

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Пояснительная записка.....	4
Лабораторная работа №1 Проверка свойств электрической цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов.....	5
Лабораторная работа №2 Определение потери напряжения в проводах и КПД линии электропередачи.....	9
Лабораторная работа №3 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением резистора и конденсатора.....	12
Лабораторная работа №4 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора.....	15
Лабораторная работа №5 Испытание однофазного трансформатора....	18
Лабораторная работа №6 Расширение пределов измерения вольтметра и амперметра.....	22
Лабораторная работа №7 Измерение мощности.....	26
Лабораторная работа №8 Определение параметров и характеристик полупроводникового диода.....	29
Лабораторная работа №9 Исследование работы транзистора.....	32
Лабораторная работа №10 Исследование работы усилителя низкой частоты.....	35
Приложение А Пример оформления практической работы	38
Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы.....	43

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ предназначены для студентов специальности 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам) (для железнодорожного транспорта).

Программой учебной дисциплины «Электротехника и электроника» на проведение лабораторных занятий для базового уровня профессионального образования предусмотрено 30 часов. Оборудование лаборатории и рабочих мест должно включать: лабораторные столы, наглядные пособия и стенды для выполнения лабораторных работ, комплект учебно-методической документации, компьютеры с лицензионным программным обеспечением, принтер, сканер.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- производить расчет параметров электрических цепей;
- собирать электрические схемы и проверять их работу;
- читать и составлять простейшие схемы с использованием полупроводниковых приборов;
- определять тип микросхемы по маркировке.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- методы преобразования электрической энергии, сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчета их параметров;

- преобразование переменного тока в постоянный, усиление и генерирование электрических сигналов.

Студенты предварительно должны подготовиться к занятию: изучить содержание работы на занятии, порядок ее выполнения, повторить теоретический материал, связанный с данной работой, изучить технику безопасности при выполнении работы.

Методические указания содержат приложение, в котором представлен пример оформления практической работы (приложение А).

Лабораторная работа №1

Тема: Проверка свойств электрической цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель работы: опытным путем проверить справедливость закона Ома для участка цепи и основных формул для расчёта последовательного и параллельного соединения резисторов.

Оборудование: источник постоянного тока – 30В, набор сопротивлений, вольтметр, амперметр.

Задание

1. Собрать заданные цепи при помощи программы ElectronicsWorkbench.
2. Выполнить опыты 1-5, занести результаты измерений и вычислений в таблицы 1 и 2.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод о справедливости закона Ома и формул расчёта эквивалентного сопротивления при параллельном и последовательном соединении резисторов по результатам произведенных экспериментов

Пояснения к работе

1. Для проверки правильности формул и закона Ома при последовательном соединении резисторов необходимо собрать схему, представленную на рисунке 1.

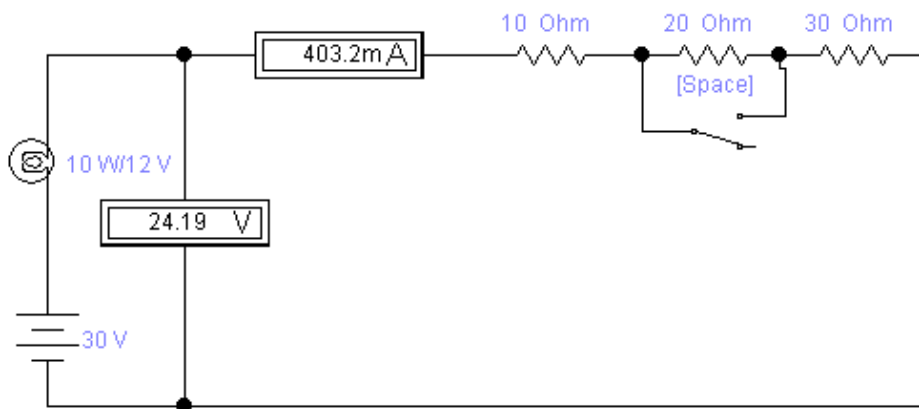


Рисунок 1 Схема последовательного соединения резисторов

Заданы следующие параметры схемы: $U=30$ В, $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=30$ Ом.

Опыт №1 Запустить схему в работу и снять показания амперметра и вольтметра, занести данные в таблицу 1, рассчитать сопротивления,

мощность потребляемой энергии и сравнить результаты опыта с теоретическими данными.

Таблица 1 Последовательное соединение резисторов

№ опыта	Участок цепи	Измерено		Вычислено		Примечания
		U, В	I, А	R, Ом	P, Вт	
1	Резистор R1					
	Резистор R2					
	Резистор R3					
	Вся цепь					
2	Резистор R1					Второй резистор – на короткое замыкание
	Резистор R2					
	Резистор R3					
	Вся цепь					

Опыт №2 Замкнуть контакт на втором резисторе, таким образом создав короткое замыкание и произвести все замеры, вычисления аналогично первому опыту, занести результаты в таблицу 1, в строки для второго опыта.

Опыт №3 Для проверки правильности формул и закона Ома при параллельном соединении резисторов необходимо собрать схему, представленную на рисунке 2.

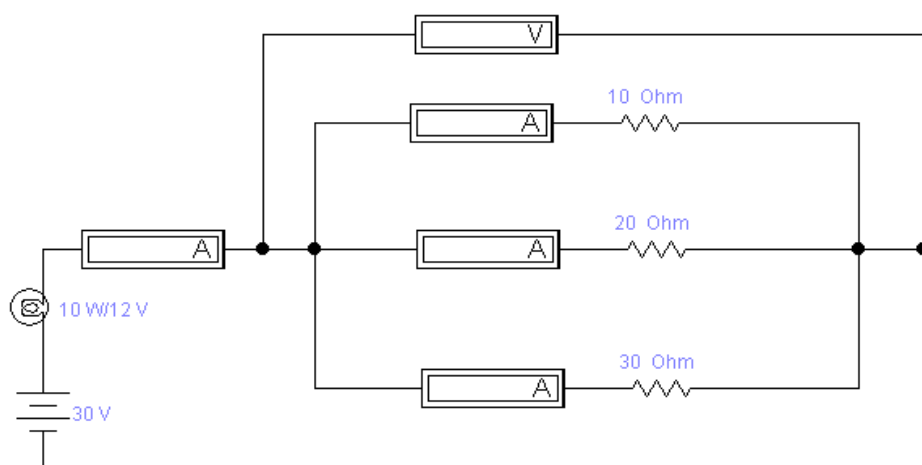


Рисунок 2 Схема параллельного соединения резисторов

Запустить схему в работу и снять показания амперметра и вольтметра, занести данные в таблицу 2, рассчитать сопротивления, мощность потребляемой энергии и сравнить результаты опыта с теоретическими данными.

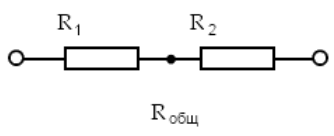
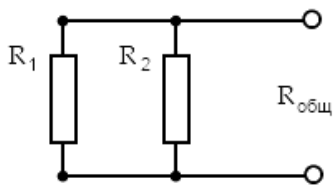
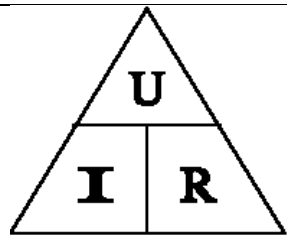
Таблица 2 Параллельное соединение

№ опыта	Участок цепи	Измерено		Вычислено		Примечания
		U, В	I, А	R, Ом	P, Вт	
3	Резистор R1					R1<R2<R3
	Резистор R2					
	Резистор R3					
	Вся цепь					
4	Резистор R1					R1≈R2≈R3
	Резистор R2					
	Резистор R3					
	Вся цепь					
5	Резистор R1					R3 отключен
	Резистор R2					
	Резистор R3					
	Вся цепь					

Опыт №4 В цепи для параллельного соединения заменить значения резисторов на равные значению R3, произвести вычисления

Опыт №5 В цепи для параллельного соединения удалить резистор R3, произвести вычисления.

