

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Электротехника и электроника ЭВМ»
для студентов направления подготовки /специальности
09.03.01 Информатика и вычислительная техника
шифр и наименование направления подготовки/ специальности

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Никулин В.И. Электротехника и электроника ЭВМ: методические указания по выполнению лабораторных работ. – Ставрополь: СКФУ, 2023.

Методические указания к лабораторным работам дисциплине «Электротехника и электроника» соответствуют ГОС ВО. Методические указания по выполнению лабораторных работ содержат рекомендации по подготовке к лабораторным работам, программы исследований, описание установок (схем) исследований, порядок исследований, требования к содержанию отчета по лабораторной работе, контрольные вопросы для защиты лабораторной работы. Методические указания служат логическим дополнением к основным теоретическим положениям, изложенным в учебном пособии Никулин В.И. Теория электрических цепей. - М.: РИОР, 2016. Указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

СОДЕРЖАНИЕ

	с
Введение.....	4
Лабораторная работа №1 Исследование электрических цепей методом наложения и методом эквивалентного генератора.....	6
Лабораторная работа №2 Исследование идеальных элементов цепей синусоидального тока	12
Лабораторная работа №3 Исследование неразветвленных цепей синусоидального тока ...	18
Лабораторная работа №4 Исследование разветвленных цепей синусоидального тока	24
Лабораторная работа №5 Исследование частотных характеристик апериодических цепей	30
Лабораторная работа №6 Исследование временных характеристик апериодических цепей.....	36
Лабораторная работа №7 Исследование полупроводниковых диодов	40
Лабораторная работа №8 Исследование биполярных транзисторов	45
Лабораторная работа №9 Исследование полевых транзисторов	50
Литература.....	58

Введение

Лабораторные работы — существенный элемент учебного процесса в вузе, в ходе которого обучаемые фактически впервые сталкиваются с самостоятельной практической деятельностью в конкретной области. Лабораторные работы являются как бы средним звеном между углубленной теоретической работой студентов на лекциях и применением ими знаний на практике. Эти занятия удачно сочетают элементы теоретического исследования и практической работы.

Выполняя лабораторные работы, обучаемые лучше усваивают программный материал, так как многие расчеты и формулы, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует уяснению сложных вопросов науки и становлению обучаемых как специалистов.

Лабораторные работы активизируют самостоятельную работу обучаемых над изучаемым курсом. Заметим, что наиболее интенсивная и ритмичная работа в течение семестра проводится обучаемыми по тем дисциплинам, по которым имеются лабораторные занятия.

В настоящее время считается общепризнанным, что лабораторный практикум должен носить творческий, исследовательский, а не созерцательный, репродуктивный характер. Следовательно, лабораторные занятия должны быть школой практического опыта, школой творческих навыков, эффективного использования науки в избранной профессии. Наряду с этим лабораторный практикум должен быть школой воспитания творчества, настойчивости в достижении поставленной научной цели.

Лабораторные работы — один из видов самостоятельной практической работы обучаемых, в которых путем проведения экспериментов происходят **углубление** и закрепление теоретических знаний и навыков обучаемых в интересах их профессиональной подготовки.

Выполнение обучаемыми лабораторных работ имеет целью:

углубить и закрепить знания теоретического курса путем практического изучения изложенных в лекции законов и положений в лабораторных условиях;

приобрести навыки в научном экспериментировании, анализе результатов экспериментов и составлении отчетов по ним;

практически ознакомиться с измерительной аппаратурой и методами измерений, устройством различной экспериментальной аппаратуры и оборудования;

приобрести первичные навыки организации, планирования и проведения научных исследований.

Благодаря лабораторным работам, обучаемые лучше усваивают программный материал, так как при подготовке и выполнении экспериментов выявляется множество таких деталей в теории вопроса, с которыми студенты не встречались ни на лекции, ни на практических занятиях. Словом, соприкосновение теории и опыта, происходящее в лаборатории, не только содействует усвоению учебного материала, но и развивает мышление, придавая ему рациональные черты и активный характер. Правильно организованные лабораторные работы должны требовать от студентов не только хороших знаний теории, но и проявления инициативы, наблюдательности и самостоятельности при проведении экспериментов, умения анализировать, обобщать и делать выводы.

Как и другие виды занятий, лабораторный практикум выполняет познавательную, воспитательную функции и функцию контроля.

Наблюдая за проведением эксперимента и проверяя отчеты по итогам лабораторных работ студентов, преподаватель оценивает и отмечает организованность, последовательность и аккуратность в работе, умение работать по инструкции, с соблюдением требуемых мер безопасности.

Лабораторная работа №1

Исследование электрических цепей методом наложения и методом эквивалентного генератора

Цель работы:

1. Экспериментальное исследование электрических цепей методом наложения.
2. Экспериментальное исследование электрических цепей методом эквивалентного генератора напряжения.
3. Экспериментальное исследование электрических цепей методом эквивалентного генератора тока.

Задание на подготовку к лабораторной работе:

1. Ознакомиться с руководством к лабораторной работе;
2. Выполнить предварительный расчет согласно варианту задания (таблица 1):
 - 2.1. Рассчитать токи в ветвях заданной цепи методом наложения.
 - 2.2. Рассчитать ток в ветви с элементом R_3 заданной цепи методом эквивалентного генератора напряжения.
 - 2.3. Рассчитать ток в ветви с элементом R_3 заданной цепи методом эквивалентного генератора тока.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источники постоянного тока и напряжения, резисторы, вольтметр и амперметры.

Задание на исследование

1. Исследовать методом наложения распределение токов в ветвях электрической цепи постоянного тока.
2. Определить методом эквивалентного генератора напряжения ток в заданной ветви электрической цепи постоянного тока.

3. Определить ток в заданной ветви электрической цепи постоянного тока методом эквивалентного генератора тока.

Таблица 1- Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	$E_1, В$	$E_2, В$	$J, мА$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$
1	20	12	160	110	140	140
2	11	14	170	120	150	150
3	13	16	180	130	160	130
4	15	18	190	140	170	140
5	17	20	200	150	180	150
6	19	11	100	160	190	160
7	12	13	110	170	200	170
8	14	15	120	180	100	180
9	16	17	130	190	110	190
10	18	19	140	200	120	200
11	20	12	150	100	130	100
12	11	14	160	110	140	110
13	18	16	170	120	150	120
14	20	18	180	130	160	130
15	11	20	190	140	170	140
16	13	11	150	150	180	150
17	15	13	160	160	190	130
18	17	15	170	170	130	140
19	19	17	150	180	140	150
20	12	19	160	190	150	160
21	14	11	170	200	160	170
22	16	13	180	100	170	180
23	18	15	190	110	180	130
24	20	17	200	120	190	140
25	11	19	100	130	200	150
26	13	12	110	140	100	160
27	18	14	120	150	110	170
28	14	17	300	128	250	200
29	20	17	180	100	140	150
30	11	19	190	110	150	160
31	23	12	150	180	130	150
32	14	14	160	190	140	160
33	17	16	170	200	150	170
34	22	18	180	100	160	180
35	15	20	190	110	170	190
36	17	16	170	120	150	160

Порядок проведения исследований

а) Исследование электрической цепи методом наложения

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 1). При сборке схемы амперметры и вольтметр подсоединить с соблюдением «полярности»

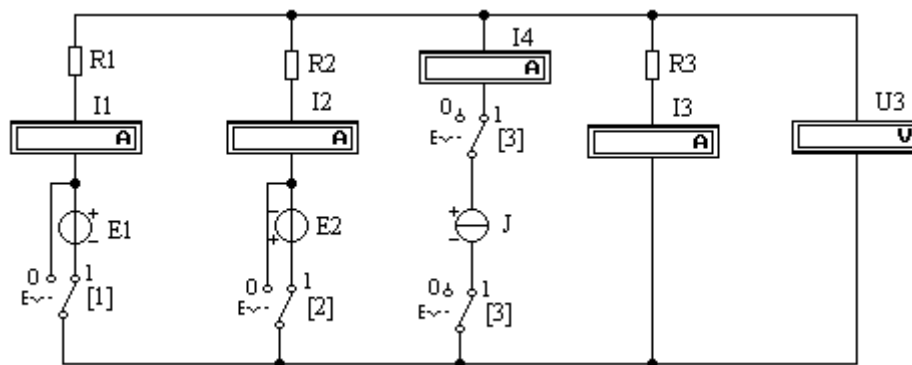


Рисунок 1

2. Установить заданные согласно варианту значения ЭДС и тока источников энергии, величины элементов схемы. Для чего к нужному элементу подводится курсор и двойным нажатием левой кнопки «мышки» вызывается окно (с именем элемента), в котором устанавливается требуемое значение параметра и нажимается кнопка «Ассерт».

3. В схеме (рисунок 1) установить **все ключи в положение 1** (при необходимости нажать на клавиатуре клавиши 1, 2 и 3)

4. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1», расположенную в правом верхнем углу экрана перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу 2.

Таблица 2-Расчетные и экспериментальные данные исследования цепи методом наложения

№ п.п.	Подключены источники	I ₁ , мА		I ₂ , мА		I ₃ , мА		I ₄ , мА		U ₃ , В	
		расч	эксп	расч	эксп	расч	эксп	расч	эксп	расч	эксп
1	E1, E2, J										
2	только E1										
3	только E2										
4	только J										
5	Алгебраическая сумма «частичных» токов и напряжений										

5. Переключателями 2 и 3 отключить источники E2 и J. Для этого ключи 2 и 3 перевести в положение 0 (нажать на клавиатуре клавиши 2 и 3). Кнопку (0-1) перевести в

положение «1». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «0». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных (таблица 2). Переключатели 2 и 3 перевести в положение 1 (исходное положение)

6. Переключателями 1 и 3 отключить источники E1 и J (нажать на клавиатуре клавиши 1 и 3 при этом ключи переводятся в положение 0). Кнопку (0-1) перевести в положение «1». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «0». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных (таблица 2). Переключатели 1 и 3 перевести в положение 1

7. Переключателями 1 и 2 отключить источники E1 и E2 (нажать на клавиатуре клавиши 1 и 2 при этом ключи переводятся в положение 2). Кнопку (0-1) перевести в положение «1». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «0». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных (таблица 2). Переключатели 1 и 2 перевести в положение 1

8. Определить алгебраическую сумму «частичных» токов в каждой ветви исследуемой схемы (сложить токи п. 2-4 табл.2) и сравнить с результатами измерений п.1 табл. 2. Сделать выводы.

9. Сравнить результаты предварительных расчетов первичных параметров с результатами исследований. Сделать выводы.

б) Экспериментальное исследование электрических цепей методом эквивалентного генератора

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 2). Для этого необходимо в схеме (рисунок 1) удалить элемент R3 и добавить ключ K.

2. Для определения параметра **эквивалентного генератора напряжения** $E_3 = U^{xx}$ в схеме (рисунок 2) установить **режим холостого хода**: переключатель «K» перевести в положение 0 (нажать на клавиатуре клавишу K).

