессе изучения дисциплины «Электротехника и электроника» студентам следует выполнить ряд лабораторно-практических работ. В процессе их выполнения студенты должны усвоить теоретические знания и знания техники безопасности при работе с электрическими приборами и машинами; овладеть умениями расчета электрических цепей, а также приобрести навыки работы с измерительными приборами, электрическими машинами, электронными компонентами и чтения электрических схем.

Учебное пособие имеет своей целью формирование навыков самостоятельного выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника». При этом решаются следующие задачи: обобщение теоретических знаний по дисциплине, формирование специальных умений и навыков при работе с электрическими приборами, машинами и электронными компонентами. Особое внимание уделяется формированию компетенции, которая позволит студентам в будущем организовать собственную деятельность и выбрать типовые методы выполнения профессиональных задач, связанных с вопросами эксплуатации электрических цепей.

Методика выполнения комплекса лабораторно-практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника» предполагает, во-первых, обязательное изучение теоретического материала; во-вторых, овладение специальной терминологией; в-третьих, усвоение последовательности выполнения работы; в-четвертых, выполнение самой лабораторно-практической работы; в-пятых, подготовку ответов на контрольные вопросы.

К выполнению лабораторно-практических работ допускаются студенты, освоившие теоретический материал и правила техники безопасности при работе с электрическими приборами и машинами.

Содержание

Введение.....	3
ЛПР Т1 Расчет конденсаторной батареи и резисторной сборки	5
ЛПР Т2 Расчет однофазной цепи переменного тока с последовательным соединением элементов	16
ЛПР Т3 Расчет однофазной цепи переменного тока с параллельным соединением элементов	24
ЛПР Т4 Расчет трехфазной цепи переменного тока, соединение по схеме «Звезда»	32
ЛПР Т5 Расчет трехфазной цепи переменного тока, соединение по схеме «Треугольник»	37
ЛПР Т6 Исследование работы электроизмерительных приборов	43
ЛПР Т7 Исследование работы однофазного трансформатора	50
ЛПР Т8 Исследование работы трехфазного трансформатора	56
ЛПР Т9 Исследование работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	59
ЛПР Т10 Исследование работы двигателя постоянного тока	64
ЛПР Т11 Исследование работы генератора постоянного тока	70
ЛПР Т12 Исследование работы электропривода	73
ЛПР Т13 Исследование работы однофазного выпрямителя переменного тока	77
ЛПР Т14 Исследование работы стабилизатора напряжения	82
ЛПР Т15 Исследование работы биполярного транзистора	85
ЛПР Т16 Исследование работы полевого транзистора	89
ЛПР Т17 Исследование работы симметричного тиристора	93
ЛПР Т18 Исследование работы фоторезистора	97
ЛПР Т19 Исследование работы фотодиода	101
ЛПР Т20 Исследование работы инфракрасного диода	104
Библиографический список	108
Заключение	109
Приложение	110

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т1

РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕИ И РЕЗИСТОРНОЙ СБОРКИ

1 Цель работы

- 1.1 Изучить структуру конденсатора и его основные параметры
- 1.2 Научиться рассчитывать конденсаторную батарею при смешанном соединении конденсаторов.
- 1.3 Изучить структуру конденсатора и его основные параметры
- 1.4 Научиться рассчитывать резисторную сборку при смешанном соединении резисторов.

2 Объект расчета

Объектом расчета служит электрическая цепь постоянного тока со смешанным соединением конденсаторов (см. рис. 1.1а) и смешанным соединением резисторов (см. рис. 1.1б). Где $C1...C5$ – электрические конденсаторы, $R1...R6$ – резисторы, $E1$ – источник постоянного тока.

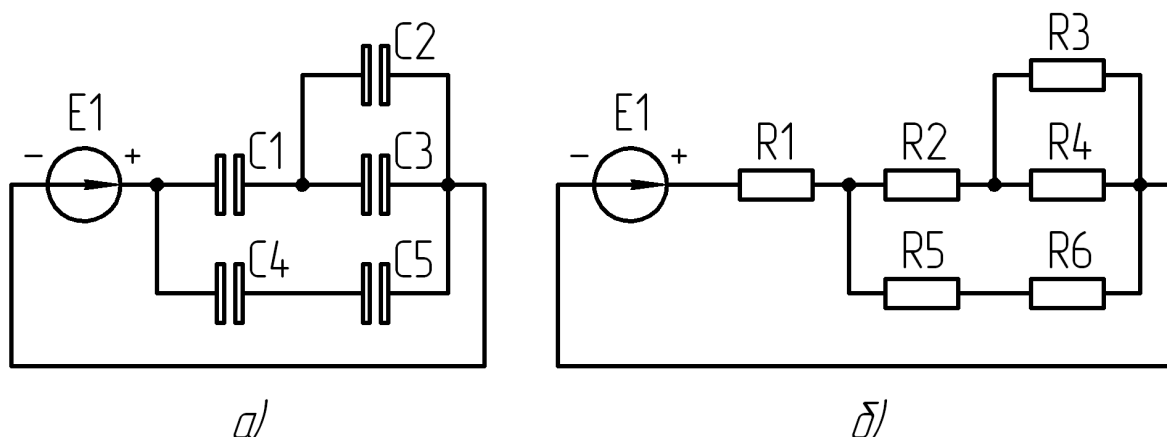


Рисунок 1.1 – Расчетные схемы

3 Краткие теоретические сведения

Конденсатор – система из двух или более пластин (обкладок), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок (см. рис. 1.2а). Условное графическое обозначение конденсатора на схемах представлено на рис. 1.4б и маркируется символом «С» с порядковым номером или индексом. Конденсаторы широко применяются в радиосвязи, электронике и электротехнике.

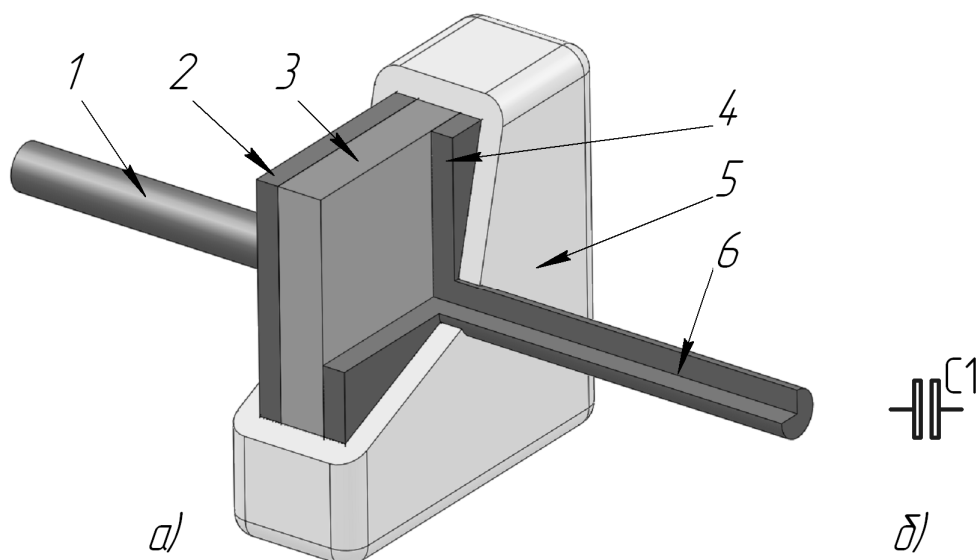


Рисунок 1.2 – Электрический конденсатор: 1, 6 – электрические контакты; 2, 4 – обкладки; 3 – диэлектрик; 5 – защитное покрытие.

Конденсатор обладает электрической ёмкостью. Ёмкость конденсатора можно определить по следующей формуле:

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 S}{d}, \text{ Ф}$$

где: ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – электрическая постоянная, Кл²/Н·м²; S – площадь одной пластины, м²; d – расстояние между пластинами конденсатора, м.

Электрическая ёмкость является постоянной величиной, которую можно выразить следующим выражением:

$$C = \frac{q}{U} = \text{const} \quad (1.1)$$

где: q – электрический заряд, который формируется на конденсаторе при подаче на него напряжения, Кл; $U = \varphi_A - \varphi_B$ – электрическое напряжение, приложенное к конденсатору, В; φ_A , φ_B – электрические потенциалы, приложенные к противоположным пластинам конденсатора, В.

Если на пластинах конденсатора формируется электрический заряд, то он обладает энергией, которую можно определить по следующей формуле:

$$W = \frac{qU}{2}, \text{ Дж} \quad (1.2)$$

Для увеличения или уменьшения электрической ёмкости конденсаторы соединяют в конденсаторные батареи, сочетая при этом последовательное (см. рис. 1.3а) или параллельное (см. рис. 1.3б) соединение конденсаторов. Если сочетаются параллельное и последовательное соединение конденсаторов, то такое соединение называется смешанным.

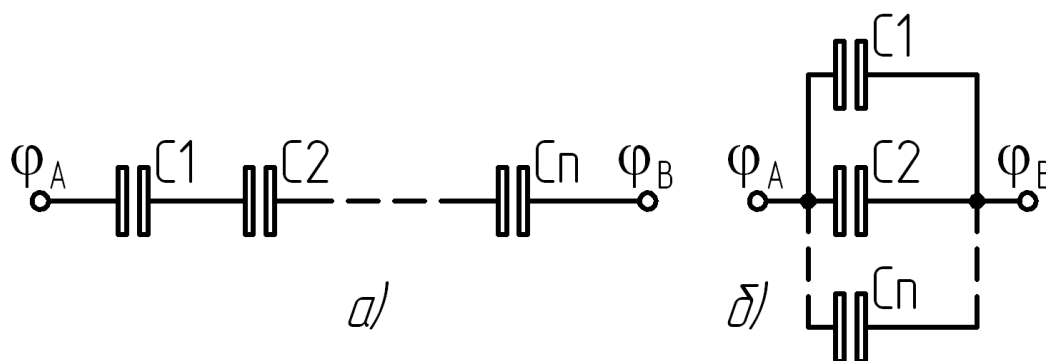


Рисунок 1.3 – Соединение конденсаторов

При последовательном соединении конденсаторов общая ёмкость конденсаторной батареи уменьшается и определяется по следующей формуле:

$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_{C1}} + \frac{1}{C_{C2}} + \dots + \frac{1}{C_{Cn}}$$

где: C_{C1} , C_{C2} – ёмкость конденсаторов; C_{Cn} – ёмкость n-ого конденсатора, Ф.

При последовательном соединении конденсаторов электрические заряды на всех конденсаторах будут одинаковыми:

$$q_{AB} = q_{C1} = q_{C2} = \dots = q_{Cn} \quad (1.3)$$

где: q_{C1} , q_{C2} – электрические заряды на конденсаторах, Кл; q_{Cn} – электрический заряд на n-ном конденсаторе, Кл.

При последовательном соединении конденсаторов общее напряжение конденсаторной батареи складывается из падений напряжения на каждом конденсаторе:

$$U_{AB} = U_{C1} + U_{C2} + \dots + U_{Cn} \quad (1.4)$$

где: $U_{AB} = \Phi_A - \Phi_B$ – общее напряжение конденсаторной батареи, В; U_{C1} , U_{C2} – падение напряжения на конденсаторах, В; U_{Cn} – падение напряжения на n-ном конденсаторе, В.

При параллельном соединении конденсаторов общая ёмкость конденсаторной батареи увеличивается и определяется по следующей формуле:

$$C_{AB} = C_{C1} + C_{C2} + \dots + C_{Cn}$$

При параллельном соединении конденсаторов общий электрический заряд определяется как сумма зарядов на каждом конденсаторе:

$$q_{AB} = q_{C1} + q_{C2} + \dots + q_{Cn} \quad (1.5)$$

При параллельном соединении конденсаторов напряжение конденсаторов будут равны питающему напряжению:

$$U_{AB} = U_{C1} = U_{C2} = \dots = U_{Cn} \quad (1.6)$$

Резистор – элемент электрической цепи, главной целью которого является ограничение тока в цепи (см. рис. 1.4а). Условное графическое обозначение

резистора на схемах представлено на рис. 1.4б, резистор маркируется символом «R» с порядковым номером или индексом.

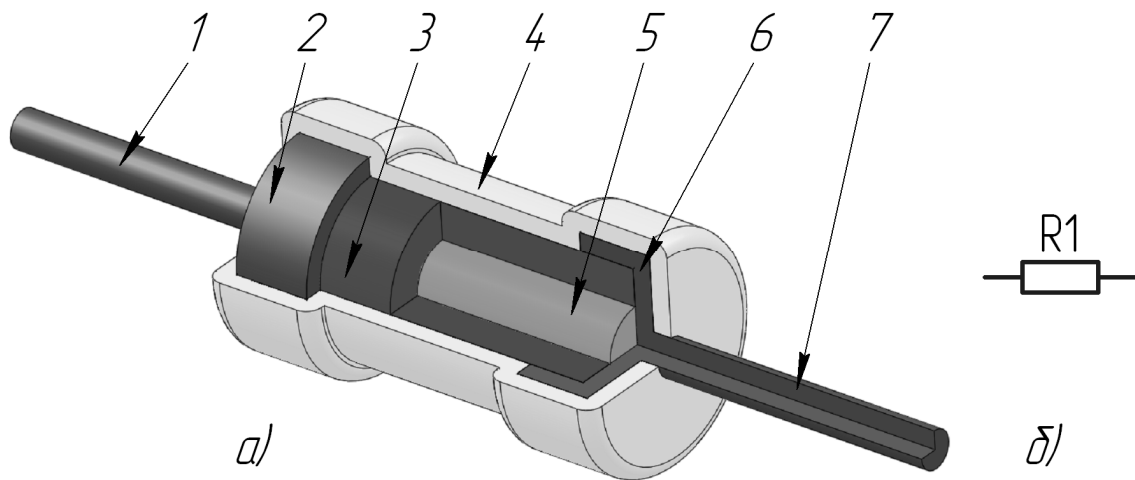


Рисунок 1.4 – Резистор: 1, 7 – выводы резистора; 2, 6 – обжимные контакты; 3 – резистивный слой; 4 – диэлектрическая защитная оболочка; 5 – керамическое основание.

Сопротивление резистора является величиной постоянной и определяется следующей формулой, которая носит название «закон Ома»:

$$R = \frac{U}{I} = \text{const}, \text{ Ом} \quad (1.7)$$

где: I – сила тока, протекающего через резистор, А; $U = \varphi_A - \varphi_B$ – электрическое напряжение, приложенное к резистору, В; φ_A, φ_B – электрические потенциалы, приложенные к противоположным контактам резистора, В.

Когда через резистор протекает ток, то он потребляет некоторую мощность. Эту мощность можно определить по следующей формуле:

$$P = UI, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

Для увеличения или уменьшения сопротивления резисторы соединяют в резисторные сборки, сочетая при этом последовательное (см. рис. 1.5а) или параллельное (см. рис. 1.5б) соединение резисторов. Если сочетаются параллельное и последовательное соединение резисторов, то такое соединение называется смешанным.

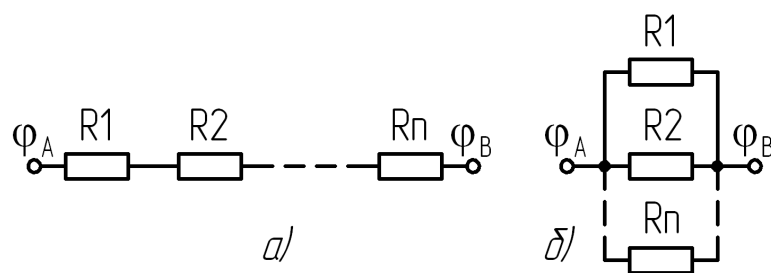


Рисунок 1.5 – Соединение резисторов

При последовательном соединении резисторов общее сопротивление резисторной сборки увеличивается и определяется по формуле:

$$R_{AB} = R_{R1} + R_{R2} + \dots + R_{Rn}$$

где: R_{R1}, R_{R2} – сопротивление резисторов, Ом; R_{Rn} – сопротивление n-ого резистора, Ом.

При последовательном соединении резисторов сила тока, протекающая через все резисторы, будет одинаковой:

$$I_{AB} = I_{R1} = I_{R2} = \dots = I_{Rn} \quad (1.9)$$

где: I_{R1}, I_{R2} – сила тока, протекающая через резисторы, А; I_{Rn} – сила тока, протекающая через n-ый резистор, А.

При последовательном соединении резисторов общее напряжение резисторной сборки складывается из падений напряжения на каждом резисторе:

$$U_{AB} = U_{R1} + U_{R2} + \dots + U_{Rn} \quad (1.10)$$

где: $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ – общее напряжение конденсаторной батареи, В; U_{R1}, U_{R2} – падение напряжения на резисторах, В; U_{Rn} – падение напряжения на n-ом резисторе, В.

При параллельном соединении резисторов общее сопротивление резисторной сборки уменьшается и определяется по формуле:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_{R1}} + \frac{1}{R_{R2}} + \dots + \frac{1}{R_{Rn}}$$

При параллельном соединении резисторов общая сила тока определяется как сумма токов на каждом резисторе:

$$I_{AB} = I_{R1} + I_{R2} + \dots + I_{Rn} \quad (1.11)$$

При параллельном соединении резисторов падение напряжения на резисторах будут равны питающему напряжению:

$$U_{AB} = U_{R1} = U_{R2} = \dots = U_{Rn} \quad (1.12)$$

4 Порядок выполнения лабораторно-практической работы

4.1 Ознакомление с краткими теоретическими сведениями и с расчетной схемой конденсаторной батареи (см. рис. 1.1а). Подготовка в рабочей тетради протокола расчетов.

4.2 Ознакомление с имеющимися данными и отображение их в табл. 1.1.

4.3 Выполнение расчета неизвестных параметров электрических элементов конденсаторной батареи на основе имеющихся данных. *Примечание: Схема содержит 5 элементов, каждый элемент обладает 4-мя параметрами, к тому же схема обладает 4-мя общими параметрами, следовательно, схема конденсаторной батареи обладает 24-мя параметрами, данные приводятся только на 6 параметров, поэтому необходимо определить 18 параметров.*

Таблица 1.1 – Электрические параметры элементов

Параметр элемента	Элемент конденсаторной батареи					
	С _{ОБЩ}	С1	С2	С3	С4	С5
U , В						
q , Кл						
C , Ф						
W , Дж						

4.4 Ознакомление с краткими теоретическими сведениями и с расчетной схемой конденсаторной батареи (см. рис. 1.1б). Подготовка в рабочей тетради протокола расчетов.

4.5 Ознакомление с имеющимися данными и отображение их в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Электрические параметры элементов

Параметр элемента	Элемент резисторной сборки						
	R _{ОБЩ}	R1	R2	R3	R4	R5	R6
U , В							
I , А							
R , Ом							
P , Вт							

4.6 Выполнение расчета неизвестных параметров электрических элементов резисторной сборки на основе имеющихся данных. *Примечание: Схема содержит 6 элементов, каждый элемент обладает 4-мя параметрами, к тому же схема обладает 4-мя общими параметрами, следовательно, схема резисторной сборки обладает 28-ю параметрами, данные приводятся только на 7 параметров, поэтому необходимо определить 21 параметр.*

4.7 Заполнение табл. 1.1 и 1.2 и отображение полного решения поиска неизвестных параметров и сдать на проверку. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения.*

5 Пример расчета конденсаторной батареи

5.1 Подстановка полученных данных в таблицу 1.1, в результате получается таблица 1.3 для расчетов неизвестных параметров конденсаторной батареи.

Таблица 1.3 – Электрические параметры элементов

Параметр элемента	Элемент конденсаторной батареи					
	C _{ОБЩ}	C1	C2	C3	C4	C5
U, В	36	17,6			12,6	
q, Кл			0,0081			0,0056
C, Ф						
W, Дж		0,1566				

5.2 Определение электрического заряда на конденсаторе C4 с использованием формулы (1.3):

$$q_{C4} = q_{C5} = 0,0056 \text{ Кл}$$

5.3 Определение энергии заряженного конденсатора C4 и его ёмкости с использованием формул (1.1) и (1.2):

$$C_{C4} = \frac{q_{C4}}{U_{C4}} = \frac{0,0056}{12,6} = 0,000444 \text{ Ф},$$

$$W_{C4} = \frac{q_{C4} \cdot U_{C4}}{2} = \frac{0,0056 \cdot 12,6}{2} = 0,0353 \text{ Дж}$$

5.4 Определение падение напряжения на конденсаторе C5 с использованием формулы (1.4):

$$U_{C5} = U_{AB} - U_{C4} = 36 - 12,6 = 23,4 \text{ В}$$

5.5 Определение энергии заряженного конденсатора C5 и его ёмкости с использованием формул (1.1) и (1.2):

$$C_{C5} = \frac{q_{C5}}{U_{C5}} = \frac{0,0056}{23,4} = 0,000239 \text{ Ф};$$

$$W_{C5} = \frac{q_{C5} \cdot U_{C5}}{2} = \frac{0,0056 \cdot 23,4}{2} = 0,0655 \text{ Дж}.$$

5.6 Определение электрического заряда на конденсаторе C4 с использованием формулы (1.2):

$$q_{C1} = \frac{2W_{C1}}{U_{C1}} = \frac{2 \cdot 0,1566}{17,6} = 0,0178 \text{ Кл}$$

5.7 Определение ёмкости конденсатора с использованием формулы (1.1):

$$C_{C1} = \frac{q_{C1}}{U_{C1}} = \frac{0,0178}{17,6} = 0,001011 \text{ Ф}$$

5.8 Определение падения напряжения на конденсаторах C2 и C3 с использованием формул (1.6) и (1.4)

$$U_{C2} = U_{C3} = U_{AB} - U_{C1} = 36 - 17,6 = 18,4 \text{ В}$$

5.9 Определение энергии заряженного конденсатора C2 и его ёмкости с использованием формул (1.1) и (1.2):

$$C_{C2} = \frac{q_{C2}}{U_{C2}} = \frac{0,0081}{18,4} = 0,000440 \text{ Ф},$$

$$W_{C2} = \frac{q_{C2} \cdot U_{C2}}{2} = \frac{0,0081 \cdot 18,4}{2} = 0,0745 \text{ Дж}$$

5.10 Определение электрического заряда на конденсаторе C3 с использованием формулы (1.5):

$$q_{C3} = q_{C1} - q_{C2} = 0,0178 - 0,0081 = 0,0097 \text{ Кл}$$

5.11 Определение энергии заряженного конденсатора C3 и его ёмкости с использованием формул (1.1) и (1.2):

$$C_{C3} = \frac{q_{C3}}{U_{C3}} = \frac{0,0097}{18,4} = 0,000527 \text{ Ф},$$

$$W_{C3} = \frac{q_{C3} \cdot U_{C3}}{2} = \frac{0,0097 \cdot 18,4}{2} = 0,0892 \text{ Дж}.$$

5.12 Определение общего электрического заряда конденсаторной батареи с использованием формулы (1.5):

$$q_{AB} = q_{C1} + q_{C4} = 0,0178 + 0,0056 = 0,0234 \text{ Кл}.$$

5.13 Определение общей энергии конденсаторной батареи и ее ёмкости с использованием формул (1.1) и (1.2):

$$C_{AB} = \frac{q_{AB}}{U_{AB}} = \frac{0,0234}{36} = 0,000650 \text{ Ф},$$

$$W_{AB} = \frac{q_{AB} \cdot U_{AB}}{2} = \frac{0,0234 \cdot 36}{2} = 0,4212 \text{ Дж}.$$

6 Пример расчета резисторной сборки

6.1 Подстановка полученных данных в таблицу 1.2, в результате получается таблица 1.4 для расчетов неизвестных параметров резисторной сборки.

6.2 Определение сопротивления резистора R3 и проходящего через него тока с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$I_{R3} = \frac{P_{R3}}{U_{R3}} = \frac{0,551}{14,5} = 0,038 \text{ А}$$

$$R_{R3} = \frac{U_{R3}}{I_{R3}} = \frac{14,5}{0,038} = 381,6 \text{ Ом}$$

Таблица 1.4 – Электрические параметры элементов

Параметр Элемента	Элемент						
	R _{ОБЩ}	R1	R2	R3	R4	R5	R6
U, В	36	-	-	14,5	-	-	-
I, А	-	-	-	-	-	0,039	-
R, Ом	-	113,2	-	-	-	230,8	-
P, Вт	-	-	-	0,551	0,421	-	-

6.3 Определение падения напряжения на резисторе R4 с использованием формулы (1.12)

$$U_{R4} = U_{R3} = 14,5 \text{ В}$$

6.4 Определение сопротивления резистора R4 и проходящего через него тока с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$I_{R4} = \frac{P_{R4}}{U_{R4}} = \frac{0,421}{14,5} = 0,029 \text{ А}$$

$$R_{R4} = \frac{U_{R4}}{I_{R4}} = \frac{14,5}{0,029} = 500,0 \text{ Ом}$$

6.5 Определение силы тока проходящего через резистор R2 с использованием формулы (1.11).

$$I_{R2} = I_{R3} + I_{R4} = 0,038 + 0,029 = 0,067 \text{ А}$$

6.6 Определение падения напряжения на резисторе R5 и потребляемой им мощности с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$U_{R5} = I_{R5} \cdot R_{R5} = 0,039 \cdot 238,8 = 9,0 \text{ В}$$

$$P_{R5} = U_{R5} \cdot I_{R5} = 9,0 \cdot 0,039 = 0,351 \text{ Вт}$$

6.7 Определение силы тока проходящего через резистор R1 с использованием формулы (1.11).

$$I_{R1} = I_{R2} + I_{R5} = 0,067 + 0,039 = 0,106 \text{ А}$$

6.8 Определение падения напряжения на резисторе R1 и потребляемой им мощности с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$U_{R1} = I_{R1} \cdot R_{R1} = 0,106 \cdot 113,2 = 12,0 \text{ В}$$

$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I_{R1} = 12,0 \cdot 0,106 = 1,272 \text{ Вт}$$

6.9 Определение падения напряжения на резисторе R6 с использованием формулы (1.10).

$$U_{R6} = U_{AB} - U_{R1} - U_{R5} = 36,0 - 12,0 - 9,0 = 15,0 \text{ В}$$

6.10 Определение силы тока проходящего через резистор R6 с использованием формулы (1.9).

$$I_{R6} = I_{R5} = 0,039 \text{ А}$$

6.11 Определение сопротивления резистора R6 и потребляемой им мощности с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$R_{R6} = \frac{U_{R6}}{I_{R6}} = \frac{15,0}{0,039} = 384,6 \text{ Ом}$$

$$P_{R6} = U_{R6} \cdot I_{R6} = 15,0 \cdot 0,039 = 0,585 \text{ Вт}$$

6.12 Определение падения напряжения на резисторе R2 с использованием формулы (1.10).

$$U_{R2} = U_{AB} - U_{R1} - U_{R4} = 36,0 - 12,0 - 14,5 = 9,5 \text{ В}$$

6.13 Определение сопротивления резистора R2 и потребляемой им мощности с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$R_{R2} = \frac{U_{R2}}{I_{R2}} = \frac{9,5}{0,067} = 141,8 \text{ Ом}$$

$$P_{R2} = U_{R2} \cdot I_{R2} = 9,5 \cdot 0,067 = 0,637 \text{ Вт}$$

6.14 Определение общей силы тока на участке АВ проходящей через резисторную сборку с использованием формулы (1.9).

$$I_{AB} = I_{R1} = 0,106 \text{ А}$$

6.15 Определение общего сопротивления резистора резисторной сборки на участке АВ и потребляемой общей мощности с использованием формул (1.7) и (1.8).

$$R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} = \frac{36,0}{0,106} = 339,6 \text{ Ом}$$

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} = 36,0 \cdot 0,106 = 3,816 \text{ Вт}$$

7 Требования к оформлению отчета ЛПР

7.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

7.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

7.3 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 1)

7.4 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое конденсатор?
- 2) Из чего состоит конденсатор?
- 3) От каких параметров зависит емкость конденсатора?
- 4) Что такое конденсаторная батарея?
- 5) Что такое резистор?
- 6) Из чего состоит резистор?
- 7) От каких параметров зависит сопротивление резистора?
- 8) Что такое резисторная сборка?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т2

РАСЧЕТ ОДНОФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

1 Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать однофазную цепь переменного тока с последовательным соединением элементов.