Теоретические сведения

Параметр, схема	Формула	Примечания
Последовательное соединение 	$R = R_1 + R_2 + R_3$	
Параллельное соединение 	$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	
Закон Ома	$I = \frac{U}{R}$	
Расчёт мощности	$P = U I$ $P = I^2 R$	

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы

1. Объясните, почему при параллельном соединении резисторов напряжение на каждом из них равно остальным
2. Объясните, если соединить несколько резисторов параллельно с условием, что сопротивление у всех разное, в каком из них будет максимальный ток
3. Как определить эквивалентное сопротивление цепи при последовательном соединении резисторов
4. Как определить эквивалентное сопротивление цепи при параллельном сопротивлении резисторов
5. Как получить различные формулы расчёта мощности, используя закон Ома.

Лабораторная работа №2

Тема: Определение потери напряжения в проводах и КПД линии электропередачи

Цель работы: исследовать модель линии электропередач, определив падение напряжения и КПД данной линии

Оборудование: источник постоянного тока – 12В, набор сопротивлений, вольтметр, амперметр, переключающие ключи, линии электропередач различного сечения и длины.

Задание

1. Собрать заданные цепи при помощи программы ElectronicsWorkbench.
2. Выполнить опыты, занести результаты измерений и вычислений в таблицу 1,2,3.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод о влиянии характеристик линий электропередач на КПД всей схемы.

Пояснения к работе

1. Определите свой вариант согласно номеру рабочего компьютера (от 1 до 10). По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные. Рассчитайте сопротивления R_1 и R_2 по формуле (1). Принимаем, что схема находится в погодных условиях с температурой 20°C .

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	R3, Ом	Линия 1			Линия 2		
		Длина, м	Поперечное сечение, мм ²	Удельное сопротивление материала ρ , Ом мм ² /м	Длина, м	Поперечное сечение, мм ²	Удельное сопротивление материала ρ , Ом мм ² /м
1.	100	10	2	0,0175	90	0,7	0,13
2.	80	80	1	0,029	10	1,5	1,1
3.	50	90	2,5	0,13	30	5	1,3
4.	40	100	3	0,25	40	4,5	1,4
5.	68	50	4	0,42	60	6	0,5
6.	15	30	0,7	0,4	700	2	0,0175
7.	90	40	1,5	0,5	20	1	0,029
8.	200	60	5	1,1	10	2,5	0,25
9.	30	70	4,5	1,3	80	3	0,42
10.	85	20	6	1,4	50	4	0,4

Сопротивление проводника при температуре 20⁰С определяют по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

где ρ - удельное сопротивление материала, Ом мм²/м

l – длина проводника, м

S – площадь поперечного сечения, мм²

2. *Опыт 1.* Соберите схему, представленную на рисунке 1, снимите показания приборов

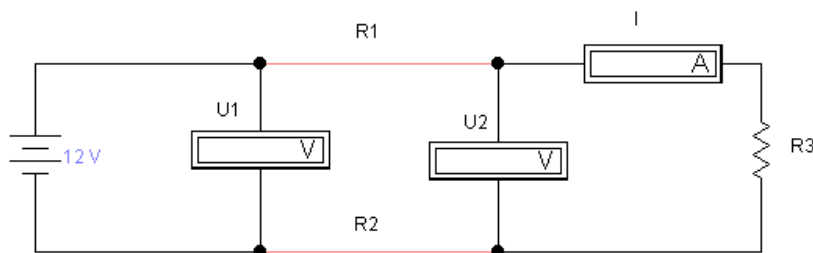


Рисунок 1 Схема с идеальными проводниками

3. *Опыт 2.* Установите сопротивления $R1$, $R2$ согласно расчётам для линии 1 и 2, как показано на рисунке 2, снимите показания приборов, занесите в таблицу 2

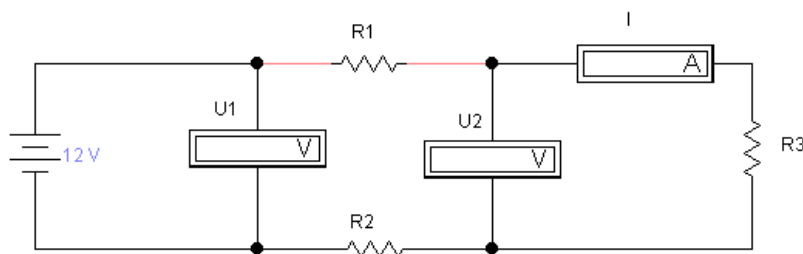


Рисунок 2 Схема с фактическими сопротивлениями линий

Таблица 2 Результаты измерений

№ опыта	U1, В	U2, В	I, А
1			
2			

4. По результатам измерений произведите вычисления мощностей каждого элемента цепи по формуле, указанной в таблице 3 и сделайте вывод о влиянии линий электропередач (ЛЭП) на мощность в цепи и КПД.
5. Результаты вычислений занесите в таблицу 3.

Таблица 3 Результаты вычислений

№ опыта	Мощность резистора R_3 , Вт ($P = U_2 \cdot I$)	Мощность резистора с учетом ЛЭП P , Вт, ($P = U_1 \cdot I$)	Падение мощности в линиях ΔP , Вт, ($P - P_3$)	КПД, $\eta = \frac{P_3}{P} \cdot 100\%$
1				
2				

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Объясните, почему сопротивление ЛЭП считается отрицательной чертой схемы
2. Объясните, как зависит КПД схемы от наличия или отсутствия сопротивления в ЛЭП
3. Объясните, как зависит сопротивление ЛЭП от длины и сечения провода
4. Объясните, при какой температуре воздуха можно пользоваться стандартной формулой расчёта сопротивления ЛЭП
5. Объясните, по какой причине падение мощности в опытах 1 и 2 различны.

Лабораторная работа №3

Тема: Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением резистора и конденсатора

Цель работы: исследование цепи переменного тока с последовательным соединением резистора и конденсатора

Оборудование: источник переменного тока, набор сопротивлений и конденсаторов, вольтметр, амперметр.

Задание

1. Собрать заданные цепи при помощи программы ElectronicsWorkbench.
2. Выполнить опыты, занести результаты измерений и вычислений в таблицу 2.
3. Построить векторную диаграмму мощностей заданной цепи для каждого опыта
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Сделать вывод о влиянии конденсатора на характеристики цепи переменного тока.

Пояснения к работе

1. Определите свой вариант согласно номеру рабочего компьютера (от 1 до 10). По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Значение напряжения источника, В	Значение частоты напряжения, Гц	Значение сопротивления, кОм	Значение емкости конденсатора, мкФ
1.	100	50	1	1
2.	120	55	2	2
3.	140	60	3	3
4.	160	65	4	4
5.	150	70	5	5
6.	180	75	6	6
7.	170	80	7	7
8.	190	85	8	8
9.	200	90	9	9
10.	110	45	2	3

2. *Опыт 1.* Соберите схему, представленную на рисунке 1, после этого каждый прибор переключите в режим переменного тока, для этого нажмите на него двойным щелчком и в меню Value в строке Mode установите вместо DC (постоянный ток), параметр AC (переменный ток), снимите показания приборов с разомкнутым контактом, занесите в таблицу 2.