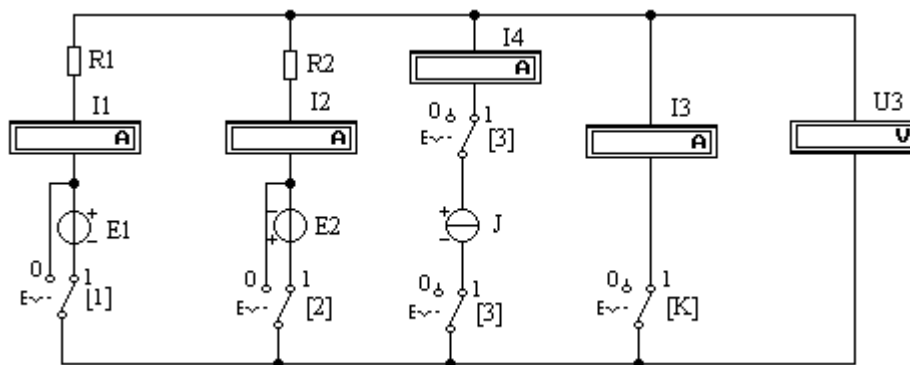


Рисунок 2

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку (0-1) перевести в положение «1». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «0». Показания вольтметра $U_3 = E_э$ занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

Таблица 3- Расчетные и экспериментальные данные

Метод исследования		U_3 , В	I_3 , мА	$R_э$, Ом	I_H , мА
Метод эквивалентного генератора напряжения	расчет				
	эксперимент				
Метод эквивалентного генератора тока	расчет	0			
	эксперимент	0			

4. Для определения величины $J_э$ (параметр эквивалентного генератора тока) в схеме (рис.2) установить **режим короткого замыкания**: переключатель «К» перевести в положение 1 (нажать на клавиатуре клавишу К). Кнопку (0-1) перевести в положение «(1)». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «(0)». Показания амперметра $I_3 = I_{кз} = J_э$ занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

5. Для определения величины $R_э$ (параметр эквивалентного генератора) в схеме (рис.2) переключатель «К» и ключи 1, 2, 3 перевести в положение 0 (схема преобразована в пассивный двухполюсник). Вместо вольтметра (рисунок 2) подсоединить мультиметр



и подготовить его для измерения сопротивления. Для этого к его изображению подвести курсор и двойным нажатием левой кнопки «мыши» активизировать и нажать кнопку «Ω». Кнопку (0-1) перевести в положение «(1)». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «(0)». Показания мультиметра, соответствующие $R_э$, занести в таблицу 3 расчетных и экспериментальных данных.

Сопротивление $R_э$ определить, используя результаты опыта холостого хода и короткого замыкания $R_э = \frac{U_3^{xx}}{I_3^{кз}}$. Результаты измерений $R_э$ сравнить.

6. Для определения тока нагрузки $I_H = I_3$ в схеме (рисунок 1) **методом эквивалентного генератора напряжения** собрать схему электрической цепи (рисунок 3).



Рисунок 3

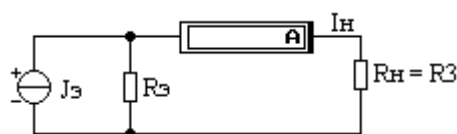


Рисунок 4

Кнопку (0-1) перевести в положение «(1)». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «(0)». Показания амперметра I_n занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

7. Для определения тока I_3 в схеме (рисунок 1) **методом эквивалентного генератора** тока собрать схему электрической цепи (рисунок 4).

Кнопку (0-1) перевести в положение «(1)». По завершении автоматических расчетов кнопку (0-1) перевести в положение «(0)». Показания амперметра I_n занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

8. Сравнить результаты предварительных расчетов тока I_3 и I_n с результатами исследований. Сделать выводы.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- наименование работы;
- цель исследований;
- программу (задание) исследований;
- схемы исследований, выполненные по требованиям ГОСТов;
- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте принцип суперпозиции.
2. Поясните алгоритм расчета электрической цепи методом наложения.
3. Что такое ветвь электрической цепи?
4. Что понимают под схемой замещения электрической цепи?
5. Сформулируйте закон Ома для замкнутой одноконтурной цепи.
6. Сформулируйте обобщенный закон Ома.
7. Поясните алгоритм расчета электрической цепи методом эквивалентного генератора напряжения.
8. Поясните алгоритм расчета электрической цепи методом эквивалентного генератора тока.

Исследование идеальных элементов электрических цепей синусоидального тока

Цель работы

- 1.1 Экспериментальное исследование электрической цепи с идеальным резистором.
- 1.2 Экспериментальное исследование электрической цепи с идеальной индуктивной катушкой.
- 1.3 Экспериментальное исследование электрической цепи с идеальным конденсатором.

Задание на подготовку к лабораторной работе

Ознакомиться с руководством к лабораторной работе.

Выполнить предварительный расчет тока в R-, L - и C – цепях, заданных согласно варианту (таблица 1), построить векторные диаграммы тока и напряжения.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источник переменного напряжения (функциональный генератор), источник напряжения управляемый током, резистор, индуктивную катушку, конденсатор, осциллограф, амперметр и вольтметр. Осциллограф используется для определения фазовых сдвигов между током и напряжением.

Задание на исследование

1. Исследовать влияние параметров цепи с идеальным резистором на величину тока.
2. Исследовать влияние параметров цепи с идеальной индуктивной катушкой на величину тока.
3. Исследовать влияние параметров цепи с идеальным конденсатором на величину тока.

Порядок проведения исследований

Исследование цепи с идеальным резистором

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 1).

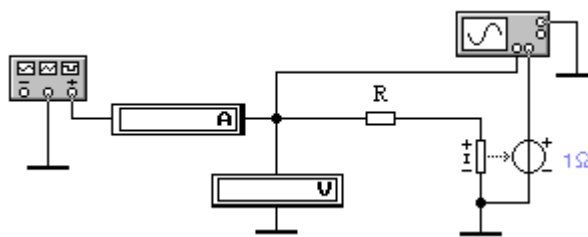


Рисунок 1- Схема исследования цепи с идеальным резистором

2. Установить заданные согласно варианту (таблица 1) величины сопротивления резистора R , значения амплитуды ЭДС и частоты $f=10$ кГц функционального генератора. Для чего к нужному элементу подвести курсор и двойным нажатием левой кнопки «мыши» вызвать окно (с именем элемента), в котором установить требуемое значение параметра.

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований (таблица 2).

4. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет осциллограммы.

Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на изображении осциллографа активизировать его. Установить на панели управления переключатели TIME BASE 0.01 ms/div , CHANNEL A 5v/Div , CHANNEL B 1v/Div . Перевести осциллограф в режим «Zoom». Установить визирную линейку 1 (красного цвета) в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "А" при ее переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма напряжения $u(t)$), а визирную линейку 2 - в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "В" при ее переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма тока $i(t)$). Значение временного промежутка T_2-T_1 занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$ или $\varphi = 360^\circ \cdot \frac{T_2 - T_1}{T}$. Здесь $T=1/f$ - период синусоидальной

ЭДС источника

5. Установить сопротивление резистора $0.5R$, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить сопротивление резистора $2R$, выполнить п.п. 3-4.

7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжения.

Таблица 1 - Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ	Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ
1	10	50	0.10	1.0	31	15	50	0.16	1.6
2	12	40	0.12	1.5	32	16	40	0.18	2.0
3	14	60	0.13	1.6	33	17	60	0.19	1.8
4	15	70	0.15	2.0	34	18	70	0.20	1.9
5	16	80	0.11	1.8	35	19	80	0.10	1.1
6	17	90	0.14	1.9	36	20	90	0.12	1.2
7	18	55	0.16	1.1	37	13	55	0.13	0.9
8	19	65	0.18	1.2	38	12	65	0.15	2.1
9	20	45	0.19	0.9	39	14	45	0.11	2.0
10	13	35	0.20	2.1	40	15	35	0.14	1.8
11	12	70	0.10	2.0	41	16	70	0.16	1.9
12	14	80	0.12	1.8	42	17	80	0.18	1.5
13	15	90	0.13	1.9	43	18	90	0.19	1.6
14	16	55	0.15	1.5	44	19	55	0.10	2.0
15	17	65	0.11	1.6	45	20	65	0.12	1.8
16	18	45	0.14	2.0	46	13	45	0.13	1.9
17	19	35	0.16	1.8	47	12	35	0.15	1.1
18	20	70	0.18	1.9	48	14	70	0.11	1.2
19	13	80	0.19	1.1	49	15	80	0.11	0.9
20	12	70	0.10	1.2	50	16	70	0.14	2.1
21	14	80	0.12	0.9	51	17	80	0.16	2.0
22	15	90	0.13	2.1	52	10	90	0.18	1.8
23	16	55	0.15	2.0	53	12	55	0.19	1.9
24	17	65	0.11	1.8	54	14	65	0.20	1.5
25	10	45	0.11	1.9	55	15	45	0.16	1.6
26	12	35	0.14	1.5	56	16	35	0.18	2.0
27	14	70	0.16	1.6	57	17	70	0.19	1.8
28	15	80	0.18	2.0	58	15	80	0.20	1.9
29	16	90	0.19	1.8	59	16	90	0.10	1.6
30	17	55	0.20	1.9	60	17	55	0.12	2.0

8. Устанавливая частоту источника 0.2f, 0.5f, 2f, 5f, выполнить п. 3-4.

Таблица 2- Результаты исследований идеальных элементов цепи синусоидального тока

Вид цепи	параметры	I, A	U, В	Z, Ом	T2-T1, с	φ, град
Идеальный резистор	R =					
	0.5 R=					
	2R=					
	0.2f =					
	0.5f =					
	2f =					
	5f =					
Идеальная индуктивная катушка	L=					
	0.5 L=					
	2L=					
	0.2f=					
	0.5f=					
	2f=					
	5f=					
Идеальный конденсатор	C=					
	0.5 C=					
	2C=					
	0.2f=					
	0.5f=					
	2f=					
	5f=					

Исследование цепи с идеальной индуктивной катушкой

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 2).

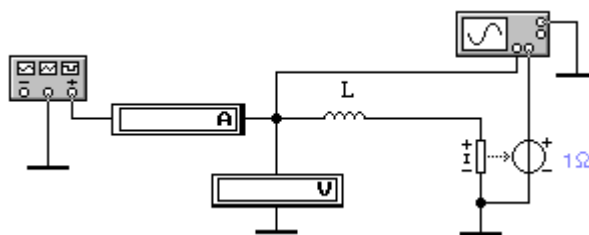


Рисунок 2 - Схема исследования цепи с идеальной индуктивной катушкой

2. Установить заданные согласно варианту (таблица 1) величину индуктивности катушки L , значение ЭДС источника E и частоты $f=10^4$ Гц. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет канала (например, красный)

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований (таблица 2).

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка T_2-T_1 и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$.

5. Установить индуктивность катушки $0.5L$, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить индуктивность катушки $2L$, выполнить п.п. 3-4.

7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжения.

8. Устанавливая частоту источника $0.2f$, $0.5f$, $2f$, $5f$, выполнить п.п. 3-4.

Исследование цепи с идеальным конденсатором

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 3).

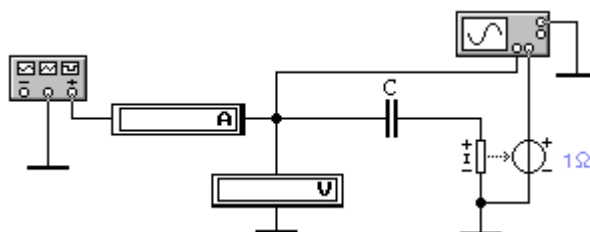


Рисунок 3- Схема исследования цепи с идеальным конденсатором

2. Установить заданные согласно варианту величину емкости конденсатора C , значение ЭДС источника E и частоты $f = 10^4$ Гц. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет канала (например, красный).

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований.

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка $T_2 - T_1$ и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$.

5. Установить емкость конденсатора $0.5C$, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить емкость конденсатора $2C$, выполнить п.п. 3-4.

7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжений

8. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета.

Сделать выводы.

9. Устанавливая частоту источника $0.2f$, $0.5f$, $2f$, $5f$, выполнить п.3-4.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследований;
- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- векторные диаграммы тока и напряжений
- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы

1. Изобразите график тока $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
2. Запишите выражение для комплексных амплитуды и действующего тока, если мгновенный ток $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
3. Построить векторную диаграмму для гармонического тока $i = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
4. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с резистивным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
5. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с индуктивным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
6. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с емкостным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
7. Что понимают под действующим током?
8. Назовите виды мощностей в цепи синусоидального тока
9. Каким образом определяется начальная фаза синусоидального тока?
10. Каким образом определяется сдвиг фаз между током и напряжением?

Лабораторная работа №3

Исследование неразветвленных электрических цепей синусоидального тока

Цель работы:

1. Экспериментальное исследование распределения напряжений в RL - цепи.
2. Экспериментальное исследование распределения напряжений в RC - цепи.
3. Экспериментальное исследование распределения напряжений в RLC - цепи.