1.2 Научиться строить векторную диаграмму напряжений

2 Объект расчета

Объектом расчета служит электрическая цепь переменного тока с последовательным соединением элементов (см. рис. 2.1), где $L1...L3$ – индуктивные катушки; $R1...R3$ – резисторы; $C1...C3$ – конденсаторы; $E1$ – источник переменного тока.

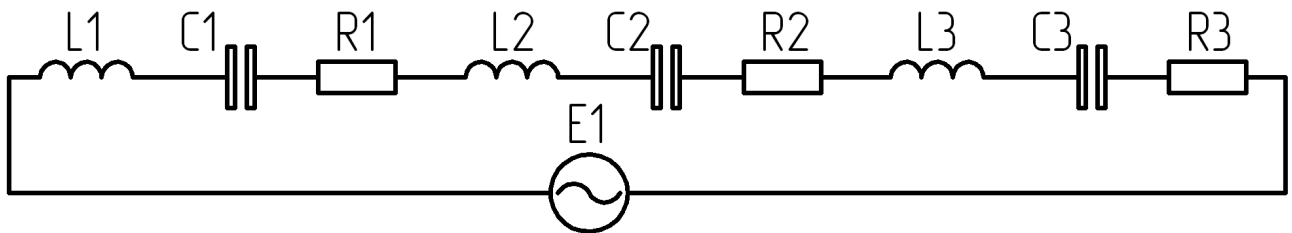


Рисунок 2.1 - Схема однофазной электрической цепи переменного тока с последовательным соединением элементов.

3 Порядок расчета электрической цепи переменного тока с последовательным соединением элементов

3.1 Определение расчетной цепи. Любую электрическую цепь с последовательно соединенными элементами можно привести к эквивалентной цепи, состоящей из трех элементов (см. рис. 2.2). Где R – общее активное сопротивление, X_C – общее реактивное сопротивление емкостных элементов, X_L – общее реактивное сопротивление индуктивных элементов.

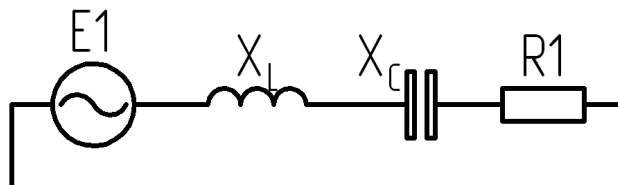


Рисунок 2.2 - Эквивалентная электрическая цепь переменного тока с последовательно соединенными элементами

3.2 Определение угловой частоты тока.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \text{ рад/с} \quad (2.1)$$

где: f – частота тока в цепи, Гц; $\pi = 3,14159$ – постоянная величина.

3.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления.

$$X_L = \omega L, \text{ Ом} \quad (2.2)$$

где: L – индуктивность катушки, Гн.

Если схема содержит несколько последовательно соединенных индуктивных элементов, то первоначально определяется реактивное сопротивление на каждом элементе, затем эти значения суммируются.

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + \dots + X_{LN} \quad (2.3)$$

3.4 Определение реактивного ёмкостного сопротивления.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \text{ Ом} \quad (2.4)$$

где: C – ёмкость конденсатора, Ф.

Если схема содержит несколько последовательно соединенных ёмкостных элементов, то первоначально определяется реактивное сопротивление на каждом элементе, затем эти значения суммируются.

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + \dots + X_{CN} \quad (2.5)$$

3.5 Определение общего реактивного сопротивления.

$$X = X_L - X_C, \text{ Ом} \quad (2.6)$$

3.6 Определение полного сопротивления электрической цепи.

Если схема содержит несколько последовательно соединенных активных сопротивлений, то общее активное сопротивление находится путем суммирования значений последовательно соединенных элементов.

$$R = R_{R1} + R_{R2} + \dots + R_{RN} \quad (2.7)$$

3.7 Определение полного сопротивления электрической цепи.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \text{ Ом} \quad (2.8)$$

где: R – полное активное сопротивление, Ом.

3.8 Определение угла сдвига фаз

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) \quad (2.9)$$

3.9 Определение силы тока протекающей по электрической цепи.

$$I = \frac{U}{Z} \quad (2.10)$$

3.10 Определение падения напряжения на индуктивном элементе.

$$U = IX_L \quad (2.11)$$

3.11 Определение падения напряжения на ёмкостном элементе.

$$U = IX_C \quad (2.12)$$

3.12 Определение падения напряжения на активном сопротивлении.

$$U = IR \quad (2.13)$$

3.13 Определение полной мощности.

$$S = UI, \text{ В} \cdot \text{А} \quad (2.14)$$

3.14 Определение реактивной мощности.

$$Q = UI \cdot \sin(\varphi), \text{ вар} \quad (2.15)$$

3.15 Определение активной мощности.

$$P = UI \cdot \cos(\varphi), \text{ Вт} \quad (2.16)$$

3.16 Построение векторной диаграммы напряжений.

4 Порядок построения векторной диаграммы напряжений электрической цепи с последовательным соединением элементов.

4.1 Определение масштабного коэффициента. Масштабный коэффициент необходим для правильности построения векторной диаграммы. По умолчанию масштабный коэффициент имеет следующее значение:

$$\mu_U = 0,1 \text{ см/В}$$

4.2 Построение координатных осей диаграммы. Векторная диаграмма строится на отдельном листе формата А4. Построение векторной диаграммы начинается с построения вектора тока и единичных векторов емкости и индуктивности (см. рис. 2.3).

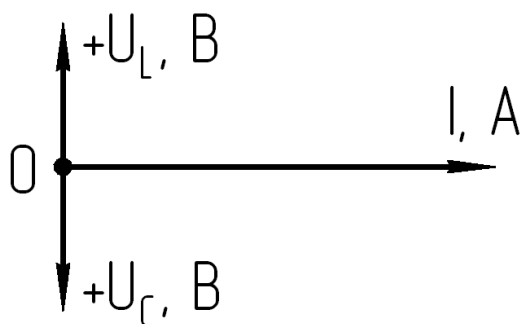


Рис. 2.3 Координатные оси векторной диаграммы

4.3 Определение длины векторов напряжения активного сопротивления:

$$l_R = \mu U_R \quad (2.17)$$

4.4 Определение длины векторов напряжения реактивного индуктивного сопротивления:

$$l_L = \mu U_L \quad (2.18)$$

4.5 Определение длины векторов напряжения реактивного ёмкостного сопротивления:

$$l_C = \mu U_C \quad (2.19)$$

4.6 Построение векторов напряжений. Последовательность построения векторов напряжений элементов зависит от последовательности их расположения в электрической цепи. Начало первого вектора совпадает с

началом вектора тока. Начало второго вектора совпадает с концом первого вектора. Начало третьего вектора совпадает с концом второго вектора, и так далее. При построении векторов напряжений необходимо учитывать наименование элементов. Вектор напряжения индуктивного элемента опережает вектор тока на угол 90° и откладывается перпендикулярно ему. Вектор напряжений ёмкостного элемента отстает от вектора тока на 90° и откладывается в противоположную сторону от направления вектора напряжений индуктивного элемента. Вектор напряжения активного сопротивления совпадает с направлением вектора тока и откладывается параллельно ему.

4.7 Построение вектора питающего напряжения. Начало вектора питающего напряжения начинается из начала вектора тока, этот вектор откладывается под углом φ относительно вектора тока. Если $\varphi > 0$, то вектор питающего напряжения необходимо вращать против часовой стрелки на этот угол. Если $\varphi < 0$, то вектор питающего напряжения необходимо вращать по часовой стрелки на этот угол. Конец вектора питающего напряжения должен совпасть с концом вектора напряжений последнего элемента (см. рис. 2.4). Если это условие не выполняется, то в процессе расчетов или построения диаграммы напряжений допущена ошибка.

Примечание: диаграмму напряжений необходимо предварительно построить на отдельном листе в клетку для уточнения масштабного коэффициента и расположения вектора тока на листе.

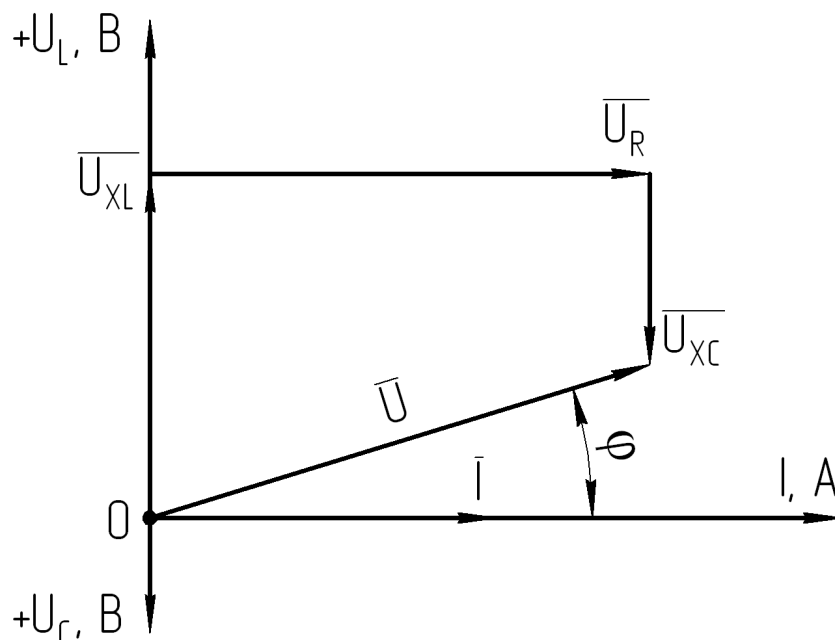


Рисунок 2.4 - Векторная диаграмма напряжений

5 Пример расчета однофазной цепи переменного тока с последовательным соединением элементов.

5.1 Определение расчетной цепи.

Дано: $L1 = 0,032$ Гн; $R1 = 15$ Ом; $C2 = 0,00056$ Ф; $R2 = 7$ Ом; $L3 = 0,066$ Гн; $C3 = 0,00069$ Ф; $R3 = 12$ Ом; $U = 220$ В; $f = 65$ Гц. Подставляем в электрическую цепь (см. рис. 2.1) имеющиеся данные и определяем элементы, на которые не приводятся данные, и исключаем эти элементы из цепи (см. рис. 2.5).

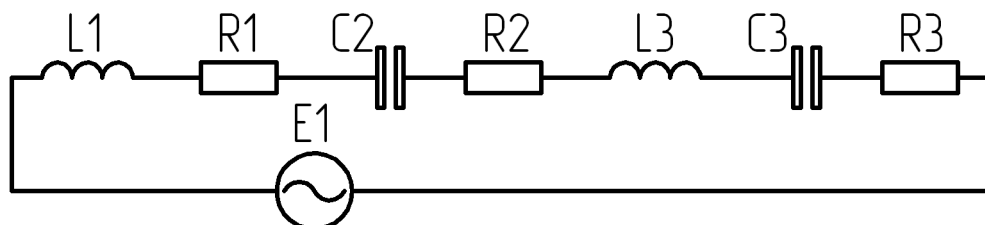


Рисунок 2.5 - Расчетная схема

5.2 Определение угловой частоты тока с использованием формулы (2.1).

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,141592 \cdot 65 = 408,2 \text{ рад/с}$$

5.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления с использованием формулы (2.2).

$$X_{L1} = \omega \cdot L1 = 408,2 \cdot 0,032 = 13,1 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = \omega \cdot L3 = 408,2 \cdot 0,066 = 26,9 \text{ Ом}$$

Определение общего реактивного индуктивного сопротивления с использованием формулы (2.3).

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} = 13,1 + 26,9 = 40,0 \text{ Ом}$$

5.4 Определение реактивного емкостного сопротивления с использованием формулы (2.4).

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C2} = \frac{1}{408,2 \cdot 0,00056} = 4,4 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C3} = \frac{1}{408,2 \cdot 0,00069} = 3,6 \text{ Ом}$$

Определение общего реактивного ёмкостного сопротивления с использованием формулы (2.5).

$$X_C = X_{C2} + X_{C3} = 4,4 + 3,6 = 13,4 \text{ Ом}$$

5.5 Определение общего реактивного сопротивления с использованием формулы (2.6).

$$X = X_L - X_C = 40,0 - 13,4 = 26,6 \text{ Ом}$$

5.6 Определение общего активного сопротивления с использованием формулы (2.7).

$$R = R1 + R2 + R3 = 15 + 7 + 12 = 34 \text{ Ом}$$

5.7 Определение полного сопротивления электрической цепи с использованием формулы (2.8)

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{34^2 + 32,1^2} = 46,7 \text{ Ом}$$

5.8 Определение угла сдвига фаз с использованием формулы (2.9)

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{X}{R} = \operatorname{arctg} \frac{32,1}{34} = \operatorname{arctg}(0,944) = 43,3^\circ$$

5.9 Определение силы тока протекающей по электрической цепи с использованием формулы (2.10).

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{46,7} = 4,71 \text{ А}$$

5.10 Определение падения напряжения на индуктивных элементах с использованием формулы (2.11).

$$U_{L1} = I \cdot X_{L1} = 4,71 \cdot 13,1 = 61,5 \text{ В}$$

$$U_{L3} = I \cdot X_{L3} = 4,71 \cdot 26,9 = 126,8 \text{ В}$$

5.11 Определение падения напряжения на емкостных элементах с использованием формулы (2.12).

$$U_{C2} = I \cdot X_{C2} = 4,71 \cdot 4,4 = 20,6 \text{ В}$$

$$U_{C3} = I \cdot X_{C3} = 4,71 \cdot 3,6 = 16,7 \text{ В}$$

5.12 Определение падения напряжения на активном сопротивлении с использованием формулы (2.13).

$$U_{R1} = I \cdot R1 = 4,71 \cdot 15 = 70,6 \text{ В}$$

$$U_{R2} = I \cdot R2 = 4,71 \cdot 7 = 32,9 \text{ В}$$

$$U_{R3} = I \cdot R3 = 4,71 \cdot 12 = 56,5 \text{ В}$$

5.13 Определение полной мощности с использованием формулы (2.14).

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 4,71 = 1035 \text{ В} \cdot \text{А}$$

5.14 Определение реактивной мощности с использованием формулы (2.15).

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 1035 \cdot \sin(43,3^\circ) = 711 \text{ вар}$$

5.15 Определение активной мощности с использованием формулы (2.16).

$$P = S \cdot \cos \varphi = 1035 \cdot \cos(43,3^\circ) = 753 \text{ Вт}$$

5.16 Определение длины векторов напряжения активных сопротивлений с использованием формулы (2.17):

$$l_{R1} = \mu U_{R1} = 0,1 \cdot 70,6 = 7,06 \text{ см}$$

$$l_{R2} = \mu U_{R2} = 0,1 \cdot 32,9 = 3,29 \text{ см}$$

$$l_{R3} = \mu U_{R3} = 0,1 \cdot 56,5 = 5,65 \text{ см}$$

5.17 Определение длины векторов напряжения реактивных индуктивных сопротивлений с использованием формулы (2.18):

$$l_{L1} = \mu U_{L1} = 0,1 \cdot 61,5 = 6,15 \text{ см}$$

$$l_{L3} = \mu U_{L3} = 0,1 \cdot 126,8 = 12,68 \text{ см}$$

5.18 Определение длины векторов напряжения реактивных ёмкостных сопротивлений с использованием формулы (2.19):

$$l_{C2} = \mu U_{C2} = 0,1 \cdot 20,6 = 2,06 \text{ см}$$

$$l_{C3} = \mu U_{C3} = 0,1 \cdot 16,7 = 1,67 \text{ см}$$

5.19 Построение диаграммы напряжений с учетом имеющейся информации (см. рис. 2.6)

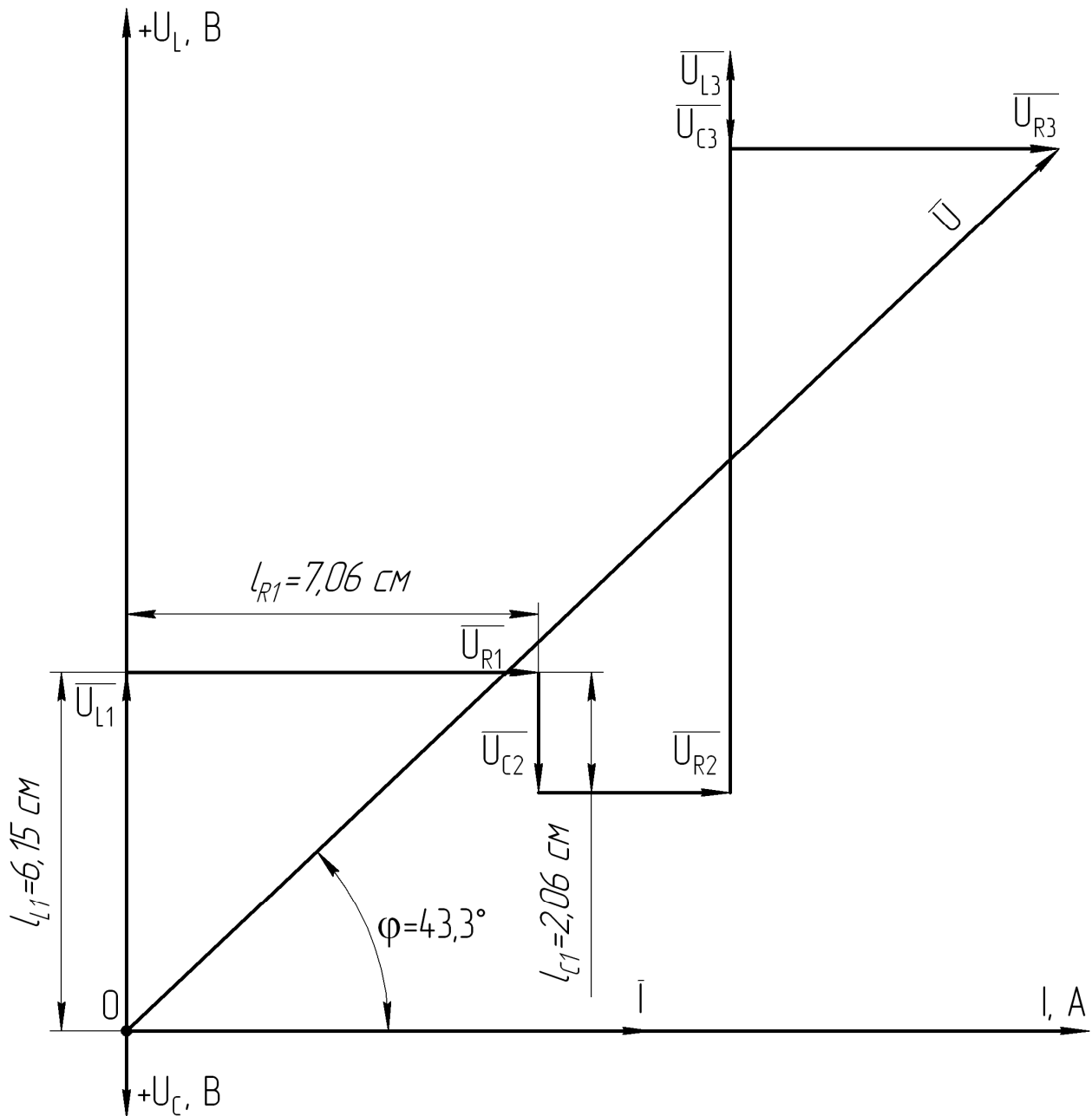


Рисунок 2.6 - Векторная диаграмма напряжений

6 Требования к оформлению отчета ЛПП

7.1 Отчет по ЛПП оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

7.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

7.3 Пример оформления отчета по ЛПП (см. приложение 1)

7.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПП (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое угол сдвига фаз?
- 2) Как определяется активное, реактивное и полное сопротивление?
- 3) Как определяется активная, реактивная и полная мощность?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № ТЗ

РАСЧЕТ ОДНОФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

1 Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать однофазную цепь переменного тока с параллельным соединением элементов.

1.2 Научиться строить векторную диаграмму токов.

2 Объект расчета

Объектом расчета служит электрическая цепь переменного тока с параллельным соединением элементов (см. рис. 3.1), где $L1...L3$ – индуктивные катушки; $R1...R3$ – резисторы; $C1...C3$ – конденсаторы; $E1$ – источник переменного тока.

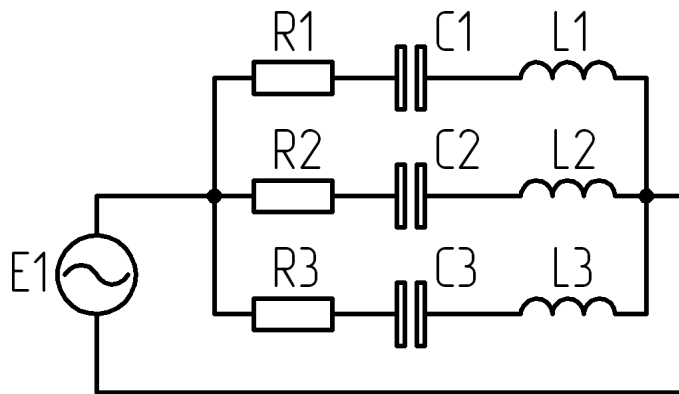


Рисунок 3.1 - Схема однофазной электрической цепи переменного тока с параллельным соединением элементов

3 Порядок расчета электрической цепи переменного тока с параллельным соединением элементов

3.1 Определение расчетной цепи. Любую электрическую цепь с параллельно соединенными элементами можно привести к эквивалентной цепи, состоящей из трех элементов (см. рис. 3.2). Где R – общее активное сопротивление, X_C – общее реактивное сопротивление емкостных элементов, X_L – общее реактивное сопротивление индуктивных элементов; $I_{ц1}$ и $I_{ц2}$ – токи протекающие по каждой отдельной цепи; $I_{ц2}$ – ток протекающий через источник переменного тока.

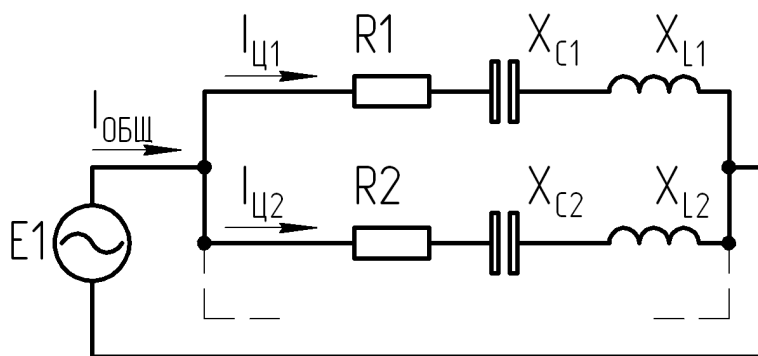


Рисунок 3.2 - Эквивалентная электрическая цепь переменного тока с параллельно соединенными элементами

3.2 Определение угловой частоты тока.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \quad (3.1)$$

3.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления каждой электрической цепи.

$$X_L = \omega L \quad (3.2)$$

3.4 Определение реактивного ёмкостного сопротивления каждой электрической цепи.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3.3)$$

3.5 Определение общего реактивного сопротивления каждой электрической цепи.

$$X = X_L - X_C \quad (3.4)$$

3.6 Определение полного сопротивления каждой электрической цепи.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (3.5)$$

3.7 Определение угла сдвига фаз каждой электрической цепи.

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) \quad (3.6)$$

3.8 Определение силы тока протекающей по каждой электрической цепи.

$$I_{\text{ц}} = \frac{U}{Z}, \text{ A} \quad (3.7)$$

3.9 Определение активных токов протекающих по каждой электрической цепи.

$$I_{\text{Ац}} = I_{\text{ц}} \cos(\varphi), \text{ A} \quad (3.8)$$

3.10 Определение реактивных токов протекающих по каждой электрической цепи.

$$I_{\text{Рц}} = I_{\text{ц}} \sin(\varphi), \text{ A} \quad (3.9)$$

3.11 Определение суммарной составляющей активных токов.

$$I_A = I_{\text{Ац1}} + I_{\text{Ац2}} + \dots + I_{\text{АцN}} \quad (3.10)$$

где: $I_{AЦN}$ – активный ток n-ой цепи, А.

3.12 Определение суммарной составляющей активных токов.

$$I_P = I_{PЦ1} + I_{PЦ2} + \dots + I_{PЦN} \quad (3.11)$$

где: $I_{PЦN}$ – реактивный ток n-ой цепи, А.

