

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Югорский государственный университет»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Югорский государственный университет»



**ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ЮГУ»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ
НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ**

ОП.05 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

15.00.00 МАШИНОСТРОЕНИЕ

специальность 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание
и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)

**Методические указания и практические занятия
для обучающихся 2 курса очной формы обучения
образовательных учреждений
среднего профессионального образования**

Нижневартовск 2019

РАССМОТРЕНО

На заседании ПЦК «ЭТД»
Протокол № 10 от 10.12.2019 г.

Председатель

 М.Б. Тен

УТВЕРЖДЕНО

Председателем методического совета
ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»

 Р.И. Хайбулина

« 10 » декабря 2019 г.

Методические указания и практические занятия для обучающихся 2 курса очной формы обучения образовательных учреждений среднего профессионального образования по ОП.05 Электротехника и основы электроники специальности 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) (15.00.00 МАШИНОСТРОЕНИЕ), разработаны в соответствии с:

1. Федеральным государственным образовательным стандартом (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям); утвержденного 9 декабря 2016 г, № 1580.

2. Рабочей программы учебной дисциплины ОП.05 Электротехника и основы электроники, относящейся к циклу Общепрофессиональных дисциплин, утвержденной на методическом совете ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ» протокол №6 от 10.12.2019 года.

Разработчик:

Даценко Оксана Владимировна, первая квалификационная категория, преподаватель Нижневартовского нефтяного техникума (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

Рецензенты:

1. Тен М.Б., высшая квалификационная категория, преподаватель Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

2. Даценко Е.С., начальник ПТО Нижневартовский филиал ООО «РН-Бурение».

Замечания, предложения и пожелания направлять в Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет» по адресу: 628615, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.

ВВЕДЕНИЕ

Комплекс практических занятий для обучающихся 2-го курса очного отделения учебной дисциплины ОП.05 Электротехника и основы электроники относящейся к циклу Общепрофессиональных дисциплин разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) среднего профессионального образования для специальности 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям).

Цель методической разработки: закрепление полученных теоретических знаний, приобретение расчетных навыков, развитие навыков самостоятельной работы, формирование технического мышления.

В результате освоения программы учебной дисциплины обучающийся должен

иметь представление: о роле и месте знаний по дисциплине при освоении основной профессиональной образовательной программы по данной специальности и в сфере профессиональной деятельности;

уметь:

выбирать электрические, электронные приборы и электрооборудование; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; производить расчеты простых электрических цепей; рассчитывать параметры различных электрических цепей и схем; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств; параметры электрических схем и единицы их измерения; принцип выбора электрических и электронных приборов; принципы составления простых электрических и электронных цепей; способы получения, передачи и использования электрической энергии; устройство, принцип действия и основные характеристики электротехнических приборов; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; характеристики и параметры электрических и магнитных полей, параметры различных электрических цепей

знать:

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

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

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен овладеть **общими компетенциями**, включающими в себя способность:

ОК 1 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам

ОК 2 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 3 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 4 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами

ОК 5 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 6 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей

ОК 7 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 8 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 9 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ОК 11 Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен овладеть **профессиональными компетенциями**, включающими в себя способность:

ПК 1.1 Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к

монтажу

ПК 1.2 Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической документацией

ПК 1.3 Производить ввод в эксплуатацию и испытания промышленного оборудования в соответствии с технической документацией

ПК 2.1 Проводить регламентные работы по техническому обслуживанию промышленного оборудования в соответствии с документацией завода-изготовителя.

ПК2.2 Осуществлять диагностирование состояния промышленного оборудования и дефектацию его узлов и элементов

ПК2.3 Проводить ремонтные работы по восстановлению работоспособности промышленного оборудования

ПК 2.4 Выполнять наладочные и регулировочные работы в соответствии с производственным заданием.

ПК3.1 Определять оптимальные методы восстановления работоспособности промышленного оборудования

ПК3.2 Разрабатывать технологическую документацию для проведения работ по монтажу, ремонту и технической эксплуатации промышленного оборудования в соответствии с требованиями технических регламентов

ПК 3.3 Определять потребность в материально-техническом обеспечении ремонтных, монтажных и наладочных работ промышленного оборудования

ПК3.4 Организовывать выполнение производственных заданий подчиненным персоналом с соблюдением норм охраны труда и бережливого производства

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Приступая к выполнению практических заданий, следует проработать теоретический материал. Для улучшения его освоения необходимо вести конспектирование и после изучения темы ответить на вопросы самоконтроля.

При выполнении практического занятия обучающиеся должны вести записи в специальной тетради для практических работ.

При выполнении практического занятия в ней отмечается дата, номер и название практического занятия, ее цель, порядок выполнения, схема, результаты измерений и необходимые расчеты, правильно сделанные выводы говорят об усвоении теоретического материала по данной теме. После выполнения работы студенты отвечают на контрольные вопросы.

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Номер занятия	Наименование темы	Количество аудиторных часов
1	Опытная проверка свойств последовательного, параллельного и смешанного соединения резисторов	2
2	Решение задач по теме: «Электрические цепи постоянного тока»	2
3	Исследование R,L,C – цепей переменного тока	2
4	Расчет трехфазных электрических цепей переменного тока.	2
5	Расчет мощности и выбор двигателя при различных режимах работы. Аппаратура для управления электроприводом.	2
6	Измерение тока, напряжения, сопротивления, мощности и энергии в электрических цепях. Приборы и схемы измерения.	2
7	Исследование входных и выходных характеристик биполярного транзистора	2
8	Исследование одно - и двухполупериодных выпрямителей. Графики выпрямления переменного тока	2
9	Расчет схемы одно- и двухполупериодных выпрямителей. Определение величины коэффициента сглаживания и коэффициента выпрямления схемы, при различных конфигурациях схем выпрямления	2
10	Исследование формы выходного сигнала электронных генераторов.	2

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО, ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И СМЕШАННОГО СОЕДИНЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Изучить схемы включения амперметра, вольтметра и ваттметра.

Теоретические сведения:

Если приемники соединены так, что по ним проходит один и тот же ток, то такое соединение приемников называется последовательным. Следовательно, ток на отдельных участках последовательной цепи имеет одинаковое значение: $I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$.

Сумма падений напряжений на отдельных участках равна напряжению всей цепи:

$$U = I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = I (R_1 + R_2 + \dots + R_n).$$

Сократив обе части равенства на I , получим $R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Общее сопротивление цепи, состоящей из нескольких последовательно соединенных резисторов, равно сумме сопротивлений этих резисторов. При последовательном соединении приемников выполняется второй закон Кирхгофа. При последовательном соединении конец первого приемника соединяется с началом второго и т.д. При последовательном соединении через все элементы схемы проходит один и тот же ток ($I = \text{const}$). Падение напряжения на элементах схемы прямо пропорционально их сопротивлениям. Если в схеме последовательного соединения один из элементов сгорит, то и вся схема работать не будет.

При параллельном соединении все ветви одним полюсом присоединяются к одному узлу, а другим к другому. Так как потенциалы этих узлов фиксированы, то, и разность их фиксирована и одинаковы для всех ветвей, входящие в соединение.

При параллельном соединении сопротивлений напряжения на ветвях одинаковы, $U_1 = U_2 = U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВС}}$.

Применим закон Ома для всех ветвей параллельного разветвления на участках ВС, тогда $U_{\text{ВС}} = I_1 R_1 = I_2 R_2$, откуда $I_1 / R_2 = I_2 / R_1$.

Таким образом, при параллельном соединении токи ветвей обратно пропорциональны их сопротивлениям, а общий ток равен сумме токов в параллельных ветвях, $I_{\text{ОБЩ}} = I_1 + I_2$.

При параллельном соединении приемников выполняется первый закон Кирхгофа. При параллельном включении начало всех потребителей соединяются в одну клемму, а концы в другую. При параллельном соединении через каждый элемент проходит свой ток, который имеет обратную зависимость от сопротивления. Достоинство параллельного соединения в том, что при выходе из строя одного из потребителей остальные продолжают работать.

Порядок выполнения работы при последовательном соединении:

1. Собрать схему согласно рисунку 1.1.
2. Подключить схему к источнику питания 9В или 12В и установить соответствующее напряжение на входе схемы.
3. Измерить вольтметром общее падение напряжения U на последовательном соединении приемников R_1, R_2 и на каждом из них. Занести результаты исследования в таблицу.
4. Измерить амперметром общий ток цепи I и результаты занести в таблицу.
5. Рассчитать падение напряжения на отдельных приемниках по закону Ома для участка цепи: $U_1 = I_1 R_1$; $U_2 = I_2 R_2$ и сравнить полученные значения U_1, U_2 с измеренными, сделать вывод.

6. Используя данные наблюдений, вычислить проводимость

$$g_1 = 1/R_1; g_2 = 1/R_2; g_{\text{ЭКВ}} = 1/R_{\text{ЭКВ}}$$

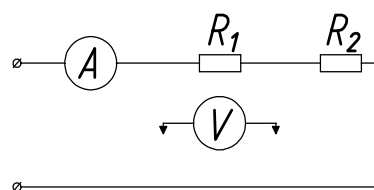


Рис 1.1 Схема для исследования цепи с последовательным соединением резисторов

7. Рассчитать $P_{\text{цепи}}=IU$
8. Определить общее падение напряжения U на последовательном соединении приемников энергии по закону Кирхгофа: $U= U_1+ U_2$.
9. Сравнить полученное значение U с измеренным
10. Ответить на контрольные вопросы
11. Сделать вывод.