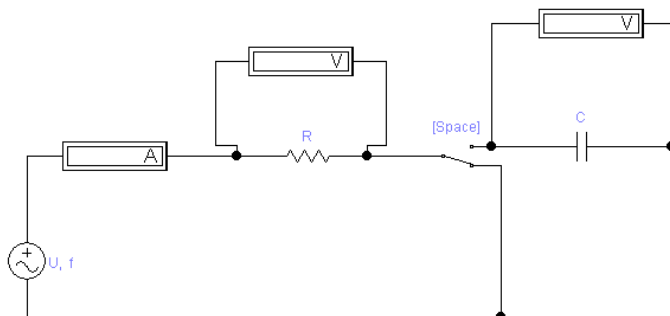


Рисунок 1 Схема с активным сопротивлением

Опыт 2. Замкните контакт и снимите измерения с включенным конденсатором

Опыт 3. Увеличьте значение емкости конденсатора вдвое и снимите показания, занесите их в таблицу

Таблица 2 Результаты измерений и вычислений

показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Измерения			
I, A			
U _R , В			
U _C , В			
Вычисления			
X _c , Ом			
Z, Ом			
P, Вт			
Q, ВА(вольт-ампер)			
S, ВА(вольт-ампер)			

Формулы для расчета:

Сопротивления

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

Активное -резистора: $R = U_R / I$

Реактивное- конденсатора: $X_C = 1 / (2\pi f C)$

Мощностей

Активная $P = U_R I$

Реактивная $Q = Q_C = I^2 X_C$

Полная мощность $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Объясните, как влияет частота переменного тока на реактивную мощность конденсатора и всей цепи в целом
2. Объясните, как зависит полная мощность цепи переменного тока от наличия или отсутствия конденсатора в ней
3. Объясните, как на векторной диаграмме отображается сдвиг фаз тока(напряжения, мощности) конденсатора?
4. Объясните, какие элементы нужно включить в цепь переменного тока, чтобы сдвиг фаз тока и напряжения был равен нулю
5. Объясните, как на векторной диаграмме можно определить вектор, показывающий показатели конденсатора, резистора и катушки

Лабораторная работа №4

Тема: Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

Цель работы: исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

Оборудование: источник переменного тока, набор сопротивлений, катушек, конденсаторов, вольтметр, амперметр.

Задание

1. Собрать заданные цепи при помощи программы ElectronicsWorkbench.
2. Выполнить опыты, занести результаты измерений и вычислений в таблицу 2.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод.

Пояснения к работе

1. Определите свой вариант согласно номеру рабочего компьютера (от 1 до 10). По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Значение напряжения источника, В	Значение частоты напряжения, Гц	Значение сопротивления конденсаторов, Ом	Значение емкости конденсатора, мкФ	Значение индуктивности катушек, мГн
11.	100	50	100	1	2
12.	120	55	200	2	4
13.	140	60	300	3	6
14.	160	65	400	4	2
15.	150	70	500	5	4
16.	180	75	600	6	5
17.	170	80	700	7	2
18.	190	85	800	8	4
19.	200	90	900	9	6
20.	110	45	200	3	2

3. *Опыт 1.* Соберите схему, представленную на рисунке 1, после этого каждый прибор переключите в режим переменного тока, для этого нажмите на него двойным щелчком и в меню Value в строке Mode установите вместо DC (постоянный ток), параметр AC (переменный ток), снимите показания приборов с разомкнутыми контактами, занесите в таблицу 2.

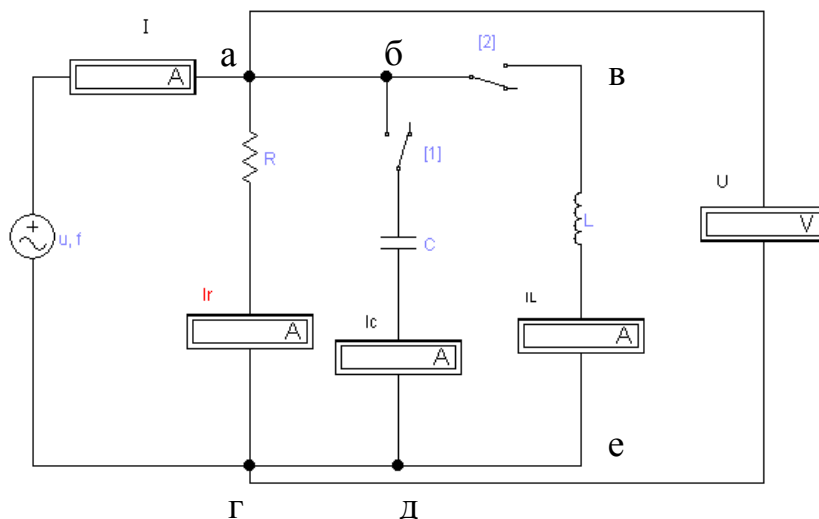


Рисунок 1 Схема с активным сопротивлением

Опыт 2. Замкните контакт 1 и снимите измерения с включенным конденсатором

Опыт 3. Замкните контакт 2 и снимите измерения с включенным конденсатором и катушкой

Таблица 2 Результаты измерений и вычислений

показатели	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Измерения			
I, A			
U, B			
I_R, A			
I_C, A	-		
I_L, A	-	-	
Вычисления			
$X_C, Ом$	-		
$X_L, Ом$	-	-	
$Z_{аг}, Ом$			
$Z_{бд}, Ом$	-		
$Z_{вс}, Ом$	-	-	
$Z_{общ}, Ом$			

Формулы для расчета:

Сопротивления

Полное

Активное -резистора: $R = U_R / I$

Реактивное- конденсатора: $X_C = 1 / (2\pi f C)$

- катушки $X_L = 2\pi f L$

Находим полное сопротивление каждой ветви цепи по формуле

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

затем находим общее сопротивление всей цепи по формуле: $1/Z_{\text{общ}} = (1/Z_{\text{ар}}) + (1/Z_{\text{бд}}) + (1/Z_{\text{вс}})$

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Электромагнитная индукция»
2. Опишите правило нахождения направления тока в катушке при известной магнитной индукции
3. Объясните, какой ток называется синусоидальным
4. Какие способы представления величин цепи переменного тока существуют
5. Объясните, как влияет включение в цепь конденсатора и катушки на временные диаграммы тока и напряжения

Лабораторная работа №5

Тема: Испытание однофазного трансформатора

Цель работы: произвести испытания трансформатора в различных режимах работы для изучения его свойств

Задание

1. Изучить теоретические сведения, выбрать вариант
2. Выполнить необходимые расчеты, занести их результаты в таблицу 2.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод.

Пояснения к работе

Определите свой вариант согласно порядкового номера фамилии в журнале учебной группы. По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Порядковый номер фамилии в журнале			вариант	Предел измерения		Необходимо измерить		Внутреннее сопротивление	
				Амперметра, А	Вольтметра, В	Силу тока, А	Напряжение, В	R _A (амперметра), Ом	R _V (вольтметра), Ом
1.	11.	21.	1	2	100	1000	2000	30	500
2.	12.	22.	2	5	150	1500	2500	35	1000
3.	13.	23.	3	10	200	2000	3000	40	1500
4.	14.	24.	4	20	250	2500	3500	45	2000
5.	15.	25.	5	30	300	3000	4000	50	2500
6.	16.	26.	6	40	350	4000	4500	55	3000
7.	17.	27.	7	50	400	5000	5000	60	3500
8.	18.	28.	8	60	450	6000	5500	65	4000
9.	19.	29.	9	70	500	7000	6000	70	4500
10.	20.	30.	10	85	550	8500		75	5000

4. *Опыт 1.* Соберите схему, представленную на рисунке 2, после этого каждый прибор переключите в режим переменного тока, для этого нажмите на него двойным щелчком и в меню Value в строке Mode установите вместо DC (постоянный ток), параметр AC (переменный ток), выберите заданную модель трансформатора (basic-transformer –выносим на рабочий лист трансформатор, затем нажимаем дважды левую кнопку мыши на элементе, в меню выбираем модель, как показано на рисунке 1, нажимаем ОК. После включения схемы снять показания приборов с разомкнутым контактом, занесите в таблицу 2.