Задание на подготовку к лабораторной работе:

- ознакомиться с руководством к лабораторной работе;
- выполнить предварительный расчет тока и напряжений в RL-, RC -и RLC – цепях, заданных согласно варианту (таблица 1), построить векторные диаграммы тока и напряжений.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источник переменного напряжения, источник напряжения управляемый током, резистор, индуктивную катушку, конденсатор, осциллограф, амперметр и вольтметры. Осциллограф используется для определения фазовых сдвигов между током и напряжением.

Задание на исследование:

1. Исследовать распределение напряжений в RL - цепи.
2. Исследовать распределение напряжений в RC - цепи.
3. Исследовать распределение напряжений в RLC - цепи.

Таблица 1- Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ	Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ
1	100	50	0.10	0.010	31	150	50	0.16	0.015
2	120	40	0.12	0.015	32	160	40	0.18	0.016
3	140	60	0.13	0.016	33	170	60	0.19	0.020
4	150	70	0.15	0.020	34	180	70	0.20	0.018
5	160	80	0.11	0.018	35	190	80	0.10	0.019
6	170	90	0.14	0.019	36	200	90	0.12	0.011
7	180	55	0.16	0.011	37	130	55	0.13	0.012
8	190	65	0.18	0.012	38	120	65	0.15	0.009
9	200	45	0.19	0.009	39	140	45	0.11	0.021
10	130	35	0.20	0.021	40	150	35	0.14	0.020
11	120	70	0.10	0.020	41	160	70	0.16	0.018
12	140	80	0.12	0.018	42	170	80	0.18	0.019
13	150	90	0.13	0.019	43	180	90	0.19	0.011
14	160	55	0.15	0.011	44	190	55	0.10	0.012
15	170	65	0.11	0.012	45	200	65	0.12	0.009
16	180	45	0.14	0.009	46	130	45	0.13	0.021
17	190	35	0.16	0.021	47	120	35	0.15	0.020
18	200	70	0.18	0.020	48	140	70	0.11	0.018
19	130	80	0.19	0.018	49	150	80	0.11	0.010
20	120	70	0.10	0.010	50	160	70	0.14	0.015
21	140	80	0.12	0.015	51	170	80	0.16	0.016
22	150	90	0.13	0.016	52	100	90	0.18	0.020
23	160	55	0.15	0.020	53	120	55	0.19	0.018
24	170	65	0.11	0.018	54	140	65	0.20	0.009
25	100	45	0.11	0.009	55	150	45	0.16	0.021
26	120	35	0.14	0.021	56	160	35	0.18	0.020
27	140	70	0.16	0.020	57	170	70	0.19	0.018
28	150	80	0.18	0.018	58	150	80	0.20	0.019
29	160	90	0.19	0.019	59	160	90	0.10	0.011
30	170	55	0.20	0.011	60	170	55	0.12	0.015

Порядок проведения исследований

а) Исследование RL - цепи.

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 1).
2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R и индуктивности L , значения ЭДС E и частоты $f = 10^5$ Гц источника. Для чего к нужному элементу подвести курсор и двойным нажатием левой кнопки «мыши» вызвать окно (с именем элемента), в котором установить требуемое значение параметра. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет осциллограммы (например, красный)

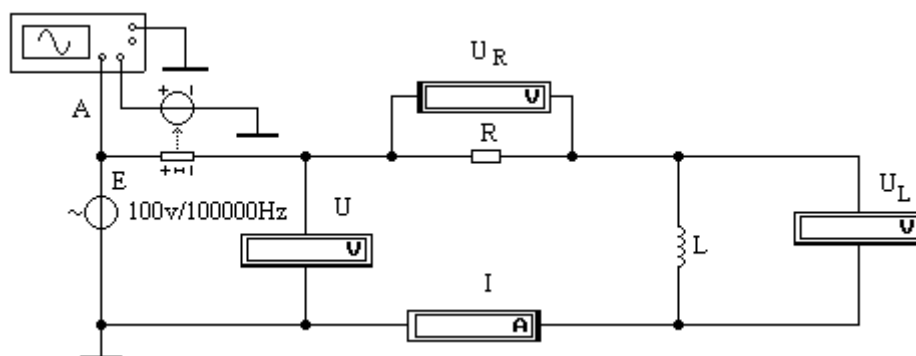


Рисунок 1 - Схема исследования RL - цепи.

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований

Таблица 2 - Результаты исследований неразветвленных цепей синусоидального тока

Вид цепи	параметры	I , А	U , В	U_R , В	U_L , В	U_C , В	T_2-T_1 , с	$\varphi(t)$, градусы
RL - цепь	$0.5L=$					-		
	$L=$					-		
	$2L=$					-		
RC - цепь	$0.5C=$				-			
	$C=$				-			
	$2C=$				-			
RLC- цепь	$C < C_{рез}$							
	$C_{рез}=$							
	$C > C_{рез}$							

4. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на изображении осциллографа активизировать его и перевести в режим «Zoom». Установить визирную линейку 1 (красного цвета) в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "А" при ее

переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма напряжения $u(t)$), а визирную линейку 2 - в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "В" при ее переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма тока $i(t)$). Значение временного промежутка $T_2 - T_1$ занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi(t) = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$ или $\varphi(t) = 360^\circ \frac{T_2 - T_1}{T}$. Здесь $T = 1/f$ - период синусоидальной ЭДС источника

5. Установить индуктивность катушки $0.5L$, выполнить п.п. 3-4.
6. Установить индуктивность катушки $2L$, выполнить п.п. 3-4.
7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжений

б) Исследование RC - цепи.

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 2).

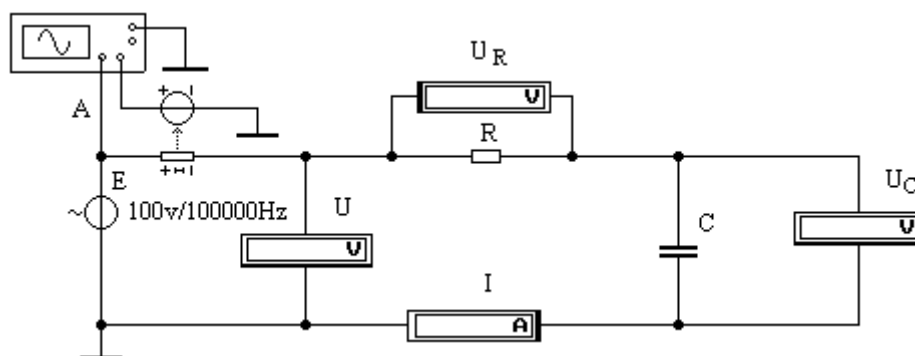


Рисунок 2- Схема исследования RC - цепи.

2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R и емкости конденсатора C , значение ЭДС источника $E = 150V$ и частоты $f = 10^5$ Гц. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет канала (например, красный)

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка $T_2 - T_1$ и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi(t) = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$ или $\varphi(t) = 360^\circ \frac{T_2 - T_1}{T}$.

5. Установить емкость конденсатора $0.5C$, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить емкость конденсатора $2C$, выполнить п.п. 3-4.
 7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжений
 8. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета.
- Сделать выводы.

в) Исследование RLC - цепи.

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 3).

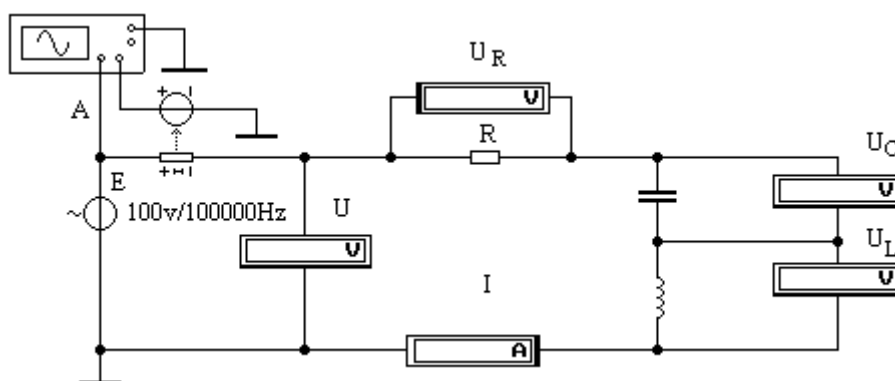


Рисунок 3- Схема исследования RLC - цепи.

2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R , индуктивности L и емкости конденсатора $C_{рез} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 10^{10} \cdot L}$, значение ЭДС и частоты $f = 10^5$ Гц источника E

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметра и вольтметров занести в таблицу результатов исследований

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка $T_2 - T_1$ и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$ или $\varphi = 360^\circ \frac{T_2 - T_1}{T}$.

5. Установить емкость конденсатора $C < C_{рез}$, выполнить п.п. 3-4.
 6. Установить емкость конденсатора $C > C_{рез}$, выполнить п.п. 3-4.
 7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжений
 8. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета.
- Сделать выводы.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследований;

- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- векторные диаграммы тока и напряжений
- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы:

1. Изобразите график тока $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
2. Запишите выражение для комплексных амплитуды и действующего тока, если мгновенный ток $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
3. Построить векторную диаграмму для гармонического тока $i = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
4. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с резистивным и индуктивным элементами и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
5. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с резистивным и емкостным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
6. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с резистивным, индуктивным и емкостным элементами и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
7. Назовите признак и условие резонанса напряжений

Лабораторная работа №4

Исследование разветвленных электрических цепей синусоидального тока

Цель работы:

1. Экспериментальное исследование распределения токов в RL - цепи.
2. Экспериментальное исследование распределения токов в RC - цепи.
3. Экспериментальное исследование распределения токов в RLC - цепи.

Задание на подготовку к лабораторной работе:

- ознакомиться с руководством к лабораторной работе;
- выполнить предварительный расчет токов в RL-, RC -и RLC – цепях, заданных согласно варианту (таблица 1), построить векторные диаграммы токов и напряжения.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источник переменного напряжения, источник напряжения управляемый током, резистор, индуктивную катушку, конденсатор, осциллограф, амперметры и вольтметр. Осциллограф используется для определения фазовых сдвигов между током и напряжением на входе цепи.

Задание на исследование:

1. Исследовать распределение напряжений в RL - цепи.
2. Исследовать распределение напряжений в RC - цепи.
3. Исследовать распределение напряжений в RLC - цепи.

Таблица 1 - Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ	Вариант №	E, В	R, Ом	L, мГн	C, мкФ
--------------	------	-------	-----------	-----------	--------------	------	-------	-----------	-----------

1	100	50	0.10	0.050	31	150	50	0.16	0.048
2	120	40	0.12	0.055	32	160	40	0.18	0.039
3	140	60	0.13	0.060	33	170	60	0.19	0.050
4	150	70	0.15	0.070	34	180	70	0.20	0.042
5	160	80	0.11	0.048	35	190	80	0.10	0.040
6	170	90	0.14	0.039	36	200	90	0.12	0.060
7	180	55	0.16	0.050	37	130	55	0.13	0.070
8	190	65	0.18	0.042	38	120	65	0.15	0.038
9	200	45	0.19	0.040	39	140	45	0.11	0.035
10	130	35	0.20	0.060	40	150	35	0.14	0.070
11	120	70	0.10	0.070	41	160	70	0.16	0.055
12	140	80	0.12	0.038	42	170	80	0.18	0.060
13	150	90	0.13	0.044	43	180	90	0.19	0.070
14	160	55	0.15	0.070	44	190	55	0.10	0.048
15	170	65	0.11	0.055	45	200	65	0.12	0.039
16	180	45	0.14	0.060	46	130	45	0.13	0.050
17	190	35	0.16	0.070	47	120	35	0.15	0.042
18	200	70	0.18	0.048	48	140	70	0.11	0.040
19	130	80	0.19	0.039	49	150	80	0.11	0.060
20	120	70	0.10	0.050	50	160	70	0.14	0.070
21	140	80	0.12	0.042	51	170	80	0.16	0.038
22	150	90	0.13	0.040	52	100	90	0.18	0.044
23	160	55	0.15	0.060	53	120	55	0.19	0.070
24	170	65	0.11	0.070	54	140	65	0.20	0.055
25	100	45	0.11	0.038	55	150	45	0.16	0.060
26	120	35	0.14	0.035	56	160	35	0.18	0.070
27	140	70	0.16	0.070	57	170	70	0.19	0.048
28	150	80	0.18	0.055	58	150	80	0.20	0.039
29	160	90	0.19	0.060	59	160	90	0.10	0.050
30	170	55	0.20	0.070	60	170	55	0.12	0.042

Порядок проведения исследований

а) Исследование RL - цепи.