Таблица 1.1

№	Данные наблюдений				Результаты вычислений						
	I, А	U ₁ , В	U ₂ , В	U _{общ} , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R _{экв} , Ом	g ₁ , См	g ₂ , См	g _{экв} , См	P _{цепи} Вт
1											
2											

Порядок выполнения работы при параллельном соединении:

1. Собрать электрическую схему согласно рисунку 1.2.
2. Измерить токи и напряжения для двух положений движков реостатов.
3. Используя данные наблюдений, вычислить

$$R_{\text{ЭКВ}}=U_{\text{ОБЩ}}/ I_{\text{ОБЩ}}; R_1 = U_{\text{ВС}}/ I_1;$$

$$R_2= U_{\text{ВС}}/ I_2; g_1=1/ R_1; g_2=1/ R_2;$$

$$g_{\text{ЭКВ}}=1/ R_{\text{ЭКВ}}; 1/ R_{\text{ЭКВ}}=1/R_1+1/R_2;$$

$$P_{\text{общ}}= I_{\text{ОБЩ}}U_{\text{ОБЩ}}.$$

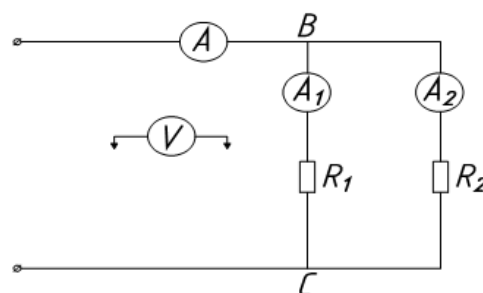


Рис. 1.2. Схема для исследования цепи с параллельным соединением резисторов.

Данные наблюдений и результаты вычислений записать в таблицу 1.2.

4. Сделать вывод по результатам работы.

Таблица 1.2

№	Данные наблюдений				Результаты вычислений						
	U _{общ} , В	I ₁ , А	I ₂ , А	I _{общ} , А	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R _{общ} , Ом	g ₁ , См	g ₂ , См	g _{экв} , См	P _{общ} Вт
1											
2											

Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим узлом?
2. Первый закон Кирхгофа?
3. Почему при параллельном соединении напряжение будет одним и тем же?
4. В чем достоинство параллельного соединения?
5. Почему вольтметр включается параллельно?
6. Какое соединение называется последовательным?
7. Чему равно $R_{\text{ЭКВ}}$ при последовательном соединении?
8. В чем недостаток последовательного соединения?
9. Рассказать второй закон Кирхгофа?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, З1-З10, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Закрепит навыки расчета сложных электрических цепей постоянного тока, используя законы Кирхгофа и Ома

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Начертить схему смешанного соединения резисторов.
3. Определить эквивалентное сопротивление.
4. Ток в каждом резисторе.
5. Напряжение на каждом резисторе.
6. Определить энергию.
7. Сделать вывод по работе.

Теоретические сведения:

Решение задачи требует знание закона Ома для всей цепи и ее участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и работу электрического тока. Содержание задач и схемы цепей приведены в условии, а данные к ним – в табл. 2.1. Перед решением задачи рассмотрите типовой пример 1.

Пример 1. Для схемы, приведенной на рис.2.1а, определить эквивалентное сопротивление цепи R_{AB} и токи в каждом резисторе, а также расход электроэнергии цепью за 8 ч работы.

Решение: Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока». Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе; индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

1. Определяем общее сопротивление разветвления R_{CD} , учитывая, что резисторы R_3 и R_4 соединены последовательно между собой, а с резистором R_5 – параллельно:

$$R_{CD} = (R_3 + R_4) \cdot R_5 / (R_3 + R_4 + R_5) = (10 + 5) \cdot 10 / (10 + 5 + 10) = 6 \text{ Ом. (рис.2.1 б).}$$

2. Определяем общее сопротивление цепи относительно вводов СЕ. Резисторы R_{CD} и R_2 включены параллельно, поэтому

$$R_{CE} = R_{CD} \cdot R_2 / (R_{CD} + R_2) = 6 \cdot 3 / (6 + 3) = 2 \text{ Ом (рис. 2.1 в).}$$

3. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{AB} = R_1 + R_{CE} = 8 + 2 = 10 \text{ Ом (рис. 2.1 г).}$$

4. Определяем токи в резисторах цепи. Так как напряжение U_{AB} приложено ко всей цепи, а $R_{AB}=10$ Ом, то согласно закону Ома

$$I_1 = U_{AB}/R_{AB} = 150/10 = 15 \text{ A.}$$

Внимание!. Нельзя последнюю формулу писать в виде $I_1 = U_{AB}/R_1$ так как U_{AB} приложено ко всей цепи, а не к участку R_1

Для определения тока I_2 находим напряжение на резисторе R_2 , т.е. U_{CE} . Очевидно, U_{CE} меньше U_{AB} на потерю напряжения в резисторе R_1 , т.е.

$$U_{CE} = U_{AB} - I_1 R_1 = 150 - 15 \cdot 8 = 30 \text{ В.}$$

Тогда $I_2 = U_{CE}/R_2 = 30/3 = 10 \text{ A.}$

Так как $U_{CE} = U_{CD}$, то можно определить токи $I_{3,4}$ и I_5 :

$$I_{3,4} = U_{CD}/(R_3 + R_4) = 30/(10 + 5) = 2 \text{ A;}$$

$$I_5 = U_{CD}/R_5 = 30/10 = 3 \text{ A.}$$

На основании первого закона Кирхгофа, записанного для узла С, проверим правильность определения токов:

$$I_1 = I_2 + I_{3,4} + I_5, \text{ или } 15 = 10 + 2 + 3 = 15 \text{ A}$$

5. Расход энергии цепью за восемь часов работы:

$$W = P \cdot t = U_{AB} \cdot I_1 \cdot t = 150 \cdot 15 \cdot 8 = 18000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 18 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

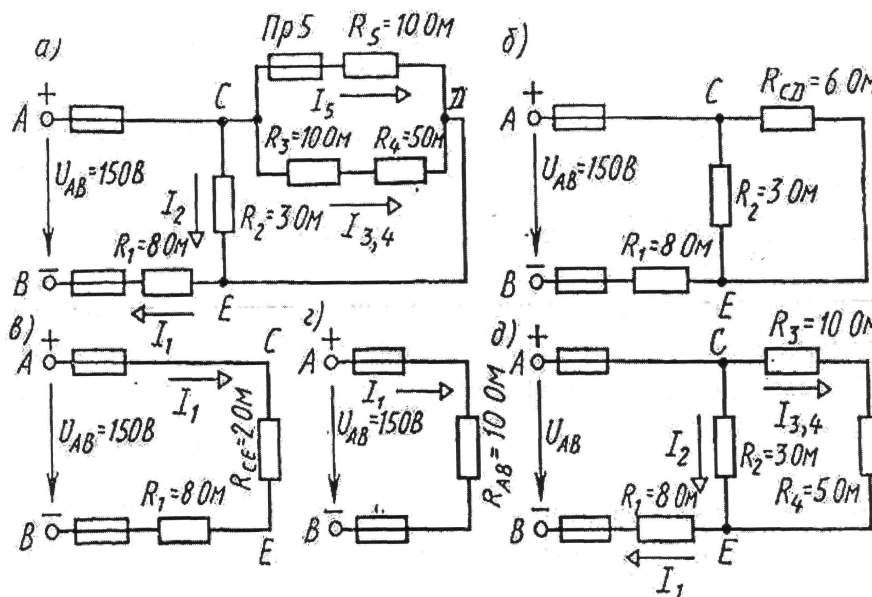


Рис. 2.1

Задание (варианты 01-30)

Цепь постоянного тока содержит шесть резисторов, соединенных смешанно. Схема цепи и значения резисторов указаны на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения резисторов указаны в таблице 3.1. Индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток, или на котором

действует указанное напряжение. Например, через резистор R_5 проходит ток I_5 и на нем действует напряжение U_5 .

Определить:

- 1) эквивалентное сопротивление цепи относительно вводов АВ;
- 2) ток в каждом резисторе;
- 3) напряжение на каждом резисторе;
- 4) расход электрической энергии цепью за 10 часов.

Таблица 2.1

Исходные данные

Номер Варианта	Номер рисунка	Задаваемая величина	Номер Варианта	Номер рисунка	Задаваемая величина
1	2.2	$I_{4,5}=6A$	16	2.3	$U_2=50B$
2	2.2	$U_2=100B$	17	2.3	$U_{AB}=30B$
3	2.2	$I_2=10A$	18	2.3	$I_1=1,08A$
4	2.2	$U_3=40B$	19	2.3	$U_1=10,8B$
5	2.2	$U_1=100B$	20	2.3	$I_2=0,72A$
6	2.2	$U_{AB}=200B$	21	2.3	$I_3=1,8A$
7	2.2	$I_1=20A$	22	2.3	$I_3=1,8A$
8	2.2	$U_6=60B$	23	2.3	$U_4=12B$
9	2.2	$U_4=36B$	24	2.3	$I_6=3A$
10	2.2	$I_6=4A$	25	2.3	$U_5=18B$
11	2.2	$I_2=5A$	26	2.3	$I_3=1,2A$
12	2.2	$U_3=20B$	27	2.3	$U_3=7,2B$
13	2.2	$I_{4,5}=3A$	28	2.3	$I_1=3,24A$
14	2.2	$U_{AB}=100B$	29	2.3	$U_5=54B$
15	2.2	$I_1=10A$	30	2.3	$I_4=9A$

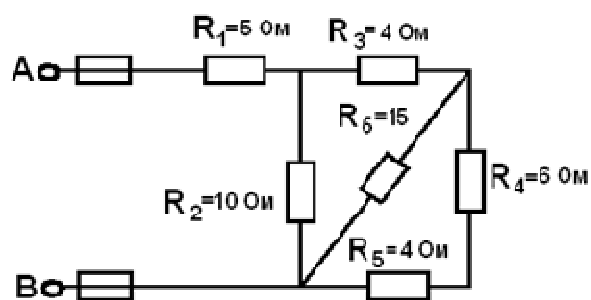


Рис.2.2

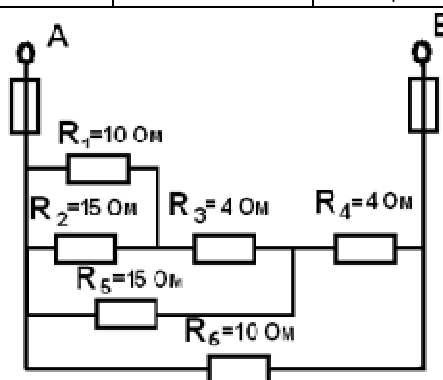


Рис.2.3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ИССЛЕДОВАНИЕ R,L,C – ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У6, 31, 33, ОК1-ОК8, ПК1.1- ПК1.5

- Исследовать неразветвленную электрическую цепь переменного тока, содержащую активное и реактивное сопротивления.