3.13 Определение общей силы тока протекающей по всей электрической цепи.

$$I_{ОБЩ} = \sqrt{I_A^2 + I_P^2}, \text{ А} \quad (3.12)$$

3.14 Определение угла сдвига фаз всей электрической цепи.

$$\varphi_{ОБЩ} = \arctg\left(\frac{I_P}{I_A}\right) \quad (3.13)$$

3.15 Определение полной мощности.

$$S = UI_{ОБЩ} \quad (3.14)$$

3.16 Построение векторной диаграммы токов.

4 Порядок построения векторной диаграммы токов электрической цепи с параллельным соединением элементов.

4.1 Определение масштабного коэффициента. Масштабный коэффициент необходим для правильности построения векторной диаграммы. По умолчанию масштабный коэффициент имеет следующее значение:

$$\mu_I = 1 \text{ см/А}$$

Примечание: если в процессе построения диаграммы вектора токов покинут пределы листа формата А4 (210×297 мм), то масштабный коэффициент необходимо увеличить в 2 раза. Если в этом случае параметры листа не будут в состоянии принять в себя диаграмму, то масштабный коэффициент необходимо увеличить в 3 раза.

4.2 Построение координатных осей диаграммы. Векторная диаграмма строится на отдельном листе формата А4. Построение векторной диаграммы начинается с построения осей активного и реактивного (см. рис. 3.3).

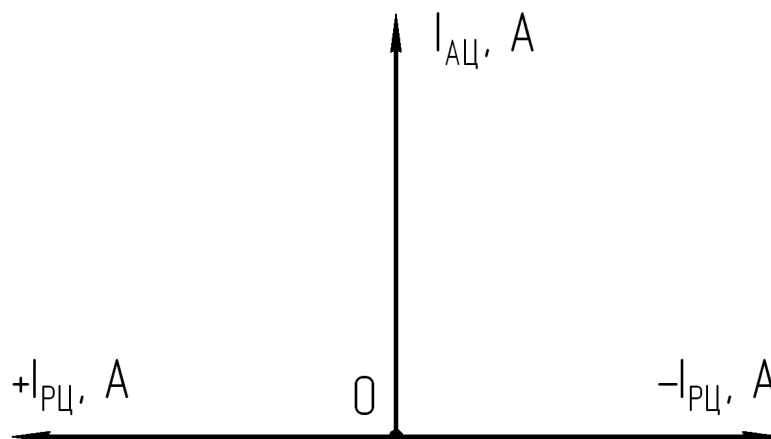


Рисунок 3.3 - Координатные оси векторной диаграммы

4.3 Определение длины векторов тока каждой цепи:

$$I_{\text{ц}} = \mu_I I_{\text{ц}} \quad (3.15)$$

4.4 Определение длины вектора тока всей цепи:

$$I_{\text{ОБЩ}} = \mu_I I_{\text{ОБЩ}} \quad (3.16)$$

4.5 Построение векторов токов. Последовательность построения векторов токов зависит от последовательности их расположения цепей в общей электрической цепи. Начало первого вектора тока совпадает с началом координат. Начало второго вектора совпадает с концом первого вектора. Начало третьего вектора совпадает с концом второго вектора, и так далее. Направление каждого вектора тока зависит от угла сдвига фаз φ . Этот угол откладывается от оси $I_{\text{АЦ}}$, при этом если угол имеет положительное значение, то он откладывается против часовой стрелки, если угол имеет отрицательное значение, то угол откладывается по часовой стрелке.

4.7 Построение вектора тока всей цепи $I_{\text{ОБЩ}}$. Начало вектора тока начинается из начала координат и откладывается под углом $\varphi_{\text{ОБЩ}}$. Конец вектора тока всей цепи должен совпасть с концом завершающего вектора тока отдельно взятых цепей построенных по пункту 4.5 (см. рис. 3.4). Если это условие не выполняется, то в процессе расчетов или построения диаграммы токов допущена ошибка.

Примечание: диаграмму токов необходимо предварительно построить на отдельном листе в клетку для уточнения масштабного коэффициента и расположения вектора тока на листе.

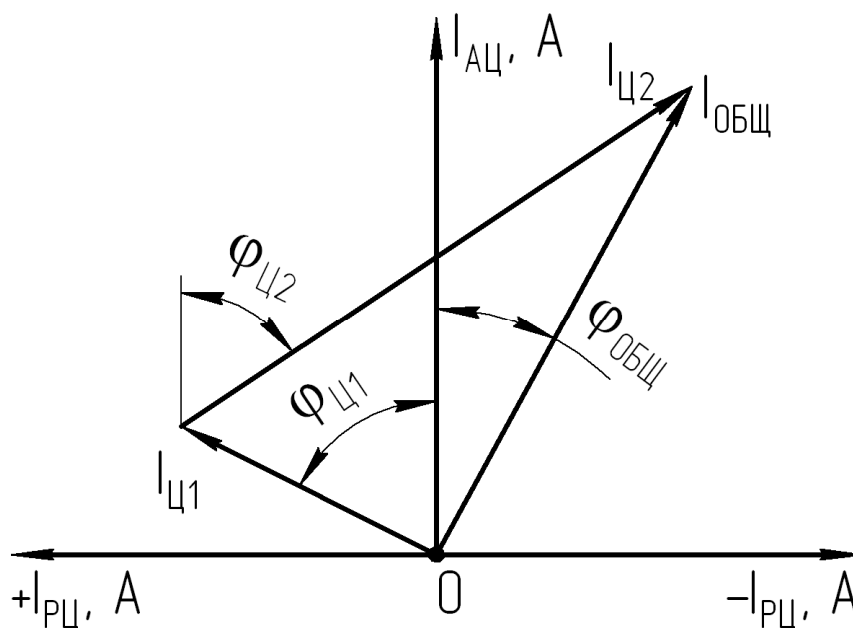


Рисунок 3.4 - Векторная диаграмма токов

5 Пример расчета однофазной цепи переменного тока с последовательным соединением элементов.

5.1 Определение расчетной цепи.

Дано: $L1 = 0,032$ Гн; $R1 = 15$ Ом; $C2 = 0,00056$ Ф; $R2 = 7$ Ом; $L3 = 0,066$ Гн; $C3 = 0,00069$ Ф; $R3 = 12$ Ом; $U = 220$ В; $f = 65$ Гц. Подставляем в электрическую цепь (см. рис. 3.1) имеющиеся данные и определяем элементы, на которые не приводятся данные, и исключаем эти элементы из цепи (см. рис. 3.5).

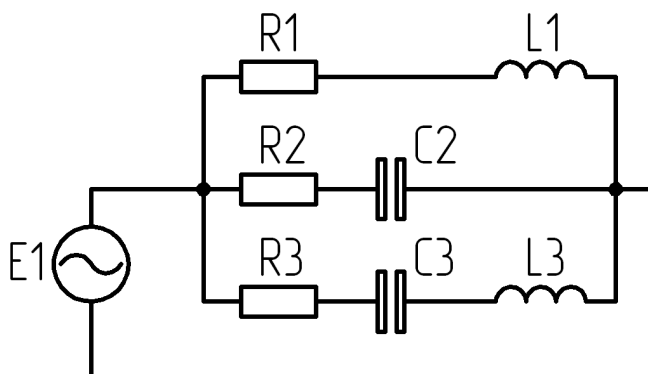


Рисунок 3.5 - Расчетная схема

5.2 Определение угловой частоты тока с использованием формулы (3.1).

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,141592 \cdot 65 = 408,2 \text{ рад/с}$$

5.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления с использованием формулы (3.2).

$$X_{L1} = \omega \cdot L1 = 408,2 \cdot 0,032 = 13,1 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = \omega \cdot L3 = 408,2 \cdot 0,066 = 26,9 \text{ Ом}$$

5.4 Определение реактивного емкостного сопротивления с использованием формулы (3.3).

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C2} = \frac{1}{408,2 \cdot 0,00056} = 4,4 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C3} = \frac{1}{408,2 \cdot 0,00069} = 3,6 \text{ Ом}$$

5.5 Определение общего реактивного сопротивления с использованием формулы (3.4).

$$X1 = X_{L1} - X_{C1} = 13,1 - 0 = 13,1 \text{ Ом}$$

$$X2 = X_{L2} - X_{C2} = 0 - 4,4 = -4,4 \text{ Ом}$$

$$X3 = X_{L3} - X_{C3} = 26,9 - 3,6 = 23,3 \text{ Ом}$$

5.6 Определение полного сопротивления электрической цепи с использованием формулы (3.5)

$$Z1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{15^2 + 13,1^2} = 19,9 \text{ Ом}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{7^2 + (-4,4)^2} = 8,3 \text{ Ом}$$

$$Z_3 = \sqrt{R_3^2 + X_3^2} = \sqrt{12^2 + 23,3^2} = 26,3 \text{ Ом}$$

5.7 Определение угла сдвига фаз с использованием формулы (3.6)

$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_1}{R_1} = \arctg \frac{13,1}{15} = \arctg(0,873) = 41,1^\circ$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{X_2}{R_2} = \arctg \frac{-4,4}{7} = \arctg(-0,628) = -32,0^\circ$$

$$\varphi_3 = \arctg \frac{X_3}{R_3} = \arctg \frac{23,3}{12} = \arctg(1,941) = 62,8^\circ$$

5.8 Определение силы тока протекающей по электрической цепи с использованием формулы (3.7).

$$I_{\text{ц1}} = \frac{U}{Z_1} = \frac{220}{19,9} = 11,06 \text{ А}$$

$$I_{\text{ц2}} = \frac{U}{Z_2} = \frac{220}{8,3} = 26,65 \text{ А}$$

$$I_{\text{ц3}} = \frac{U}{Z_3} = \frac{220}{26,3} = 8,37 \text{ А}$$

5.9 Определение активных токов протекающих по каждой электрической цепи с использованием формулы (3.8).

$$I_{\text{Ац1}} = I_{\text{ц1}} \cos(\varphi_1) = 11,06 \cos(41,1^\circ) = 8,34 \text{ А}$$

$$I_{\text{Ац2}} = I_{\text{ц2}} \cos(\varphi_2) = 26,65 \cos(-32,0^\circ) = 22,60 \text{ А}$$

$$I_{\text{Ац3}} = I_{\text{ц3}} \cos(\varphi_3) = 8,37 \cos(62,8^\circ) = 3,82 \text{ А}$$

5.10 Определение реактивных токов протекающих по каждой электрической цепи с использованием формулы (3.9).

$$I_{\text{Рц1}} = I_{\text{ц1}} \sin(\varphi_1) = 11,06 \sin(41,1^\circ) = 7,26 \text{ А}$$

$$I_{\text{Рц2}} = I_{\text{ц2}} \sin(\varphi_2) = 26,65 \sin(-32,0^\circ) = -14,12 \text{ А}$$

$$I_{\text{Рц3}} = I_{\text{ц3}} \sin(\varphi_3) = 8,37 \sin(62,8^\circ) = 7,45 \text{ А}$$

5.11 Определение суммарной составляющей активных токов с использованием формулы (3.10).

$$I_A = I_{\text{Ац1}} + I_{\text{Ац2}} + I_{\text{Ац3}} = 8,34 + 22,60 + 3,82 = 34,76 \text{ А}$$

5.12 Определение суммарной составляющей реактивных токов с использованием формулы (3.11).

$$I_P = I_{\text{Рц1}} + I_{\text{Рц2}} + I_{\text{Рц3}} = 7,26 - 14,12 + 7,45 = 0,58 \text{ А}$$

5.13 Определение общей силы тока протекающей по всей электрической цепи с использованием формулы (3.12).

$$I_{\text{Общ}} = \sqrt{I_A^2 + I_P^2} = \sqrt{34,76^2 + 0,58^2} = 34,77 \text{ А}$$

5.14 Определение угла сдвига фаз всей электрической цепи с использованием формулы (3.13).

$$\varphi_{\text{общ}} = \arctg\left(\frac{I_P}{I_A}\right) = \arctg\left(\frac{0,58}{34,76}\right) = \arctg(0,016) = 0,98^\circ$$

5.15 Определение полной мощности с использованием формулы (3.14).

$$S = UI_{\text{общ}} = 220 \cdot 34,77 = 7649 \text{ Вт}$$

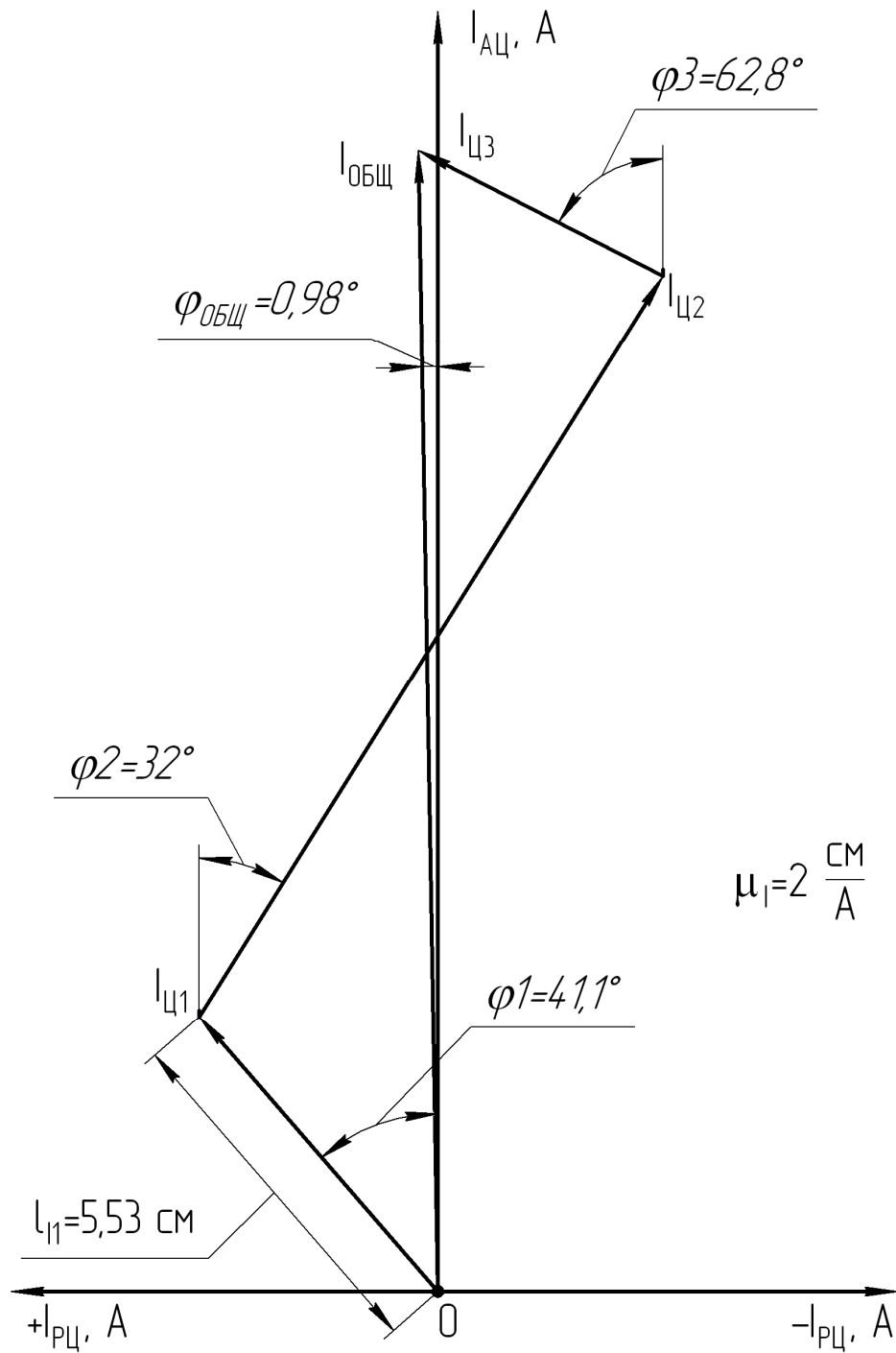


Рисунок 3.6 - Векторная диаграмма токов

5.16 Определение длины векторов тока каждой цепи с использованием формулы (3.15).

$$I_{ц1} = \mu_1 I_{ц1} = 2 \cdot 11,06 = 5,53 \text{ см}$$

$$I_{ц2} = \mu_1 I_{ц2} = 2 \cdot 26,65 = 13,325 \text{ см}$$

$$I_{ц3} = \mu_1 I_{ц3} = 2 \cdot 8,37 = 4,185 \text{ см}$$

5.17 Определение длины вектора тока всей цепи с использованием формулы (3.16).

$$I_{общ} = \mu_1 I_{общ} = 2 \cdot 34,77 = 17,385 \text{ см}$$

5.18 Построение диаграммы напряжений с учетом имеющейся информации (см. рис. 3.6)

6 Требования к оформлению отчета ЛППР

6.1 Отчет по ЛППР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

6.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

6.3 Пример оформления отчета по ЛППР (см. приложение 1)

6.4 Заполнение штампа титульного листа ЛППР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

1) Что такое угол сдвига фаз?

2) Как определяется активное, реактивное и полное сопротивление цепи?

3) Как определяется активная, реактивная и полная мощность?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т4

РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, СОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ ПО СХЕМЕ «ЗВЕЗДА»

1 Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать трехфазную цепь переменного тока при соединении по схеме «Звезда».

1.2 Определить силу тока, протекающую по нейтральному проводу.

2 Объект расчета

Объектом расчета служит трехфазная цепь переменного тока при соединении потребителя по схеме «Звезда» (см. рис. 4.1). Где: $E_1...E_3$ – источники переменного тока образующие трехфазную цепь с фазами А, В, С; $R_A...R_B$ – резисторы; $L_A...L_C$ – индуктивные катушки; $C_A...C_C$ – конденсаторы; $i_A...i_C$ – мгновенные значения силы тока протекающего по каждой отдельной фазе; i_N – мгновенные значения силы тока протекающего по нейтральному проводу.

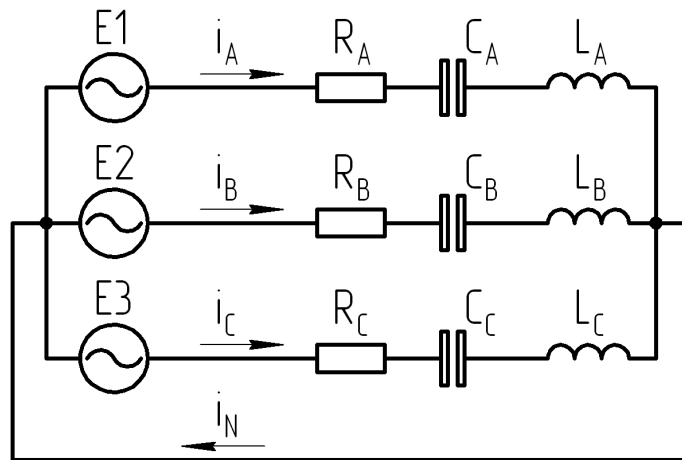


Рисунок 4.1 - Схема трехфазной цепи переменного тока, соединение потребителя по схеме «Звезда»

3 расчета трехфазной цепи переменного тока присоединении по схеме «Звезда»

3.1 Определение расчетной цепи. Исключение из электрической цепи элементов, которые не являются ее частью.

3.2 Определение угловой частоты тока.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \quad (4.1)$$

3.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X_L = \omega L \quad (4.2)$$

3.4 Определение реактивного ёмкостного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (4.3)$$

3.5 Определение общего реактивного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X = X_L - X_C \quad (4.4)$$

3.6 Определение полного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$Z_\phi = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (4.5)$$

3.7 Определение угла сдвига фаз каждой фазы электрической цепи.

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) \quad (4.6)$$

3.8 Определение силы тока протекающей по каждой фазе электрической цепи.

$$I_\phi = \frac{U_\phi}{Z_\phi} \quad (4.7)$$

3.9 Определение мгновенного значения тока протекающего по каждой фазе электрической цепи.

$$i_A = I_{\phi A} \sin(\omega t), \text{ A} \quad (4.8)$$

$$i_B = I_{\phi B} \sin(\omega t - 120^\circ), \text{ A} \quad (4.9)$$

$$i_C = I_{\phi C} \sin(\omega t + 120^\circ), \text{ A} \quad (4.10)$$

где: ωt – угловое положение ротора при фиксировании мгновенного значения тока.

3.10 Определение мгновенного значения тока протекающего по нейтральному проводу электрической цепи.

$$i_N = i_A + i_B + i_C, \text{ A} \quad (4.11)$$

3.11 Определение реактивной мощности каждой фазы электрической цепи.

$$Q_\phi = U_\phi I_\phi \sin \varphi \quad (4.12)$$

3.12 Определение активной мощности каждой фазы электрической цепи.

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi \quad (4.13)$$

3.13 Определение суммарной составляющей реактивной мощности.

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C, \text{ вар} \quad (4.14)$$

3.14 Определение суммарной составляющей активной мощности.

$$P = P_A + P_B + P_C, \text{ Вт} \quad (4.15)$$

3.15 Определение полной мощности трехфазной цепи.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4.16)$$

3.16 Формулирование выводов по работе.

4 Пример расчета трехфазной цепи переменного тока присоединении по схеме «Звезда».

4.1 Определение расчетной цепи.

Дано: $L1 = 0,032$ Гн; $R1 = 15$ Ом; $C2 = 0,00056$ Ф; $R2 = 7$ Ом; $L3 = 0,066$ Гн; $C3 = 0,00069$ Ф; $R3 = 12$ Ом; $U_{\phi} = 220$ В; $f = 45$ Гц; $\omega t = 33^\circ$. Подставляем в электрическую цепь (см. рис. 4.1) имеющиеся данные и определяем элементы, на которые не приводятся данные, и исключаем эти элементы из цепи (см. рис. 4.2).

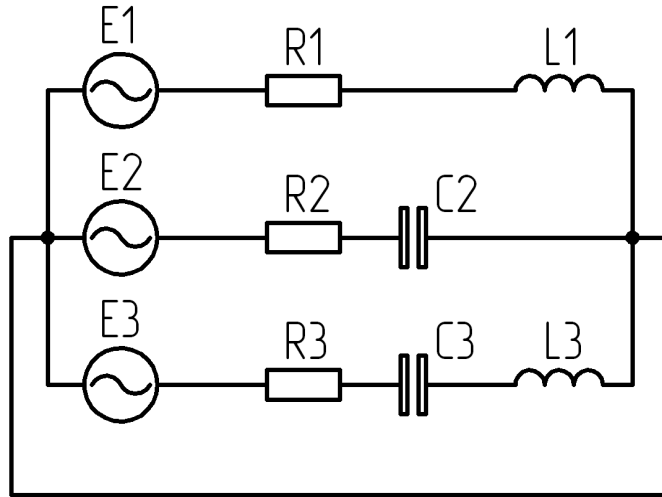


Рисунок 4.2 - Расчетная схема

4.2 Определение угловой частоты тока с использованием формулы (4.1).

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,141592 \cdot 45 = 282,6 \text{ рад/с}$$

4.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления с использованием формулы (4.2).

$$X_{L1} = \omega \cdot L1 = 282,6 \cdot 0,032 = 9,0 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = \omega \cdot L3 = 282,6 \cdot 0,066 = 18,7 \text{ Ом}$$

4.4 Определение реактивного емкостного сопротивления с использованием формулы (4.3).

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C2} = \frac{1}{282,6 \cdot 0,00056} = 6,3 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C3} = \frac{1}{282,6 \cdot 0,00069} = 5,1 \text{ Ом}$$

4.5 Определение общего реактивного сопротивления с использованием формулы (4.4).

$$X1 = X_{L1} - X_{C1} = 9,0 - 0 = 9,0 \text{ Ом}$$

$$X2 = X_{L2} - X_{C2} = 0 - 6,3 = -6,3 \text{ Ом}$$

$$X3 = X_{L3} - X_{C3} = 18,7 - 5,1 = 13,6 \text{ Ом}$$

4.6 Определение полного сопротивления электрической цепи с использованием формулы (4.5)

$$Z_A = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{15^2 + 9,0^2} = 17,5 \text{ Ом}$$

$$Z_B = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{7^2 + (-6,3)^2} = 9,4 \text{ Ом}$$

$$Z_C = \sqrt{R_3^2 + X_3^2} = \sqrt{12^2 + 13,6^2} = 18,1 \text{ Ом}$$

4.7 Определение угла сдвига фаз с использованием формулы (4.6)

$$\varphi_A = \arctg \frac{X_1}{R_1} = \arctg \frac{9,0}{15} = \arctg(0,600) = 31,1^\circ$$

$$\varphi_B = \arctg \frac{X_2}{R_2} = \arctg \frac{-6,3}{7} = \arctg(-0,900) = -42,1^\circ$$

$$\varphi_C = \arctg \frac{X_3}{R_3} = \arctg \frac{18,1}{12} = \arctg(1,508) = 48,4^\circ$$

4.8 Определение силы тока протекающей по электрической цепи с использованием формулы (4.7).

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{220}{17,5} = 12,56 \text{ А}$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{220}{9,4} = 23,33 \text{ А}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{220}{18,1} = 12,17 \text{ А}$$

4.9 Определение мгновенного значения тока протекающего по каждой фазе электрической цепи с использованием формул (4.8), (4.9), (4.10).

$$i_A = I_A \sin(\omega t) = 12,56 \sin(33^\circ) = 6,84 \text{ А}$$

$$i_B = I_B \sin(\omega t - 120^\circ) = 23,33 \sin(33^\circ - 120^\circ) = -23,30 \text{ А}$$

$$i_C = I_C \sin(\omega t + 120^\circ) = 12,17 \sin(33^\circ + 120^\circ) = 5,52 \text{ А}$$

4.10 Определение мгновенного значения тока протекающего по нейтральному проводу электрической цепи с использованием формулы (4.11).

$$i_N = i_A + i_B + i_C = 6,84 - 23,30 + 5,52 = -10,93 \text{ А}$$

4.11 Определение реактивной мощности каждой фазы электрической цепи с использованием формулы (4.12).

$$Q_A = U_A I_A \sin(\varphi_A) = 220 \cdot 12,56 \sin(31,1) = 1427 \text{ вар}$$

$$Q_B = U_B I_B \sin(\varphi_B) = 220 \cdot 23,33 \sin(-42,1) = 3439 \text{ вар}$$

$$Q_C = U_C I_C \sin(\varphi_C) = 220 \cdot 12,17 \sin(48,4) = 2002 \text{ вар}$$

4.12 Определение активной мощности каждой фазы электрической цепи с использованием формулы (4.13).

$$P_A = U_A I_A \cos(\varphi_A) = 220 \cdot 12,56 \cos(31,1) = 2367 \text{ Вт}$$

$$P_B = U_B I_B \cos(\varphi_B) = 220 \cdot 23,33 \cos(-42,1) = 3810 \text{ Вт}$$

$$P_C = U_C I_C \cos(\varphi_C) = 220 \cdot 12,17 \cos(48,4) = 1777 \text{ Вт}$$

4.13 Определение суммарной составляющей реактивной мощности с использованием формулы (4.14).