1. Собрать схему электрической цепи (рис. 1).

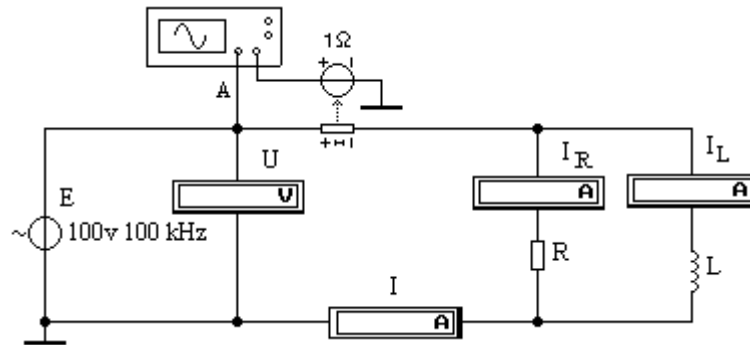


Рисунок 1- Схема исследования RL - цепи.

2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R и индуктивности L , значения ЭДС E и частоты $f = 10^5$ Гц источника. Для чего к нужному элементу подвести курсор и двойным нажатием левой кнопки «мыши» вызвать окно (с именем элемента), в котором установить требуемое значение параметра. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет осциллограммы (например, красный)

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу результатов исследований (таблица 2)

4. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на изображении осциллографа активизировать его и перевести в режим «Zoom». Установить визирную линейку 1 (красного цвета) в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "А" при ее переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма напряжения $u(t)$), а визирную линейку 2 - в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "В" при ее переходе от отрицательного значения к положительному (осциллограмма тока $i(t)$). Значение временного промежутка $T_2 - T_1$ занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$ или $\varphi = 360^\circ \frac{T_2 - T_1}{T}$

. Здесь $T = 1/f$ - период синусоидальной ЭДС источника.

5. Установить индуктивность катушки $0.5L$, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить индуктивность катушки $2L$, выполнить п.п. 3-4.

7. По результатам исследований построить векторные диаграммы токов и напряжения

Таблица 2 - Результаты исследований разветвленных цепей синусоидального тока

Вид цепи	параметры	U, В	I, А	IR, А	IL, А	IC, А	T2-T1, с	φ , градус
RL - цепь	0.5L=					-		
	L=					-		
	2L=					-		
RC - цепь	0.5C=				-			
	C=				-			
	2C=				-			
RLC-цепь	C<Cрез							
	Cрез=							
	C>Cрез							

б) Исследование RC - цепи.

1.Собрать схему электрической цепи (рис. 2).

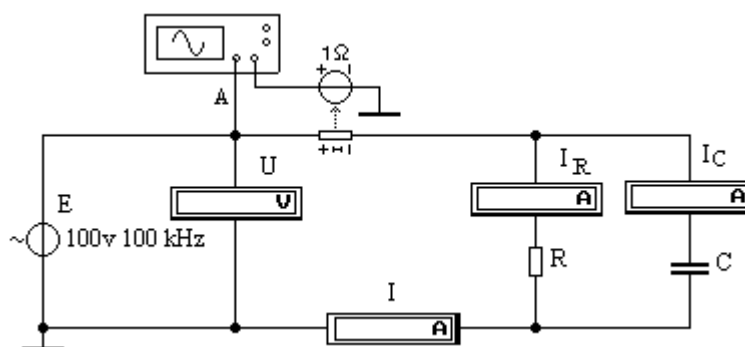


Рисунок 2- Схема исследования RC - цепи.

2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R и емкости конденсатора C, значение ЭДС источника $E = 150\text{В}$ и частоты $f = 10^5$ Гц. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить желательный цвет канала (например, красный)

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу результатов исследований

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка T2-T1 и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T2 - T1) \cdot f$.

5. Установить емкость конденсатора 0.5C, выполнить п.п. 3-4.

6. Установить емкость конденсатора $2C$, выполнить п.п. 3-4.
 7. По результатам исследований построить векторные диаграммы токов и напряжений
 8. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета.
- Сделать выводы.

в) Исследование RLC - цепи.

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 3).

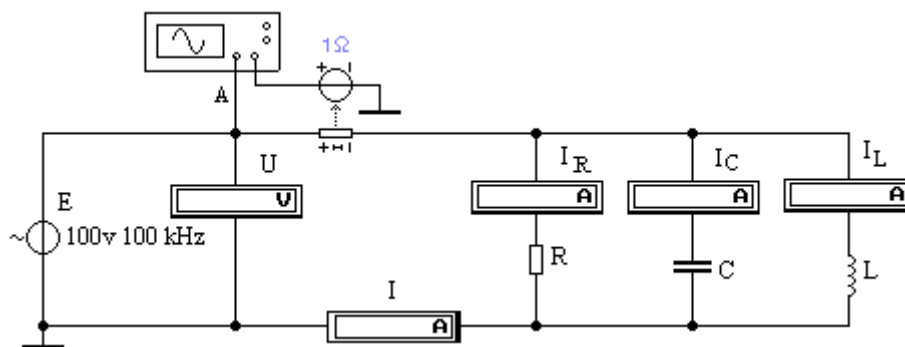


Рисунок 3 - Схема исследования RLC – цепи

2. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R , индуктивности L и емкости конденсатора, при которой в цепи наступит резонанс токов

$$C_{\text{рез}} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 10^{10} \cdot L}, \text{ значение ЭДС и частоты } f = 10^5 \text{ Гц источника } E$$

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов (несколько секунд) кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу результатов исследований

4. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка $T_2 - T_1$ и занести в таблицу 2. Рассчитать сдвиг фаз между напряжением $u(t)$ и током $i(t)$ в градусах по формуле $\varphi = 360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$.

5. Установить емкость конденсатора $C < C_{\text{рез}}$, выполнить п.п. 3-4.
 6. Установить емкость конденсатора $C > C_{\text{рез}}$, выполнить п.п. 3-4.
 7. По результатам исследований построить векторные диаграммы тока и напряжений
 8. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета.
- Сделать выводы.

Содержание отчета.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследований;
- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- векторные диаграммы токов и напряжения для каждого пункта исследований;
- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы:

1. Изобразите график тока $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
2. Запишите выражение для комплексных амплитуды и действующего тока, если мгновенный ток $i(t) = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
3. Построить векторную диаграмму для гармонического тока $i = 2\sin(\omega t - 145^\circ)$ mA.
4. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с резистивным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
5. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с индуктивным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.
6. Записать выражение закона Ома в комплексной форме для участка цепи с емкостным элементом и изобразить векторную диаграмму тока и напряжения.

Лабораторная работа №5

Исследование частотных характеристик апериодических цепей

Цель работы:

1. Экспериментальное исследование амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик электрических цепей первого порядка
2. Экспериментальное исследование частотных характеристик электрических цепей второго порядка.

Задание на подготовку к лабораторной работе:

- выполнить предварительный расчет согласно варианту задания (таблица 1):

- а) амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1) и построить их графики.
- б) амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1) и построить их графики.
- в) амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик полосового звена (ПЗ) и построить графики.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источники переменного напряжения, резисторы, конденсаторы, осциллограф, вольтметры. Осциллограф используется для определения фазовых сдвигов гармонических напряжений.

Задание на исследование:

1. Исследовать амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1) и построить их графики.
2. Исследовать амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1) и построить их графики.
3. Исследовать амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики полосового звена (ПЗ) и построить графики.

Таблица 1 Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	R1, кОм	C1, мкФ	R2, кОм	C2, мкФ	Вариант №	R1, кОм	C1, мкФ	R2, кОм	C2, мкФ
1	1.1	1.0	10	0.2	31	1.0	2.0	20	0.3
2	1.2	2.0	15	0.1	32	1.2	0.1	30	0.4
3	1.5	0.1	20	2.0	33	1.5	0.2	40	0.4
4	1.7	0.2	30	1.0	34	1.7	0.8	25	0.7
5	2.5	0.8	40	0.5	35	2.5	5.0	35	0.1
6	3.0	5.0	25	0.3	36	3.0	2.0	30	0.2
7	1.0	2.0	35	0.4	37	1.0	6.0	80	0.3
8	1.1	6.0	30	0.4	38	1.1	5.0	25	0.4
9	1.2	5.0	80	0.7	39	1.2	2.0	15	0.2
10	2.2	2.0	25	0.1	40	2.2	1.0	15	1.0
11	3.6	1.0	15	0.2	41	3.6	2.0	40	1.1
12	1.2	2.0	15	0.3	42	1.2	5.0	50	1.2
13	1.5	5.0	40	0.4	43	1.5	6.0	60	2.2
14	1.7	6.0	50	0.2	44	1.7	1.0	60	3.6
15	2.5	1.0	60	1.0	45	2.5	1.1	25	1.2
16	3.0	1.1	60	1.1	46	3.0	1.2	35	1.5
17	1.0	1.2	25	1.2	47	1.0	2.2	30	1.7
18	1.1	2.2	35	2.2	48	1.1	3.6	80	2.5
19	1.2	3.6	30	3.6	49	1.2	2.0	25	3.0
20	2.2	1.2	80	1.2	50	2.2	0.1	15	1.0
21	3.6	1.5	25	1.5	51	1	0.2	15	1.1
22	1.2	1.7	15	1.7	52	1.2	0.8	40	1.2
23	1.5	2.5	15	2.5	53	1.5	5.0	40	2.2
24	1.7	3.0	40	3.0	54	1.7	2.0	60	0.3
25	2.5	1.0	40	1.0	55	2.5	6.0	60	0.4
26	3.0	1.1	60	1.1	56	3.0	5.0	20	0.4
27	1.0	1.2	60	1.2	57	1.0	2.0	30	0.7
28	1.1	2.2	25	2.2	58	1.1	1.0	40	0.1
29	1.2	3.6	15	3.6	59	1.2	2.0	25	0.2
30	2.2	1.2	15	1.2	60	2.2	5.0	35	0.3

Порядок проведения исследований

а) Исследование амплитудно-частотных фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1)

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 1).

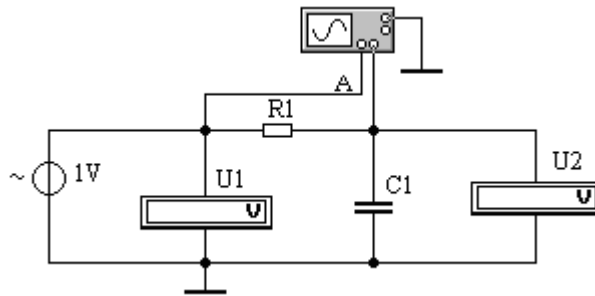


Рисунок 1-Схема исследования частотных характеристик НЧ-1

2. Рассчитать $f_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R1 \cdot C1}$. Заполнить строку 2 таблицы 2.

Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R1 и емкости конденсатора C1, значение ЭДС источника E=1В и его частоты $f = 0.01f_{гр}$. Перевести вольтметры в режим измерения переменного тока. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на линии канала "А" осциллографа установить красный цвет, на линии канала "В" – синий.

3. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1» перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания вольтметров занести в таблицу результатов исследований

Таблица 2 - Результаты исследований низкочастотного звена НЧ-1

f/f _{гр}	0.01	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
f, Гц														
U ₂ , В														
U ₁ , В														
H(f)														
T2-T1, с														
ψ(f), градус														

4. Двойным нажатием левой кнопки «мыши» на изображении осциллографа активизировать его и перевести в режим «Zoom». Установить визирную линейку 1 (красного цвета) в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "А" при ее переходе от отрицательного значения к положительному, а визирную линейку 2 - в точку пересечения оси времени осциллограммой канала "В" при ее переходе от отрицательного

значения к положительному. Значение временного промежутка $T_2 - T_1$ занести в таблицу 2. Рассчитать фазовый сдвиг между напряжениями U_2 и U_1 в градусах по формуле $\psi(f) = -360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$. Здесь f - частота синусоидальной ЭДС источника.