- Научиться строить векторные диаграммы токов и напряжений.

Теоретические сведения.

В цепи с последовательно соединенными активным сопротивлением R , индуктивностью L и емкостью C проходит синусоидальный ток, то действующее значение напряжения на зажимах этой цепи равно:

$$U = \sqrt{(U_R + U_{RK})^2 + (U_L - U_C)^2}, \quad U = I \cdot Z,$$

Сопротивление конденсатора определяется по формуле: $X_C = 1/2\pi fC$.

Индуктивное сопротивление катушки: $X_L = 2\pi fL$.

Полное сопротивление катушки: $Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2}$,

где $X_K = X_L - X_C$ - реактивное сопротивление цепи.

Полное сопротивление всей цепи определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{(R + R_K)^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Падение напряжения на элементах цепи рассчитывается:

$$U_{RK} = I \cdot R_K, \quad U_R = I \cdot R, \quad U_L = I \cdot X_L, \quad U_C = I \cdot X_C.$$

Активная мощность цепи: $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = I^2 \cdot (R + R_K) = I \cdot (U_R + U_{RK})$

Реактивная мощность цепи: $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = I^2 \cdot (X_L - X_C) = I(U_L - U_C)$;

Полная мощность цепи: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = I^2 \cdot Z = I \cdot U_{BX}$;

Коэффициент мощности: $\cos\varphi = R/Z$

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую цепь согласно рисунку 3.1 и предъявить её для проверки преподавателю.
2. Измерить силу тока, падение напряжения на каждом элементе цепи.
3. Вычислить мощности, сопротивления, углы сдвига фаз и ёмкость конденсатора.
4. Построить векторную диаграмму.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Сделать вывод.

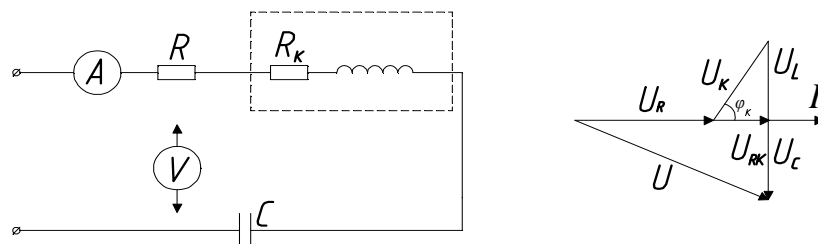


Рис. 3.1. Схема исследования последовательного соединения активного индуктивного и емкостного сопротивления.

Таблица 5.1

	Участок цепи	I, А	R, Ом	X, Ом	Z, Ом	U, В	P, Вт	Q, Вар	S, ВА	cosφ	φ
1	резистор										
	конденсатор										
	индуктивность										
	вся цепь										

Контрольные вопросы:

1. Какое сопротивление электрической цепи называют активным?
2. Почему ток в цепи с индуктивностью отстает по фазе от напряжения на 90 градусов?
3. Что означает $\varphi > 0, \varphi < 0, \varphi = 0$?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4**РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА****Цель работы:**

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.
- Закрепить навыки расчета трехфазных цепей переменного тока.
- Уметь строить векторные диаграммы напряжений и токов.

Теоретические сведения:

Выполнение данного практического занятия требует знания учебного материала темы: Трехфазные электрические цепи. Представления об особенностях соединения источников и потребителей в звезду и треугольник, соотношениях между линейными и фазными напряжениями и токами при таких соединениях, умения строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках, а также в аварийных режимах. Для пояснения методики решения задач на трехфазные цепи приведен пример с подробным решением.

Пример 1.

В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку (рис. 4.1, а): в фазу АВ - активное сопротивление $R_{AB} = 10$ Ом; в фазу ВС - индуктивное сопротивление $X_{BC} = 6$ Ом и активное $R_{BC} = 8$ Ом; в фазу СА - активное сопротивление $R_{CA} = 5$ Ом. Линейное напряжение сети $U_{ном} = 220$ В. Определить фазные токи и начертить векторную диаграмму цепи, из которой графически найти линейные токи в следующих случаях: 1) в нормальном режиме; 2) при аварийном отключении линейного провода А; 3) при аварийном отключении фазы АВ.

Решение:

1. Нормальный режим.

Определяем фазные токи: $I_{AB} = U_{НОМ} / R_{AB} = 220/10 = 22 \text{ А}$; $I_{BC} = U_{НОМ} / Z_{BC} = U_{НОМ} / \sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2} = 220 / \sqrt{8^2 + 6^2} = 22 \text{ А}$; $I_{CA} = U_{НОМ} / R_{CA} = 220/5 = 44 \text{ А}$.
Вычисляем углы сдвига фаз в каждой фазе: $\varphi_{AB} = 0$;

$$\varphi_{BC} = X_{BC} / Z_{BC} = 6 / \sqrt{8^2 + 6^2} = 0,6; \varphi_{BC} = 36^\circ 50'; \varphi_{CA} = 0.$$

Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току: 1 см = 10 А и напряжению: 1 см = 40 В. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (они же линейные) напряжений U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} под углом 120° друг относительно друга (рис. 4.1,б). Затем откладываем векторы фазных токов: ток в фазе АВ совпадает с напряжением U_{AB} ; в фазе ВС ток отстает от напряжения U_{BC} на угол $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$; ток в фазе СА совпадает с напряжением U_{CA} . Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений:

$I_A = I_{AB} + (-I_{CA})$; $I_B = I_{BC} + (-I_{CA})$; $I_C = I_{CA} + (-I_{BC})$. Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь масштабом, находим их значение:

$$I_A = 55 \text{ А}; I_B = 43 \text{ А}; I_C = 48 \text{ А}.$$

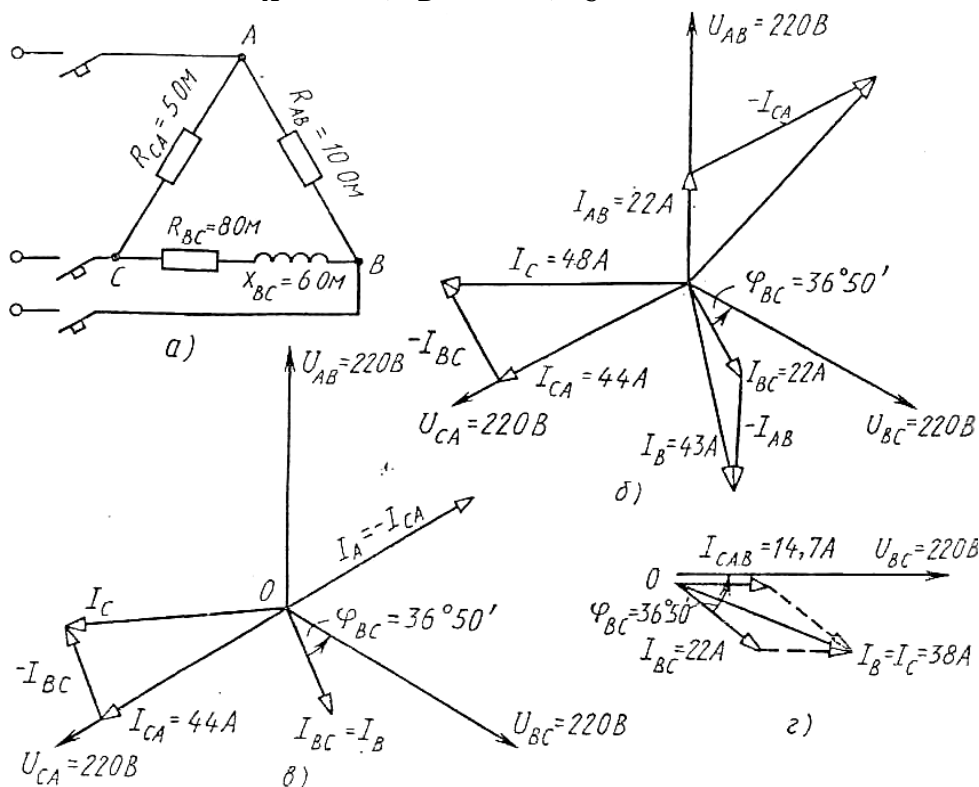


Рис.4.1

2. Аварийное отключение линейного провода А.

В этом случае трехфазная цепь превращается в однофазную с двумя параллельно включенными ветвями СА и ВС и рассчитывается как обычная однофазная схема с одним напряжением U_{BC} . Определяем токи I_{CAB} и I_{BC} .

Полное сопротивление ветви САВ: $Z_{CAB} = R_{CA} + R_{AB} = 5 + 10 = 15 \text{ Ом}$.

Сила тока $I_{CAB} = U_{BC} / Z_{CAB} = 220/15 = 14,7 \text{ А}$; $\varphi_{CAB} = 0$.

Полное сопротивление ветви BC: $Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ Ом}$.

Сила тока $I_{BC} = U_{BC} / Z_{BC} = 220 / 10 = 22 \text{ А}$; $\varphi_{BC} = X_{BC} / Z_{BC} = 6 / \sqrt{8^2 + 6^2} = 0,6$;
 $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$ На (рис. 4.1, г) построена векторная диаграмма цепи. Из диаграммы находим линейные токи: $I_B = I_C = 38 \text{ А}$. По направлению же эти токи обратны.