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 1427 + 3439 + 2002 = 6868 \text{ вар}$$

4.14 Определение суммарной составляющей активной мощности с использованием формулы (4.15).

$$P = P_A + P_B + P_C = 2367 + 3810 + 1777 = 7954 \text{ Вт}$$

4.15 Определение полной мощности трехфазной цепи с использованием формулы (4.16).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{7954^2 + 6868^2} = 10508 \text{ ВА}$$

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Где применяется соединение оп схеме «Звезда»?
- 2) Когда используется трех проводная цепь при соединении по схеме «Звезда»?
- 3) Когда используется четырех проводная цепь при соединении по схеме «Звезда»?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т5

РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, СОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ ПО СХЕМЕ «ТРЕУГОЛЬНИК»

1 Цель работы

1.1 Научиться рассчитывать трехфазную цепь переменного тока при соединении по схеме «Треугольник».

2 Объект расчета

Объектом расчета служит трехфазная цепь переменного тока при соединении потребителя по схеме «Треугольник» (см. рис. 5.1). Где $E_1...E_3$ – источники переменного тока образующие трехфазную цепь с фазами А, В, С; $R_A...R_B$ – резисторы; $L_A...L_C$ – индуктивные катушки; $C_A...C_C$ – конденсаторы; $i_A...i_C$ – мгновенные значения силы тока протекающего по каждой отдельной фазе.

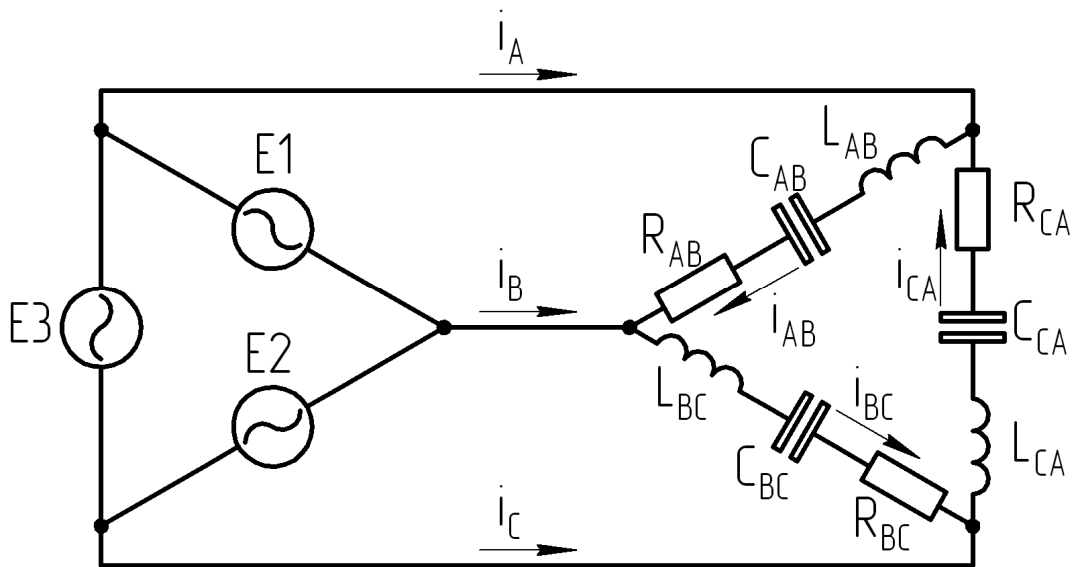


Рисунок 5.1 - Схема трехфазной цепи переменного тока, соединение потребителя по схеме «Треугольник»

3 Порядок расчета трехфазной цепи переменного тока присоединении по схеме «Треугольник»

3.1 Определение расчетной цепи. Исключение из электрической цепи элементов, которые не являются ее частью.

3.2 Определение угловой частоты тока.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \text{ рад/с} \quad (5.1)$$

3.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X_L = \omega L, \text{ Ом} \quad (5.2)$$

3.4 Определение реактивного ёмкостного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \text{ Ом} \quad (5.3)$$

3.5 Определение общего реактивного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$X = X_L - X_C, \text{ Ом} \quad (5.4)$$

3.6 Определение полного сопротивления каждой фазы электрической цепи.

$$Z_\phi = \sqrt{R^2 + X^2}, \text{ Ом} \quad (5.5)$$

3.7 Определение угла сдвига фаз каждой фазы электрической цепи.

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X}{R}\right) \quad (5.6)$$

3.8 Определение силы тока протекающей по каждой фазе электрической цепи.

$$I_\phi = \frac{U_\phi}{Z_\phi}, \text{ А} \quad (5.7)$$

3.9 Определение мгновенного значения тока протекающего по каждой фазе электрической цепи.

$$i_{AB} = I_{AB} \sin(\omega t), \text{ А} \quad (5.8)$$

$$i_{BC} = I_{BC} \sin(\omega t - 120^\circ), \text{ А} \quad (5.9)$$

$$i_{CA} = I_{CA} \sin(\omega t + 120^\circ), \text{ А} \quad (5.10)$$

3.10 Определение мгновенного значения тока, протекающего от источника к потребителю.

$$i_A = i_{AB} - i_{CA}, \text{ А} \quad (5.11)$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB}, \text{ А} \quad (5.12)$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}, \text{ А} \quad (5.13)$$

3.11 Определение суммарной мгновенной составляющей значений токов протекающих от источника к потребителю.

$$i_\Sigma = i_A + i_B + i_C, \text{ А} \quad (5.14)$$

3.12 Определение потребляемой реактивной мощности каждой фазой электрической цепи.

$$Q_\phi = U_\phi I_\phi \sin \varphi, \text{ вар} \quad (5.12)$$

3.13 Определение потребляемой активной мощности каждой фазой электрической цепи.

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi, \text{ Вт} \quad (5.13)$$

3.14 Определение суммарной составляющей реактивной мощности.

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C, \text{ вар} \quad (5.14)$$

3.15 Определение суммарной составляющей активной мощности.

$$P = P_A + P_B + P_C, \text{ Вт} \quad (5.15)$$

3.16 Определение полной потребляемой мощности трехфазной цепи.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ В} \cdot \text{А} \quad (5.16)$$

3.17 Формулирование выводов по работе.

4 Пример расчета трехфазной цепи переменного тока присоединении по схеме «Треугольник»

4.1 Определение расчетной цепи.

Дано: $L_1 = 0,032 \text{ Гн}$; $R_1 = 15 \text{ Ом}$; $C_2 = 0,00056 \text{ Ф}$; $R_2 = 7 \text{ Ом}$; $L_3 = 0,066 \text{ Гн}$; $C_3 = 0,00069 \text{ Ф}$; $R_3 = 12 \text{ Ом}$; $U_\phi = 220 \text{ В}$; $f = 40 \text{ Гц}$; $\omega t = 33^\circ$. Подставляем в электрическую цепь (см. рис. 5.1) имеющиеся данные и определяем элементы, на которые не приводятся данные, и исключаем эти элементы из цепи (см. рис. 5.2).

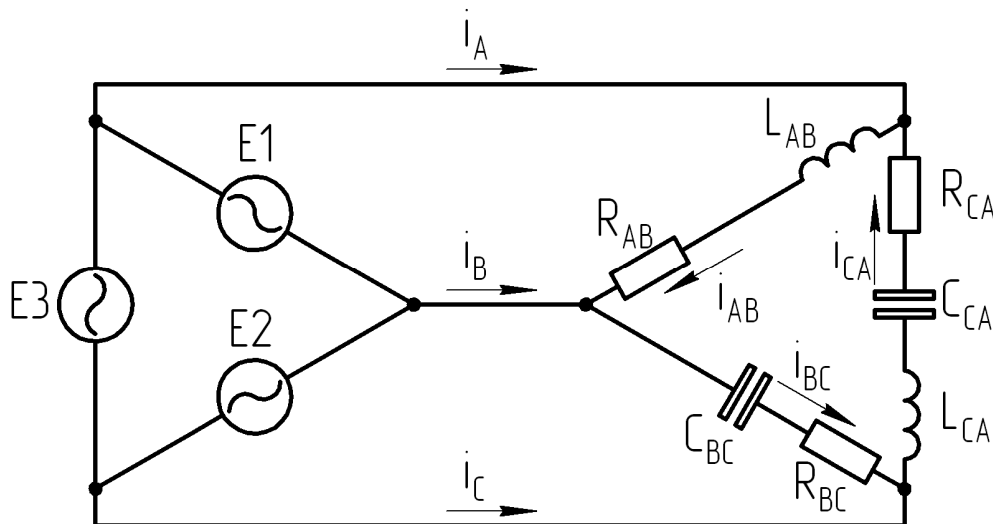


Рисунок 5.2 - Расчетная схема

4.2 Определение угловой частоты тока с использованием формулы (5.1).

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,141592 \cdot 45 = 251,2 \text{ рад/с}$$

4.3 Определение реактивного индуктивного сопротивления с использованием формулы (5.2).

$$X_{L1} = \omega \cdot L_1 = 251,2 \cdot 0,032 = 8,0 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = \omega \cdot L_3 = 251,2 \cdot 0,066 = 16,6 \text{ Ом}$$

4.4 Определение реактивного емкостного сопротивления с использованием формулы (5.3).

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C2} = \frac{1}{251,2 \cdot 0,00056} = 7,1 \text{ Ом}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C3} = \frac{1}{251,2 \cdot 0,00069} = 5,8 \text{ Ом}$$

4.5 Определение общего реактивного сопротивления с использованием формулы (5.4).

$$X1 = X_{L1} - X_{C1} = 8,0 - 0 = 8,0 \text{ Ом}$$

$$X2 = X_{L2} - X_{C2} = 0 - 6,3 = -7,1 \text{ Ом}$$

$$X3 = X_{L3} - X_{C3} = 16,6 - 5,8 = 10,8 \text{ Ом}$$

4.6 Определение полного сопротивления электрической цепи с использованием формулы (5.5)

$$Z_{AB} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{15^2 + 8,0^2} = 17,0 \text{ Ом}$$

$$Z_{BC} = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{7^2 + (-7,1)^2} = 10,0 \text{ Ом}$$

$$Z_{CA} = \sqrt{R_3^2 + X_3^2} = \sqrt{12^2 + 10,8^2} = 16,2 \text{ Ом}$$

4.7 Определение угла сдвига фаз с использованием формулы (5.6)

$$\varphi_{AB} = \arctg \frac{X1}{R1} = \arctg \frac{8,0}{15} = \arctg(0,533) = 28,2^\circ$$

$$\varphi_{BC} = \arctg \frac{X2}{R2} = \arctg \frac{-7,1}{7} = \arctg(-1,014) = -45,4^\circ$$

$$\varphi_{CA} = \arctg \frac{X3}{R3} = \arctg \frac{10,8}{12} = \arctg(0,900) = 42,0^\circ$$

4.8 Определение силы тока протекающей по электрической цепи с использованием формулы (5.7).

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{220}{17,0} = 12,93 \text{ А}$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{220}{10,0} = 22,00 \text{ А}$$

$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{220}{16,2} = 13,62 \text{ А}$$

4.9 Определение мгновенного значения тока протекающего по каждой фазе электрической цепи с использованием формул (5.8), (5.9), (5.10).

$$i_{AB} = I_{AB} \sin(\omega t) = 12,93 \sin(33^\circ) = 7,04 \text{ А}$$

$$i_{BC} = I_{BC} \sin(\omega t - 120^\circ) = 22,00 \sin(33^\circ - 120^\circ) = -22,02 \text{ А}$$

$$i_{CA} = I_{CA} \sin(\omega t + 120^\circ) = 13,62 \sin(33^\circ + 120^\circ) = 2,65 \text{ А}$$

3.10 Определение мгновенного значения тока, протекающего от источника к потребителю с использованием формул (5.11), (5.12), (5.13)

$$i_A = i_{AB} - i_{CA} = 7,04 - 2,65 = 4,39$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB} = -22,02 - 7,04 = -29,06$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC} = 2,65 - (-22,02) = 24,67$$

4.11 Определение суммарной мгновенной составляющей значений токов протекающих от источника к потребителю с использованием формулы (5.14).

$$i_{\Sigma} = i_A + i_B + i_C = 4,39 - 29,06 + 24,67 = 0 \text{ А}$$

4.12 Определение потребляемой реактивной мощности каждой фазой электрической цепи с использованием формулы (5.15).

$$Q_{AB} = U_{AB} I_{AB} \sin(\varphi_{AB}) = 220 \cdot 12,93 \sin(28,2^\circ) = 1343 \text{ вар}$$

$$Q_{BC} = U_{BC} I_{BC} \sin(\varphi_{BC}) = 220 \cdot 22,00 \sin(-45,4^\circ) = 3457 \text{ вар}$$

$$Q_{CA} = U_{CA} I_{CA} \sin(\varphi_{CA}) = 220 \cdot 13,65 \sin(42,0^\circ) = 2006 \text{ вар}$$

4.13 Определение потребляемой активной мощности каждой фазой электрической цепи с использованием формулы (5.16).

$$P_{AB} = U_{AB} I_{AB} \cos(\varphi_{AB}) = 220 \cdot 12,93 \cos(28,2^\circ) = 2507 \text{ Вт}$$

$$P_{BC} = U_{BC} I_{BC} \cos(\varphi_{BC}) = 220 \cdot 22,00 \cos(-45,4^\circ) = 3404 \text{ Вт}$$

$$P_{CA} = U_{CA} I_{CA} \cos(\varphi_{CA}) = 220 \cdot 13,65 \cos(42,0^\circ) = 2227 \text{ Вт}$$

4.14 Определение суммарной составляющей реактивной мощности с использованием формулы (5.17).

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 1343 + 3457 + 2006 = 6806 \text{ вар}$$

4.15 Определение суммарной составляющей активной мощности с использованием формулы (5.18).

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 2507 + 3404 + 2227 = 8137 \text{ Вт}$$

4.16 Определение полной мощности трехфазной цепи с использованием формулы (5.19).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{8137^2 + 6806^2} = 10608 \text{ ВА}$$

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого

карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

1) Где применяются соединения по схеме «Треугольник»?

2) Почему мгновенное значение тока в цепи равно нулю при соединении по схеме «Треугольник»?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы электроизмерительных приборов.
- 1.2 Научиться определять параметры электроизмерительных приборов, используя условные обозначения на передней панели прибора.
- 1.3 Изучить прямые и косвенные методы измерения.
- 1.4 Научиться определять погрешности измерений.
- 1.5 Научиться строить вольтамперные характеристики (ВАХ) элементов.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются три вида измерительных приборов: вольтметр, амперметр и ваттметр. Эти измерительные приборы входят в электрическую цепь (см. рис. 6.1). Где $E1$ – источник переменного тока; $T1$ – автотрансформатор; $R1$ – нагрузка, подключенная к вторичной обмотке автотрансформатора; $SA1$ – переключатель, который замыкает цепь между первичной обмоткой автотрансформатора и источником тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающего через вторичную обмотку автотрансформатора; $PV1$ – вольтметр, измеряющий выходное напряжение на вторичной обмотке автотрансформатора, является частью автотрансформатора; $PW1$ – ваттметр, измеряющий мощность потребляемую цепью.

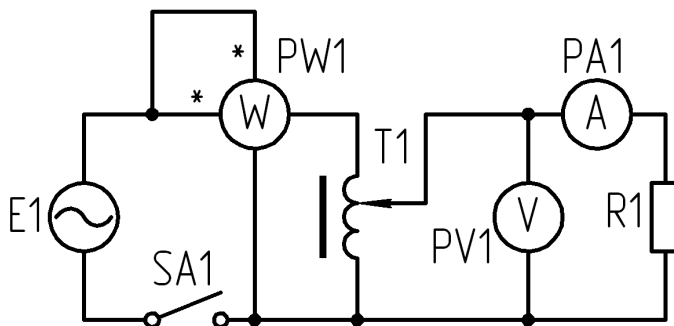


Рисунок 6.1 - Схема электрической цепи для исследования работы электроизмерительных приборов

3 Краткие теоретические сведения

Измерение – операция, посредством которой определяется отношение одной физической величины к другой однородной физической величине принимаемой за единицу.

Измерения бывают двух видов: прямые и косвенные. *Прямое измерение* – определение требуемой физической величины по показаниям

электроизмерительных приборов. *Косвенное измерение* – определение требуемой физической величины по результатам математических вычислений.

Классификация измерительных приборов на производстве: *рабочие* – приборы непосредственно связанные с измерением физических величин; *эталонные* – приборы, предназначенные для проверки правильности показаний рабочих приборов и градуировки новых.

Виды электроизмерительных приборов: *амперметр* – прибор для определения силы тока протекающего через участок цепи; *вольтметр* – прибор для определения напряжения на участке цепи; *ваттметр* – прибор для определения потребляемой электрической мощности цепью и др.

Передняя панель электроизмерительного прибора содержит следующие компоненты, представленные на рис. 6.2.

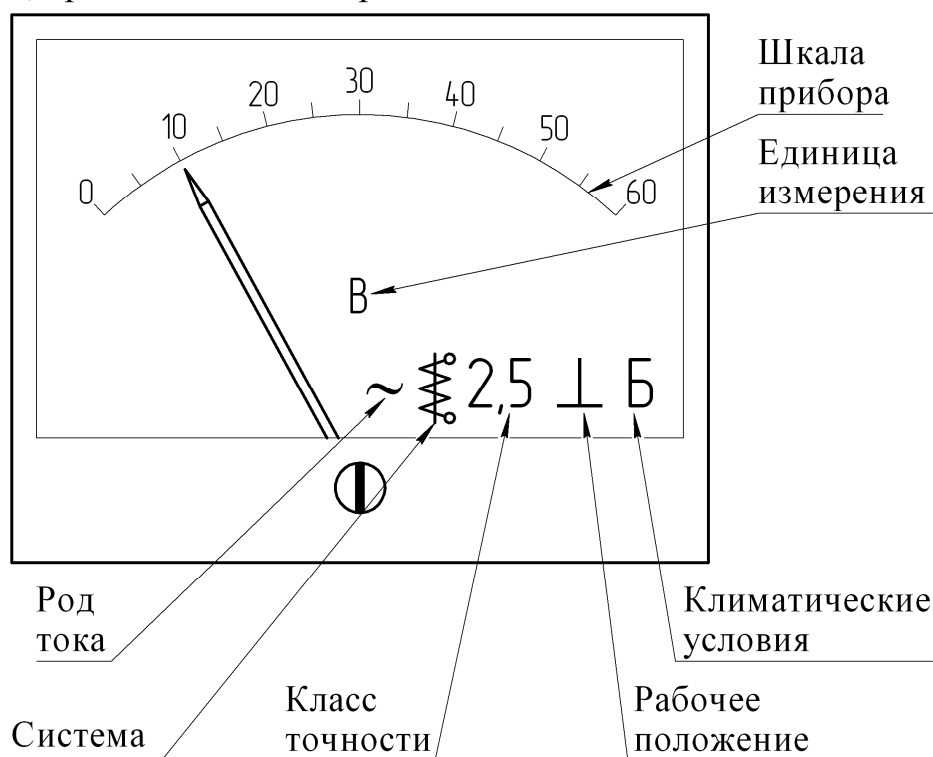


Рисунок 6.2 - Передняя панель электроизмерительного прибора

Классификация приборов по роду тока см. табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Условный значок рода тока

Условный значок	Род тока
—	Постоянный
~	Переменный
≡	Трехфазный переменный
Ⓢ	Постоянный и переменный

Классификация приборов по измерительному механизму см. табл. 6.2.

Таблица 6.2 – Условный значок измерительного механизма

Условный значок	Измерительный механизм (система)
	Электродинамическая
	Магнитоэлектрическая
	Электромагнитная

Классификация приборов по классу точности: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Класс точности отображает приведенную погрешность прибора.

Классификация по рабочему положению прибора см. табл. 6.3.

Таблица 6.3 – Условный значок рабочего положения прибора

Условный значок	Рабочее положение
	Горизонтально
	Вертикально
	Под углом

Классификация по климатическим условиям: А – для закрытых отапливаемых помещений; Б – для закрытых неотапливаемых помещений; В – для полевых и морских условий

Цена деления – значение измеряемой величины, вызывающее отклонение показывающего устройства на одно деление шкалы.

$$Ц = \frac{A_{НОМ}}{n}$$

Где: $A_{НОМ}$ – наибольшая величина, которую может измерить прибор; n – число делений шкалы.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 6.4.

Таблица 6.4 – Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PW1								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 6.5. Где I_{R1} – показания амперметра PA1; U_{R1} – показания вольтметра PV1; P_{W1} – показания ваттметра PW1; R_{R1} – сопротивление резистора R1; $R_{R1Д}$ – действительное значение резистора R1; Δ – абсолютная погрешность при определении сопротивления резистора R1; δ – относительная погрешность при определении сопротивления резистора R1.

Примечание: пренебрегаем сопротивлением проводов и падением напряжения на амперметре PA1, поэтому:

$$U_{R1} = U_{W2}$$

Таблица 6.5 – Результаты измерений

Опыт	P_{W1} , Вт	U_{R1} , В	I_{R1} , А	R_{R1} , Ом	$R_{R1Д}$, Ом	Δ	δ , %
1							
2							
3							
4							

4.4 Определение сопротивления резистора R1, базирываясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

4.5 Определение действительного значения сопротивления резистора R1 по паспортным данным резистора.

4.6 Определение абсолютной погрешности Δ :

$$\Delta = |R_{R1} - R_{R1Д}|$$

4.7 Определение относительной погрешности δ :

$$\delta = \frac{\Delta}{R_{R1Д}} \times 100\%$$

4.8 Построение ВАХ резистора R1 по данным табл. 6.5.

4.9 Формулирование выводов по проделанной работе.

5 Порядок построения ВАХ

5.1 Построение координатных осей тока и напряжения, при этом ось тока строится вертикально, а ось напряжения строится горизонтально (см. рис. 6.3 а). Где $I_{пр}$ – значение электрического тока, приложенного в прямом направлении; $I_{обр}$ – значение электрического тока, приложенного в обратном направлении; $U_{пр}$ – значение электрического напряжения, приложенного в прямом направлении; $U_{обр}$ – значение электрического напряжения, приложенного в обратном направлении.

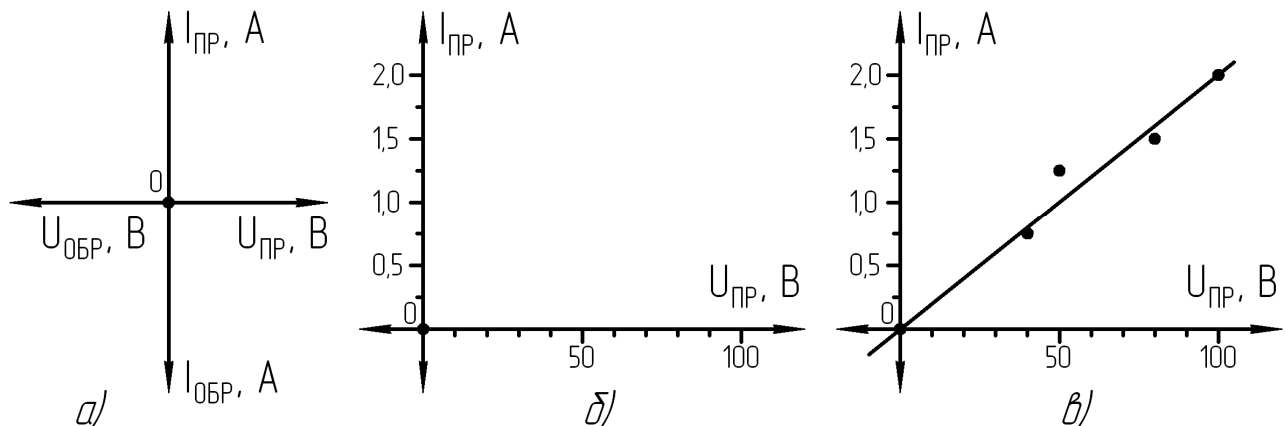


Рисунок 6.3 - Координатные оси ВАХ

5.2 Разбиение осей на одинаковые отрезки, так чтобы кратность значений оканчивалась на «0» или «5» (см. рис. 6.3 б). При выборе интервала разбиения необходимо учитывать данные максимальных значений тока и напряжения участвующие в проведенных исследованиях.

5.3 Нанесение на ВАХ показаний снятых с амперметра и вольтметра во время проведения испытаний.

Примечание: ВАХ постоянного резистора представляет собой прямую линию, поэтому на ВАХ можно строить по положительным значениям тока и напряжения.

5.4 Соединение полученных точек с началом координат (см. рис. 6.3 в).

Примечание: ВАХ постоянного резистора представляет собой прямую линию, поэтому эта линия не обязательно должна пройти через все построенные точки, так как существует погрешность измерения, но обязательно должна пройти через начало координат.

6 Индивидуальное задание

6.1 Получить у преподавателя данные для индивидуального решения и подготовить в тетради для лабораторно-практических работ табл. 6.6.

6.2 Заполнить табл. 6.6 по полученным данным индивидуального задания.

6.3 Сдать тетрадь для лабораторно-практических работ для проверки преподавателю.

Таблица 6.6 – Характеристики приборов

№	Наим. характеристики	Усл. значок	Расшифровка
1	Наименование прибора		
2	Цена деления		
3	Пределы измерения		
4	Род тока		
5	Климатические условия		
6	Рабочее положение		
7	Измерительная система		
8	Класс точности		
9	Значение, показываемое стрелкой	Нет значка	

7 Требования к оформлению отчета ЛПР

7.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

7.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

7.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

7.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое измерение?
- 2) Как классифицируются измерительные приборы по роду тока?
- 3) Как классифицируются измерительные приборы по измерительной системе?
- 4) Как классифицируются измерительные приборы по климатическим условиям?
- 5) Как классифицируются измерительные приборы по рабочему положению?
- 6) Что такое класс точности?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить конструкцию однофазного трансформатора.
- 1.2 Научиться определять основные параметры трансформатора.
- 1.3 Изучить принцип работы трансформатора.
- 1.4 Научиться определять погрешности измерений.
- 1.5 Научиться классифицировать трансформаторы.