5. Изменяя частоту f источника согласно таблице 2 выполнить п.п. 3-4.
6. По результатам исследований построить графики АЧХ и ФЧХ звена НЧ-1

б) Исследование амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1)

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 2).

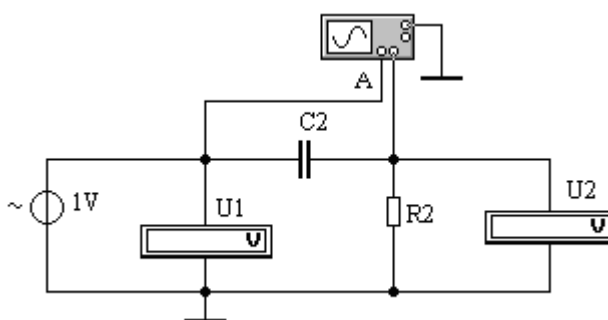


Рисунок 2 - Схема исследования частотных характеристик ВЧ-1

2. Рассчитать $f_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2}$. Заполнить строку 2 таблицы расчетных и экспериментальных данных.

3. Установить заданные согласно варианту величины сопротивления резистора R_2 и емкости конденсатора C_2 , значение ЭДС источника $E = 1V$ и частоты $f = 0.01f_{гр}$.

4. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1», расположенную в правом верхнем углу экрана перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания вольтметров занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

5. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка $T_2 - T_1$. Рассчитать и занести в таблицу фазовый сдвиг между напряжениями U_2 и U_1 в градусах по формуле $\psi(f) = -360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$.

6. Изменяя частоту f источника согласно таблице 2 выполнить п.п. 4-5.
7. По результатам исследований построить графики АЧХ и ФЧХ звена ВЧ-1

в) Исследование амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) полосового звена

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 3).

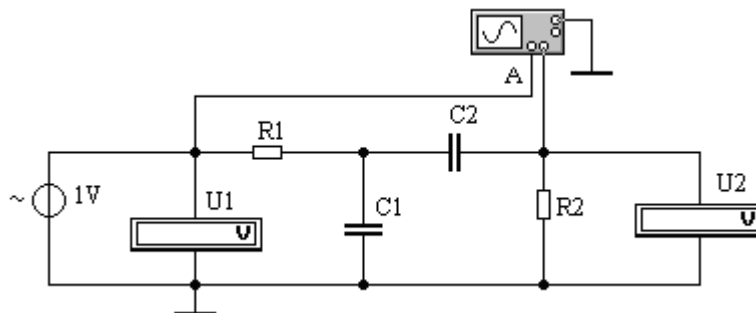


Рисунок 3 - Схема исследования частотных характеристик полосового звена

2. Рассчитать $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 \cdot C_1 \cdot R_2 \cdot C_2}}$.

Заполнить строку 2 таблицы расчетных и экспериментальных данных.

3. Установить заданные согласно варианту величины сопротивлений резисторов R1, R2 и емкостей конденсаторов C1, C2, значение ЭДС источника E = 1В и частоты $f = 0.01f_0$.

4. После завершения установки всех параметров схемы кнопку  - «0-1», расположенную в правом верхнем углу экрана перевести в положение 1-«Включено». По завершении автоматических расчетов кнопку  перевести в положение 0-«Выключено». Показания вольтметров занести в таблицу расчетных и экспериментальных данных.

5. С помощью осциллографа определить значение временного промежутка T2-T1. Рассчитать фазовый сдвиг между напряжениями U₂ и U₁ в градусах по формуле $\psi(f) = -360^\circ \cdot (T_2 - T_1) \cdot f$

6. Изменяя частоту f источника согласно таблице, выполнить п.п. 4-5.

7. По результатам исследований построить графики АЧХ и ФЧХ полосового звена. По графику АЧХ определить полосу пропускания. Результаты исследований сравнить с результатами предварительного расчета. Сделать выводы.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследований;
- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- графики АЧХ и ФЧХ звеньев;

- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы:

1. Изобразите схему низкочастотного звена первого порядка.
2. Дайте определение комплексной передаточной характеристики цепи.
3. Запишите выражение для комплексной передаточной функции низкочастотного звена первого порядка.
4. Дайте определение амплитудно-частотной характеристики цепи.
5. Изобразите графики амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик низкочастотного звена первого порядка.
6. Каким образом по графику амплитудно-частотной характеристики низкочастотного звена первого порядка можно определить граничную частоту?
7. Запишите выражение для комплексной передаточной функции полосового звена.
8. Каким образом по графику амплитудно-частотной характеристики полосового звена можно определить граничные частоты?

Лабораторная работа №6

Исследование временных характеристик апериодических цепей

Цель работы:

1. Экспериментальное исследование переходных и импульсных характеристик электрических цепей первого порядка
2. Экспериментальное исследование переходных и импульсных характеристик электрических цепей второго порядка.

Задание на подготовку к лабораторной работе:

- выполнить предварительный расчет согласно варианту задания (таблица 1):

- а) переходной и импульсной характеристик низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1) и построить их графики.
- б) переходной и импульсной характеристик высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1) и построить их графики.
- в) переходной и импульсной характеристик полосового звена (ПЗ) и построить графики.

Описание схемы исследований

Исследования проводятся на ПЭВМ в среде Electronics Workbench. Схемы исследований содержат источники переменного напряжения, резисторы, конденсаторы, осциллограф, вольтметры. Осциллограф используется для определения фазовых сдвигов гармонических напряжений.

Задание на исследование:

1. Исследовать переходную и импульсную характеристики низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1) и построить их графики.
2. Исследовать переходную и импульсную характеристики высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1) и построить их графики.
3. Исследовать переходную и импульсную характеристики полосового звена (ПЗ) и построить графики.

Таблица 1 Варианты заданий для предварительного расчета и исследований

Вариант №	R1, кОм	C1, мкФ	R2, кОм	C2, мкФ	Вариант №	R1, кОм	C1, мкФ	R2, кОм	C2, мкФ
1	1.1	1.0	10	0.2	31	1.0	2.0	20	0.3
2	1.2	2.0	15	0.1	32	1.2	0.1	30	0.4
3	1.5	0.1	20	2.0	33	1.5	0.2	40	0.4
4	1.7	0.2	30	1.0	34	1.7	0.8	25	0.7
5	2.5	0.8	40	0.5	35	2.5	5.0	35	0.1
6	3.0	5.0	25	0.3	36	3.0	2.0	30	0.2
7	1.0	2.0	35	0.4	37	1.0	6.0	80	0.3
8	1.1	6.0	30	0.4	38	1.1	5.0	25	0.4
9	1.2	5.0	80	0.7	39	1.2	2.0	15	0.2
10	2.2	2.0	25	0.1	40	2.2	1.0	15	1.0
11	3.6	1.0	15	0.2	41	3.6	2.0	40	1.1
12	1.2	2.0	15	0.3	42	1.2	5.0	50	1.2
13	1.5	5.0	40	0.4	43	1.5	6.0	60	2.2
14	1.7	6.0	50	0.2	44	1.7	1.0	60	3.6
15	2.5	1.0	60	1.0	45	2.5	1.1	25	1.2
16	3.0	1.1	60	1.1	46	3.0	1.2	35	1.5
17	1.0	1.2	25	1.2	47	1.0	2.2	30	1.7
18	1.1	2.2	35	2.2	48	1.1	3.6	80	2.5
19	1.2	3.6	30	3.6	49	1.2	2.0	25	3.0
20	2.2	1.2	80	1.2	50	2.2	0.1	15	1.0
21	3.6	1.5	25	1.5	51	1	0.2	15	1.1
22	1.2	1.7	15	1.7	52	1.2	0.8	40	1.2
23	1.5	2.5	15	2.5	53	1.5	5.0	40	2.2
24	1.7	3.0	40	3.0	54	1.7	2.0	60	0.3
25	2.5	1.0	40	1.0	55	2.5	6.0	60	0.4
26	3.0	1.1	60	1.1	56	3.0	5.0	20	0.4
27	1.0	1.2	60	1.2	57	1.0	2.0	30	0.7
28	1.1	2.2	25	2.2	58	1.1	1.0	40	0.1
29	1.2	3.6	15	3.6	59	1.2	2.0	25	0.2
30	2.2	1.2	15	1.2	60	2.2	5.0	35	0.3

Порядок проведения исследований

а) Исследование переходной и импульсной характеристик низкочастотного звена первого порядка (НЧ-1)

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 1).

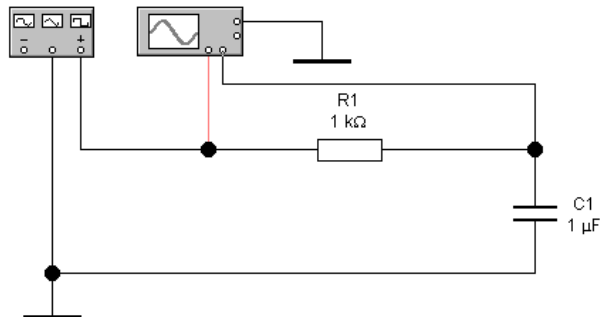
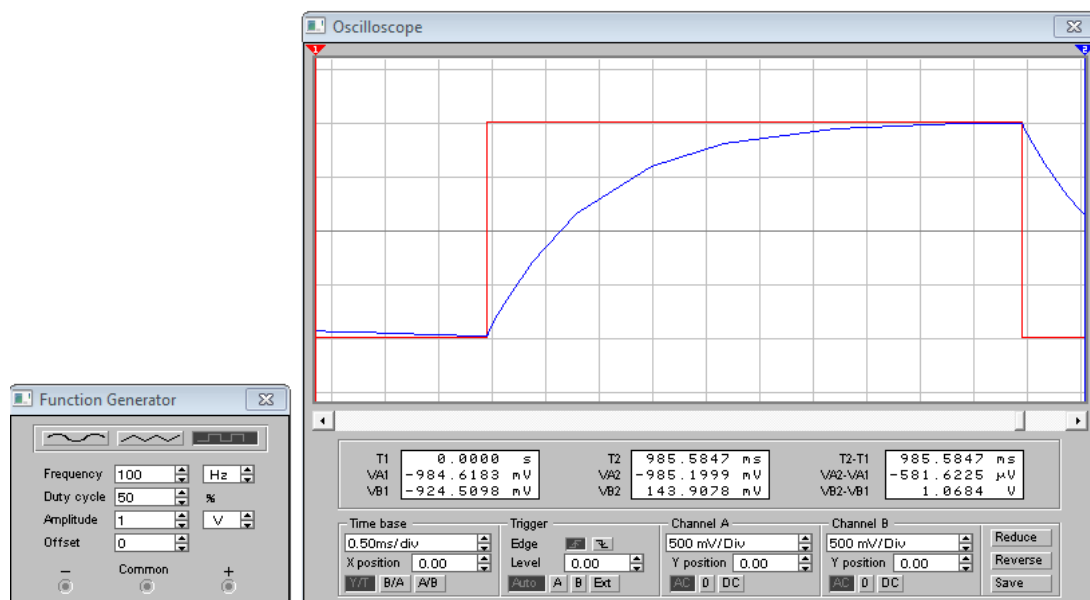


Рисунок 1-Схема исследования временных характеристик НЧ-1

2. Установить параметры генератора и осциллографа согласно рисунку 2.



3. Снять осциллограмму переходной характеристики. По графику переходной характеристики определить постоянную времени цепи, длительность переходного процесса.
4. Сопротивление R_1 увеличить в 2 раза. Повторить п.3
5. Сопротивление R_1 уменьшить в 2 раза. Повторить п.3
6. Сделать вывод о влиянии R_1 на временную характеристику цепи
7. Установить на генераторе скважность импульсов 0.1%
8. Снять осциллограмму импульсной характеристики. По графику импульсной характеристики определить постоянную времени цепи, длительность переходного процесса.
9. Повторить п. 4-6

б) Исследование временных характеристик высокочастотного звена первого порядка (ВЧ-1)

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 2).