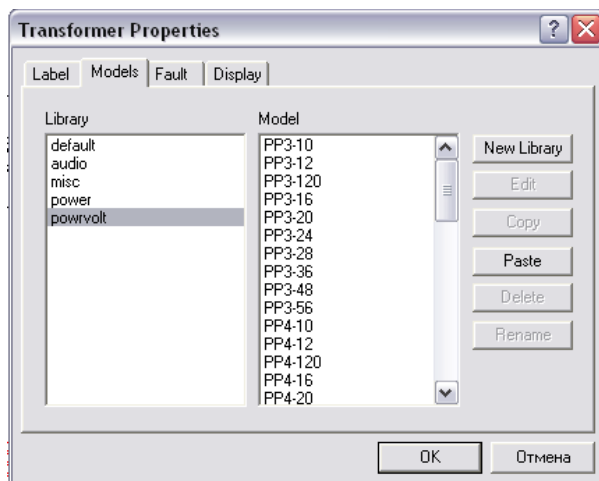


Рисунок 1 Выбор модели трансформатора

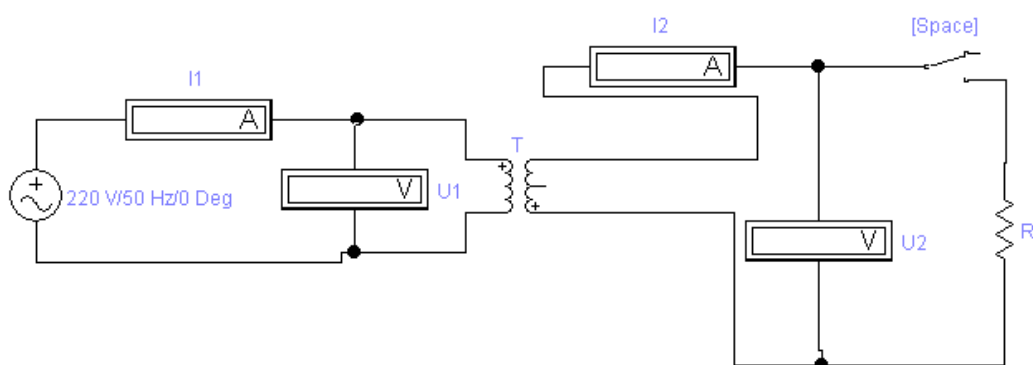


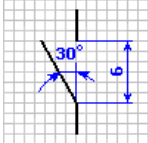
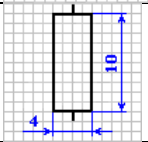
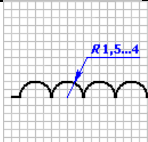
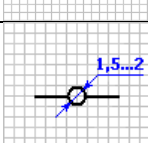
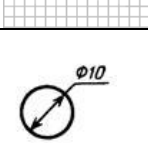
Рисунок 2 Схема с активным сопротивлением

Опыт 2. Замкните контакт 1 и снимите измерения с включенной нагрузкой R

Таблица 2 Результаты измерений и вычислений

показатели	Опыт 1 (холостой ход)	Опыт 2 (рабочий режим)
Измерения		
I1, A		
U1, B		
I2, A		
U2, B		
Вычисления		
S1 (U1· I1), BA		
S2 (U2· I2), BA		
k (U1/U2)		
КПД, % ((S2·100%)/S1)		

5. Требования к оформлению схемы

Наименование	Обозначение
Контакт коммутационного устройства. Общее обозначение: замыкающий	
Резистор постоянный	
Катушка индуктивности, обмотка	
Контакт разборного соединения	
Прибор измерительный (амперметры, вольтметры)	

6. Значения степеней

название	Пример записи	степень
Нано	3 нА	$3 \cdot 10^{-9} \text{ А}$
Микро	3 мкА	$3 \cdot 10^{-6} \text{ А}$
Милли	3 мА	$3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
Кило	3 кА	$3 \cdot 10^3 \text{ А}$
Мега	3 МА	$3 \cdot 10^6 \text{ А}$

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Трансформатор»
2. Как определить по коэффициенту трансформации трансформатора его тип
3. По какой причине на обмотке с низким напряжением меньше количество витков и провод большего сечения, чем на обмотке с высоким напряжением
4. Какое изменение напряжения на вторичной обмотке при номинальном токе допустимо в современных трансформаторах
5. Какое явление позволяет индуцировать ЭДС в обмотках трансформатора

Лабораторная работа №6

Тема: Расширение пределов измерения вольтметра и амперметра

Цель работы: изучить методы расширения пределов измерения вольтметра и амперметра

Задание

1. Изучить теоретические сведения, выбрать вариант
2. Выполнить необходимые расчеты, занести их результаты в таблицу 2.
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод о полученных результатах расчетов.

Пояснения к работе

Определите свой вариант согласно порядкового номера фамилии в журнале учебной группы. По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчет номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Поряд- ковый номер фамилии в журнале			Вари- ант	Относи- тельная погреш- ность амперметра и вольтметра ε , %	Цена деления С амперметра/ вольтметра	Предел измерения $X_{\max}$		Необходимо измерить X		Внутреннее сопротивление	
						Ампер- метра, А	Вольт- метра, В	Силу тока, А	Напряже- ние, В	R _A (ампер- метра), Ом	R _V (вольт- метра), Ом
11.	21.	31.	1	1	0,2/10	2	100	1000	2000	30	500
12.	22.	32.	2	1,5	1/15	5	150	1500	2500	35	1000
13.	23.	33.	3	2	1/10	10	200	2000	3000	40	1500
14.	24.	34.	4	3	2/5	20	250	2500	3500	45	2000
15.	25.	35.	5	0,5	3/30	30	300	3000	4000	50	2500
16.	26.	36.	6	1	5/25	40	350	4000	4500	55	3000
17.	27.	37.	7	1,5	5/20	50	400	5000	5000	60	3500
18.	28.	38.	8	2	10/50	60	450	6000	5500	65	4000
19.	29.	39.	9	3	10/100	70	500	7000	6000	70	4500
20.	30.	40.	10	0,5	10/50	85	550	8500	6500	75	5000

7. Для измерения электрического тока используют амперметры. При измерениях амперметр включается в электрическую схему последовательно, т.е. так, чтобы весь измеряемый ток проходил через прибор. Поэтому амперметры должны иметь как можно меньшее сопротивление, чтобы их включение не изменяло величины тока в цепи. Для расширения пределов измерения амперметров применяются шунты. Шунт - это точно подобранное сопротивление, подключаемое к амперметру параллельно, чтобы строго определенная часть тока прошла мимо прибора. Пусть I_a - максимально возможный ток через прибор, который требуется включить в цепь с током, в n раз большим максимального, т.е. $I = n \cdot I_a$. Так как $I = I_{ш} + I_a$, и шунт с амперметром включены параллельно, напряжения на них равны.

Следовательно,
$$\frac{I_a}{I_{ш}} = \frac{R_{ш}}{R_a}.$$

Отсюда
$$R_{ш} = R_a \cdot \frac{I_a}{I_{ш}} = R_a \cdot \frac{I_a}{I - I_a} = R_a \cdot \frac{1}{(I/I_a) - 1} = R_a \cdot \frac{1}{n - 1}. \quad (1)$$

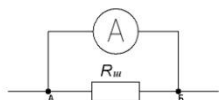


Рисунок 1 Подключение шунта к амперметру

Измерение напряжения осуществляется при помощи вольтметров. Вольтметры подключаются параллельно тому участку цепи, напряжение на котором надо измерить. Чтобы вольтметр не влиял на распределение токов в цепи, его сопротивление должно быть многократно больше, чем сопротивление участка цепи.