3. Аварийное отключение фазы АВ. При этом ток в отключенной фазе равен нулю, а токи в двух других фазах остаются прежними. На (рис. 4.1, в) показана векторная диаграмма для этого случая. Ток $I_{AB} = 0$; линейные токи определяются согласно уравнениям: $I_A = I_{AB} + (-I_{CA})$; $I_B = I_{BC} + (-I_{AB})$; $I_C = I_{CA} + (-I_{BC})$. Таким образом, только линейный ток I_C сохраняет свою величину; токи I_A и I_B изменяются до фазных значений. Из диаграммы графически находим линейные токи: $I_A = 44 \text{ А}$; $I_B = 22 \text{ А}$; $I_C = 45 \text{ А}$.

Задание: Варианты 1-10

В трехфазную сеть включили три одинаковые катушки, соединенные в треугольник. Активное сопротивление катушки R , индуктивное X_L . Линейное напряжение сети $U_{ном}$. Определить: 1) линейные и фазные токи; 2) активную и реактивную мощности, потребляемые цепью; 3) угол сдвига фаз; 4) начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Данные для своего варианта взять из табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

Номер варианта	R, Ом	X_L , Ом	$U_{ном}$, В
1	3	4	380
2	8	6	380
3	4	3	220
4	32	24	220
5	12	16	660
6	6	8	220
7	24	32	660
8	12	16	220
9	32	24	380
0	16	12	380

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ. АППАРАТУРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310,

ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Закрепление знаний по разделу МПТ.

- Развитие навыков расчета параметров машин переменного тока.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения;

2. Рассчитать необходимые параметры машин переменного тока.

3. Начертить энергетическую диаграмму асинхронного двигателя;

4. Сделать вывод.

Теоретические сведения:

Выполнение данного практического занятия относится к теме «Электрические машины переменного тока». Для их решения необходимо знать устройство и принцип действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором и зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу. Необходимо ознакомиться с рядом возможных синхронных частот вращения магнитного потока при частоте тока 50 Гц: **3000, 1500, 1000, 750, 600** об/мин и т.д. Поэтому при частоте вращения ротора, например, $n_2 = 980$ об/мин поле может иметь **только** $n_1 = 1000$ об/мин (ближайшая к 980 об/мин из ряда синхронных частот вращения) и можно сразу определить скольжение, даже не зная числа пар полюсов: $s = (n_1 - n_2)/n_1 = (1000 - 980)/1000 = 0,02$.

В настоящее время промышленность выпускает асинхронные двигатели серии 4А мощностью от 0,06 до 400 кВт (табл. 13.1). Обозначение типа двигателя расшифровывается так: **А** — асинхронный; **4** — номер серии; **Х** — алюминиевая оболочка и чугунные щиты (отсутствие буквы **Х** означает, что корпус полностью выполнен из чугуна); **В** — двигатель встроен в оборудование; **Н** — исполнение защищенное IP23; для закрытых двигателей исполнения IP44 буквы **Н** нет; **Р** — двигатель с повышенным пусковым моментом; **С** — сельскохозяйственного назначения; цифра после буквенного обозначения показывает высоту оси вращения в мм; буквы **S, M, L**, после цифр дают установочные размеры по длине корпуса (**S** — самая короткая станина; **M** — промежуточная; **L** — самая длинная); цифра после установочного размера — число полюсов; **У** — климатическое исполнение (для умеренного климата); последняя цифра показывает категорию размещения (**1** — для работы на открытом воздухе, **3** — для закрытых неотапливаемых помещений). В обозначении типов двухскоростных двигателей после установленного размера указывают через дробь оба числа полюсов, например 4А160М8/4У3. Здесь 8 и 4 означают, что обмотки статора могут переключаться так, что в двигателе образуются 8 и 4 полюса.

Пример 1. Расшифровать условное обозначение двигателя 4АР180М4У3. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, с повышенным пусковым моментом, корпус полностью чугунный (нет буквы **Х**), высота оси вращения 180 мм; размеры корпуса по длине **M** (промежуточный), четырехполюсный для умеренного климата, третья категория размещения.

Пример 2. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым

ротором типа 4A250S4У3 имеет номинальные данные (табл. 5.1):

мощность $P_{\text{НОМ}}=75$ кВт, напряжение $U_{\text{НОМ}}=380$ В; частота вращения ротора $n_2 = 1480$ об/мин; КПД $\eta_{\text{НОМ}} = 0,93$; коэффициент мощности $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,87$; кратность пускового тока $I_{\text{ПУСК}}/I_{\text{НОМ}}=7,5$; кратность пускового момента $M_{\text{ПУСК}}/M_{\text{НОМ}} = 1,2$; способность к перегрузке $M_{\text{МАХ}}/M_{\text{НОМ}}=2,2$. Частота тока в сети $f_1 = 50$ Гц. Определить:

- 1) потребляемую мощность;
- 2) номинальный, пусковой и максимальный моменты;
- 3) номинальный и пусковой токи;
- 4) номинальное скольжение;
- 5) суммарные потери в двигателе;
- 6) частоту тока в роторе.

Решение:

1. Мощность, потребляемая из сети,

$$P_1 = P_{\text{НОМ}}/\eta_{\text{НОМ}} = 75/0,93 = 80,6 \text{ кВт.}$$

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем,

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 P_{\text{НОМ}}/n_2 = 9550 \cdot 75/1480 = 484 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

3. Пусковой и максимальный моменты:

$$M_{\text{ПУСК}} = 1,2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 1,2 \cdot 484 = 581 \text{ Н}\cdot\text{м}; M_{\text{МАХ}} = 2,2 \cdot 484 = 1064,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

4. Номинальный и пусковой токи:

$$I_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot 1000 / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ}}) = 75 \cdot 1000 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,93 \cdot 0,87) = 141 \text{ А};$$

$$I_{\text{ПУСК}} = 7,5 \cdot I_{\text{НОМ}} = 7,5 \cdot 141 = 1057,5 \text{ А.}$$

5. Номинальное скольжение

$$s_{\text{НОМ}} = (n_1 - n_2)/n_1 = (1500 - 1480)/1500 = 0,013.$$

6. Суммарные потери в двигателе

$$\sum P = P_1 - P_{\text{НОМ}} = 80,6 - 75 = 5,6 \text{ кВт.}$$

7. Частота тока в роторе

$$f_2 = f_1 \cdot s_{\text{НОМ}} = 50 \cdot 0,013 = 0,65 \text{ Гц.}$$

Таблица 5.1

Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$, кВт	n_2 , об/мин	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}/ I_{\text{ном}}$	$M_{\text{пуск}}/ M_{\text{ном}}$	$M_{\text{мах}}/ M_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$
4A100S2Y3	4	2880	0,89	7,5	2,0	2,2	0,85
4A100L2Y3	5,5	2880	0,91	7,5	2,0	2,2	0,87
4A112M2CY3	7,5	2900	0,88	7,5	2,0	2,2	0,87
4A132M2CY3	11	2900	0,9	7,5	1,6	2,2	0,88
4A80A4Y3	1,1	1400	0,81	5,0	2,0	2,2	0,85
4A90L4Y3	2,2	1400	0,83	6,0	2,0	2,2	0,8
4A100S4Y3	3	1425	0,83	6,5	2,0	2,2	0,82
4A100L4Y3	4	1425	0,84	6,5	2,0	2,2	0,84
4A112M4CY1	5,5	1425	0,85	7,0	2,0	2,2	0,85
4A132M4CY1	11	1450	0,87	7,5	2,0	2,2	0,87
4AP160S4Y3	15	1465	0,83	7,5	2,0	2,2	0,865
4AP160M4Y3	18,5	1465	0,87	7,5	2,0	2,2	0,885
4AP180S4Y3	22	1460	0,87	7,5	2,0	2,2	0,89
4AP180M4Y3	30	1460	0,87	7,5	2,0	2,2	0,9
4A250S4Y3	75	1480	0,9	7,5	1,2	2,2	0,93
4A250M4Y3	90	1480	0,91	7,5	1,2	2,2	0,93
4A100L6Y3	2,2	950	0,73	5,5	2,0	2,0	0,81
4AP160S6Y3	11	975	0,83	7,0	2,0	2,2	0,855
4AP160M6Y3	15	975	0,83	7,0	2,0	2,2	0,875
4AP180M6Y3	18,5	970	0,8	6,5	2,0	2,2	0,87
4A250S6Y3	45	985	0,89	6,5	1,2	2,2	0,92
4A250M6Y3	55	985	0,89	7,0	1,2	2,0	0,92
4AH250M6Y3	75	985	0,87	7,5	1,2	2,5	0,93
4A100L8Y3	1,5	725	0,65	6,5	1,6	1,7	0,74
4AP160S8Y3	7,5	730	0,75	6,5	1,8	2,2	0,86
4A250S8Y3	37	740	0,83	6,0	1,2	1,7	0,9
4A250M8Y3	45	740	0,84	6,0	1,2	1,7	0,91
4AH250M8Y3	55	740	0,82	6,0	1,2	2,0	0,92
4A160S4/2Y3	11 14,5	1460 2940	0,85 0,95	7,5 7,5	1,5 1,2	2,1 2,0	0,85 0,83
4A180S4/2Y3	18,5 21	1470 2920	0,9 0,92	6,5 6,5	1,3 1,1	1,8 1,8	0,883 0,85
4A160M8/4Y3	9 13	732 1460	0,69 0,92	5,5 7,0	1,5 1,2	2,0 2,0	0,79 0,865
4AI60S8/4Y3	6 6	745 1460	0,69 0,92	5,0 7,0	1,5 1,2	2,0 2,0	0,765 0,84

Задание (варианты 1-30). В табл.5.2 задан тип трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Номинальное напряжение двигателя 380 В. Пользуясь техническими данными двигателей серии 4А, приведенными в табл. 5.1, определить: 1) номинальную $P_{\text{ном}}$ и потребляемую P_1 мощности; 2) номинальный $I_{\text{ном}}$ и пусковой $I_{\text{пуск}}$ токи; 3) номинальные частоту вращения $n_{\text{ном}}$ и скольжение $s_{\text{ном}}$; 4) номинальный $M_{\text{ном}}$ пусковой моменты $M_{\text{пуск}}$. Расшифровать условное обозначение двигателя. Начертить энергетическую диаграмму асинхронного двигателя и пояснить ее.