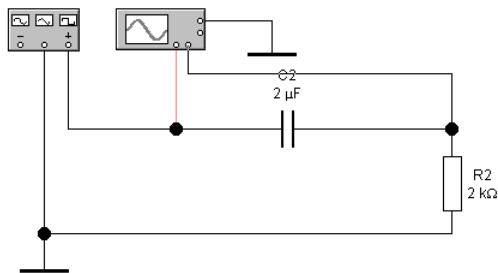


Рисунок 2 - Схема исследования временных характеристик ВЧ-1

2. Повторить п. 3-9

в) Исследование временных характеристик полосового звена

1. Собрать схему электрической цепи (рисунок 3).

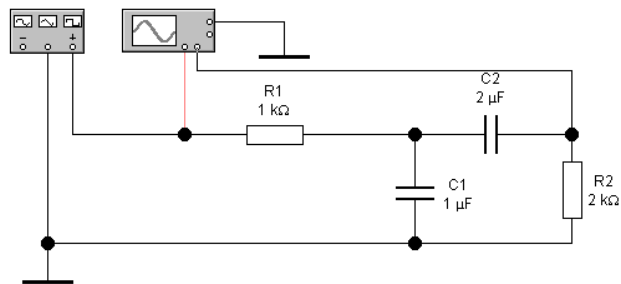


Рисунок 3 - Схема исследования временных характеристик полосового звена

2. Повторить п. 3-9

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследований;
- заполненные таблицы расчетных и экспериментальных данных, расчетные формулы и подробный расчет всех требуемых параметров;
- графики временных характеристик звеньев;
- выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы:

1. Изобразите схему низкочастотного звена первого порядка.
2. Изобразите схему высокочастотного звена первого порядка.
3. Дайте определение переходной характеристики цепи.

4. Запишите выражение для переходной характеристики низкочастотного звена первого порядка.
5. Дайте определение импульсной характеристики цепи.
6. Запишите выражение для импульсной характеристики низкочастотного звена первого порядка.

Лабораторная работа №7

Исследование полупроводниковых диодов

1 Цель работы:

Экспериментальное исследование параметров и характеристик полупроводниковых диодов.

2 Задание на исследование:

1. Исследовать вольтамперную характеристику и рассчитать параметры полупроводникового выпрямительного диода.
2. Исследовать вольтамперную характеристику и рассчитать параметры полупроводникового стабилитрона.

3 Краткие сведения из теории

Полупроводниковыми диодами называют электропреобразовательные приборы с одним электрическим переходом, имеющие два вывода.

Основной характеристикой полупроводникового диода является вольтамперная, представляющая собой зависимость тока протекающего через диод, от величины и полярности приложенного к нему напряжения.

Вольтамперная характеристика диода имеет две ветви. Ветвь, расположенная в первом квадранте соответствует прямому включению диода, а расположенная в третьем квадранте - обратному.

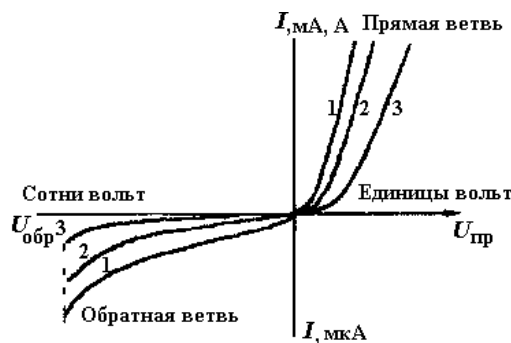


Рисунок 1 - Вольтамперная характеристика выпрямительного диода:

1 - при повышенной температуре; 2 - при нормальной температуре;

3 - при пониженной температуре

Основными параметрами диодов является

- 1). Дифференциальное сопротивление (сопротивление диода переменному току

$$R_{\text{диф}} = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (1)$$

- 2). Статическое сопротивление диода постоянному току

$$R_{np} = \frac{U_{np}}{I_{np}} ; \quad R_{обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}} \quad (2)$$

3). Коэффициент выпрямления $K_B = I_{np} / I_{обр}$ при $U = \pm 1$ В. (3)

4). Обратное максимально допустимое напряжение $U_{обр} = 0,8 \cdot U_{проб}$ (4)

где $U_{проб}$ - напряжение теплового или электрического пробоя (от десятков до тысяч вольт).

Когда обратное напряжение диода достигает определенного критического значения, ток диода начинает резко возрастать. Это явление называют пробоем диода.

4 Порядок проведения исследований

4.1 Исследование вольтамперной характеристики и расчет параметров полупроводникового выпрямительного диода

4.1.1 Исследование прямой ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода

Собрать схему рисунок 2

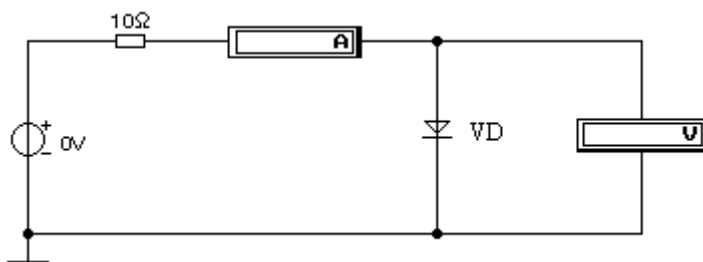


Рисунок 2

Схема содержит: источник ЭДС; резистор $R = 10$ Ом; амперметр; полупроводниковый диод; вольтметр.

Таблица 1- Тип исследуемого диода

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8
диод	1N3492	1N34923	1N3881	1N3889	1N3899	1N3903	1N4001	1N4002
Вариант №	9	10	11	12	13	14	15	16
диод	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	1N4148	1N4723	1N4724
Вариант №	17	18	19	20	21	22	23	24
диод	1N4933	1N4937	1N5400	1N5402	1N5404	1N4149	1N4150	1N4151
Вариант №	25	26	27	28	29	30	31	32
диод	1N4152	1N4153	1N4305	1N4446	1N4447	1N4448	1N914	1N914A
Вариант №	33	34	35	36	37	38	39	40
диод	1N914B	1N916	1N916A	1N916B	1N3899	1N4937	1N5402	1N4002

Установить требуемый тип диода.

Последовательно установить значения ЭДС источника равными: 5В; 4В; 3В; 2В; 1-0.4 В (через 0.1 В); 0 В.

Активизировать схему.

Показания измерительных приборов занести в таблицу 2.

Таблица 2

$U_{пр}, \text{ мВ}$																
$I_{пр}, \text{ мА}$																

По полученным данным, таблица 1 постройте график функции $I_{np} = f(U_{np})$.

4.1.2 Исследование обратной ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода

Собрать схему рисунок 3

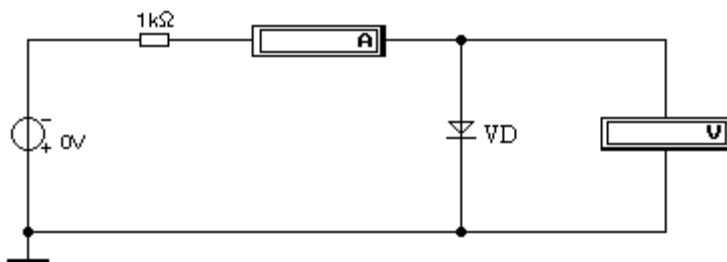


Рисунок 3

Схема содержит: источник ЭДС; резистор $R = 1 \text{ кОм}$; амперметр; полупроводниковый диод; вольтметр.

Последовательно установить значения ЭДС источника равными: 0 В; 10 В; 80 В; 98 В; 100 В; 101 В; 102 В.

Активизировать схему.

Показания измерительных приборов занести в таблицу 3.

Таблица 3

$U_{обр}, \text{ В}$							
$I_{обр}, \text{ мкА}$							

4.1.3 Анализ вольтамперной характеристики и расчет параметров полупроводникового выпрямительного диода

По полученным данным таблица 2, постройте график функции $I_{обр} = f(U_{обр})$.

Руководствуясь выражениями (1), (2), (3), (4) и вольтамперной характеристикой рассчитайте:

дифференциальное сопротивление (изгиб прямой ветви вольтамперной характеристики);

статическое сопротивление (прямое, обратное при $U = \pm 0,75 \text{ В}$);

коэффициент выпрямления (при $U = \pm 0,75 \text{ В}$);

обратное максимально допустимое напряжение.

Данные для расчетов показать на вольтамперной характеристике.

Результаты вычислений занести в таблицу 4.

Таблица 4

$R_{\text{диф}}, \text{ Ом}$	$R_{\text{ст.пр}}, \text{ Ом}$	$R_{\text{ст.обр}}, \text{ кОм}$	K_v	$U_{\text{обр}}$

Сделать выводы.

5 Контрольные вопросы

1. Поясните причины нелинейности вольтамперной характеристики выпрямительного полупроводникового диода.
2. Поясните причины нелинейности вольтамперной характеристики полупроводникового стабилитрона.
3. Дать определение и пояснить порядок расчета параметров выпрямительных диодов:
 - дифференциальное сопротивление
 - статическое сопротивление;
 - коэффициент выпрямления;
 - обратное максимально допустимое напряжение.
4. Дать определение и пояснить порядок расчета параметров полупроводникового стабилитрона
 - минимальный ток стабилизации;
 - максимальный ток стабилизации;
 - минимальное напряжение стабилизации;
 - максимальное напряжение стабилизации;
 - дифференциальное сопротивление в режиме стабилизации.

Система обозначений полупроводниковых диодов.

Лабораторная работа №8
Исследование биполярных транзисторов

1 Цель работы

Экспериментальное исследование параметров и характеристик биполярного транзистора.

2 Задание на исследование

Исследовать вольтамперные характеристики и рассчитать параметры биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.

3 Краткие сведения из теории

Транзисторы представляют собой полупроводниковые приборы с одним или несколькими электрическими переходами предназначенные для усиления мощности и имеющие три вывода или больше.

Основу биполярного транзистора (БТ) составляет трехслойная полупроводниковая структура с чередующимся типом проводимостей областей, созданная в едином кристалле и образующая два электрически взаимодействующих электронно-дырочных перехода (рисунок 1).

Схемы включения БТ транзистора показаны на рисунке 2.

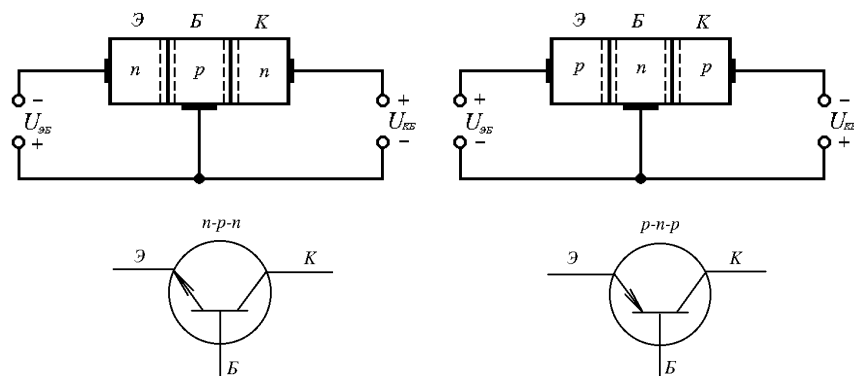


Рисунок 1 - Структура и условно-графическое обозначение БТ

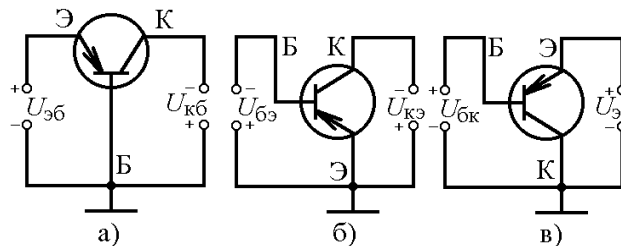


Рисунок 2 - Схемы включения биполярного транзистора:

а - с общей базой (ОБ); б - с общим эмиттером (ОЭ);

в - с общим коллектором (ОК)

В зависимости от схемы включения, биполярные транзисторы характеризуются следующим набором семейств статических характеристик, рисунок 3.