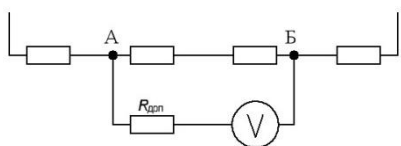


Рисунок 2 Подключение вольтметра

Пусть измеряемое напряжение U в n раз превышает то напряжения U_v , на которое рассчитан вольтметр сопротивлением R_v . Тогда, применив закон

Ома для участка цепи, получим:
$$U = I(R_{доп} + R_v)$$

$$R_{доп} = \frac{U}{I} - R_v = R_v \left(\frac{U}{IR_v} - 1 \right) = R_v \cdot \left(\frac{U}{U_v} - 1 \right). \text{ Если } \frac{U}{U_v} = n,$$

то:
$$R_{доп} = R_v(n - 1). \quad (2)$$

Мощность тока на отдельных участках рассчитывается по формулам

$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$, где U, I, R - напряжение, сила тока и сопротивление на соответствующих участках цепи. (3)

Расчет погрешностей прямых измерений

Погрешность результата одного измерения, обусловленная неточностью отсчета, представляет собой абсолютную погрешность отсчета $\Delta x_{отсч}$, и численно равна половине цены деления шкалы прибора:

$$\Delta x_{отсч} = \pm 0,5C. \quad (4)$$

Точность результата измерения зависит от погрешности, обусловленной неточностью отсчета, и от погрешности, обусловленной неточностью прибора.

Абсолютная погрешность результата измерения Δx есть сумма абсолютной погрешности отсчета $\Delta x_{отсч}$ и абсолютной погрешности прибора $\Delta x_{приб}$:

$$\Delta x = \Delta x_{отсч} + \Delta x_{приб}. \quad (5)$$

Абсолютную погрешность прибора $\Delta x_{приб}$ можно найти, зная относительную погрешность этого прибора ε (ее значение в процентах указано на шкале прибора в виде десятичной дроби):

$$\varepsilon = \frac{\Delta x_{приб}}{x_{\max}} \cdot 100\%, \quad \Delta x_{приб} = \frac{\varepsilon \cdot x_{\max}}{100\%}. \quad (6), \text{ где } X_{\max} - \text{предел измерения прибора}$$

Поскольку, по мере увеличения значения измеряемой величины относительная погрешность измерения значительно уменьшается, то при измерениях нужно выбирать такие пределы, чтобы значение измеряемой величины находилось во второй половине шкалы прибора.

Таблица 2 Результаты расчетов

	$R_{ш}$	$R_{доп}$	$\Delta I_{отсч}$	$\Delta I_{приб}$	ΔI	$\Delta U_{отсч}$	$\Delta U_{приб}$	ΔU
расчет								
ответ								

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Шунт»
2. Как определить по шкале прибора его относительную погрешность
3. По какой причине необходимо использовать шунт при измерениях
4. Из чего складывается абсолютная погрешность результата измерения
5. По какой причине нужно выбирать такие пределы, чтобы значение измеряемой величины находилось во второй половине шкалы прибора.

Лабораторная работа №7

Тема: Измерение мощности

Цель работы: изучить методы измерения мощности

Задание

1. Изучить теоретические сведения, выбрать вариант, собрать указанную схему
2. Снять показания приборов в каждом из опытов
3. Выполнить необходимые расчеты, занести результаты измерений и вычислений в таблицу 2.
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Сделать вывод о полученных результатах расчетов.

Пояснения к работе

1. Определите свой вариант в соответствии с порядковым номером компьютера. По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Напряжение источника, В	Погрешность косвенных вычислений ΔP , Вт	Значение сопротивлений, Ом			
			R1	R2	R3	R4
1	100	± 3	100	200	300	400
2	120	± 1	120	230	340	410
3	140	$\pm 2,5$	140	260	380	420
4	160	$\pm 1,5$	160	290	420	430
5	180	± 5	180	320	460	440
6	200	$\pm 0,5$	200	350	500	450
7	220	$\pm 1,3$	220	380	540	460
8	240	$\pm 2,2$	240	410	580	470
9	260	± 2	260	440	620	480
10	280	$\pm 0,75$	280	470	660	490

2. Соберите схему, показанную на рисунке 1.

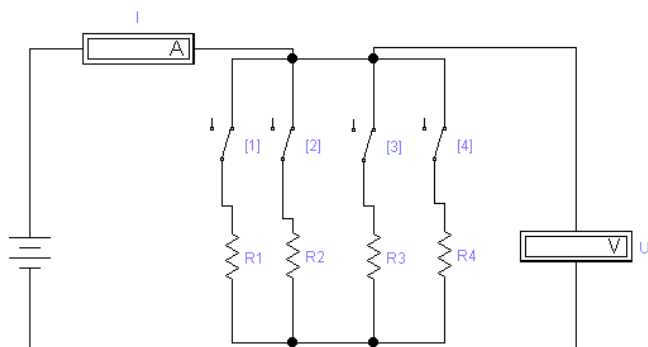


Рисунок 1 Схема для измерения мощности потребителей

Опыт 1 Все контакты замкнуты, включить схему, снять показания амперметра и вольтметра

Опыт 2 Контакт 1 - разомкнут, все остальные замкнуты, снять показания измерительных приборов

Опыт 3 Контакты 1,2- разомкнуты, 3,4 –замкнуты, снять показания

Опыт 4 Контакты 1,2,3 – разомкнуты, 4-замкнут, снять показания приборов

3. После проведения опытов занесите результаты измерений в таблицу 2 и произведите необходимые вычисления, цифры округлить до десятых.

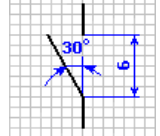
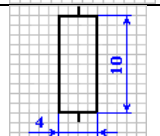
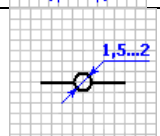
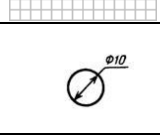
Таблица 2 Результаты измерений и вычислений

№ опыта	Измерено		Вычислено		
	U, В	I, А	$R_{\text{экв}}$, Ом	$P_{\text{кос}}$, Вт ($P_{\text{кос}} = U \cdot I$)	Интервал мощности [P], Вт [$P_{\text{кос}} - \Delta P$; $P_{\text{кос}} + \Delta P$]
1					
2					
3					
4					

4. Расчет эквивалентного сопротивления производится по закону параллельного соединения резисторов:

$$\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

5. Схема вычерчивается с соблюдением требований к электротехническим схемам:

6. Наименование	Обозначение
Контакт коммутационного устройства. Общее обозначение: замыкающий	
Резистор постоянный	
Контакт разборного соединения	
Прибор измерительный (амперметры, вольтметры)	

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение пружины на оси измерительного прибора электромагнитной системы с плоской катушкой.
2. Перечислите недостатки приборов с электромагнитной системой
3. Объясните зависимость потребляемой мощности и величины эквивалентного сопротивления цепи по результатам опытов 1-4
4. Объясните, как зависит мощность от тока и напряжения в цепи
5. Объясните, как зависит интервал искомой величины от погрешности косвенных расчетов.

Лабораторная работа №8

Тема: Определение параметров и характеристик полупроводникового диода

Цель работы: изучить принцип действия заданного двигателя и способы его испытания

Задание

1. Выбрать вариант
2. Изучить теоретические сведения, собрать указанные схемы
3. Выполнить заданные опыты, результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Сделать вывод о полученных результатах измерений и расчетов.