Указание. См. решение примера 1, 2.

Таблица 5.2

Номера вариантов	Тип двигателя	Номера вариантов	Тип двигателя	Номера вариантов	Тип двигателя
1	4A250M6Y3	11	4AH250M6Y3	21	4A250S4Y3
2	4A250M4Y3	12	4A80A4Y3	22	4AP160S4Y3
3	4A100S4Y3	13	4AP180S4Y3	23	4A250M8Y3
4	4AP160M4Y3	14	4A132M2CY3	24	4A112M2CY3
5	4A100S2Y3	15	4A100L2Y3	25	4AP160S6Y3
6	4A250S6Y3	16	4AP180M4Y3	26	4A132M4CY1
7	4A100S4Y3	17	4A112M4CY1	27	4A250S8Y3
8	4A90L4Y3	18	4AP180M6Y3	28	4A250M8Y3
9	4A100L6Y3	19	4A100L8Y3	29	4A160S4Y3
10	4AP160M6Y3	20	4AP160S8Y3	30	4A160S8Y3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ, СОПРОТИВЛЕНИЯ, МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ. ПРИБОРЫ И СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Изучить принцип совместного включения вольтметра и амперметра в цепь для измерения сопротивления;

- Понять принцип работы схем включения измерения для сопротивления.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения;
2. Рассчитать необходимые параметры транзистора по его вольт-амперным характеристикам, данные взять из таблицы 14.1, согласно варианту;
3. Ответить на контрольные вопросы;
4. Сделать вывод.

Теоретические сведения:

Метод амперметра и вольтметра. Этот метод основан на раздельном измерении тока I в цепи измеряемого сопротивления R_x и напряжения U на его зажимах и последующем вычислении значения R_x по показаниям измерительных приборов:

$$R_x = U/I$$

Обычно ток I измеряют амперметром, а напряжение U — вольтметром, этим объясняется название метода.

Наибольшее значение измеряемого сопротивления с учетом класса точности применяемых приборов:

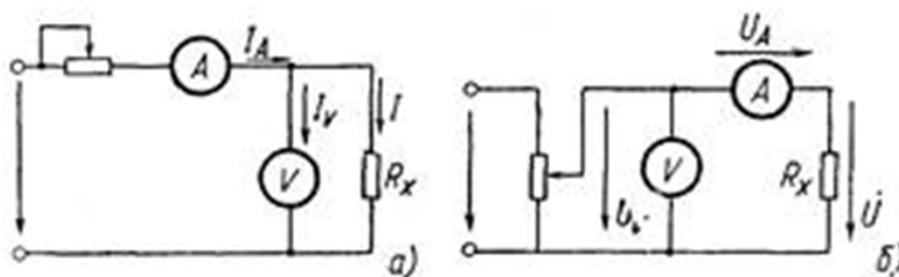
$$R_{x\max} = (U + \Delta U_{\max}) / (I - I_{\max}),$$

где ΔU_{\max} - наибольшая абсолютная погрешность вольтметра;

ΔI_{\max} - наибольшая абсолютная погрешность амперметра;

Относительная погрешность измерения:

$$\delta = ((R_{x\max} - R_x) / R_x) 100\%;$$



Схемы для измерения малых (а) и больших (б) сопротивлений методом амперметра и вольтметра

Рассчитать следующее задание:

Измеряется сопротивление цепи методом амперметра- вольтметра. Класс точности приборов 1,0 и пределы измерения 250 мА; 7.5В. Определите измеряемое сопротивление, наибольшую абсолютную и относительную погрешности измерения.

Полученные данные занести в таблицу:

№ измерения	Показания амперметра I, В	Показания вольтметра U, В	Измеряемое сопротивление R_x , Ом	Абсолютная погрешность		Относительная погрешность $\delta, \%$
				ΔU_{\max}	I_{\max}	
1.	0,15	4,8				
2.	0,23	5,4				

Контрольные вопросы:

1. Какие приборы используют для измерения сопротивлений?
2. Достоинства метода амперметра - вольтметра.
3. Какой способ измерения используется при данном методе?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310,

ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Закрепить знания по разделу "Полупроводниковые приборы"
- Развитие навыков расчета параметров «полупроводникового транзистора»

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения;
2. Рассчитать необходимые параметры транзистора по его вольт-амперным характеристикам, данные взять из таблицы 7.1, согласно варианту;
3. Ответить на контрольные вопросы;
4. Сделать вывод.

Теоретические сведения:

Эта работа относится к расчету параметров и характеристик полупроводниковых транзисторов. При включении транзистора с общим эмиттером управляющим является ток базы I_B , а при включении с общей базой - ток эмиттера I_E .

В схеме с общей базой связь между приращениями тока эмиттера ΔI_E , и тока коллектора ΔI_K характеризуется коэффициентом передачи тока α_B

$$\alpha_B = \Delta I_K / \Delta I_E, \text{ при } U_{KB} = \text{const},$$

где U_{KB} -напряжение между коллектором и базой. Коэффициент передачи всегда меньше единицы.

Для современных биполярных транзисторов $\alpha_B = 0,9-0,995$. При включении с общей базой ток коллектора

$$I_K = \alpha_B I_E$$

Коэффициент усиления по току α_E в схеме включения транзистора с общим эмиттером определяется как отношение приращение тока коллектора ΔI_K к приращению тока базы ΔI_B . Для современных транзисторов α_E имеет значение 20-200.

$$\alpha_E = \Delta I_K / \Delta I_B \text{ при } U_{KE} = \text{const},$$

где U_{KE} - напряжение между коллектора и эмиттером, ток коллектора при включении с общим эмиттером $I_K = \alpha_E I_B$. Между коэффициентами α_B и α_E существует следующая связь:

$$\alpha_B = \alpha_E / (1 + \alpha_E)$$

$$\alpha_E = \alpha_B / (1 - \alpha_B)$$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора, $P_K = U_{KE} I_K$. Рассмотрим примеры на расчет параметров транзистора.

Пример 1. Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, определить коэффициент усиления α_E , по его входной характеристике (рис.1) и выходным характеристикам (рис.2) , если $U_{BE} = 0,4 \text{ В}$; $U_{KE} = 25 \text{ В}$. Подсчитать также коэффициент передачи по току α_B и мощность на коллекторе P_K

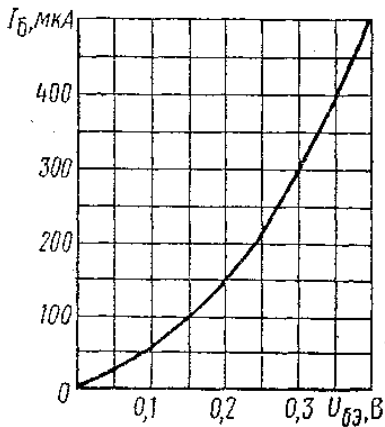


Рис.1

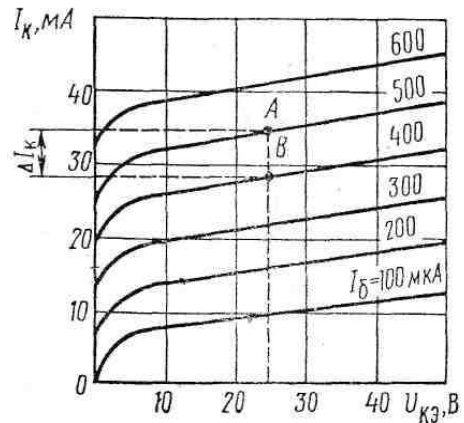


Рис.2

Решение 1.

1. Определяем по входной характеристике при $U_{BE}=0,4$ В ток базы: $I_B=500$ мкА.
2. Находим по выходным характеристикам для $U_{CE}=25$ В и $I_B=500$ мкА ток коллектора $I_K=36$ мА.
3. На выходных характеристиках строим отрезок АВ, из которого находим:

$$\Delta I_K = AB = I_{K1} - I_{K2} = 36 - 28 = 8 \text{ мА};$$

$$\Delta I_B = AB = I_{B1} - I_{B2} = 500 - 400 = 100 \text{ мкА} = 0,1 \text{ мА}.$$

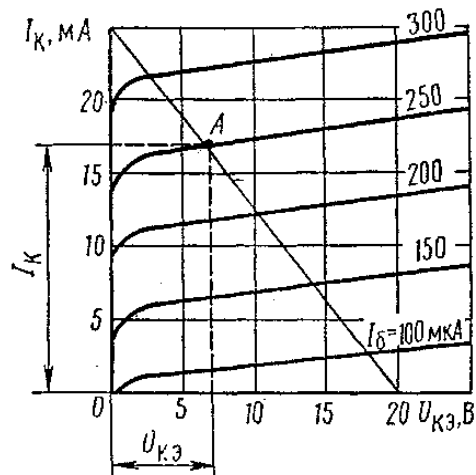
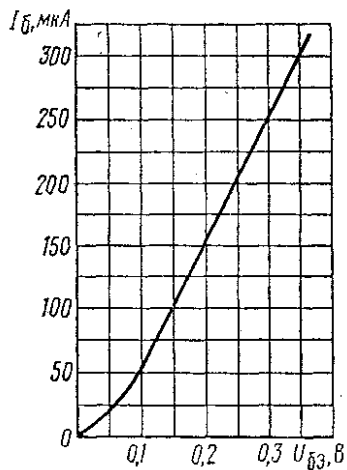
4. Определяем коэффициент усиления

$$\alpha_{\Sigma} = \Delta I_K / \Delta I_B = 8 / 0,1 = 80.$$

5. Коэффициент передачи по току

$$\alpha_B = \alpha_{\Sigma} / (1 + \alpha_{\Sigma}) = 80 / (1 + 80) = 0,98$$

6. Мощность на коллекторе: $P_K = U_{CE} I_K = 25 \cdot 36 = 900 \text{ мВт} = 0,9 \text{ Вт}$



Пример 2. Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, найти ток базы I_B , напряжение U_{CE} , если напряжение $U_{BE}=0,3$ В; напряжение питания $E_K=20$ В; сопротивление нагрузки в цепи коллектора $R_K=0,8$ кОм.