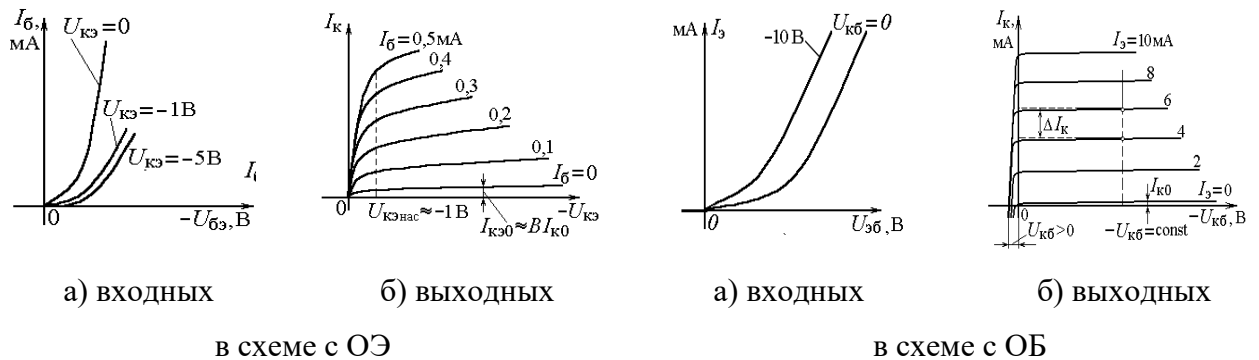


Рисунок 3 - Семейства статических характеристик биполярного транзистора

Рассматривая биполярный транзистор в качестве четырехполюсника, его можно характеризовать системой h - параметров:

$$\Delta U_1 = h_{11}\Delta I_1 + h_{12}\Delta U_2;$$

$$\Delta I_2 = h_{21}\Delta I_1 + h_{22}\Delta U_2.$$

Для схемы с ОЭ h -параметры запишутся:

$$h_{11Э} \approx \left. \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_Б} \right|_{U_{КЭ}=const} \quad \text{- входное сопротивление} \quad (1)$$

$$h_{12Э} \approx \left. \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}} \right|_{I_Б=const} \quad \text{- коэффициент обратной связи по напряжению}; \quad (2)$$

$$h_{21Э} \approx \beta = - \left. \frac{\Delta I_К}{\Delta I_Б} \right|_{U_{КЭ}=const} \quad \text{- коэффициент передачи по току}; \quad (3)$$

$$h_{22Э} \approx \left. \frac{\Delta I_К}{\Delta U_{КЭ}} \right|_{I_Б=const} \quad \text{- выходная проводимость} \quad (4)$$

4 Порядок проведения исследований

4.1 Исследование характеристик и расчет параметров биполярного транзистора

4.1.1 Исследование входной характеристики биполярного

транзистора

➤ Собрать схему (рисунок 4).

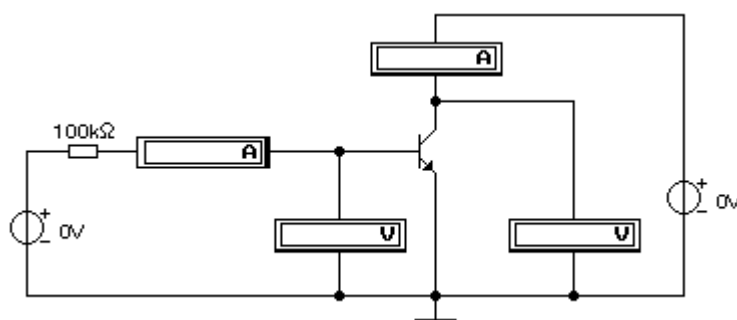


Рисунок 4

Схема содержит: источники ЭДС; резистор $R = 100 \text{ кОм}$; амперметры; вольтметры; биполярный транзистор.

Тип транзистора определяется номером варианта (таблица 1).

Таблица 1- Тип исследуемого биполярного транзистора

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8
транзистор	2N2218	2N2222	2N2369	2N3055	2N3391	2N3707	2N3903	2N3904
Вариант №	9	10	11	12	13	14	15	16
транзистор	2N3947	2N4014	2N4124	2N4401	2N4410	2N4967	2N5089	2N5179
Вариант №	17	18	19	20	21	22	23	24
транзистор	2N5223	2N5550	2N5551	2N5364	2N6058	2N3011	2N3020	2N3053
Вариант №	25	26	27	28	29	30	31	32
транзистор	2N3117	2N3246	2N3252	2N3253	2N3299	2N3300	2N3301	2N3302
Вариант №	33	34	35	36	37	38	39	40
транзистор	2N3390	2N3392	2N3393	2N3394	2N3395	2N3396	2N3397	2N3398

- Установить требуемый тип транзистора.
- Последовательно установить значения ЭДС источника цепи базы равным: 0,5 В; 1 В; 3 В; 5,5 В; 7 В; 9,5 В, при ЭДС источника цепи коллектора равным 0 В.
- Активизировать схему.
- Показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи базы) занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Входная вольтамперная характеристика при $U_{кэ} = 0 \text{ В}$

$U_{бэ}, \text{ мВ}$						
$I_b, \text{ мА}$						

- Установить значение ЭДС источника цепи коллектора равным 10 В.
- Последовательно установить значения ЭДС источника цепи базы равным: 0,5 В; 1 В; 3 В; 5,5 В; 7 В; 9,5 В.

- Активизировать схему. Показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи базы) занести в таблицу 3.

Таблица 3 - Входная вольтамперная характеристика при $U_{кэ} = 10 \text{ В}$

$U_{бэ}, \text{ мВ}$						
$I_{б}, \text{ мА}$						

4.1.2. Анализ семейства входных статических характеристик биполярного транзистора

По полученным данным таблиц 2 и 3, постройте графики функции $I_{б} = f(U_{бэ})$ для двух значений $U_{кэ}$.

Руководствуясь выражениями (1), (2) и ВАХ рассчитайте входное сопротивление и коэффициент обратной связи по напряжению биполярного транзистора (параметры $h_{11э}$, $h_{12э}$).

Данные, используемые для расчетов, показать на вольтамперной характеристике. Результаты вычислений занести в таблицу 4.

Таблица 4

$h_{11э}, \text{ Ом}$	$h_{12э}$

Сделать выводы.

4.1.3 Исследование выходной характеристики биполярного транзистора

- Собрать схему (рисунок 5).

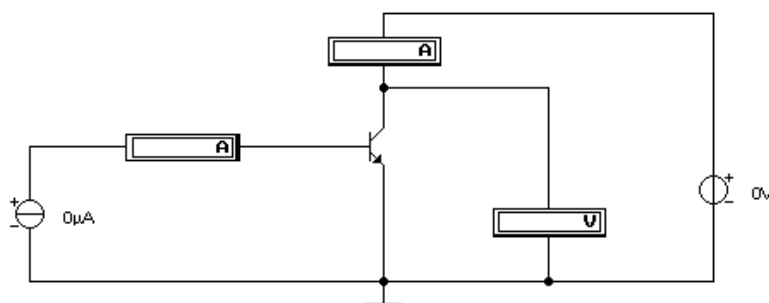


Рисунок 5

Схема содержит: источник тока, источник ЭДС; амперметры; вольтметр; биполярный транзистор.

Тип транзистора определяется номером варианта (таблица 1).

- Установить требуемый тип биполярного транзистора.
- Установить ток базы (20% от максимального значение тока $I_{B \max}$).
- Последовательно установить значения ЭДС источника цепи коллектора равным: 0,1 В; 0,5 В; 1 В; 1,5 В; 3 В; 5 В; 8 В, 10 В. Активизировать схему.
- Снять показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи коллектора), занести их в таблицу 5.

Таблица 5 - Выходная вольтамперная характеристика при $I_B = 20\% I_{B \max}$

$U_{кэ}, В$								
$I_k, мА$								

- Установить ток базы равным 70% от максимального. Последовательно установить значения ЭДС источника цепи базы равным: 0,1 В; 0,5 В; 1 В; 1,5 В; 3 В; 5 В; 8 В, 10 В.
- Активизировать схему.
- Показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи коллектора) занести в таблицу 6.

Таблица 6 - Выходная вольтамперная характеристика при $I_B = 70\% I_{B \max}$

$U_{кэ}, В$								
$I_k, мА$								

4.1.4 Анализ семейства выходных статических характеристик биполярного транзистора

По полученным данным, таблицы 5,6, постройте графики функции $I_k = f(U_{кэ})$ для двух значений I_B , подобные кривым рисунок 1,б.

Руководствуясь выражениями (3), (4) и вольтамперной характеристикой рассчитайте коэффициент передачи по току и выходную проводимость БТ (параметры $h_{21э}$, $h_{22э}$). Данные, используемые для расчетов показать на вольтамперной характеристике. Результаты вычислений занести в таблицу 7.

Таблица 7

$h_{21э}$	$h_{22э}, См$

Сделать выводы.

5 Контрольные вопросы

1. Дайте определение БПТ.
2. Изобразите структуру БПТ и дайте определения эмиттера, базы, коллектора, эмиттерного и коллекторного переходов.
3. Перечислите и поясните режимы работы БПТ.
4. Перечислите и изобразите схемы включения БПТ.
5. Начертите следующие схемы включения БПТ и покажите цепи протекания токов:
 - транзистор п-р-п, СОЭ, РН;
 - транзистор п-р-п, СОЭ, РО;
 - транзистор р-п-р, СОЭ, АРн.
6. Напишите уравнения токов коллектора для БПТ, включенных по схемам с ОЭ и поясните их.
7. Чем определяются усилительные свойства БПТ?
8. Дайте определение эффекта модуляции ширины базы и назовите последствия проявления этого эффекта.
9. Дайте определения входным статическим характеристикам БПТ в СОЭ, начертите их и поясните причины сдвига их при увеличении $|U_{\text{вых}}|$
10. Дайте определения выходным статическим характеристикам БПТ в СОЭ, начертите их с указанием режимов.
11. Поясните физический смысл h -параметров биполярного транзистора
12. Поясните методику расчета h -параметров биполярного транзистора

Лабораторная работа №9
Исследование полевых транзисторов

1 Цель работы

Экспериментальное исследование параметров и характеристик полевых транзисторов.

2 Задание на исследование:

Исследовать вольтамперные характеристики и рассчитать параметры полевого транзистора с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком.

3 Краткие сведения из теории

Полевой транзистор – это полупроводниковый прибор, в котором ток стока (I_C) через полупроводниковый канал n - или p -типа управляется электрическим полем, возникающим при приложении напряжения между затвором ($З$) и истоком ($И$). Полевые транзисторы изготавливают:

- с управляющим затвором типа p - n -перехода для использования в высокочастотных (до 12...18 ГГц) преобразовательных устройствах. Условное их обозначение на схемах приведено на рис. 1, а и б;
- с изолированным (слоем диэлектрика) затвором для использования в устройствах, работающих с частотой до 1...2 ГГц. Их изготавливают или со *встроенным каналом* в виде МДП-структуры (см. их условное обозначение на рис. 1, в и г), или с *индуцированным каналом* в виде МОП-структуры (их условное обозначение на схемах дано на рис. 1, д и е).