Пояснения к работе

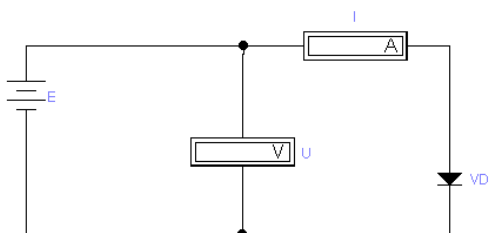
2. Определите свой вариант согласно номеру рабочего компьютера (от 1 до 10). По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Значение напряжения источника, В	Фирма изготовитель диода	Марка диода
21.	1	internat	D1N4001
22.	2	philips	BA220
23.	3	internat	D1N4001
24.	4	philips	BA220
25.	1	internat	D1N4001
26.	2	philips	BA220
27.	3	internat	D1N4001
28.	4	philips	BA220
29.	1	internat	D1N4001
30.	2	philips	BA220

2. *Опыт 1.* Соберите схему, представленную на рисунке 1а), установите заданные значения, снимите показания приборов, занесите в таблицу 2.

а)



б)

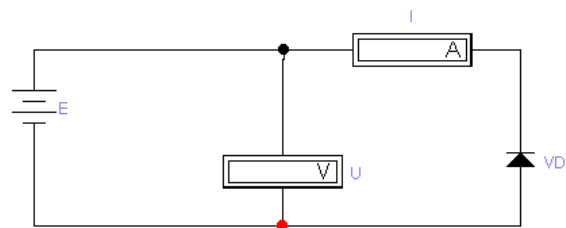


Рисунок 1 Схема включения полупроводникового диода: а) прямого, б) обратного

3. *Опыт 2.* Установите удвоенное напряжения источника, снимите показания приборов, занесите в таблицу 2
4. *Опыт 3.* Установите утроенное напряжение источника, снимите показания приборов, занесите в таблицу 2
5. Соберите схему, представленную на рисунке 1б) и повторите опыты 1-3, занесите в таблицу 2

Таблица 2 Результаты измерений и вычислений

№ опыта	Прямое включение			Обратное включение		
	U, В	I, А	R, Ом	U, В	I, А	R, Ом
1						
2						
3						

По результатам опытов постройте вольт-амперную характеристику заданного диода в масштабе, сделайте вывод о работе диода

			I		Прямое включение		
				0			U
Обратное включение							

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Объясните, по какой причине обратный ток диода в определенный момент резко увеличивается и что это означает.
2. Объясните, какой тип проводимости полупроводников возникает только при изменении внешних условий (например увеличение давления и т.п.)
3. Объясните, почему запирающий слой р-п-перехода полупроводников стабилизирует его состояние, и ток перестает возрастать
4. Объясните, на какие виды делится примесная проводимость полупроводников и в чем их основное различие
5. Объясните, какое количество электронов имеют атомы примесей акцепторных полупроводников.

Лабораторная работа №9

Тема: Исследование работы транзистора

Цель работы: исследовать работу транзистора и построить его вольтамперную характеристику

Задание

1. Выбрать вариант
2. Изучить теоретические сведения, собрать указанные схемы
3. Выполнить заданные опыты, результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2
4. Ответить на контрольные вопросы
5. Сделать вывод о полученных результатах измерений.

Пояснения к работе

2. Определите свой вариант согласно номеру рабочего компьютера (от 1 до 10). По таблице 1 выберите исходные данные, занесите в отчёт номер варианта и исходные данные.

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Номинальное значение $U_1=U_2$, В	Фирма изготовитель транзистора	Модель транзистора
1.	5	toshiba	MPS2907
2.	10	toshiba	MPS2907A
3.	5	toshiba	MPS62
4.	10	toshiba	MPS63
5.	5	toshiba	MPS64
6.	10	toshiba	MPSA55
7.	5	toshiba	MPSA56
8.	10	toshiba	MPSA62
9.	5	toshiba	MPSA92
10.	10	toshiba	MPSA93

2. Опыт 1. А) Соберите схему, представленную на рисунке 1, установите номинальные значения, б) удвойте и в) утройте значения, снимите показания приборов, занесите в таблицу 2.

Опыт 2			I				
				0			U_B

Опыт 3			I				
				0			U_K

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Как образуется запирающий слой p-n перехода
2. Как влияет увеличение напряжения на базе на ток базы
3. Как влияет увеличение напряжения на базе на ток коллектора
4. По какой причине при отсутствии напряжения U_B ток на коллекторе равен нулю
5. Что происходит с полупроводником в процессе легирования
6. Проанализируйте полученные графики, сделайте вывод о работе транзистора при различных значениях напряжения на базе и коллекторе.

Лабораторная работа №10

Тема: Исследование работы усилителя низкой частоты

Цель работы: ознакомиться с принципиальной схемой транзисторного усилителя низкой частоты (УНЧ) и принципом его работы

Задание

1. Изучить теоретические сведения, собрать указанные схемы
2. Снять показания приборов, внести полученные данные в таблицы результатов работы
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод о полученных результатах измерений.

Пояснения к работе

Собрать схему, указанную на рисунке 1, установить параметры схемы: напряжение источника $U = 12\text{В}$ (питание усилителя), емкость конденсатора $C_p = 10\text{ мкФ}$, $C_{em} = 1\text{ мкФ}$, резистор $R_1 = 39\text{ кОм}$, $R_2 = 12\text{ кОм}$, $R_z (R_{em}) = 1,1\text{ кОм}$, $R_k = 4,3\text{ кОм}$ согласно варианту (таблица 1).

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	Начальная частота источника 1, Гц	значение $U_{вх}$, В	Сопротивление нагрузки R_n , кОм
1.	500	5	5
2.	600	6	6
3.	700	7	7
4.	800	8	8
5.	900	9	9
6.	500	5	5
7.	600	6	6
8.	700	7	7
9.	800	8	8
10.	900	9	9

2. Опыт 1 Собрать схему, установить напряжение входное согласно таблице 1, включить схему, занести полученные данные в таблицу 2.

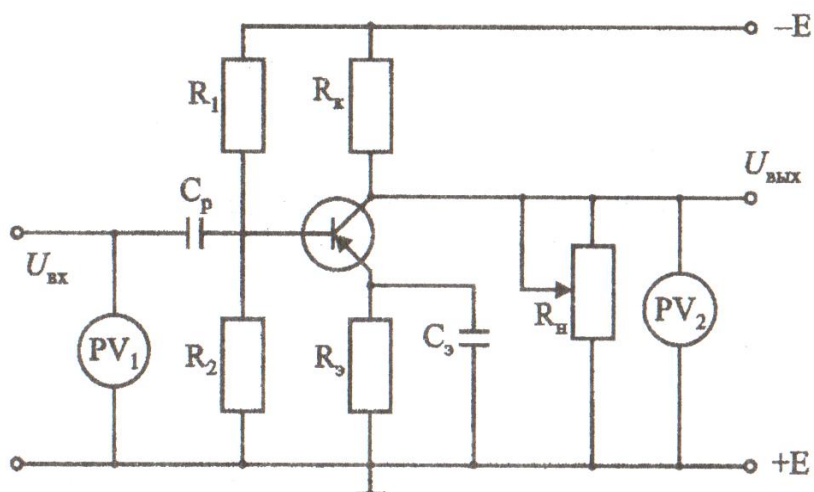


Рисунок 1 Схема усилителя частоты

Таблица 2 Результаты измерений и вычислений частотных характеристик

№ опыта	Частота f , Гц	$U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В	k

Опыт 2 Изменить частоту источника на 100 Гц, произвести измерения

Опыт 3 Изменить частоту опыта 2 ещё на 100 Гц, произвести измерения

Рассчитать коэффициент трансформации k по формуле (1):

$$k = U_2 / U_1$$

где k – коэффициент трансформации

U_2 – выходное напряжение усилителя, В

U_1 – входное напряжение усилителя, В

3. Опыт 4 Установить частоту источника 1 кГц, включить схему, снять показания, занести показания в таблицу 3

Таблица 3 Измерение амплитудных характеристик УНЧ

$U_{вх}$						
$U_{вых}$						

Изобразить амплитудную и частотную характеристики усилителя.