Перед решением этого примера приведем некоторые пояснения.

Для коллекторной цепи усилительного каскада в соответствии со вторым законом Кирхгофа можно написать уравнение: $E_K = U_{CE} + I_K R_K$, т.е. сум-

ма напряжений на резисторе R_K и коллекторного напряжения $U_{KЭ}$ всегда равна E_K - ЭДС источника питания.

Расчет такой нелинейной цепи, т.е. определение I_K и $U_{KЭ}$ для различных значений токов базы I_B и сопротивления резистора R_K , можно произвести графически. Для этого на семействе выходных характеристик необходимо провести из точки E_K на оси абсцисс вольт-амперную характеристику резистора R_K , удовлетворяющую уравнению:

$$U_{KЭ} = E_K - I_K R_K$$

Эту характеристику удобно строить по двум точкам: $U_{KЭ} = E_K$ при $I_K = 0$ на оси абсцисс и $I_K = E_K / R_K$ при $U_{KЭ} = 0$ на оси ординат.

Построенную таким образом вольт-амперную характеристику коллекторного резистора R_K называют **линией нагрузки**. Точки ее пересечения с выходными характеристиками транзистора дают графическое решение уравнения для данного резистора R_K и различных значений тока базы I_B .

Решение 2.

1) Откладываем на оси абсцисс точку $U_{KЭ} = E_K = 20В$, а на оси ординат - точку, соответствующую $I_K = E_K / R_K = 20/800 = 0.025А = 25мА$. Здесь - $0,8кОм = 800Ом$.

2) Соединяем эти точки прямой и получаем линию нагрузки.

3) Находим на входной характеристике для $U_{БЭ} = 0,3 В$ ток базы $I_B = 250мкА$.

4) Находим на выходных характеристиках точку А при пересечении линии нагрузки с характеристикой, соответствующей $I_B = 250мкА$

5) Определяем для точки А ток коллектора $I_K = 17мА$ и напряжение $U_{KЭ} = 7В$

Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются транзисторы типа р-п-ри п-р-п?
2. На чем основан принцип действия полевого транзистора.
3. Что означают индексы «Э», «К», «Б»?
4. Как на схемах обозначаются транзисторы обоих типов? (начертить)
5. Сколько схем включения существует у транзисторов? Перечислить.

Задание: Варианты 1-15.

Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, используя входную и выходную характеристики, определить коэффициент усиления $\alpha_{э}$, коэффициент передачи по току $\alpha_{б}$, величину сопротивлений нагрузки R_{K1} и R_{K2} и мощность на коллекторе P_{K1} и P_{K2} , если известно напряжение на базе $U_{БЭ}$, напряжения на коллекторе $U_{KЭ1}$ и $U_{KЭ2}$ и напряжение источника питания E_K . Данные для своего варианта взять из табл. 7.1

Таблица 7.1

Номера варианта	Номера рисунков	$U_{БЭ}$	$U_{KЭ1}$	$U_{KЭ2}$	E_K
1	1,2	0,15	20	30	40
2	1,2	0,25	10	20	40

3	1,2	0,3	5	15	40
4	3,4	0,1	10	20	40
5	3,4	0,15	15	25	40
6	3,4	0,2	5	15	40
7	5,6	0,15	10	15	20
8	5,6	0,2	5	10	20
9	5,6	0,25	2,5	7,5	20
10	7,8	0,2	10	20	25
11	7,8	0,3	10	15	20
12	7,8	0,4	5	10	25
13	9,10	0,15	15	25	40
14	9,10	0,1	20	30	40
15	9,10	0,25	5	15	40

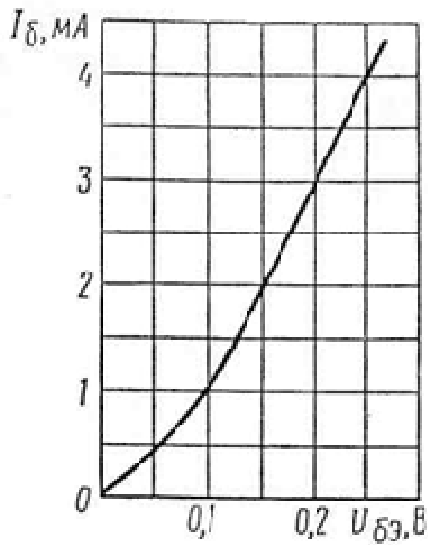


Рис.3

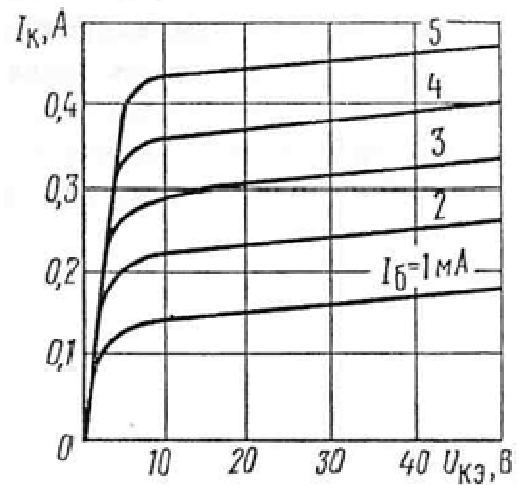


Рис.4

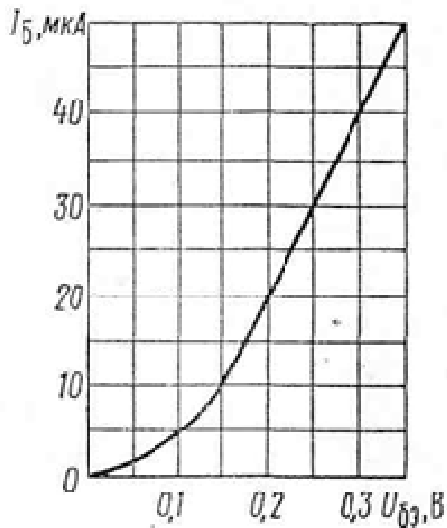


Рис.5

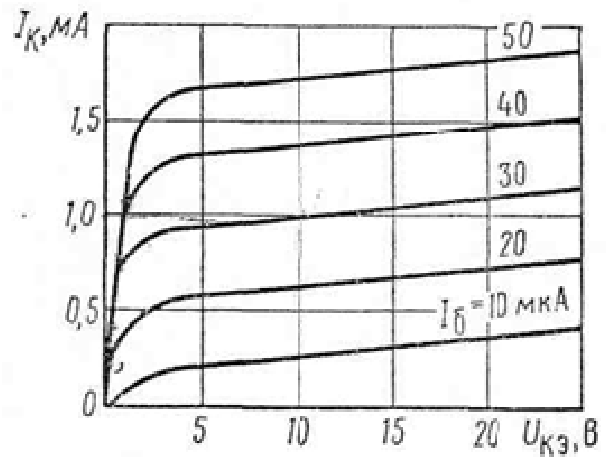


Рис.6

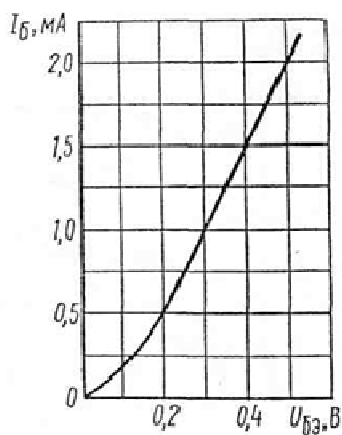


Рис.7

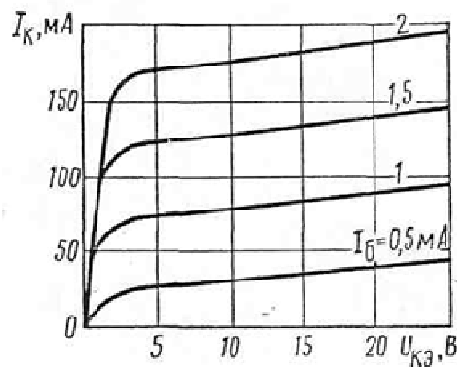


Рис.8

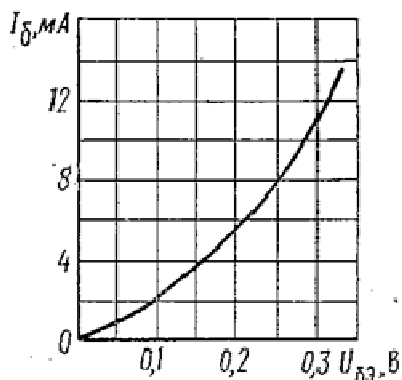


Рис.9

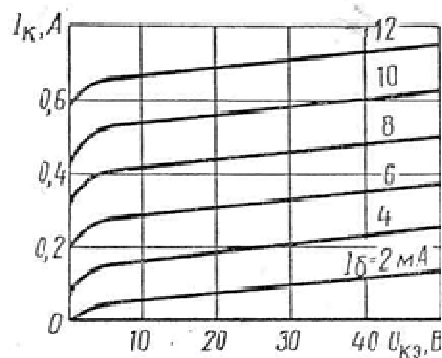


Рис.10

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНО - И ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ. ГРАФИКИ ВЫПРЯМЛЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Снятие вольтамперных характеристик диода, определение их параметров по характеристикам.

Оборудование:

- 1) РА-Амперметр с пределом измерения 300 мА
- 2) РВ-Вольтметр с пределом измерения $V_1=30\text{В}$, $V_2=300\text{В}$.
- 3) ВВ-исследуемый диод.