2 Объект исследования

Объектом исследования являются однофазный трансформатор $T2$ (см. рис 7.1). Где $E1$ – источник переменного тока; $T1$ – автотрансформатор; $R1 \dots R4$ – резисторы (нагрузка), подключенные к вторичной обмотке исследуемого трансформатора; $SA1$ – переключатель, который замыкает цепь между первичной обмоткой автотрансформатора и источником тока; $SA2 \dots SA5$ – переключатели, предназначенные для выбора соответствующей нагрузки; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающего через первичную обмотку трансформатора $T2$; $PV1$ – вольтметр, измеряющий выходное напряжение на вторичной обмотке автотрансформатора, является частью автотрансформатора; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающего через вторичную обмотку трансформатора $T2$; $PV2$ – вольтметр, измеряющий выходное напряжение на вторичной обмотке трансформатора $T2$; $PW1$ – ваттметр, измеряющий мощность потребляемую цепью.

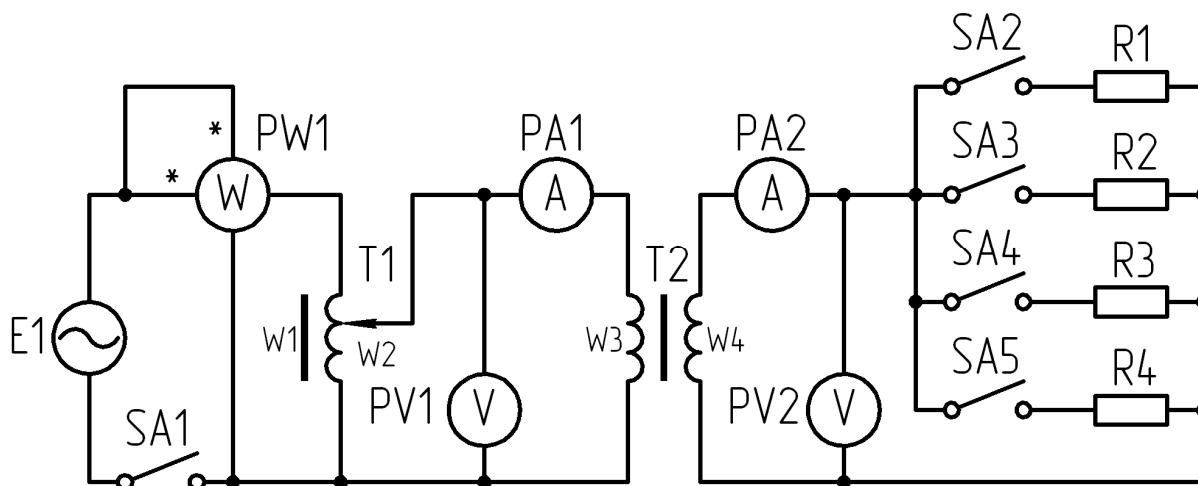


Рисунок 7.1 - Схема электрической цепи для исследования работы однофазного трансформатора

3 Краткие теоретические сведения

Трансформатор – электротехнический прибор, состоящий из двух и более обмоток электрически не связанных между собой и предназначенный для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения (см. рис. 7.1).

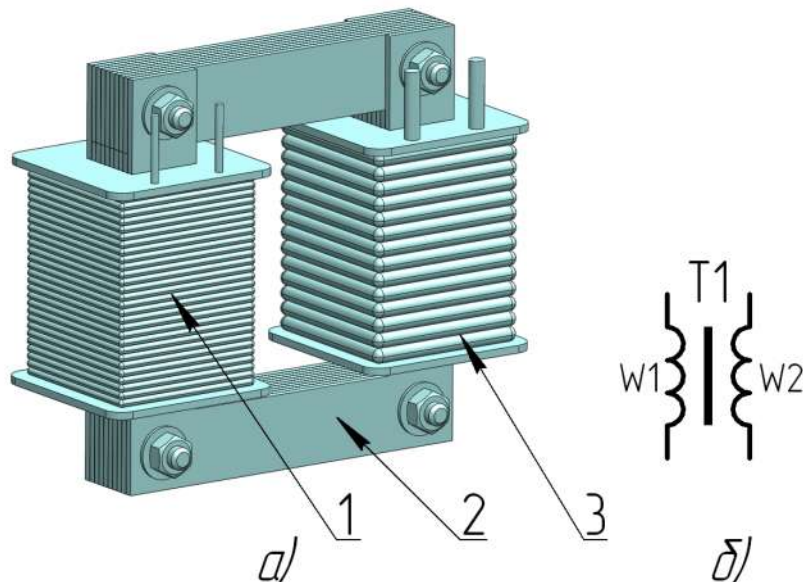


Рисунок 7.2 - Структура (а) и условное обозначение на схемах (б) однофазного трансформатора: 1 – первичная обмотка; 2 – магнитопровод; 3 – вторичная обмотка

Классификация трансформаторов:

а) По конструкции:

Броневые – первичная и вторичная обмотки расположены на одном стержне, при этом обмотка высшего напряжения наматывается на обмотку низшего напряжения, а магнитопровод опоясывает обмотки с двух сторон;

Стержневые – первичная и вторичная обмотки расположены на разных стержнях магнитопровода;

б) По величине преобразуемого напряжения:

Повышающие – напряжение на первичной обмотке меньше напряжения на вторичной обмотке.

Понижающие – напряжение на первичной обмотке больше напряжения на вторичной обмотке.

в) По назначению:

Силовые – для питания разнообразной низковольтной техники, питания электродвигателей, осветительных цепей и передачи электроэнергии на большие расстояния;

Специальные – используются в качестве основного устройства сварочных аппаратов;

Измерительные – используются для подключения только измерительных приборов. Основной особенностью этих трансформаторов является наличие на первичной обмотке одного или нескольких витков.

г) По числу фаз:

Однофазные – наличие у трансформатора одной первичной обмотки и одной или нескольких вторичных обмоток;

Трехфазные – наличие у трансформатора трех первичных и трех вторичных обмоток обычно соединенных по схеме «звезда» или «треугольник».

д) По способу охлаждения:

Открытого типа – это трансформаторы мощностью до 10 кВт, использующие воздух в качестве охлаждающей среды;

Закрытого типа – это трансформаторы мощностью свыше 10 кВт, использующие трансформаторное масло в качестве охлаждающей среды, располагаются в специальных контейнерах.

е) По постоянности выходных параметров:

Постоянные – трансформаторы, у которых коэффициент трансформации является постоянной величиной;

Регулируемые (автотрансформаторы) – трансформаторы, у которых коэффициент трансформации можно регулировать в определенных пределах с помощью специальной рукоятки.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

Таблица 7.1 – Классификация трансформатора Т2

Параметр классификации	Результат
По конструкции:	
По величине преобразуемого напряжения:	
По назначению:	
По числу фаз:	
По способу охлаждения:	
По постоянности выходных параметров:	

4.5 Определение сопротивления нагрузки R_N , базируясь на паспортных данных подключенных резисторов.

4.6 Определение мощности P_{W3} потребляемой первичной обмоткой трансформатора Т2, базируясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

4.7 Определение мощности P_{W4} потребляемой вторичной обмоткой трансформатора Т2, базируясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

4.8 Определение КПД трансформатора Т2:

$$\eta = \frac{P_{W4}}{P_{W3}} \times 100\%$$

4.9 Перемещение ранее полученных параметров из табл. 7.3. в табл. 7.4. Где U_{W3} и U_{W4} берутся из данных табл. 7.3; K_{T2} – коэффициент трансформации трансформатора Т2; $K_{T2д}$ – действительное значение коэффициента трансформации трансформатора Т2, определяется по входному и выходному напряжению, отображаемому на клеммах трансформатора; Δ – абсолютная погрешность при определении коэффициента трансформации; δ – относительная погрешность при определении коэффициента трансформации.

Таблица 7.4 – Коэффициент трансформации трансформатора Т2

№ опыта	U_{W3} , В	U_{W4} , В	K_{T2}	$K_{T2д}$	Δ	δ , %
1						
2						
3						

4.10 Определение коэффициента трансформации трансформатора Т2:

$$K_{T2} = \frac{U_{W4}}{U_{W3}}$$

4.11 Определение действительного значения коэффициента трансформации трансформатора Т2, по входному и выходному напряжению, отображаемому на клеммах трансформатора:

$$K_{T2д} = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}$$

Где $U_{ВЫХ}$ – выходное напряжение трансформатора Т2, В;

$U_{ВХ}$ – входное напряжение трансформатора Т2, В.

4.12 Определение абсолютной погрешности Δ :

$$\Delta = |K_{T2} - K_{T2Д}|$$

4.13 Определение относительной погрешности δ :

$$\delta = \frac{\Delta}{K_{T2Д}} \times 100\%$$

4.14 Формулирование выводов по проделанной работе.

5 Индивидуальное задание и порядок решения

5.1 Получить у преподавателя данные для индивидуального решения и подготовить в тетради для лабораторно-практических работ табл. 7.5.

5.2 Заполнить табл. 7.5 по полученным данным индивидуального задания.

5.3 Сдать тетрадь для лабораторно-практических работ для проверки преподавателю.

6 Требования к оформлению отчета ЛПР

6.1. Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

6.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

6.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

6.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое трансформатор?
- 2) Где применяются трансформаторы?
- 3) Из чего состоит трансформатор?
- 4) Как классифицируются трансформаторы?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т8

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить способы соединения обмоток трехфазного трансформатора.
- 1.2 Научиться определять схему соединения обмоток трансформатора.

2 Объект исследования

Объектом исследования являются трехфазный трансформатор (см. рис 8.1). Где A, B, C – контакты источника трехфазного тока; $W1...W3$ – первичные обмотки трехфазного трансформатора $T1$; $W4...W6$ – вторичные обмотки трехфазного трансформатора $T1$; $R1...R3$ – нагрузка в виде резисторов; $SA1$ – переключатель, который замыкает цепь между первичными обмотками трехфазного трансформатора и источником тока; $SA2$ – переключатель, предназначенные для переключения первичных обмоток трансформатора со схемы «Треугольник» на схему «Звезда» и обратно; $SA3$ – переключатель, предназначенные для переключения вторичных обмоток трансформатора со схемы «Треугольник» на схему «Звезда» и обратно; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающего между нагрузкой и вторичными обмотками трансформатора; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку $W6$; $PV1$ – вольтметр, измеряющий линейное напряжение на первичных обмотках трансформатора; $PV2$ – вольтметр, измеряющий фазное напряжение на первичных обмотках трансформатора; $PV3$ – вольтметр, измеряющий линейное напряжение на вторичных обмотках трансформатора; $PV4$ – вольтметр, измеряющий фазное напряжение на вторичных обмотках.

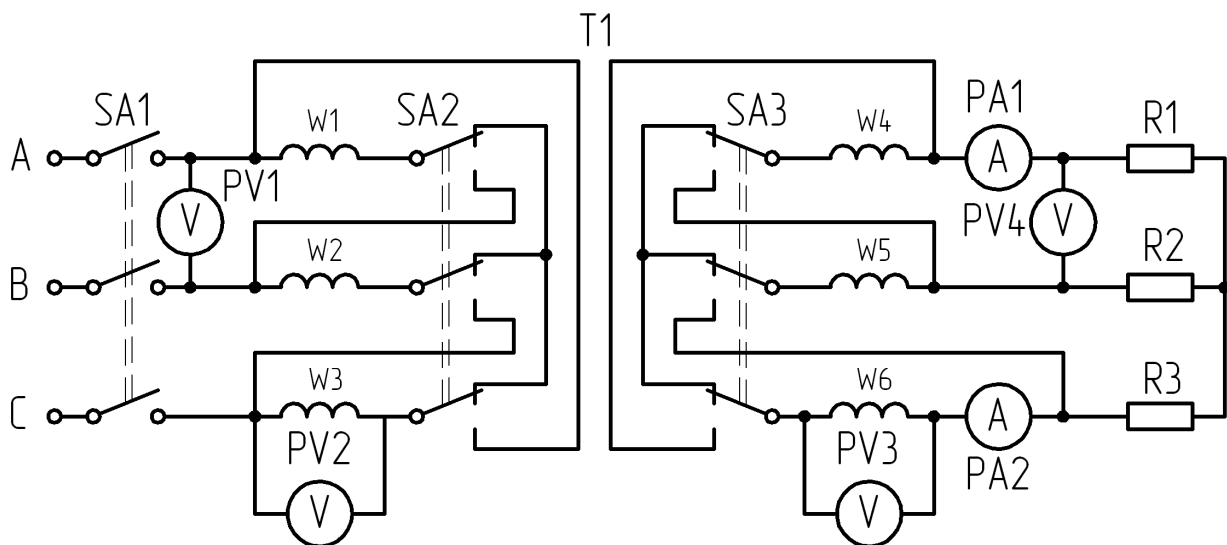


Рис. 8.1 Схема электрической цепи для исследования работы трехфазного трансформатора

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

3.2 Классифицирование трансформатора Т1 по 6 параметрам и отображение результатов в табл. 8.1

Таблица 8.1 – Классификация трансформатора Т1

Параметр классификации	Результат
По конструкции:	
По величине преобразуемого напряжения:	
По назначению:	
По числу фаз:	
По способу охлаждения:	
По постоянности выходных параметров:	

3.3 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 8.2.

Таблица 8.2 – Характеристики измерительных приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PV2								
PV3								
PV4								
PA1								
PA2								

3.4 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 8.3. Где $U_{\text{Л1}}$ – показания вольтметра PV1; $U_{\text{Ф1}}$ – показания вольтметра PV2; $U_{\text{Л2}}$ – показания вольтметра PV4; $U_{\text{Ф2}}$ – показания вольтметра PV3; $I_{\text{Л2}}$ – показания амперметра PA1; $I_{\text{Ф2}}$ – показания амперметра PA2.

Столбики «Схема» отображают какая из двух схем включения обмоток трансформатора используется в данном случае: «Треугольник» или «звезда».

Таблица 8.3 – Показания измерительных приборов

№ опыта	Первичная обмотка			Вторичная обмотка				
	$U_{Л1}$, В	$U_{Ф1}$, В	Схема	Схема	$U_{Л2}$, В	$U_{Ф2}$, В	$I_{Л2}$, А	$I_{Ф2}$, А
1								
2								
3								
4								

3.5 Определение схемы включения обмоток трансформатора по каждому опыту и обоснование данного выбора. Для определения схемы включения необходимо воспользоваться показаниями приборов.

3.6. Формулирование выводов по проделанной работе.

4 Требования к оформлению отчета ЛПР

4.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

4.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

4.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

4.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Сколько обмоток у трехфазного трансформатора?
- 2) Почему при соединении первичных обмоток по схеме «Звезда» не требуется подключение нейтрального провода?

ЛАБОРАТОРНО-ТРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т9

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы асинхронного электродвигателя.
- 1.2 Изучить структуру и схему пуска асинхронного электродвигателя.
- 1.3 Изучить реверсирование асинхронного электродвигателя.
- 1.4 Изучить влияние способа соединения обмоток асинхронного двигателя на его работу.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором электродвигатель входят в электрическую цепь (см. рис. 9.1).

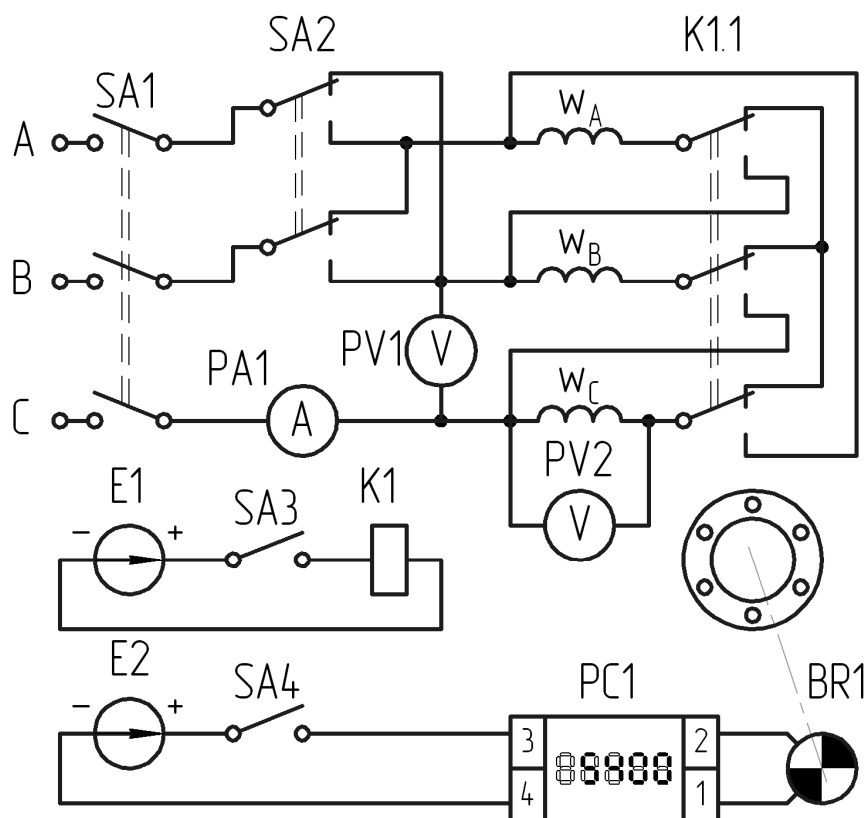


Рисунок 9.1 - Схема электрической цепи для исследования работы асинхронного электродвигателя

Где $E1$, $E2$ – источники постоянного тока; A , B , C – контакты источника трехфазного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока потребляемую одной фазой электродвигателя; $PV1$ – вольтметр, измеряющий линейное

напряжение трехфазной цепи; $PV2$ – вольтметр, измеряющий фазное напряжение трехфазной цепи; $PC1$ – показывающий прибор, отображает частоту вращения электродвигателя; $BR1$ – датчик частоты вращения; $K1$ – электромагнитное реле; $W_A \dots W_C$ – обмотки трехфазного электродвигателя.

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: $SA1$ – 6-ти контактный переключатель, который замыкает цепь между источником трехфазного тока и цепью питания асинхронного электродвигателя; $SA2$ – переключатель, который предназначен для реверсирования электродвигателя; $SA3$ – переключатель, который замыкает контакты электромагнитного реле $K1$, предназначен для переключения между схемами «звезда» и «треугольник»; $SA4$ – переключатель, который замыкает контакты показывающего прибора $PC1$; $K1.1$ – управляемые контакты электромагнитного реле.

3. Краткие теоретические сведения

Электродвигатель переменного тока – электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической энергии переменного тока в механическую энергию. Асинхронный электродвигатель является простейшей из электрических машин и состоит из двух основных частей: ротор и статор (см. рис. 9.2).

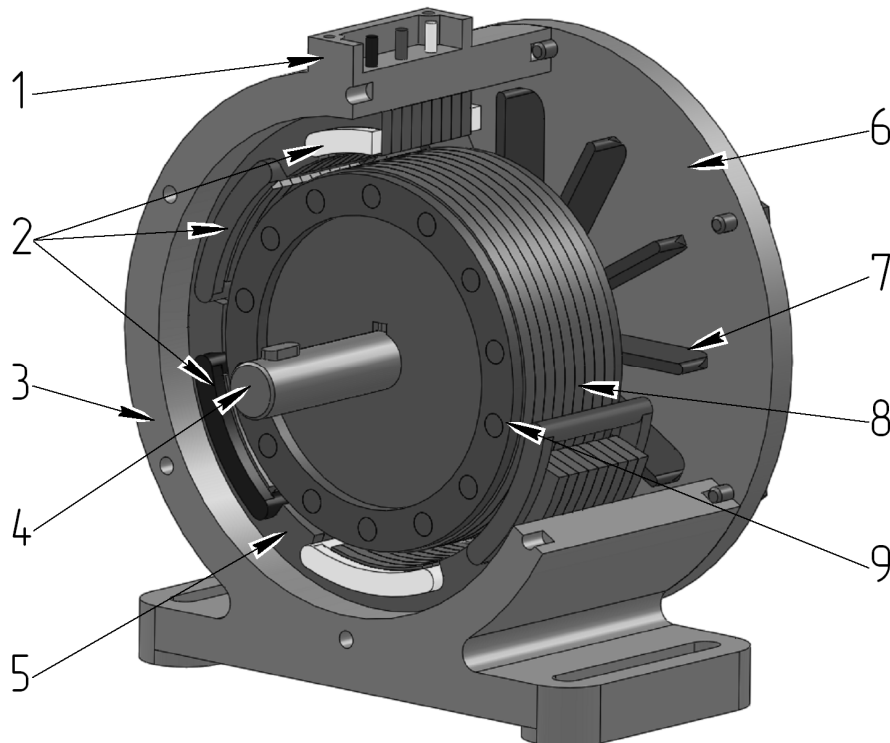


Рисунок 9.2 - Конструкция асинхронного электродвигателя: 1 – клеммник; 2 – трехфазная обмотка; 3 – станина; 4 – вал; 5 – магнитопровод статора; 6 – крышка с подшипниковым узлом; 7 – вентилятор; 8 – магнитопровод ротора; 9 – короткозамкнутая обмотка

Статор это неподвижная часть асинхронного двигателя. Статор состоит из станины, передней и задней крышек с подшипниковым узлом, магнитопровода, трехфазной обмотки и клеммника. Станина изготавливается из чугуна и является главным несущим звеном, так как содержит крепежные элементы. Магнитопровод изготавливается из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм для уменьшения потерь на вихревые токи. Передняя и задняя крышка с подшипниковым узлом закрывает боковые стороны станины, в некоторых конструкциях электродвигателей является крепежным элементом, изготавливается из стали. Так же крышки обладают отверстиями для охлаждения. Трехфазная обмотка укладывается в пазы магнитопровода, для изготовления обмотки обычно используется медь. Клеммник служит для подключения двигателя к трехфазной сети, через него осуществляется соединение трехфазной обмотки по схеме «звезда» и «треугольник» (см. рис. 9.3).

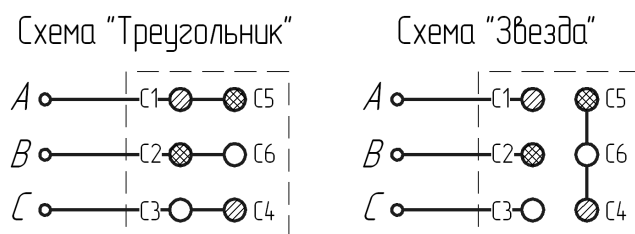


Рисунок 9.3 - Схемы соединения обмоток асинхронного двигателя

Ротор это подвижная часть машины. Ротор состоит из вала, магнитопровода, короткозамкнутой обмотки и вентилятора. Вал изготавливается из стали и является несущим элементом ротора. Он передает вращение на приводные устройства. Магнитопровод фиксируется на валу и имеет сквозные отверстия. Короткозамкнутая обмотка изготавливается из меди и состоит из пластин и стержней, которые проходят через отверстия в магнитопроводе. Вентилятор также имеет крепление на вал и осуществляет функцию принудительной циркуляции воздуха внутри электродвигателя. Крепление вала внутри статора осуществляется через подшипниковый узел передней и задней крышек.

Название «асинхронный» электродвигатель получил, потому что частота вращения ротора не совпадает с частотой вращения магнитного поля статора.

Частота вращения магнитного поля статора:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ об/мин}$$

где: f – частота тока в сети, Гц; p – число пар полюсов статора.

Частота вращения ротора:

$$n_2 = n_1(1 - s) \text{ об/мин}$$

где: s – скольжение.

Изменение частоты вращения асинхронного трехфазного электродвигателя осуществляется путем изменения частоты тока в сети благодаря специальным устройствам.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 9.1.

Таблица 9.1 – Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PV2								
PA1								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 9.2. Где Схема – схема включения обмоток трехфазного асинхронного электродвигателя; N – показания показывающего прибора $PC1$; $I_{Л1}$ – показания амперметра $PA1$; $U_{\phi 1}$ – показания вольтметра $PV2$; $U_{Л1}$ – показания вольтметра $PV1$; P_{M1} – мощность потребляемая электродвигателем. Опыт 1 и 2 проводятся при прямом включении обмоток электродвигателя, положение переключателя в позиции 1; опыт 3 и 4 проводятся при реверсивном включении обмоток электродвигателя, положение переключателя в позиции 2.

Таблица 9.2 - Результаты измерений

Опыт	Схема	N , об/мин	$U_{\phi 1}$, В	$U_{Л1}$, В	$I_{Л1}$, А	S_{M1} , ВА
1						
2						
3						
4						

4.4 Определение мощности P_{M1} потребляемой электродвигателем М1.

$$S = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}$$

4.5 Формулирование выводов по проделанной работе. В выводе необходимо отразить влияние схемы включения электродвигателя на частоту вращения ротора и потребляемой мощности.

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое асинхронный электродвигатель?
- 2) Как осуществляется реверсирование асинхронного трехфазного электродвигателя?
- 3) Какие существуют схемы соединения обмоток асинхронного трехфазного электродвигателя?
- 4) Как схемы соединения обмоток влияют на обороты ротора?
- 5) Какие детали и сборочные единицы входят в структуру асинхронного электродвигателя?
- 6) Из каких материалов изготавливаются детали асинхронного электродвигателя?
- 7) Где применяются асинхронные электродвигатели?
- 8) Как можно изменить частоту вращения асинхронного трехфазного электродвигателя?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т10

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы электродвигателя постоянного тока.
- 1.2 Изучить структуру и схему пуска электродвигателя постоянного тока.
- 1.3 Изучить реверсирование электродвигателя постоянного тока.
- 1.4 Изучить способ изменения частоты вращения электродвигателя.
- 1.5 Определить зависимость крутящего момента от силы тока протекающей через полюсные обмотки и обмотку якоря.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются двигатель постоянного тока. Двигатель постоянного тока входит в электрическую цепь (см. рис. 10.1). Где $E1$, $E2$ – источники постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку возбуждения электродвигателя; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку якоря электродвигателя; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке возбуждения электродвигателя; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке якоря; $R1$ – переменный резистор, необходимый для изменения силы тока протекающей через обмотку возбуждения; $PC1$ – показывающий прибор, отображает частоту вращения электродвигателя; $BR1$ – датчик частоты вращения.