Содержание отчета

1. Титульный лист в соответствии с СТП1.2-2005.
2. Цель работы
3. Задание
4. Выполненная практическая работа в соответствии с заданием
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод

Контрольные вопросы

1. Объясните, каковы основные параметры транзисторного усилителя низкой частоты
2. Объясните, каковы причины появления частотных искажений в усилителе
3. Объясните, чем определяется граница линейной части амплитудной характеристики транзисторного УНЧ
4. Назовите назначение основных элементов принципиальной схемы усилителя каскада
5. Объясните, как определить коэффициент трансформации УНЧ

Приложение А

Пример оформления лабораторной работы

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Приволжский государственный университет путей сообщения»-
(Саратовский филиал ПривГУПС)

Специальность 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте
(по видам) (для железнодорожного транспорта)

Лабораторная работа № 13

Тема: Исследование работы схем выпрямления переменного тока

Дисциплина Электротехника и электроника

Студент гр. ____
(номер группы,)

(И., О., Фамилия студента)

(дата)

Преподаватель

А.А. Лазутин
(подпись преподавателя)(И., О., Фамилия преподавателя)

(дата)

(оценка)

Саратов 2025-2026

Тема: Исследование работы схем выпрямления переменного тока

Цель работы: исследовать работу схемы выпрямителей переменного тока на примере однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей

Задание

1. Изучить теоретические сведения, собрать указанные схемы
2. Снять показания приборов, построить временную диаграмму входного и выходного сигналов схемы, проанализировать их
3. Ответить на контрольные вопросы
4. Сделать вывод о полученных результатах измерений.

Пояснения к работе

Напряжение на источнике установите согласно варианту (таблица 1)

Таблица 1 Исходные данные

Вариант	значение U, В	Фирма изготовитель диода	Модель диода
1.	160	default	ideal

Эксперимент №1 - Собрать схему, указанную на рисунке 1, открыть окно осциллографа при помощи кнопки Expand, временная диаграмма выполняется в масштабе, на осях должны быть указаны их названия, цена деления, единица измерения, входной и выходной сигнал показаны разным цветом.

Эксперимент №2 - Собрать схему, указанную на рисунке 2, открыть окно осциллографа при помощи кнопки Expand, зачертить в масштабе полученную временную диаграмму (в программе масштаб – 20 Вольт на 1 деление), по ней определить период, частоту колебаний, амплитуду входного, амплитуду выходного сигнала определите по шкале мультиметра.