Теоретические сведения:

Полупроводниковый диод обладает односторонней проводимостью, т.е. является электрическим вентилем. Вольтамперная характеристика диода имеет две ветви - прямую и обратную. Для большей наглядности прямая ветвь (правая часть графика), обратное включение (левая часть

графика) характеристики изображены в разных масштабах. Характеристика показывает, что при небольшом прямом напряжении на зажимах диода в его цепи проходит относительно большой ток, а при значительных обратных напряжениях $U_{\text{обр}}$ ток $I_{\text{обр}}$ ничтожно мал. Промышленность производит электрические вентили: германиевые, кремниевые, селеновые и медно-закисные, а по конструкции подразделяются на точечные и плоскостные.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему 1 и снять вольт-амперную характеристику для прямого включения диода, изменяя напряжение на входе и занести в таблицу 8.1.

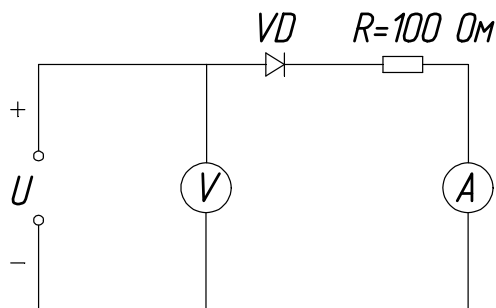
2. Собрать схему 2 и снять вольт-амперную характеристику для обратного включения диода, изменяя напряжение на входе и занести в таблицу 8.1.

3. Нарисовать вольтамперную характеристику диода и сделать вывод.

4. Подключить осциллограф и зарисовать вид кривой тока до диода и после него.

5. Сделать вывод.

Прямое включение (схема 1)



Обратное включение (схема 2)

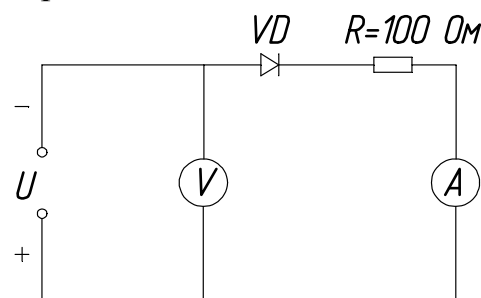


Таблица 8.1

Прямое включение	$I_{\text{прям.}}$						
	$U_{\text{прям.}}$						
Обратное включение	$I_{\text{обр.}}$						
	$U_{\text{обр.}}$						

Контрольные вопросы:

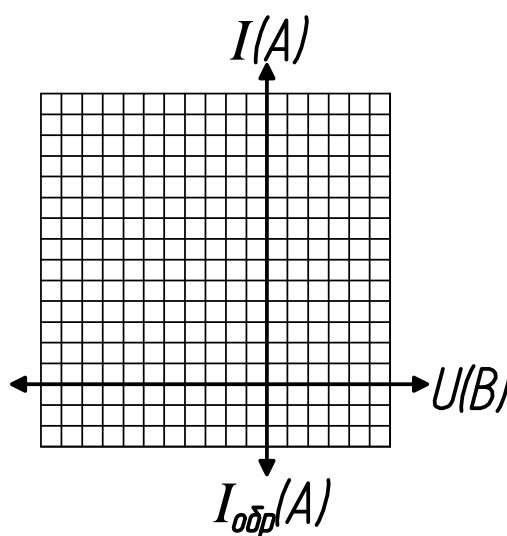
1. В чем различие между электронной и дырочной проводимостями?

2. Чем объясняется нелинейность вольтамперной характеристики p-n перехода?

3. Какой пробой опасен для p-n перехода?

4. С какой целью мощные диоды изготавливают в массивных металлических корпусах?

5. Какие диоды применяют для выпрямления переменного тока?



ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

РАСЧЕТ СХЕМЫ ОДНО- И ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТА СГЛАЖИВАНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ВЫПРЯМЛЕНИЯ СХЕМЫ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ СХЕМ ВЫПРЯМЛЕНИЯ

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

- Научиться составлять простейшие схемы выпрямителя.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения;
2. Составить схему выпрямителя, согласно варианту;
3. Ответьте на контрольные вопросы;
4. Сделать вывод.

Теоретические сведения:

Практическая работа относится к расчету выпрямителей переменного тока, собранных на полупроводниковых диодах. Подобные схемы широко применяются в различных электронных устройствах и приборах. При решении задач следует помнить, что основными параметрами полупроводниковых диодов являются допустимый ток $I_{\text{доп}}$, на который рассчитан данный диод, и обратное напряжение $U_{\text{обр}}$ выдерживаемое диодом без пробоя в непроводящий период.

Обычно при составлении реальной схемы выпрямителя задаются значением мощности потребителя P_0 , Вт, получающего питание от данного выпрямителя, и выпрямленным напряжением U_0 , В, при котором работает потребитель постоянного тока. Отсюда нетрудно определить ток потребителя $I_0 = P_0 / U_0$. Сравнивая ток потребителя с допустимым током диода $I_{\text{доп}}$, выбирают диоды для схем выпрямителя. Следует учесть, что для **однополупериодного выпрямителя** ток через диод равен току потребителя, т.е. надо соблюдать условие $I_{\text{доп}} \geq I_0$.

Для **двухполупериодной и мостовой схем выпрямления** ток через диод равен половине тока потребителя, т. е. следует соблюдать условие $I_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot I_0$.

Для **трехфазного выпрямителя** ток через диод составляет треть тока потребителя, следовательно, необходимо, чтобы $I_{\text{доп}} \geq \frac{1}{3} \cdot I_0$.

Напряжение, действующее на диод в непроводящий период U_b , также зависит от той схемы выпрямления, которая применяется в конкретном случае.

Так, для **однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей** $U_b = \pi \cdot U_0 = 3,14 U_0$,

для мостового выпрямителя $U_b = \pi \cdot U_0 / 2 = 1,57 \cdot U_0$,

а для трехфазного выпрямителя $U_b = 2,1 \cdot U_0$.

При выборе диода, следовательно, должно соблюдаться условие. $U_{OBR} \geq U_b$. Рассмотрим пример на составление схем выпрямителей.

Пример 1. Составить схему мостового выпрямителя, используя один из четырех диодов: Д218, Д222, КД202Н, Д215Б. Мощность потребителя $P_0 = 300$ Вт, напряжение потребителя $U_0 = 200$ В.

Решение:

1. Выписываем из таблицы 9.2 параметры указанных диодов и записываем их в таблицу:

Типы диодов	$I_{доп}, А$	$U_{OBR}, В$	Типы диодов	$I_{доп}, А$	$U_{OBR}, В$
Д218	0,1	1000	КД202Н	1	500
Д222	0,4	600	Д215Б	2	200

2. Определяем ток потребителя:

$$I_0 = P_0 / U_0 = 300 / 200 = 1,5 А.$$

Находим напряжение, действующее на диод в непроводящий период для мостовой схемы выпрямителя:

$$U_b = 1,57 \cdot U_0 = 1,57 \cdot 200 = 314 В.$$

3. Выбираем диод из условия $I_{доп} > 0,5 \cdot I_0 > 0,5 \cdot 1,5 > 0,75 А$; $U_{OBR} > U_b > 314 В$. Этим условиям удовлетворяет диод КД202Н $I_{доп}: 1 > 0,75 А$, $U_{OBR} = 500 > 314 В$.

Диоды Д218 и Д222 удовлетворяют напряжению (1000 и 600 больше 314В), но не подходят по допустимому току (0,1 и 0,4 меньше 0,75А).

Диод Д215Б, наоборот, подходит по допустимому току ($2 > 0,75 А$), но не подходит по обратному напряжению ($200 < 314 В$)

4. Составляем схему мостового выпрямителя (рис.9.1). В этой схеме каждый из диодов имеет параметры диода КД202Н: $I_{доп} = 1 А$, $U_{OBR} = 500 В$.

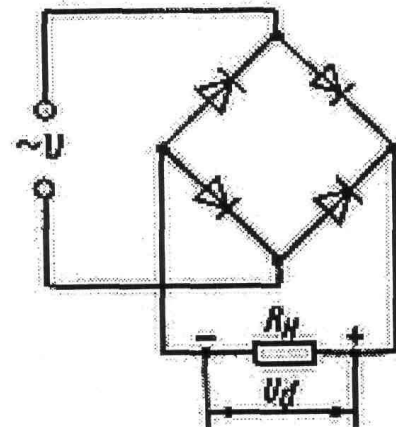


Рис. 9.1

Задание. Варианты 1-10

Выпрямитель должен питать потребитель постоянным током. Мощность потребителя P_0 , Вт, при напряжении питания U_0 , В. Следует выбрать один из трех типов полупроводниковых диодов, параметры которых приведены в табл.8 для схемы выпрямителя, и пояснить, на основании чего сделан выбор. Начертить схему выпрямителя. Данные для своего варианта взять из табл. 9.1

Таблица 9.1

Исходные данные

Номер варианта	Тип диодов	P_0 , Вт	U_0 , В	Номер варианта	Тип диодов	P_0 , Вт	U_0 , В
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Д214 Д215Б Д224А	300	40	6	Д218 Д222 Д232Б	150	300
2	Д205 Д217 Д302	100	150	7	Д221 Д214Б Д244	100	40
3	Д243А Д211 Д226А	40	250	8	Д7Г Д209 Д304	50	100
4	Д214А Д243 КД202Н	500	100	9	Д242 Д224 Д226	120	20
5	Д303 Д243Б Д224	150	20	0	Д215 Д242А Д210	700	50

Таблица 9.2

Параметры диодов

Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В	Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В
1	2	3	4	5	6
Д7Г	0,3	200	Д231	10	300
Д205	0,4	400	Д231Б	5	300
Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В	Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В
Д207	0,1	200	Д232	10	400
Д209	0,1	400	Д232Б	5	400
Д210	0,1	500	Д233	10	500
Д211	0,1	600	Д233Б	5	50
Д214	5	100	Д234Б	5	600
Д214А	10	100	Д242	5	100
Д214Б	2	200	Д242А	10	100
Д215	5	200	Д242Б	2	100
Д215А	10	200	Д243	5	200
Д215Б	2	200	Д243А	10	200
Д217	0,1	800	Д243Б	2	200
Д218	0,1	1000	Д244	5	50
Д221	0,4	400	Д244А	10	50
Д222	0,4	600	Д244Б	2	50
Д224	5	50	Д302	1	200
Д224А	10	50	Д303	3	150
Д224Б	2	50	Д304	3	100
Д226	0,3	400	Д305	6	50
Д226А	0,3	300	КД202А	3	50
			КД202Н	1	500

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ.