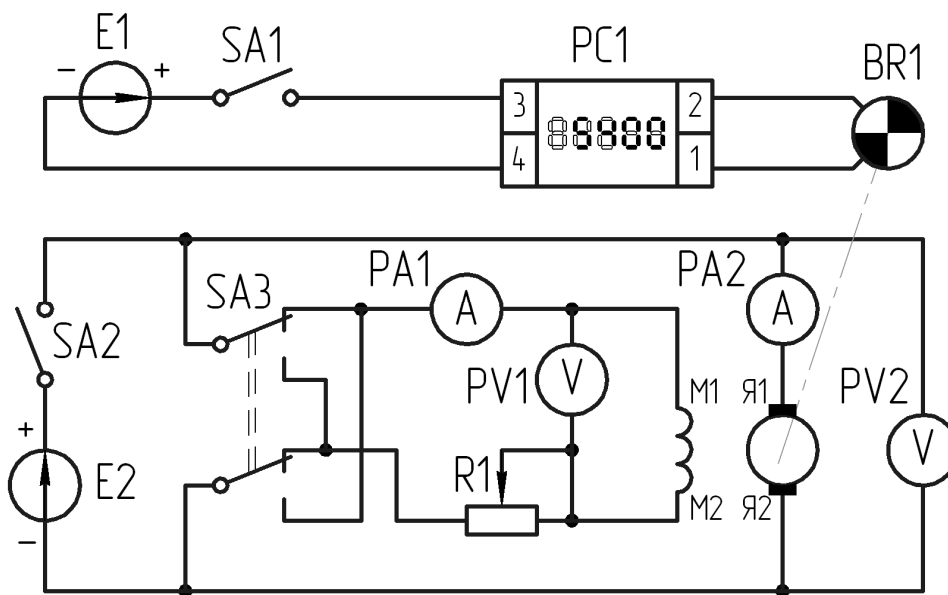


Рисунок 10.1 - Схема электрической цепи для исследования работы двигателя постоянного тока

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: *SA1* – переключатель, который замыкает контакты показывающего прибора *PC1*; *SA2* – переключатель, который замыкает контакты между источником постоянного тока и клеммами электродвигателя; *SA3* – переключатель, который предназначен для реверсирования электродвигателя.

3 Краткие теоретические сведения

Электродвигатель постоянного тока – электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической энергии постоянного тока в механическую энергию (см. рис. 10.2). Электродвигатель постоянного тока имеет сложную конструкцию и состоит из двух основных частей: якорь и индуктор. Машины постоянного тока обратимы, поэтому могут работать в режиме генератора и электродвигателя.

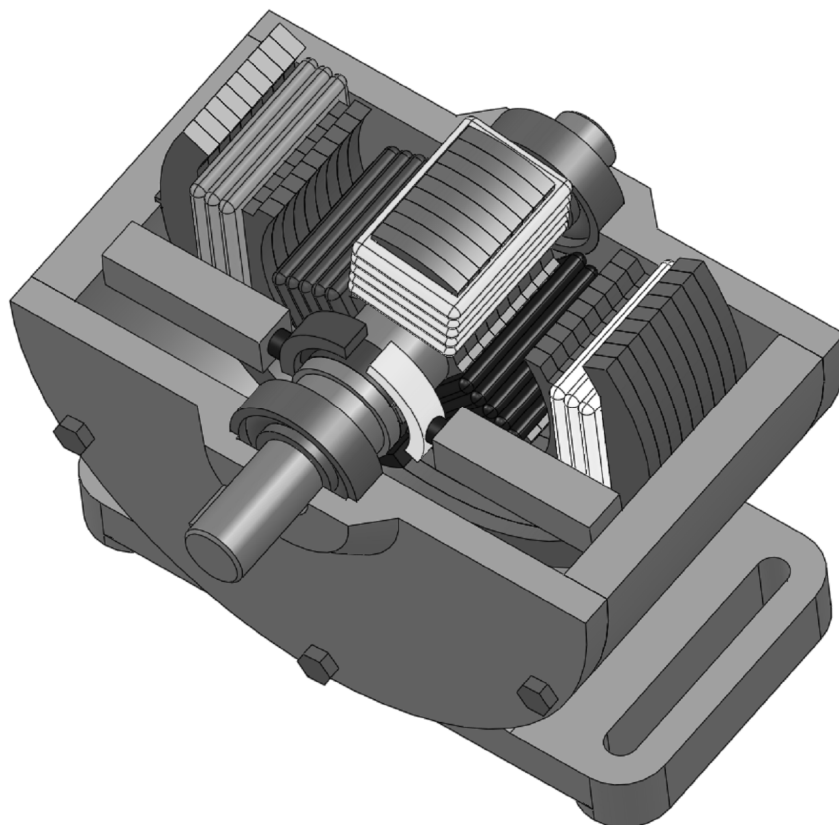


Рисунок 10.2 - Конструкция электродвигателя постоянного тока

Якорь это подвижная часть машины (см. рис. 10.3 б). Вал изготавливается из стали, и является несущим элементом ротора. Он передает вращение на приводные устройства. Магнитопровод фиксируется на валу и имеет выступы и пазы. Обмотка якоря изготавливается из меди и укладывается в пазы или наматывается на выступы магнитопровода. Коллектор изготавливается из меди. К коллектору крепятся контакты обмоток якоря, с другой стороны обмотки якоря

соединяются в одну общую точку. Крепление вала внутри статора осуществляется через подшипниковый узел передней и задней крышек.

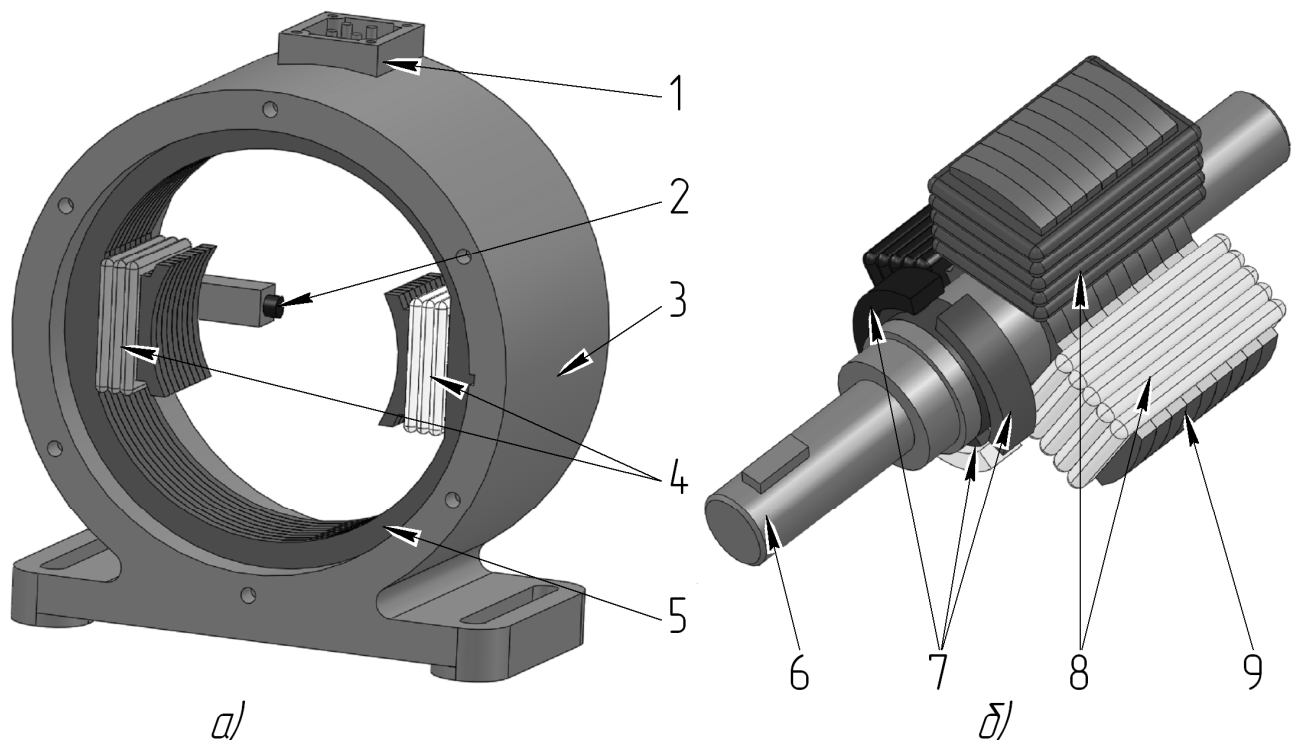


Рисунок 10.3 - а) конструкция индуктора (а) и якоря (б): 1 – клеммник; 2 – щетки; 3 – станина; 4 – полюсные катушки индуктора; 5 – магнитопровод индуктора; 6 – вал; 7 – коллектор; 8 – сектора (обмотка) якоря; 9 – магнитопровод якоря

Индуктор это неподвижная часть двигателя постоянного тока (см. рис. 10.3 а). Станина изготавливается из стали, и является главным несущим звеном, так как содержит крепежные элементы. Магнитопровод изготавливается из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм для уменьшения потерь на вихревые токи. Передняя и задняя крышка с подшипниковым узлом закрывает боковые стороны станины, в некоторых конструкциях электродвигателей является крепежным элементом, изготавливается из стали. Так же крышки обладают отверстиями для охлаждения. Полюсные обмотки устанавливаются на специальные выступы магнитопровода, для изготовления обмотки обычно используется медь. Щетки электродвигателя изготавливаются из графита с добавлением порошков меди и свинца, контактируют с коллектором якоря. Клеммник служит для подключения двигателя сети постоянного тока и содержит контакты полюсных обмоток и обмотки якоря (см. рис. 10.4).

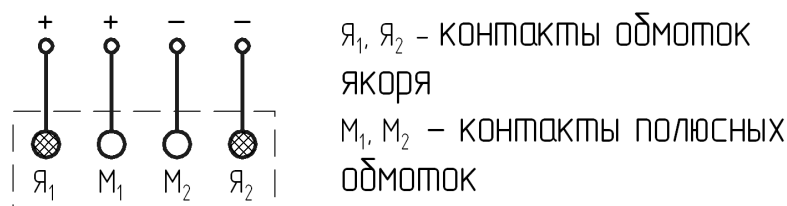


Рисунок 10.4 - Конструкция клеммника машины постоянного тока

Реверсирование электродвигателя постоянного тока осуществляется путем изменения полярности питания обмотки индуктора или якоря.

Частота вращения вала электродвигателя:

$$n = \frac{30P_{\text{я}}}{\pi M} \text{ об/мин} \quad (10.1)$$

где: $P_{\text{я}}$ – мощность потребляемая якорем, Вт; M – момент на валу двигателя, Н·м.

Благодаря возможности плавного регулирования частоты вращения и простой схемы управления двигатели постоянного тока находят применение в качестве привода подъемно-транспортных устройств, металлообрабатывающих станков, транспортных средств.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 10.1.

Таблица 10.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PV2								
PA2								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 10.2. Где U_M – показания вольтметра PV1; I_M – показания

амперметра $PA1$; $U_{\text{я}}$ – показания вольтметра $PV2$; $I_{\text{я}}$ – показания амперметра $PA2$; N – показания показывающего прибора $PC1$.

Таблица 10.2 - Результаты измерений

Опыт	$U_{\text{м}}, \text{В}$	$I_{\text{м}}, \text{А}$	$U_{\text{я}}, \text{В}$	$I_{\text{я}}, \text{А}$	$P_{\text{я}}, \text{Вт}$	$N, \text{Об/мин}$	$M_{\text{я}}, \text{Н}\cdot\text{м}$
1							
2							
3							
4							

4.4 Определение мощности $P_{\text{я}}$, потребляемой якорем, базирываясь на показаниях вольтметра $PV2$ и амперметра $PA2$.

4.5 Определение крутящего момента $M_{\text{я}}$ на валу двигателя используя формулу 10.1.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости крутящего момента от силы тока протекающей через полюсные обмотки и обмотку якоря.

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Какие узлы входят в конструкцию машины постоянного тока?
- 2) Как осуществляется реверсирование двигателя постоянного тока?
- 3) Как осуществляется изменение частоты вращения двигателя постоянного тока?
- 4) Где применяются двигатели постоянного тока?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т11

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить влияние частоты вращения на образование и численное значение ЭДС обмотки якоря.
- 1.2 Изучить влияние силы тока на обмотке возбуждения на образование и численное значение ЭДС обмотки якоря.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются генератор постоянного тока. Генератор входит в электрическую цепь (см. рис. 11.1). Где $E1$, $E2$, $E3$ – источники постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку возбуждения генератора; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через нагрузку $R3$; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке возбуждения генератора; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке якоря генератора; $R1$ – переменный резистор, необходимый для изменения силы тока протекающей через обмотку возбуждения; $R2$ – переменный резистор необходимый для изменения частоты вращения вала генератора; $R3$ – нагрузка генератора; $PC1$ – показывающий прибор, отображает частоту вращения электродвигателя; $BR1$ – датчик частоты вращения.

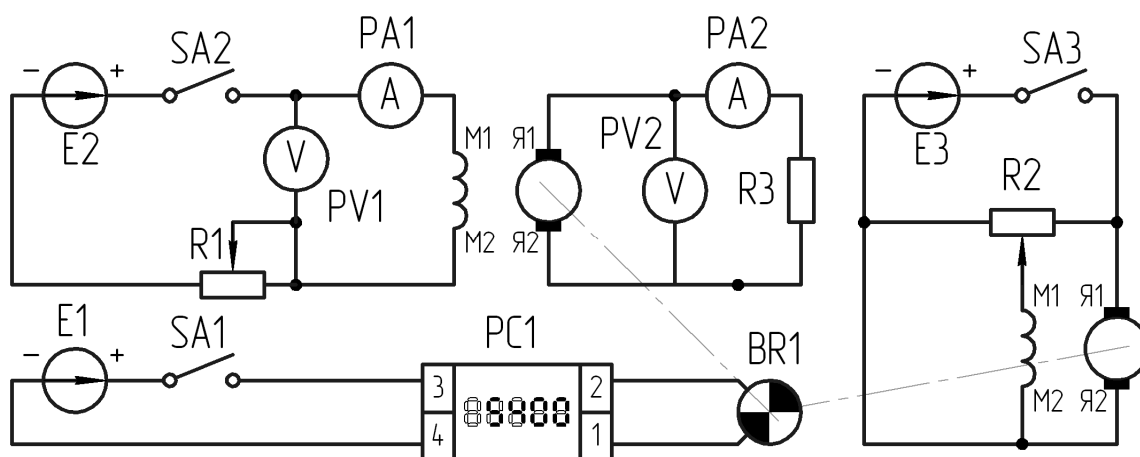


Рисунок 11.1 - Схема электрической цепи для исследования работы генератора постоянного тока

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты показывающего прибора $PC1$; $SA2$ – переключатель, который замыкает контакты между источником

постоянного тока и клеммами обмотки возбуждения генератора; $S43$ – переключатель, который замыкает контакты между источником постоянного тока и клеммами электродвигателя.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

3.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 11.1.

Таблица 11.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PV2								
PA2								

3.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 11.2. Где U_M – показания вольтметра $PV1$; I_M – показания амперметра $PA1$; U_Y – показания вольтметра $PV2$; I_Y – показания амперметра $PA2$; N – показания показывающего прибора $PC1$.

Таблица 11.2 - Результаты измерений

Опыт	U_M , В	I_M , А	U_Y , В	I_Y , А	N , Об/мин
1					
2					
3					
4					

3.4 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением влияние частоты вращения и силы тока на обмотке возбуждения на образование и численное значение ЭДС обмотки якоря.

4 Требования к оформлению отчета ЛППР

4.1 Отчет по ЛППР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

4.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

4.3 Пример оформления отчета по ЛППР (см. приложение 1)

4.4 Заполнение штампа титульного листа ЛППР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Где применяются генераторы постоянного тока?
- 2) Какое основное отличие генератора от двигателя постоянного тока?
- 3) Как работает генератор постоянного тока?
- 4) Какую роль выполняет коллектор генератора?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т12

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить схему управления привода постоянного тока.
- 1.2 Определить крутящий момент на выходном валу электропривода.

2 Объект исследования

Объектом исследования являются электропривод (см. рис 12.1). Где в качестве приводного устройства используется двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением. Двигатель через муфту соединяется в входным валом червячного редуктора. Вал-червяк редуктора является двузаходным. Червячное колесо имеет 51 зуб. К входному валу редуктора крепится датчик частоты вращения. К выходному валу редуктора крепится ведущая звездочка цепной передачи. К ведомой звездочке крепится исполнительный орган. Где $E1$, $E2$ – источники постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку возбуждения электродвигателя; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через обмотку якоря электродвигателя; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке возбуждения электродвигателя; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение на обмотке якоря; $R1$ – переменный резистор, необходимый для изменения силы тока протекающей через обмотку возбуждения; $PC1$ – показывающий прибор, отображает частоту вращения электродвигателя; $BR1$ – датчик частоты вращения.

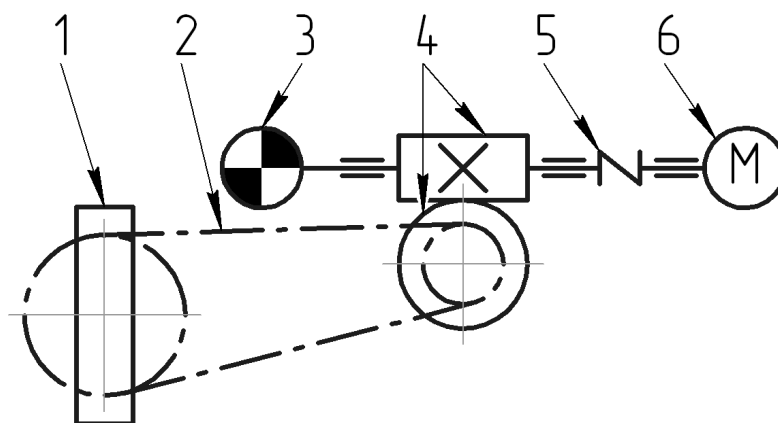


Рисунок 12.1 - Схема электропривода: 1 – исполнительный орган; 2 – цепная передача; 3 – датчик частоты вращения; 4 – червячный редуктор; 5 – муфта; 6 – электродвигатель.

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты показывающего прибора $PC1$; $SA2$ – переключатель, который замыкает контакты между источником постоянного тока и клеммами электродвигателя; $SA3$ – переключатель, который предназначен для реверсирования электродвигателя.

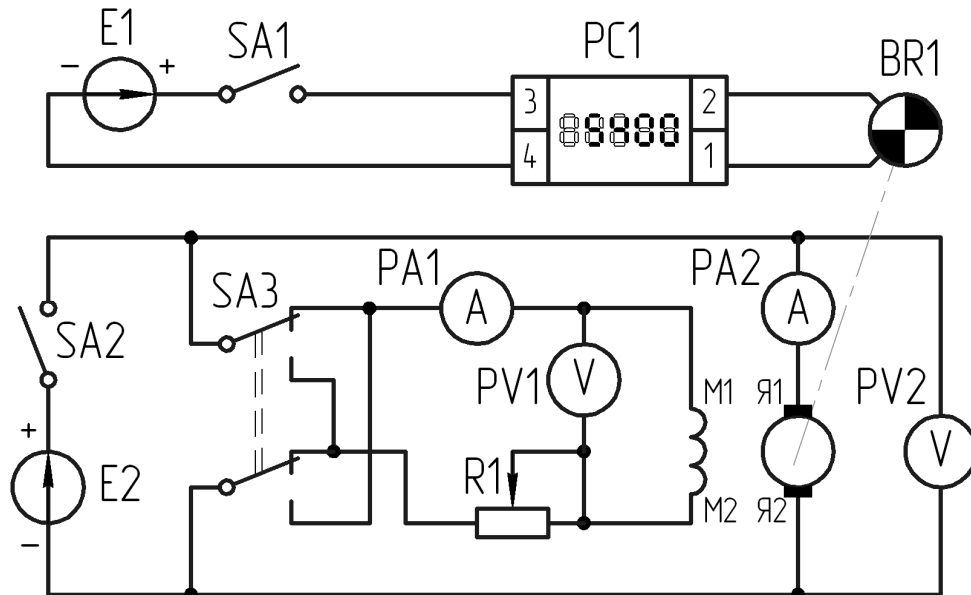


Рисунок 12.2 - Схема управляющей цепи электропривода

3 Порядок выполнения работы

3.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

3.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 12.1.

Таблица 12.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PV2								
PA2								

3.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 12.2. Где U_M – показания вольтметра $PV1$; I_M – показания

амперметра $PA1$; $U_{я}$ – показания вольтметра $PV2$; $I_{я}$ – показания амперметра $PA2$; N – показания показывающего прибора $PC1$.

Таблица 12.2 - Результаты измерений

Опыт	U_M , В	I_M , А	$U_{я}$, В	$I_{я}$, А	$P_{я}$, Вт	N , Об/мин	$M_{я}$, Н·м
1							
2							
3							
4							

3.4 Определение мощности $P_{я}$, потребляемой якорем, базирываясь на показаниях вольтметра $PV2$ и амперметра $PA2$.

3.5 Определение крутящего момента $M_{я}$ на валу двигателя используя формулу 10.1.

3.6 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости крутящего момента от силы тока протекающей через полюсные обмотки и обмотку якоря.

4 Требования к оформлению отчета ЛПР

4.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

4.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

4.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

4.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Где применяется электропривод?
- 2) В чем преимущества применения привода постоянного тока по отношению к приводу переменного тока?
- 3) В чем преимущества применения привода переменного тока по отношению к приводу постоянного тока?

ЛАБОРАТОРНО-ТРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т13

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить структурную схему выпрямителя.
- 1.2 Изучить последовательность преобразования переменного тока в постоянный ток.
- 1.3 Изучить конструкцию выпрямительного диода.
- 1.4 Изучить элементы, входящие в выпрямитель и их роль в схеме.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются однофазный выпрямитель переменного тока. (см. рис. 13.1). Где E – источники переменного тока; $Tr1$ – силовой однофазный трансформатор; $VD1-4$ – диодный мост, состоящий из четырех выпрямительных диодов; $C1$ – конденсатор; R_B – балластный резистор; $VD5$ – стабилитрон; R – нагрузка.

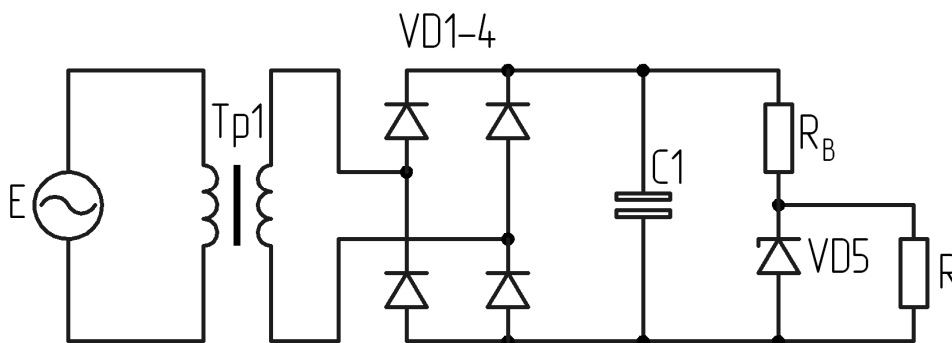


Рисунок 13.1 - Схема электрической цепи для исследования работы асинхронного электродвигателя

3 Краткие теоретические сведения

Выпрямитель – это устройство, которое предназначено для преобразования переменного тока в постоянный ток. Структуру выпрямителя можно разбить на части, каждая из которых выполняет свою функцию (см. рис. 13.2).

На участке $a-b$ (см. рис. 13.3) к силовому трансформатору от источника переменного тока поступает некоторое переменное напряжение U_1 . Поступая на первичную обмотку трансформатора напряжение U_1 трансформируется и на выходе трансформатора на участке $c-d$ получается некоторое напряжение U_2

меньшего значения. После трансформатора напряжение U_2 поступает на двухполупериодный вентиль.

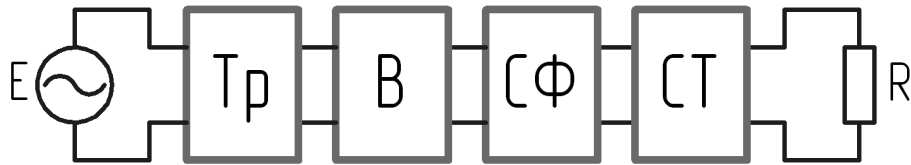


Рисунок 13.2 - Структурная схема выпрямителя: Tr – силовой трансформатор; B – вентиль; $C\Phi$ – сглаживающий фильтр; CT – стабилизатор.

Двухполупериодный вентиль состоит из 4 выпрямительных диодов $VD1-4$, особенностью которых является пропускание тока только в одном направлении, при этом диод открыт, если направление тока меняется, то диод закрывается, и прохождение тока прекращается (см. рис. 13.4). Мостовая схема вентили позволяет отделить отрицательные волны переменного тока от положительных волн, в результате на выходе вентили на участке $e-f$ получается пульсирующее напряжение U_2 .

Пульсирующее напряжение U_2 далее поступает на сглаживающий фильтр представленный конденсатором $C1$. Конденсатор применяется для уменьшения пульсаций, так он обладает способностью накапливать на себе энергию и отдавать ее, когда напряжение на его выходах стремится к нулю. Во время отдачи энергии конденсатор разряжается до некоторого напряжения U_3 , после этого как напряжение питания вновь достигает своего амплитудного значения, конденсатор заряжается. В результате на участке $g-h$ получается слабо пульсирующее напряжение от значения U_3 до значения U_2 .

Далее в работу включается стабилизатор, который состоит из стабилитрона $VD5$ и балластного резистора R_B . Балластный резистор необходим для создания некоторого напряжения U_4 , которое будет поступать на нагрузку. Стабилитрон играет роль контролера и поддерживает значение напряжения U_4 на заданной величине, так как способен изменять свое внутренне сопротивление при скачках напряжение U_3 . В результате на участке $j-k$ образуется постоянное напряжение величиной U_4 .