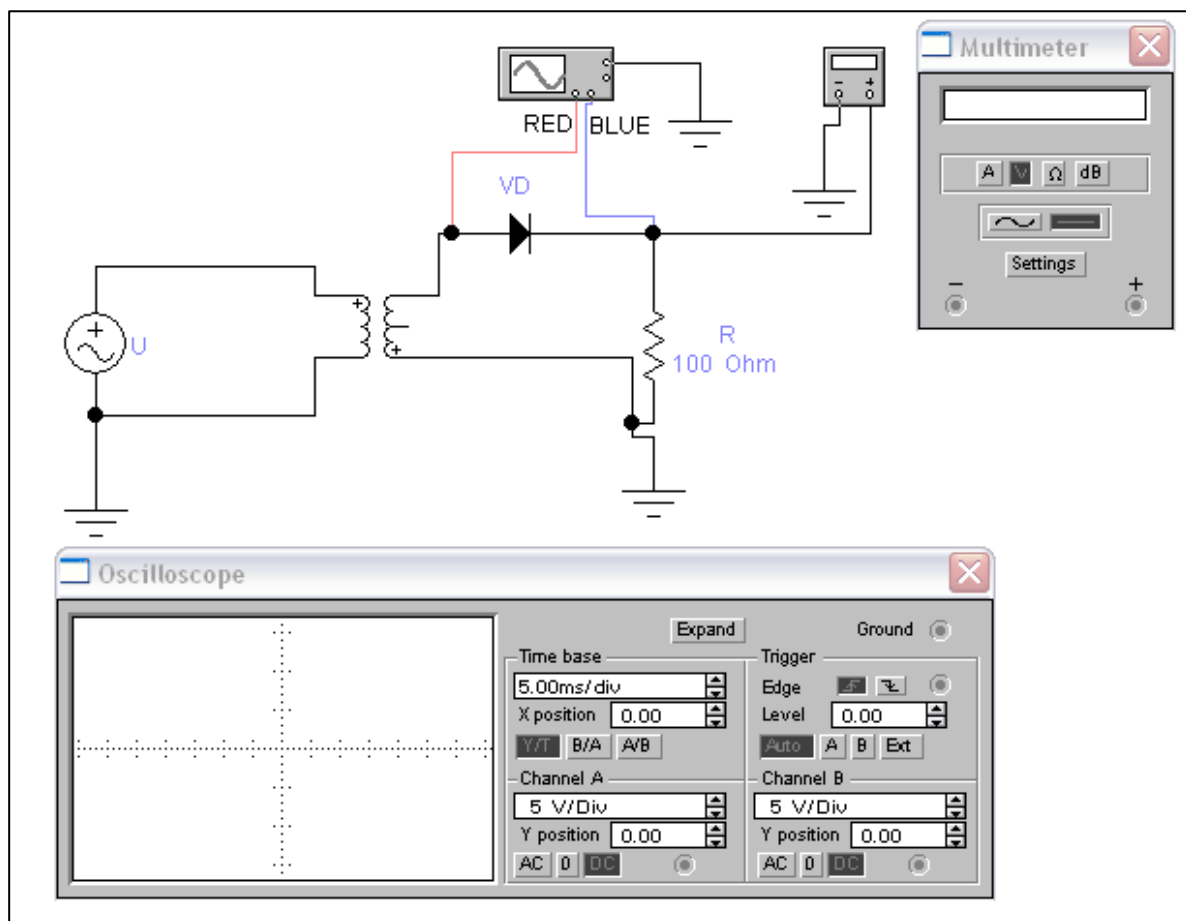


Рисунок 1 Схема однополупериодного выпрямителя

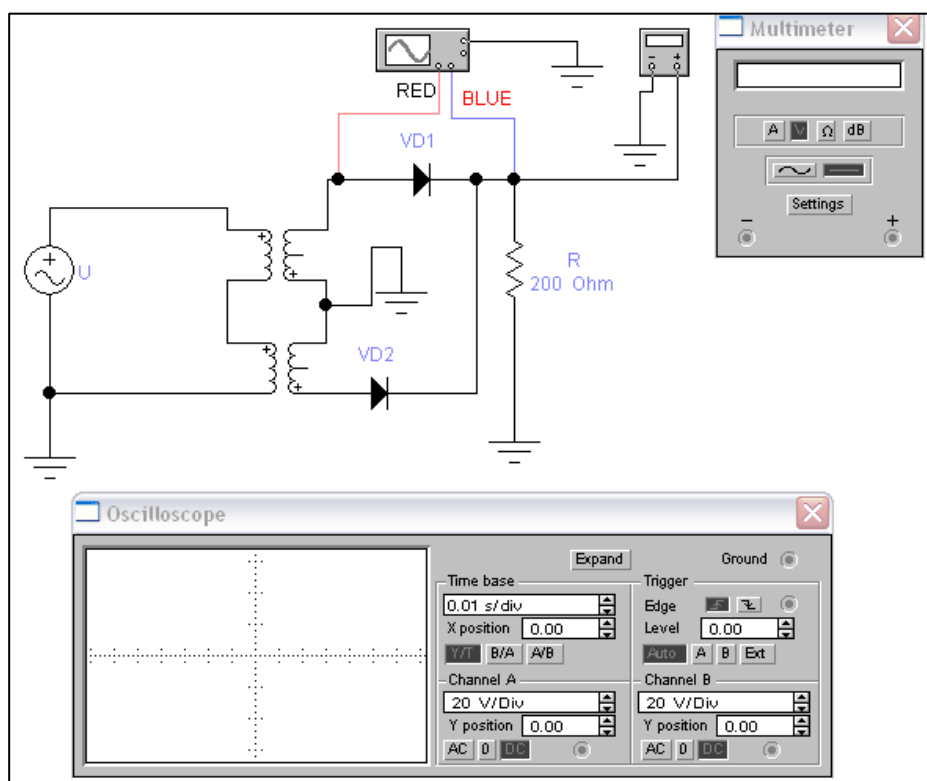


Рисунок 2 Схема двухполупериодного выпрямителя

Пример временной диаграммы тока приведен на рисунке 3

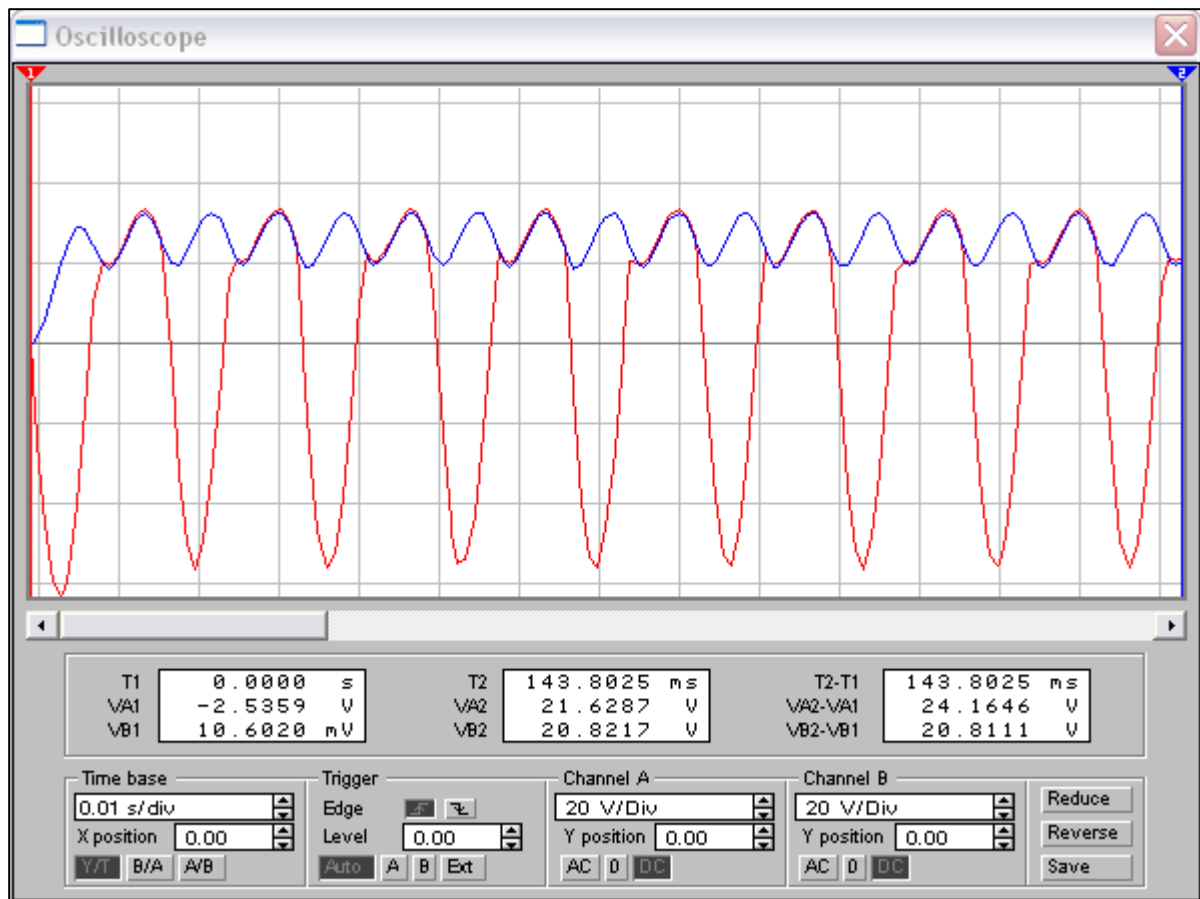


Рисунок 3 Временной диаграмма входного и выходного сигнала на экране осциллографа

Контрольные вопросы:

1. Какой элемент схемы выпрямителя в экспериментах 1 и 2 позволяет изменять форму тока
 Ответ: выпрямление формы тока производится благодаря полупроводниковому диоду
2. Как отличается форма входного и выходного сигналов в первом эксперименте
 Ответ: Входной сигнал в каждом периоде меняет свое направление на противоположное, выходной сигнал не имеет отрицательных значений
3. Как отличается форма входного и выходного сигналов в эксперименте 2
 Ответ: входной сигнал имеет форму синусоиды, а выходной имеет выпрямленную форму относительно входного
4. Чем отличаются между собой формы выходных сигналов в экспериментах 1 и 2
 Ответ: В первом эксперименте сглаживание переменного тока более грубое

5. Проанализируйте временные диаграммы экспериментов 1 и 2, и сделайте вывод об эффективности использования обоих видов выпрямителей для выпрямления переменного тока.

Ответ: проанализировав данные экспериментов 1 и 2, можно сделать вывод, что более эффективно выпрямляет форму тока двухполупериодных выпрямитель.

Вывод: В ходе выполнения лабораторной работы были сняты временные диаграммы входного и выходного сигнала выпрямителя переменного тока – в первом эксперименте – однополупериодного, во втором – двухполупериодного. Из временных диаграмм следует, что выходной сигнал в первом и втором случае отличается от входного по форме и амплитуде, а именно отсутствует отрицательная составляющая, в то же время во втором эксперименте усилитель показал себя более эффективным в выпрямлении сигнала, чем в первом. Отсюда следует, что для выпрямления переменного тока более целесообразно использовать двухполупериодный выпрямитель.

Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература

1. Электротехника : учебное пособие / . — Москва : УМЦ ЖДТ, 2023. — 248 с. — 978-5-907479-66-1. — Текст : электронный // УМЦ ЖДТ : электронная библиотека. — URL: <https://umczdt.ru/books/1201/280410>

Дополнительная литература:

1. Гукова, Н.С. Электротехника и электроника : учебное пособие / Н. С. Гукова. — Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. — 119 с. — 978-5-906938-36-7. — Текст: электронный // УМЦ ЖДТ : электронная библиотека. — URL: <https://umczdt.ru/books/1194/18704>

Справочно-библиографические и периодические издания:

1.Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению [Текст]: Рекомендовано Мин.образования и науки РФ : допущено М-вом образования РФ для студентов учреждений среднего профессионального образования по спец. 23.02.01 / В. П. Шеховцов. - 2-е изд. - М. : Форум , 2011. - 136 с. : рис., табл. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 136. - ISBN978-5-91134-463-4

Электронные ресурсы:

Видеокурс электротехника и электроника. Форма доступа: www.eltray.com