Цель работы:

- Формирование освоения умений и усвоения знаний и овладение профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями: У1-У11, 31-310, ОК1-ОК11, ПК1.1.-1.3, ПК 2.1-2.4, ПК 3.1.-3.4.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить схемы и принцип действия электронных генераторов.
2. Нарисовать схему генератора.
3. Описать принцип действия генератора.
4. Сделать вывод.

Теоретические сведения:

Генераторы импульсов используют во многих радиотехнических устройствах (электронных счетчиках, реле времени), применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частоты таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц.

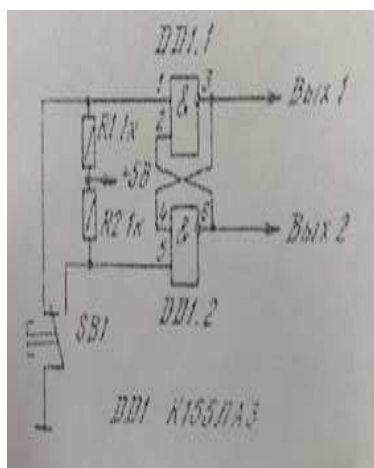


Рис.10.1 Схема
формирователя
одиночных импульсов

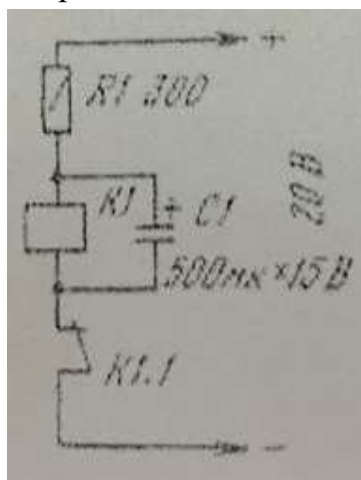


Рис.10.2 Схема
генератора на
электромагнитном реле

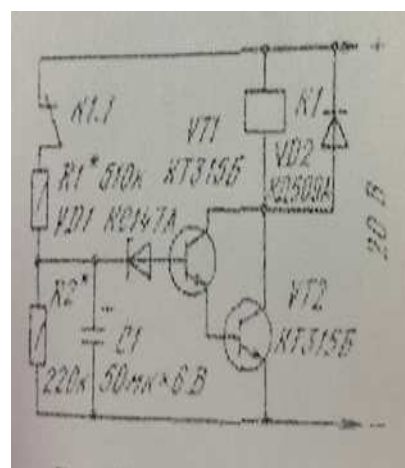


Рис.10.3 Схема
генератора импульсов на
транзисторах и
электромагнитном реле

На рис.10.1 приведена схема генератора, который формирует одиночные импульсы прямоугольной формы при нажатии кнопки SB1. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран RS-триггер, предотвращающий проникновение импульсов дребезга контактов кнопки на пересчетное устройство. В положении контактов кнопки SB1, показанном на схеме, на выходе 1 будет напряжение высокого уровня, на выходе 2- напряжение низкого уровня; при нажатой кнопке – наоборот. Этот генератор удобно использовать при проверке работоспособности различных счетчиков.

На рис.10.2 показана схема простейшего генератора импульсов на электромагнитном реле. При подаче питания конденсатор C1 заряжается

через резистор R1 и реле срабатывает, отключая источник питания контактами К1.1. Но реле отпускает не сразу, поскольку некоторое время через его обмотку будет протекать ток за счет энергии, накопленной конденсатором С1. Когда контакты К1.1 опять замкнутся, снова начнет заряжаться конденсатор- цикл повторяется. Частота переключений электромагнитного реле зависит от его параметров, а также номиналов конденсатора С1 и резистора R1. При использовании реле РЭС-15(паспорт РС4.591.004) переключение происходит примерно один раз в секунду. Такой генератор можно использовать, например, для коммутации гирлянд на новогодней елке, для получения других световых эффектов. Его недостаток- необходимость использования конденсатора значительной емкости.

На рис.10.3 приведена схема еще одного генератора на электромагнитном реле, принцип работы которого аналогичен предыдущему генератору, но обеспечивает частоту импульсов 1 Гц при емкости конденсатора в 10 раз меньшей. При подаче питания конденсатор С1 заряжается через резистор R1. Спустя некоторое время откроется стабилитрон VD1 и сработает реле К1. Конденсатор начнет разряжаться через резистор R2 и входное сопротивление составного транзистора VT1VT2. Вскоре реле отпустит и начнется новый цикл работы генератора. Включение транзисторов VT1 и VT2 по схеме составного транзистора повышает входное сопротивление каскада. Реле К1 может быть таким же, как и в предыдущем устройстве или любое другое реле, срабатывающее при напряжении 15...17В и токе 20...50 мА.

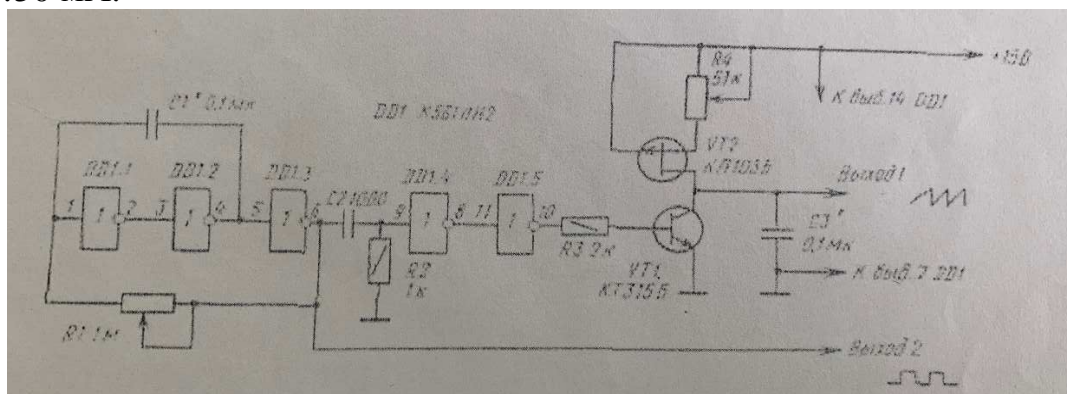


Рис.10.4 Схема генератора пилообразных импульсов.

Генератор, схема которого приведена на рис.10.4, вырабатывает импульсы как прямоугольной, так и пилообразной формы. Задающий генератор выполнен на логических элементах DD1.1-DD1.3. На конденсаторе С2 и резисторе R2 собрана дифференцирующая цепь, благодаря которой на выходе логического элемента DD1.5 формируются короткие положительные импульсы (длительностью около 1мкс). На полевом транзисторе VT2 и переменном резисторе R4 выполнен регулируемый стабилизатор тока. Этот ток заряжает конденсатор С3, и напряжение на нем линейно возрастает. В момент поступления на базу транзистора VT1 короткого положительного импульса транзистор VT1 открывается, разряжая конденсатор С3.

На его обкладках таким образом формируется пилообразное напряжение. Резистором R4 регулируют ток зарядки конденсатора и, следовательно, крутизну нарастания пилообразного напряжения и его амплитуду. Конденсаторы C1 и C3 подбирают исходя из требуемой частоты импульсов.

Иногда возникает необходимость в построении генератора, который формирует число импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, И. А. Электротехника в 2 ч. Часть 1: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. А. Данилов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 426 с. — (Профессиональное образование). [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

2. Данилов, И. А. Электротехника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / И. А. Данилов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 251 с. — (Профессиональное образование). [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

3. Немцов М. В. Электротехника и электроника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – М.: Академия, 2018 – 480 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.academia-moscow.ru>]

4. Лоторейчук Е. А. Теоретические основы электротехники: Учебник / Е.А. Лоторейчук. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 317 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://znanium.com>]

5. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 480 с. - (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <http://znanium.com>]

6. Гальперин М. В. Электронная техника: Учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 352 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://znanium.com>]

7. Кузнецов А.В. Элементарная электротехника. – М.: Издательство "ДМК Пресс", 2014. – 700 с. (ЭБС - Лань)

8. Электротехника с основами электроники: Учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 448 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <http://znanium.com>]

9. Лоторейчук Е. А. Расчет электрических и магнитных цепей и полей. Решение задач : учебное пособие. — М.: ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. — 272 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://znanium.com>]

10. Потапов Л.А. Теоретические основы электротехники: краткий курс.-М.: Издательство "Лань", 2016. – 376 с. (ЭБС - Лань)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	5
ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.....	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.....	9
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.....	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.....	13
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.....	15
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.....	19
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.....	20
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8.....	25
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9.....	27
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10.....	30
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	32

ОП.05 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

15.00.00 МАШИНОСТРОЕНИЕ

специальность 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)

**Методические указания и практические занятия
для обучающихся 2 курса очной формы обучения
образовательных учреждений
среднего профессионального образования**

Методические указания и практические занятия
разработал преподаватель: Даценко Оксана Владимировна

Подписано к печати *10.12.2019 г.*
Формат 60x84/16
Тираж

Объем *2,1* п.л.
Заказ
1 экз.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Югорский государственный университет»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Югорский государственный университет»
628615 Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.