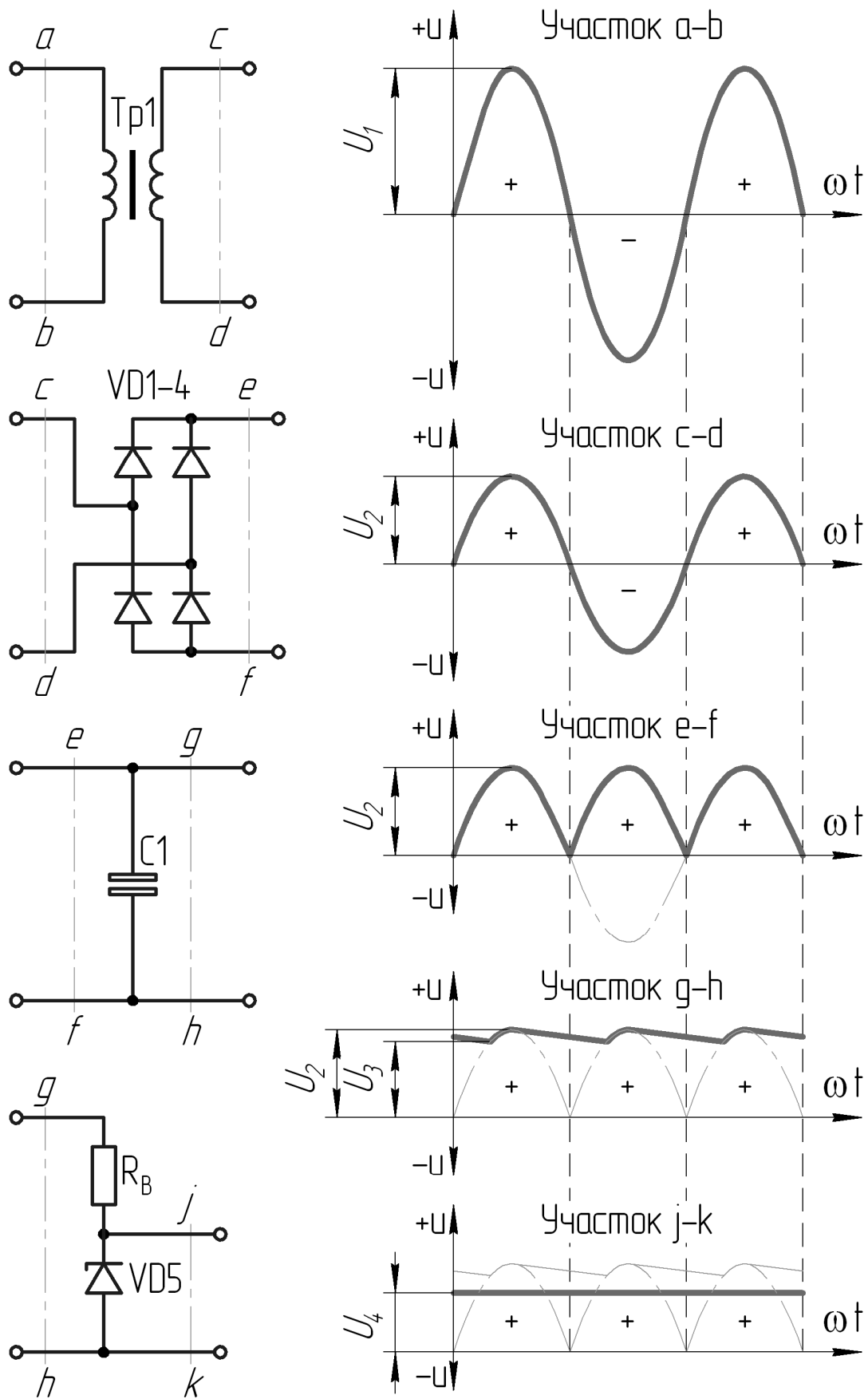


Рисунок 13.3 - Процесс преобразования переменного тока в постоянный ток

Выпрямительный диод – это полупроводниковый прибор с односторонней проводимостью электрического тока (см. рис. 13.4). Односторонняя проводимость возникает вследствие создания электронно-дырочного перехода в полупроводнике или в контакте металл-полупроводник. При подключении к аноду положительного потенциала, а к катоду отрицательного потенциала то внутреннее сопротивление диода уменьшится до некоторой величины, и через диод будет протекать ток. При подключении к аноду отрицательного потенциала, а к катоду положительного потенциала то внутреннее сопротивление диода увеличится до нескольких сотен МОм, и через диод практически не будет протекать ток.

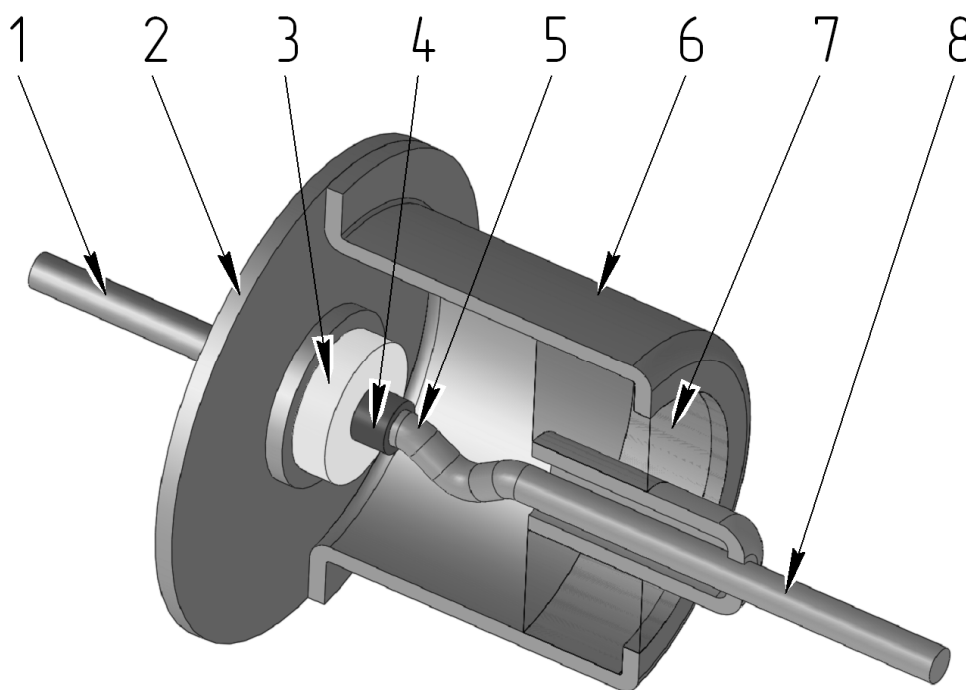


Рисунок 13.4 - Конструкция выпрямительного диода: 1 – контакт катода, 2 – кристаллодержатель, 3 – кристалл с n-типом проводимости; 4 – кристалл с p-типом проводимости, 5 – пружинный контакт, 6 – металлическая крышка, 7 – стеклянная втулка, 8 контакт анода.

4 Порядок выполнения работы

- 4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.
- 4.2 Отображение в тетради для лабораторно-практических работ участков схемы с графиками, поясняющими входные и выходные характеристики этих участков.
- 4.3 Формулирование выводов по проделанной работе.

5 Требования к оформлению отчета ЛППР

5.1 Отчет по ЛППР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛППР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛППР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое выпрямитель?
- 2) Какие электрические элементы входят в структуру выпрямителя?
- 3) В чем заключается роль каждого из элементов входящих в структуру выпрямителя?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т14

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы стабилизатора напряжения.
- 1.2 Изучить область применения стабилизаторов напряжения.
- 1.3 Изучить зависимость выходного напряжения стабилизатора от входного напряжения.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются стабилизатор напряжения (см. рис. 14.1). Где $E1$ – источники постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока на выходе стабилизатора напряжения $DA1$; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока на входе стабилизатора напряжения $DA1$; $PV1$ – вольтметр, измеряющий выходное напряжение стабилизатора напряжения $DA1$; $PV2$ – вольтметр, измеряющий входное напряжение стабилизатора $DA1$; $R1$ – нагрузка; $R2$ – переменный резистор, необходимый для изменения входного напряжения стабилизатора $DA1$; $C1$, $C2$ – конденсаторы; $DA1$ – интегральный стабилизатор напряжения; $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты между измерительной цепью и источником тока.

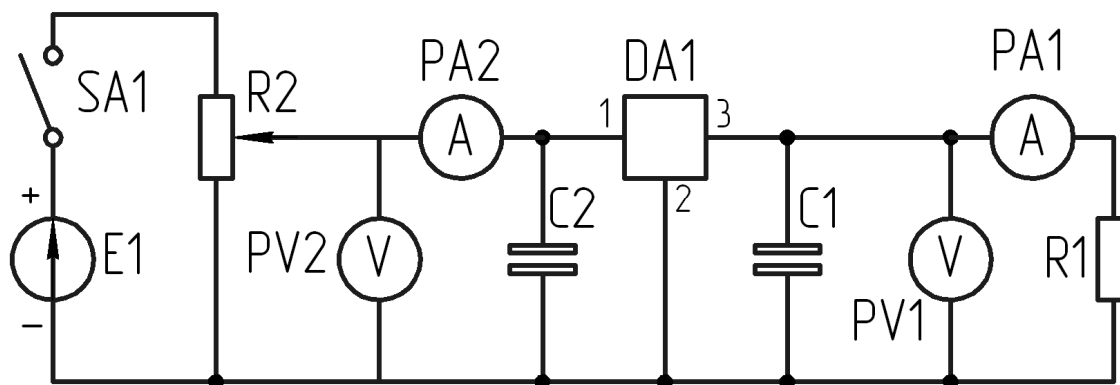


Рисунок 14.1 - Схема электрической цепи для исследования работы стабилизатора напряжения

3 Порядок выполнения работы

- 3.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

3.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 14.1.

Таблица 14.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PV2								
PA2								

3.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 14.2. Где U_{OUT} – показания вольтметра PV1; I_{OUT} – показания амперметра PA1; U_{IN} – показания вольтметра PV2; I_{IN} – показания амперметра PA2; P_{IN} , P_{OUT} – входная и выходная мощность; R_2 – сопротивление резистора.

3.4 Определение входной мощности P_{IN} стабилизатора напряжения, базирясь на показаниях вольтметра PV2 и амперметра PA2.

3.5 Определение входной мощности P_{OUT} стабилизатора напряжения, базирясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

Таблица 14.2 - Результаты измерений

Опыт	U_{IN} , В	I_{IN} , А	P_{IN} , Вт	U_{OUT} , В	I_{OUT} , А	P_{OUT} , Вт	R_2 , Ом
1							
2							
3							
4							

3.6 Определение сопротивления резистора R_2 , базирясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

3.7 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости выходного напряжения стабилизатора от входного напряжения.

4 Требования к оформлению отчета ЛПП

4.1 Отчет по ЛПП оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

4.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

4.3 Пример оформления отчета по ЛПП (см. приложение 1)

4.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПП (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое стабилизатор напряжения?
- 2) Где применяются стабилизаторы напряжения?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т15

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы биполярного транзистора.
- 1.2 Изучить область применения стабилизаторов напряжения.
- 1.3 Изучить структуру биполярного транзистора.
- 1.4 Определить коэффициент усиления биполярного транзистора

2 Объект исследования

Объектами исследования являются фоторезистор (см. рис. 15.1). Где $E1$ – источник постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через базу транзистора; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через коллектор; $PA3$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через эмиттер; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на резисторе $R2$; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение между коллектором и эмиттером транзистора; $R1$ – ограничительный резистор; $R2$ – резистивная нагрузка; $R3$ – переменный резистор; $VT1$ – биполярный транзистор; $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты между источником постоянного тока и исследуемой цепью.

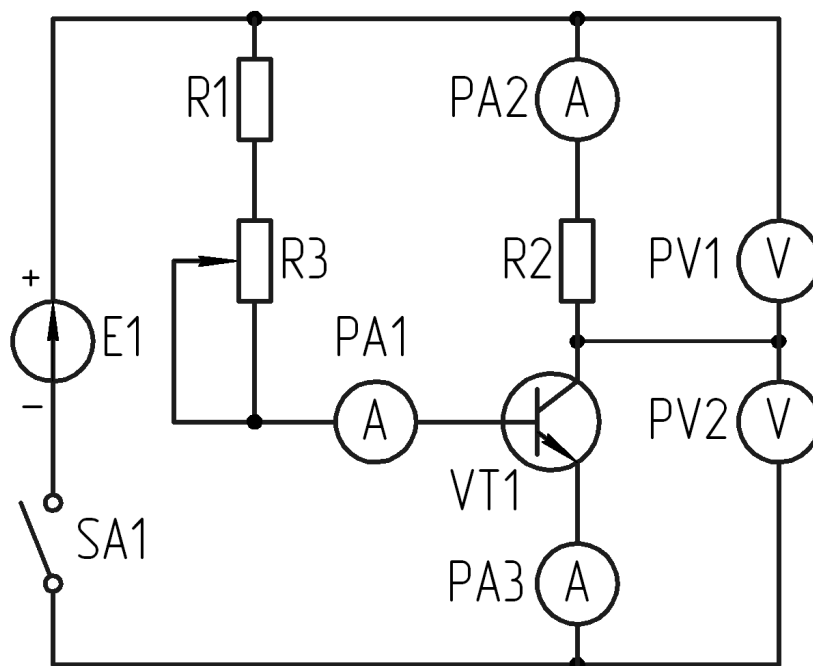


Рисунок 15.1 - Схема электрической цепи для исследования работы биполярного транзистора

3. Краткие теоретические сведения

Биполярный транзистор – это полупроводниковый прибор с двумя или более взаимодействующими выпрямляющими электрическими переходами, предназначенный для усиления и генерации электрических сигналов. Он представляет собой монокристалл проводника, в котором созданы три области с чередующимися типами проводимости. Среднюю область транзистора называют базой. Область транзистора, основным назначением которой является инжекция носителей заряда в базу, называют эмиттером. Область транзистора, основным назначением которой является собирание носителей заряда из базы, называют коллектором.

Биполярные транзисторы применяются в качестве электронных усилителей, электронных ключей.

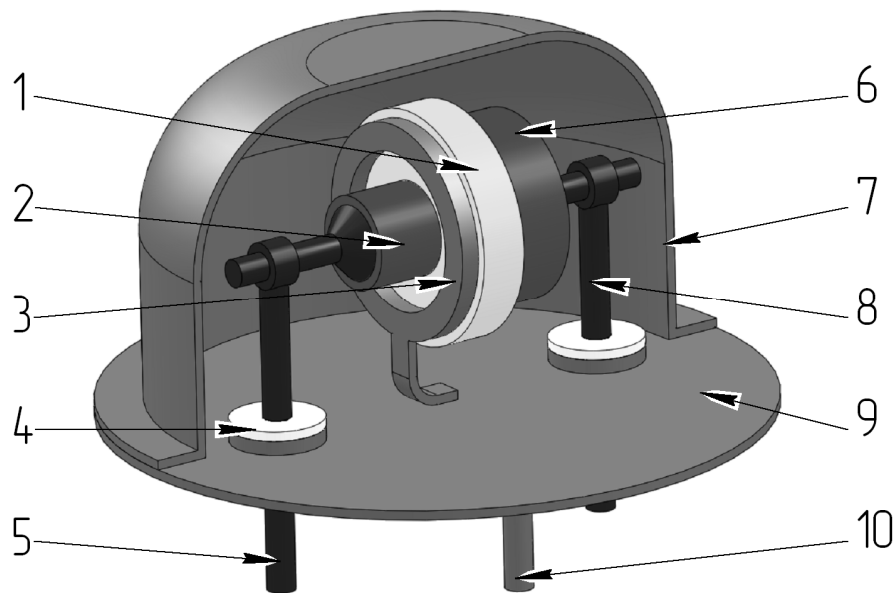


Рисунок 15.2 - Конструкция биполярного транзистора: 1 – база; 2 – эмиттер; 3 – контакт базы; 4 – диэлектрик; 5 – контакт эмиттера; 6 – коллектор; 7 – крышка; 8 – контакт коллектора; 9 – основание; 10 – внешний контакт базы.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 15.1.

Таблица 15.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
РА1								
РА2								
РА3								
PV1								
PV2								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 15.2. Где I_B – показания амперметра РА1; $I_Э$ – показания амперметра РА2; I_K – показания амперметра РА3; U_H – показания вольтметра PV1; $U_{KЭ}$ – показания вольтметра PV2; β – коэффициент усиления по току; P_H – мощность потребляемая нагрузкой.

Таблица 15.2 - Результаты измерений

Опыт	I_B , А	$I_Э$, А	I_K , А	U_H , В	$U_{KЭ}$, В	β	P_H , Вт
1							
2							
3							
4							

4.4 Определение коэффициента усиления по току β :

$$\beta = \frac{I_K}{I_B}$$

4.5 Определение мощности потребляемой нагрузкой P_H , базируясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра РА2.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе, с отражением зависимости мощности потребляемой нагрузкой и силы тока протекающей через нагрузку от входного тока базы.

5 Требования к оформлению отчета ЛПП

5.1 Отчет по ЛПП оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПП (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПП (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое биполярный транзистор?
- 2) Из чего состоит структура биполярного транзистора?
- 3) Как называются области биполярного транзистора?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т16

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы полевого транзистора.
- 1.2 Изучить область применения полевых транзисторов.
- 1.3 Изучить структуру полевого транзистора

2 Объект исследования

Объектами исследования являются стабилизатор напряжения (см. рис. 16.1). Где $E1$ – источники постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока на стоке резистора; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на резисторе $R1$; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение между стоком и истоком; $PV3$ – вольтметр, измеряющий напряжение между затвором и истоком; $R1$ – нагрузка; $R2$ – переменный резистор изменяющий напряжение между затвором и истоком; $VT1$ – полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом; $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты между источником постоянного тока и измерительной цепью.

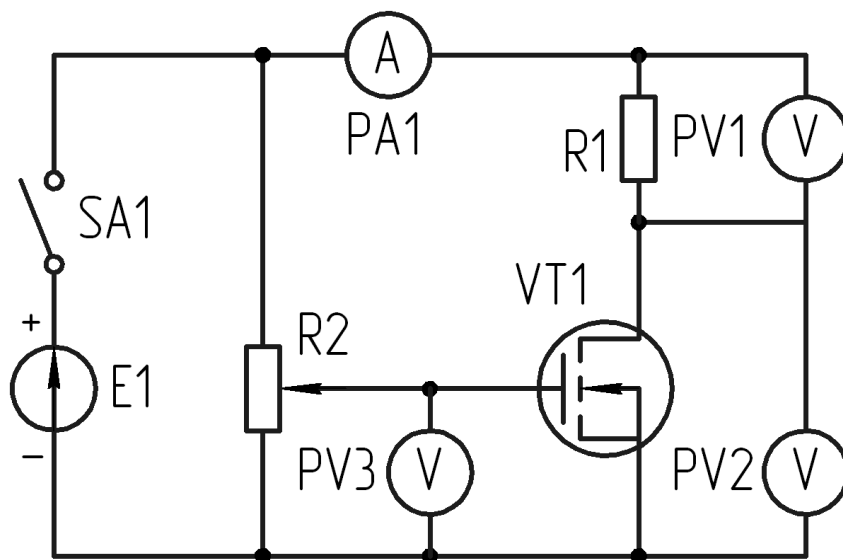


Рисунок 16.1 - Схема электрической цепи для исследования работы полевого транзистора

3 Краткие теоретические сведения

Полевой транзистор – это полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены потоком основных носителей заряда, протекающим через токопроводящий канал и управляемых электрическим полем. В создании электрического тока участвуют только основные носители заряда, то полевой транзистор иначе называют униполярным транзистором.

Полевой транзистор имеет 4 области:

Сток – часть полевого транзистора, где входят носители заряда.

Исток – часть полевого транзистора, где выходят носители заряда.

Канал – область полевого транзистора, соединяющая сток и исток.

Затвор – часть полевого транзистора, управляющая проводимостью канала.

Полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом отличается от других транзисторов тем, что у него между областями сток и исток нет токопроводящего канала (см. рис. 16.2). При отсутствии напряжения на затворе ток между стоком и истоком, ток не будет протекать ни при какой полярности напряжения, так как один из р-п переходов будет обязательно закрыт. При подаче на затвор некоторого положительного напряжения относительно истока, в структуре транзистора будет появляться токопроводящий канал, чем выше напряжение на затворе тем больше площадь поперечного сечения канала и тем ниже его сопротивление.

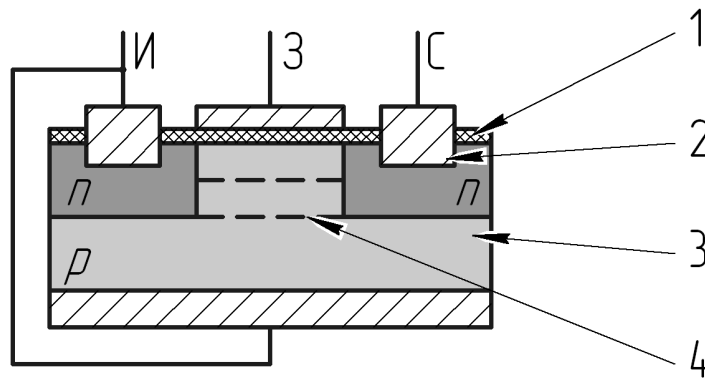


Рисунок 16.2 - Конструкция электродвигателя постоянного тока: 1 – слой диэлектрика (SiO_2); 2 – металлические контакты; 3 – подложка; 4 – индуцированный канал; С – сток; З – затвор; И – исток.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 16.1.

Таблица 16.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PA1								
PV1								
PV2								
PV3								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 16.2. Где $U_{СИ}$ – показания вольтметра $PV2$; $U_{ЗИ}$ – показания вольтметра $PV3$; U_{R1} – показания вольтметра $PV1$; I_C – показания амперметра $PA1$; R_K – сопротивление канала; P_{R1} – мощность потребляемая нагрузкой.

Таблица 16.2 - Результаты измерений

Опыт	$U_{СИ}$, В	$U_{ЗИ}$, В	U_{R1} , В	I_C , А	R_K , Вт	P_{R1} , Вт
1						
2						
3						
4						

4.4 Определение сопротивления канала, базируясь на показаниях вольтметра $PV2$ и амперметра $PA1$.

4.5 Определение мощности потребляемой нагрузкой $R1$, базируясь на показаниях вольтметра $PV1$ и амперметра $PA1$.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости сопротивления канала от напряжения между затвором и истоком.

5 Требования к оформлению отчета ЛПП

5.1 Отчет по ЛПП оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПП (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПП (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое полевой транзистор?
- 2) Как называются области полевого транзистора?
- 3) Где применяются полевые транзисторы?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т17

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИММЕТРИЧНОГО ТИРИСТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы симметричного тиристора.
- 1.2 Изучить область применения симметричных тиристоров.
- 1.3 Изучить структуру симметричного тиристора.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются симметричный тиристор (см. рис. 17.1). Где $E1$ – источники переменного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую симметричный тиристор; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на симметричном тиристоре; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение на нагрузке $R1$; $PV3$ – вольтметр, измеряющий напряжение между анодом и управляющим контактом тиристора; $R1$ – нагрузка; $R2$ – нагрузка управляющего тока; $VS1$ – симметричный тиристор.

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты между источником тока и измерительной цепью; $SA2$ – переключатель, который замыкает контакты между источником тока и управляющим контактом.

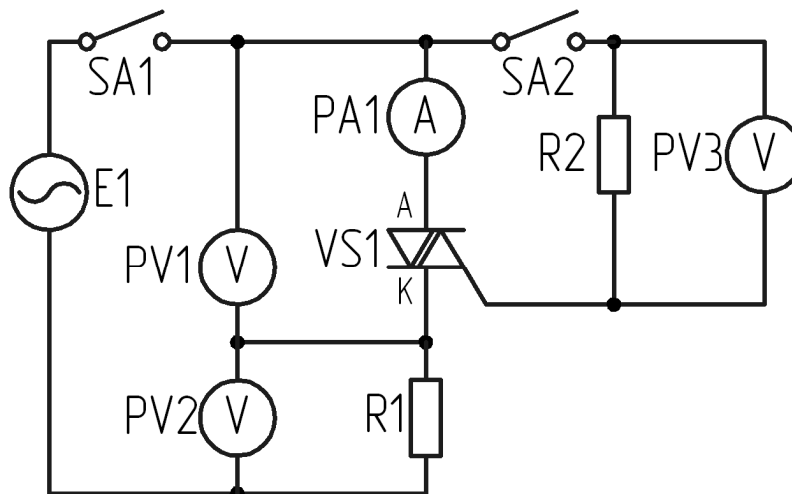


Рисунок 17.1 - Схема электрической цепи для исследования работы симметричного тиристора

3 Краткие теоретические сведения

Тиристор - полупроводниковый прибор с 3 или более p-n переходами, вольт-амперная характеристика которого имеет участок с отрицательным сопротивлением, который используется для переключения. (см. рис. 17.2). Симметричные тиристоры имеют два устойчивых положения: включенное и выключенное. Переход из одного состояния в другое осуществляется менее чем за секунду. В закрытом состоянии внутреннее сопротивление тиристора приближается к нескольким сотням МОм. В открытом состоянии внутренне сопротивление уменьшается до единиц Ом. Для перехода из закрытого состояния в открытое используется управляющий контакт, при подаче управляющего тока на который произойдет открытие тиристора, и между анодом и катодом будет протекать ток.

Симметричные тиристоры используются в цепях переменного тока как коммутационные элементы, когда требуется управлять электрическими цепями, по которым протекает значительный ток, поскольку они являются бесконтактными переключателями.

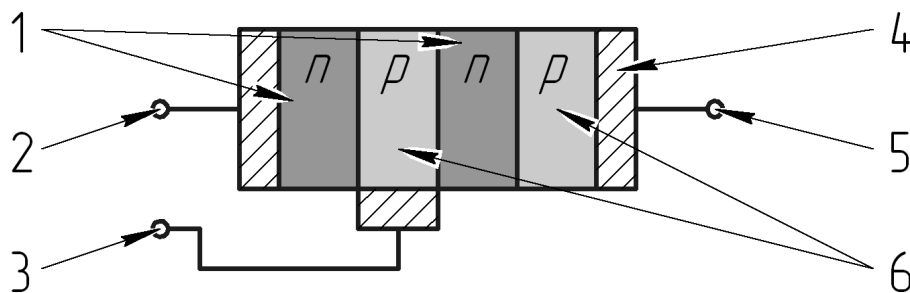


Рисунок 17.2 - Конструкция тиристора: 1 – кристалл n-типа проводимости; 2 – контакт катода; 3 – управляющий контакт; 4 – омический переход; 5 – контакт анода; 6 – кристалл p-типа проводимости.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 17.1.

4.3 Проведение серии экспериментов из 2 опытов и отображение показаний приборов в табл. 10.2. Где U_C – показания вольтметра $PV1$; I_C – показания амперметра $PA1$; U_H – показания вольтметра $PV2$; U_V – показания вольтметра $PV3$; R_C – сопротивление тиристора; P_H – мощность потребляемая нагрузкой.

Таблица 17.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
РА1								
PV1								
PV2								
PV3								

Таблица 17.2 - Результаты измерений

Опыт	Состояние тиристора	U_C , В	I_C , А	R_C , Ом	U_y , В	U_H , В	P_H , Вт
1	Закрытое						
2	Открытое						

4.4 Определение внутреннего сопротивления тиристора R_C , базирываясь на показаниях вольтметра $PV1$ и амперметра $PA1$.

4.5 Определение мощности, потребляемой нагрузкой P_H базирываясь на показаниях вольтметра $PV2$ и амперметра $PA1$.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости внутреннего сопротивления тиристора от наличия управляющего тока.

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое тиристор?
- 2) В каких устойчивых состояниях может находиться тиристор?
- 3) Где применяются симметричные тиристоры?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т18

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ФОТОРЕЗИСТОРА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы фоторезистора.
- 1.2 Изучить область применения фоторезисторов.
- 1.3 Изучить структуру фоторезистора.
- 1.4 Изучить влияние освещенности на сопротивление фоторезистора

2 Объект исследования

Объектами исследования являются фоторезистор (см. рис. 18.1). Где $E1$ – источник постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через базу транзистора; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через коллектор; $PA3$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через эмиттер; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на фоторезисторе; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение между коллектором и эмиттером транзистора; $R1$ – ограничительный резистор; $R2$ – резистивная нагрузка; $FR1$ – фоторезистор; $VT1$ – биполярный транзистор; $BL1$ – светодиод.

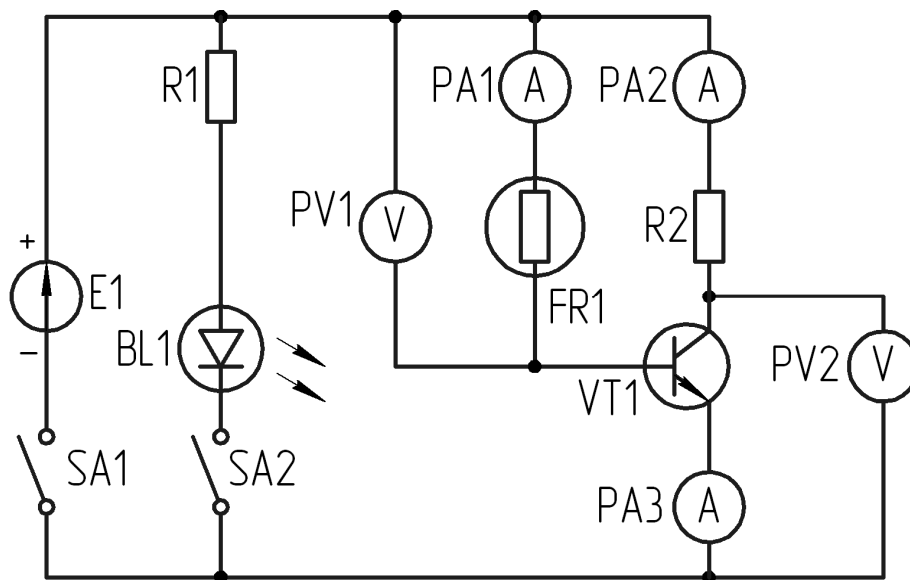


Рисунок 18.1 - Схема электрической цепи для исследования работы фоторезистора

Коммутация и управление осуществляется с помощью переключателей: $SA1$ – переключатель, который замыкает контакты источника постоянного тока и исследуемой цепью; $SA2$ – переключатель, который включает или выключает источник света.

3 Краткие теоретические сведения

Фоторезистор – это полупроводниковый прибор способный изменять свое внутреннее сопротивление под воздействием электромагнитного излучения (см. рис. 18.2). Работа фоторезистора не зависит от полярности источника тока, поэтому фоторезисторы применяются в цепи переменного тока в качестве датчиков наличия света. В качестве фотослоя используется теллуристый кадмий (CdTe), сернистый висмут (BiS), сернистый кадмий (CdS).

Сопротивление фоторезистора зависит от светового потока, при отсутствии света сопротивление фотослоя достигает десятков МОм и через резистор протекает слабый темновой ток. При наличии света сопротивление фотослоя резко падает и сила тока, протекающая через резистор, увеличивается. Для проникновения света в крышке фоторезистора располагается отверстие, закрываемое прозрачным пластиком или стеклом. Так же прозрачный пластик или стекло необходимо для изоляции от влаги и пыли.

Значительным недостатком фоторезисторов является зависимость сопротивления от температуры.

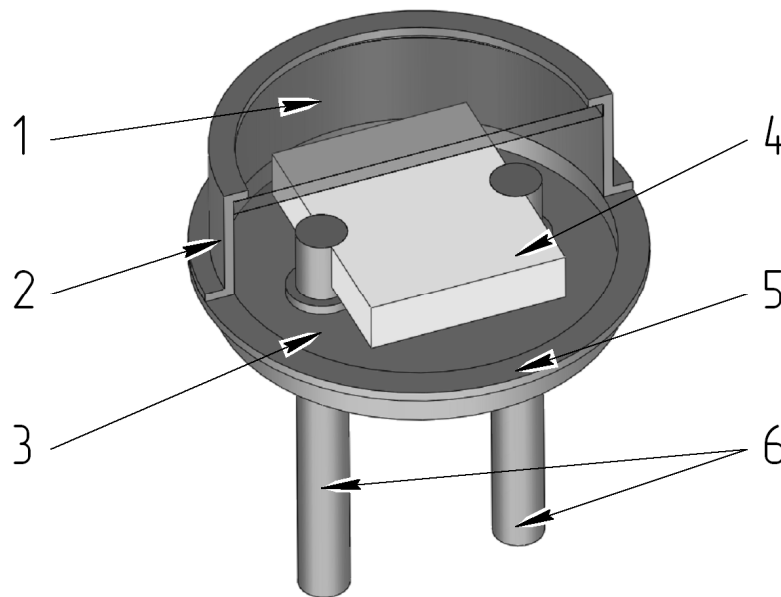


Рисунок 18.2 - Конструкция фоторезистора: 1 – прозрачный пластик или стекло, 2 – крышка, 3 – диэлектрик, 4 – фотослой, 5 – основание, 6 – контакты.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 18.1.

Таблица 18.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
РА1								
РА2								
РА3								
PV1								
PV2								

4.3 Проведение серии экспериментов из 3 опытов и отображение показаний приборов в табл. 18.2. Где: I_ϕ – показания амперметра РА1; U_ϕ – показания вольтметра PV1; R_ϕ – сопротивление фоторезистора; I_K – показания амперметра РА2; I_Σ – показания амперметра РА3; $U_{KЭ}$ – показания вольтметра PV2.

Таблица 18.2 - Результаты измерений

Опыт	Источник света	I_ϕ , А	U_ϕ , В	R_ϕ , Ом	I_K , А	I_Σ , А	$U_{KЭ}$, В
1	Нет						
2	Лампа						
3	Дневной свет						

4.4. Определение сопротивления фоторезистора R_ϕ базирываясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра РА1.

4.5. Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости сопротивления от источника света.

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную

формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое фоторезистор?
- 2) Где применяются фоторезисторы?
- 3) Какие элементы входят в структуру фоторезистора?
- 4) Из каких элементов изготавливается фотослой фоторезисторов?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т19

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ФОТОДИОДА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы фотодиода.
- 1.2 Изучить область применения фотодиодов.
- 1.3 Изучить структуру фотодиода.
- 1.4 Изучить влияние параметров источника тока на работу фотодиода.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются стабилизатор напряжения (см. рис. 19.1). Где $E1$ – источник постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через резистор $R2$; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через лампу $BL1$; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на резисторе $R2$; $R1$ – переменный резистор, необходимый для изменения силы тока протекающей через лампу $BL1$; $BL1$ – лампа (источник света); $FD1$ – фотодиод; $SA1$ – переключатель.

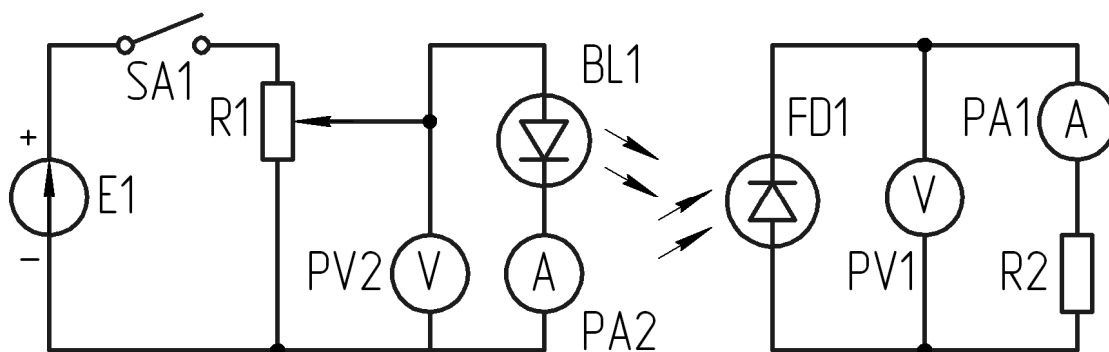


Рисунок 19.1 - Схема электрической цепи для исследования работы фотодиода

3 Краткие теоретические сведения

Фотодиод – это проводниковый фотоэлектрический прибор, содержащий n - p переход и использующий явление внутреннего фотоэффекта (см. рис. 19.2). Фотодиод можно использовать в двух различных режимах: фотогальваническом и фотодиодном. Фотогальванический режим предполагает использование фотодиода как источника фотоЭДС. Фотодиодный режим проявляется при использовании внешнего источника тока, при этом n - p переход смещен в обратном, запирающем направлении и при отсутствии освещенности, практически не пропускает ток.

Фото диоды находят применение в автоматике как датчики и как дополнительные источники энергии. В качестве материала для n-p перехода используется арсенид галлия (GaAs), германий (Ge), кремний (Si).

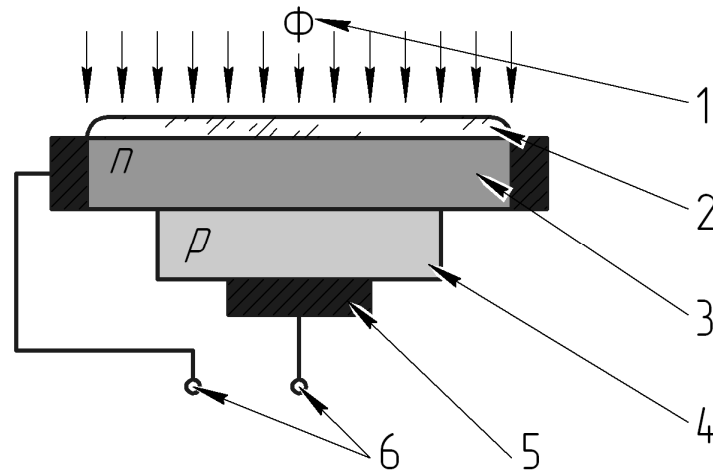


Рисунок 19.2 - Конструкция фотодиода: 1 – световой поток; 2 – прозрачное защитное покрытие; 3 – кристалл n-типа проводимости; 4 – кристалл p-типа проводимости; 5 – омические переходы; 6 – внешние контакты.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 19.1.

Таблица 19.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
РА1								
РА2								
PV1								
PV2								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 19.2. Где: U_{ϕ} – показания вольтметра PV1; I_{ϕ} – показания амперметра PA1; P_{ϕ} – мощность потребляемая резистором R2; $U_{ис}$ – показания вольтметра PV2; $I_{ис}$ – показания амперметра PA2; P_{ϕ} – мощность потребляемая лампой BL1.

Таблица 19.2 - Результаты измерений

Опыт	$U_{ис}$, В	$I_{ис}$, А	$P_{ис}$, Вт	U_{ϕ} , В	I_{ϕ} , А	P_{ϕ} , Вт
1						
2						
3						
4						

4.4 Определение мощности $P_{ис}$, потребляемой лампой базирываясь на показаниях вольтметра $PV2$ и амперметра $PA2$.

4.5 Определение мощности $P_{ис}$, потребляемой лампой базирываясь на показаниях вольтметра $PV1$ и амперметра $PA1$.

4.6 Формулирование выводов по проделанной работе с отражением зависимости выходного напряжения на фотодиоде от мощности источника света.

5 Требования к оформлению отчета ЛПП

5.1 Отчет по ЛПП оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров и выводы по работе. *Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.*

5.3 Пример оформления отчета по ЛПП (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПП (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое фотодиод?
- 2) В каких режимах может работать фотодиод?
- 3) Какие элементы используются для производства p-n перехода фотодиода?
- 4) Где применяются двигатели постоянного тока?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № Т20

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИНФРАКРАСНОГО ДИОДА

1 Цель работы

- 1.1 Изучить принцип работы инфракрасного диода.
- 1.2 Изучить область применения инфракрасных диодов.
- 1.3 Изучить структуру инфракрасного диода.

2 Объект исследования

Объектами исследования являются инфракрасный диод (см. рис. 20.1). Где $E1$ – источник постоянного тока; $PA1$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую инфракрасный светодиод; $PA2$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через эмиттер; $PA3$ – амперметр, который измеряет силу тока протекающую через коллектор; $PV1$ – вольтметр, измеряющий напряжение на инфракрасном светодиоде; $PV2$ – вольтметр, измеряющий напряжение индикаторного светодиода; $R1$ – резистор; $R2$ – нагрузка; $R3$ – переменный резистор, который регулирует силу тока протекающую через инфракрасный светодиод; $FD1$ – фотодиод; $VT1$ – биполярный транзистор; $BL1$ – инфракрасный светодиод; $BL2$ – индикаторный светодиод; $SA1$ – переключатель, замыкающий контакты между источником тока и измерительной цепью.

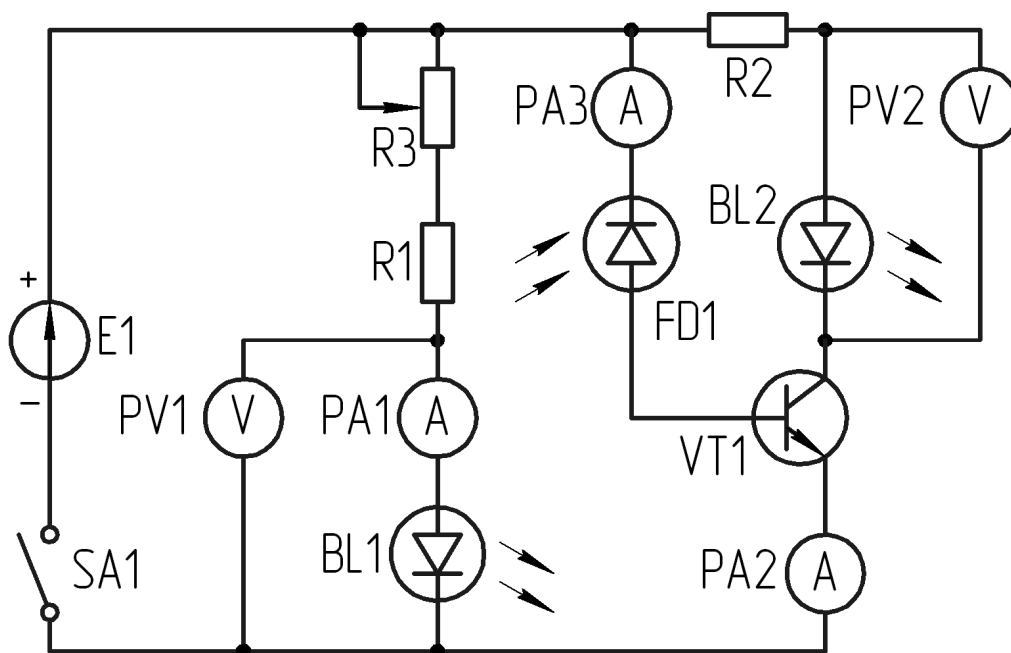


Рисунок 20.1 - Схема электрической цепи для исследования работы инфракрасного диода

3 Краткие теоретические сведения

Светодиод – это полупроводниковый диод на основе р-п перехода излучающий кванты света при протекании через него электрического тока (см. рис. 20.2). Принцип действия светодиода основан на использовании явления излучательной рекомбинации, при комбинации определенных полупроводниковых материалов. По характеристике излучения светодиоды разделяются на 2 группы: светодиоды с излучением в видимой части спектра и светодиоды с излучением в инфракрасном диапазоне. В зависимости от комбинации р-п переходов и их размеров можно управлять диапазоном излучения светодиода.

Светодиоды нашли широкое применение в устройствах отображения информации и в устройствах оптоэлектроники, в устройства автоматики.

Инфракрасный барьер – это устройство, состоящее из излучателя и приемника, работающего в инфракрасном диапазоне. Инфракрасные барьеры находят применение в охранных устройствах, в промышленности для слежения за наличием деталей в той или иной области и других сферах. Инфракрасные фотодиоды воспринимают только инфракрасный диапазон излучения, поэтому хорошо работают в областях с наличием и отсутствием освещенности.

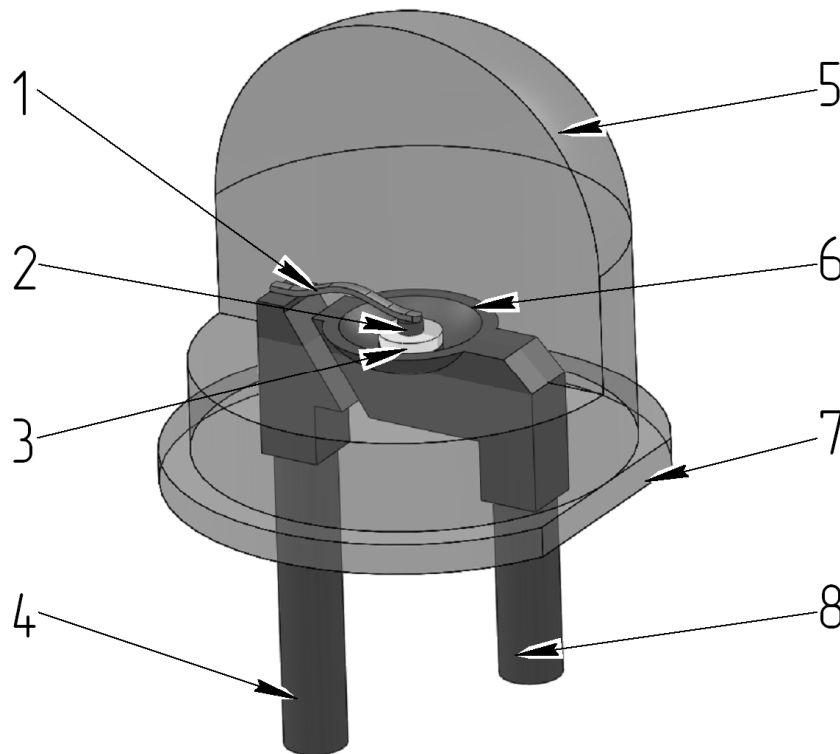


Рисунок 20.2 - Конструкция инфракрасного светодиода: 1 – золотая перемычка; 2 – кристалл р-типа проводимости; 3 – кристалл n-типа проводимости; 4 – контакт анода; 5 – пластиковый корпус; 6 – отражатель; 7 – спил отображающий контакт катода; 8 – контакт катода.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомление с электрической цепью и с компонентами входящими в ее состав. Подготовка протокола испытаний в тетради для лабораторно-практических работ.

4.2 Расшифровка условных обозначений на лицевой панели измерительных приборов, определение цены деления, пределов измерения приборов и отображение этих данных в табл. 20.1.

Таблица 20.1 - Характеристики приборов

Индекс приб.	Наимен. прибора	Род тока	Класс точн.	Изм. система	Рабочее полож.	Климат. условия	Цена дел.	Пределы измер.
PV1								
PA1								
PV2								
PA2								
PA3								

4.3 Проведение серии экспериментов из 4 опытов и отображение показаний приборов в табл. 20.2. Где $U_{ИК}$ – показания вольтметра PV1; $I_{ИК}$ – показания амперметра PA1; U_C – показания вольтметра PV2; $I_э$ – показания амперметра PA2; I_C – сила тока протекающая через индикаторный светодиод; I_B – показания амперметра PA3; $P_{ИК}$ – мощность потребляемая инфракрасным светодиодом; P_C – мощность потребляемая индикаторным светодиодом.

Таблица 20.2 - Результаты измерений

Опыт	$U_{ИК}$, В	$I_{ИК}$, А	$P_{ИК}$, Вт	I_B , А	$I_э$, А	I_C , А	U_C , В	P_C , Вт
1								
2								
3								
4								

4.4 Определение мощности $P_{ИК}$, потребляемой инфракрасным светодиодом, базирываясь на показаниях вольтметра PV1 и амперметра PA1.

4.5 Определение силы тока I_C протекающей через индикаторный светодиод:

$$I_C = I_э - I_B$$

4.6 Определение мощности P_C , потребляемой индикаторным светодиодом:

$$P_C = U_C \cdot I_C$$

4.7 Формулирование выводов по проделанной работе, с отражением зависимости мощности потребляемой инфракрасным светодиодом и напряжением на индикаторном светодиоде.

5 Требования к оформлению отчета ЛПР

5.1 Отчет по ЛПР оформляется на белых листах формата А4 (210×297 мм), которые не содержат посторонних надписей.

5.2 В отчете отражаются следующие пункты: номер лабораторно-практической работы; название работы; цель работы; электрические цепи; таблицы параметров элементов и результаты измерений; расчет неизвестных параметров; диаграммы и графики (если они требуются) и выводы по работе.

Примечание: каждый пункт решения требуется располагать в отдельной строчке, решение должно содержать определяемый параметр, расчетную формулу, данные, подставляемые в расчетную формулу и ответ. В конце необходимо поставить единицу измерения этого параметра. Указанные условия обязательны для исполнения. Оформление диаграмм, электрических схем и графиков требуется выполнять с применением линейки и простого карандаша. Оформление текстовых надписей и расчетов требуется выполнять ручкой с синими чернилами.

5.3 Пример оформления отчета по ЛПР (см. приложение 1)

5.4 Заполнение штампа титульного листа ЛПР (см. приложение 2)

Контрольные вопросы

- 1) Что такое светодиод?
- 2) Из чего состоит структура светодиода?
- 3) В каких диапазонах излучают светодиоды?
- 4) Где применяются инфракрасные светодиоды?

Библиографический список

1. Данилов, И.А. Общая электротехника с основами электроники: учебное пособие для студентов не электротехнических специальностей средних профессиональных учебных заведений / И.А. Данилов. – М.: Высшая школа, 2008. – 663с.: ил.
2. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике: учебное пособие для образовательных учреждений начального профессионального образования / В.М. Прошин. – М.: Академия, 2004. – 192с.
3. Быстров Ю.А. Электронные цепи и микросхемотехника: учебник / Ю.А. Быстров, И.Г.Мироненко. – М.: Высшая школа, 2002. – 384с.
4. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учебное пособие для студентов высших учебных заведений – 2-е издание, дополненное – М.: Техносфера, 2005. – 408с.
5. Воронин П.А. Силовые проводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. Издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 5005. – 384с.
6. Ровдо А.А. Полупроводниковые диоды и схемы с диодами. – М.:Лайт Лтд, 2000. – 288с.
7. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов, 8-е издание, исправленное. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 480с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при выполнении комплекса лабораторно-практических работ в процессе изучения дисциплины «Электротехника и электроника» студенты овладевают теоретическими знаниями, усваивают правила техники безопасности при работе с электрическими приборами и машинами, приобретают умения и навыки расчета и измерения основных параметров простых электрических, магнитных и электронных цепей.

Изучаемый студентами теоретический материал представляет собой фундаментальные знания, а компоненты изучаемых электрических цепей постоянно совершенствуются, следовательно, есть потенциал обновления содержания данного учебного пособия.

Приложение 1

					<i>ЛПР.ЭцЭ.ХХХХХХ.ХХ.ХХ.ХХ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Исследование работы однофазного трансформатора</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Петров П.П.</i>					<i>МТ ВОГУ</i>		
<i>Пров.</i>	<i>Иванов И.И.</i>					<i>Группа _____</i>		
<i>Н. контр</i>								
<i>Утв.</i>								

Фамилия И.О. студента

Фамилия И.О. преподавателя

Шифр

Название работы

Учебная группа

Шифр: ЛПР.ЭцЭ.ХХХХХХ.ХХ.ХХ.ХХ

Номер работы

Номер по журналу

Код техникума (44)

Код специальности

Наименование дисциплины

Лабораторно-практическая работа Т1 № ____
Расчет параметров конденсаторной батареи и резисторной сборки

Цель: _____

Таблица параметров элементов конденсаторной батареи

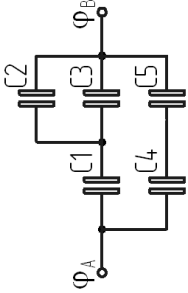
Параметр элемента	Элемент конденсаторной батареи					
	AB	C1	C2	C3	C4	C5
U, В						
q, Кл						
C, Ф						
W, Дж						

Таблица параметров элементов резисторной сборки

Параметр элемента	Элемент Резисторной сборки						
	AB	R1	R2	R3	R4	R5	R6
U, В							
I, А							
R, Ом							
P, Вт							

Изм.	Лист	№ Докл.	Подп.	Итого	ЛПР. ЭИЗ. _____		
Разраб.					Расчет параметров конденсаторной батареи		
Проб.					т резисторной сборки		
Н. контр.					МТ ВОРУ		
Упр.					Группа _____		

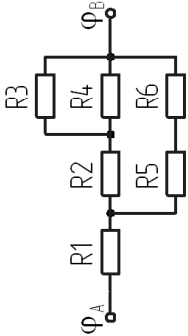
Расчет параметров конденсаторной батареи
Схема конденсаторной батареи



Решение:

...
...
...
...
Расчет параметров резисторной сборки

Схема резисторной сборки



Решение

...
...
...
...
...
...
...

Вывод: _____