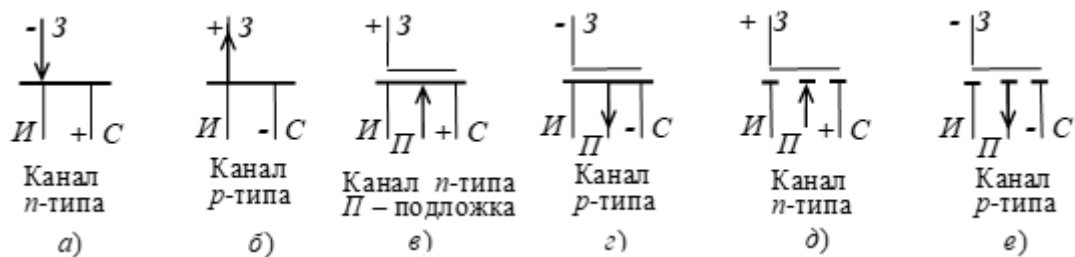


Рисунок 1

Схема включения полевого транзистора с затвором типа p - n -перехода и каналом n -типа, его семейство выходных характеристик $I_C = f(U_C)$, $U_З = const$ и стоко-затворная характеристика $I_C = f(U_З)$, $I_C = const$ изображены на рис 2

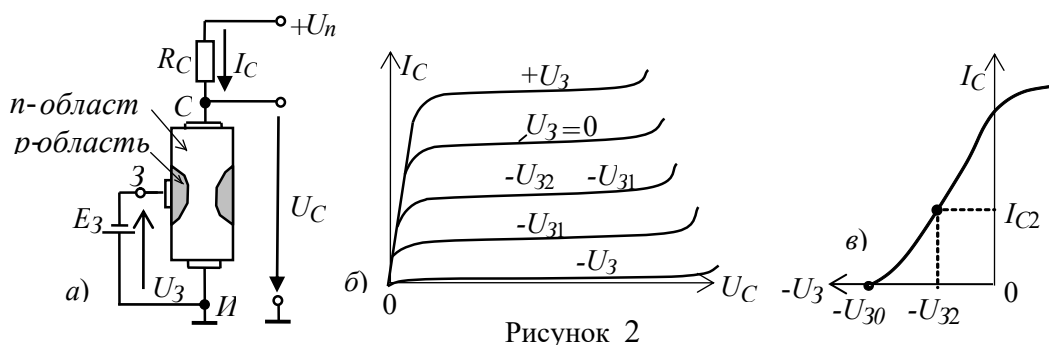


Рисунок 2

При подключении выходов стока C и истока I к источнику питания U_n по каналу n -типа протекает начальный ток I_C , так как p - n -переход не перекрывает сечение канала (рис. 2, а). При этом электрод, из которого в канал входят носители заряда, называют *истоком*, а электрод, через который из канала уходят основные носители заряда, называют *стоком*. Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, называют *затвором*. С увеличением обратного напряжения $-U_3$ уменьшается сечение канала, его сопротивление увеличивается и уменьшается ток стока I_C (см. рис.2, в).

Итак, управление током стока I_C происходит при подаче обратного напряжения на p - n -переход затвора 3. В связи с малостью обратных токов в цепи затвор-исток, мощность, необходимая для управления током стока, оказывается ничтожно малой.

При напряжении $-U_3 = -U_{30}$, называемым *напряжением отсечки*, сечение канала полностью перекрывается обеднённым носителями заряда барьерным слоем, и ток стока I_{C0} (ток отсечки) определяется неосновными носителями заряда p - n -перехода (см. рис. 2, б).

Схематичная структура полевого транзистора с индуцированным n -каналом представлена на рис 3.

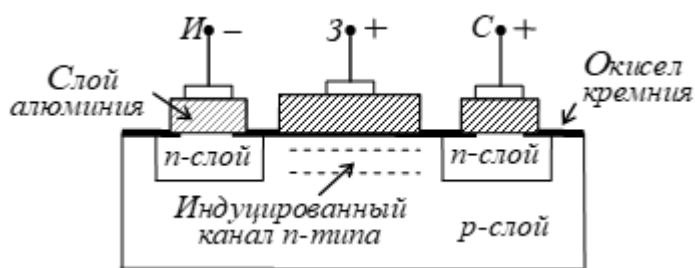


Рисунок 3

Электрод затвора изолирован от полупроводникового канала с помощью слоя диэлектрика из двуокиси кремния (SiO_2). Поэтому полевой транзистор с такой структурой называют МОП-транзистором (металл-оксид-полупроводник). Электроды стока и истока располагаются по обе стороны затвора и имеют контакт с полупроводниковым каналом. При напряжении на затворе относительно истока равным нулю и при наличии напряжения на стоке ток стока I_C оказывается ничтожно малым. Заметный ток стока появляется только

Важнейшей особенностью полевых транзисторов является высокое входное сопротивление (десятки-сотни мегаом) и малый входной ток. Одним из основных параметров полевых транзисторов является *крутизна* $S = \Delta I_C / \Delta U_3$ стоко-затворной характеристики (см. рис. 4), выражаемая в мА/В.

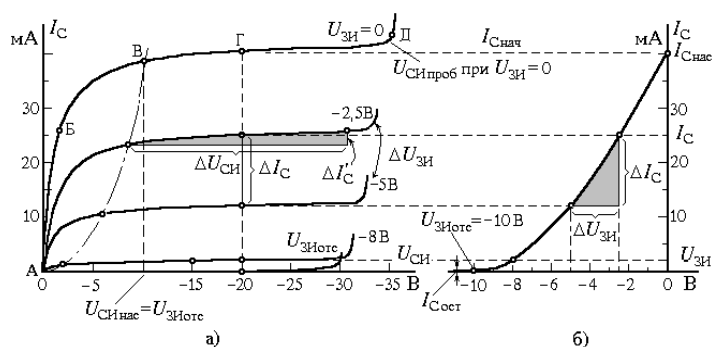


Рисунок 4 - Статические стоковые (а) и стоко-затворные (б) характеристики полевого транзистора с управляющим p - n переходом и каналом n -типа включенного по схеме с общим истоком

Крутизна характеристики полевого транзистора $S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}} |_{\text{при } U_{си} = \text{const}}$

$$R_{\text{диф}} = \frac{\Delta U_{\text{си}}}{\Delta I_{\text{с}}} \Big|_{\text{при } U_{\text{зи}} = \text{const}}$$

Коэффициент усиления полевого транзистора $M = \frac{\Delta U_{\text{си}}}{\Delta U_{\text{зи}}} \big|_{\text{при } I_c = \text{const}}$

4 Порядок проведения исследований

4.1 Исследование вольтамперной характеристики полевого транзистора с управляющим p-n- переходом

4.1.1 Исследование стоко-затворной характеристики полевого транзистора

- Собрать схему рисунок 5.

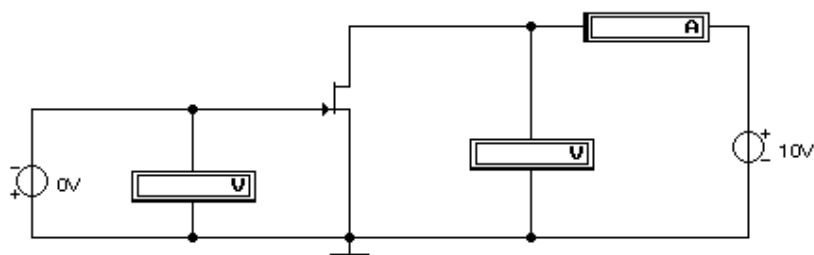


Рисунок 5

- Схема содержит: источники ЭДС, амперметр; вольтметры; полевой транзистор. Тип транзистора определяется номером варианта (таблица 1).
- Установить требуемый тип полевого транзистора.
- Последовательно установить значения ЭДС источника цепи затвора равным: 0 В; 0,1 В; 0,5 В; 1 В; 2 В; 3 В и т.д. до запираения канала ПТ.

Таблица 1- Тип исследуемого полевого транзистора

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип ПТ	J2N3369	J2N3370	J2N3369	J2N3466	J2N3819	J2N3968	J2N3969	J2N4224
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип ПТ	J2N4885	J2N5198	J2N5104	J2N5245	J2N5246	J2N5347	J2N5248	J2N5360
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
Тип ПТ	J2N5361	J2N5362	J2N5363	J2N5364	J2N5453	J2N5546	J2N5547	J2N5561
№ варианта	25	26	27	28	29	30	31	32
Тип ПТ	J2N5562	J2N5563	J2N5654	J2N5903	J2N5949	J2N5950	J2N5951	J2N5952
№ варианта	33	34	35	36	37	38	39	40
Тип ПТ	J2N5953	J2N3458	J2N3459	J2N3584	J2N3585	J2N3586	J2N3587	J2N3822

- Активизировать схему.

- Показания измерительных приборов занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Стоко-затворная вольтамперная характеристика

$U_{зи}, В$						
$I_c, мкА$						

По полученным данным, таблица 2, построить график функции $I_c = f(U_{зи})$ для заданного значения $U_{си}$. Сделать выводы.

4.1.2 Исследование стоковой характеристики полевого транзистора

- Установить напряжение на затворе (5% от напряжения запирающего канала) (значение источника ЭДС в цепи затвора).
- Последовательно установить значения ЭДС источника цепи стока равным: 0,1 В; 0,5 В; 1 В; 1,5 В; 3 В; 5 В; 8 В, 10 В. Активизировать схему.
- Показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи сток-исток) занести в таблицу 3.

Таблица 3 - Стоковая вольтамперная характеристика при $U_{зи} = 5\%$ от максимального

$U_{си}, В$								
$I_c, мкА$								

- Установить напряжение на затворе (50% от напряжения запирающего канала). Последовательно установить значения ЭДС источника цепи стока равным: 0,1 В; 0,5 В; 1 В; 1,5 В; 3 В; 5 В; 8 В, 10 В.
- Активизировать схему.
- Показания измерительных приборов (амперметра, вольтметра цепи сток-исток) занести в таблицу 4.

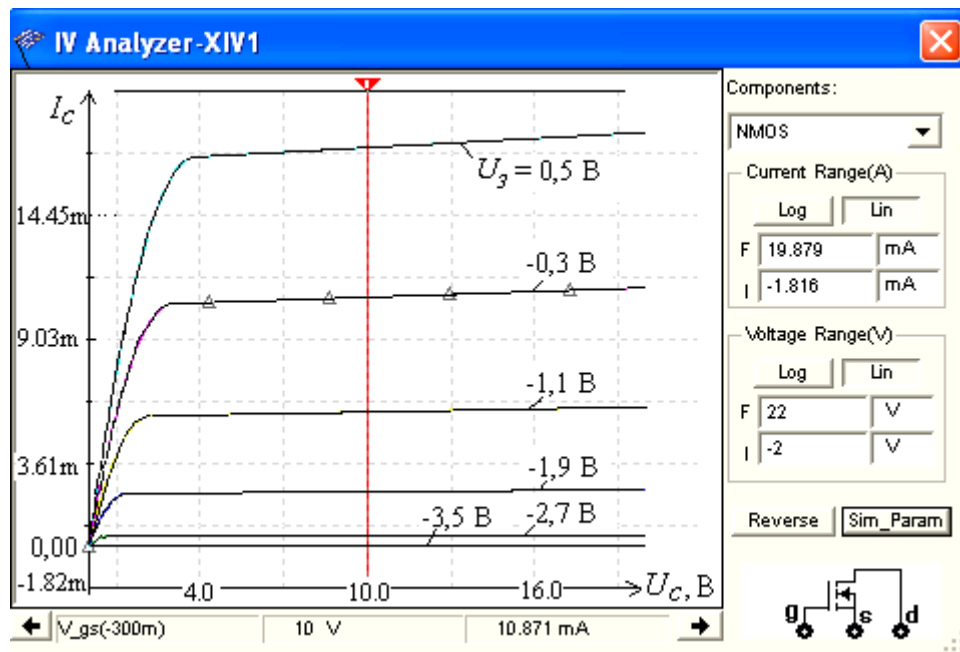
Таблица 4 - Стоковая вольтамперная характеристика при $U_{зи} = 50\%$ от максимального

$U_{си}, В$								
$I_c, мкА$								

По полученным данным (таблицы 3,4) постройте графики функции $I_c = f(U_{си})$ для двух значений $U_{зи}$.

Рассчитать: - крутизну $S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{зи}} \big|_{U_{си} = \text{const}}$,

- дифференциальное сопротивление $R_{\text{диф}} = \frac{\Delta U_{си}}{\Delta I_c} \big|_{U_{зи} = \text{const}}$,



Рисунке 6

- коэффициент усиления полевого транзистора $M = \frac{\Delta U_{си}}{\Delta U_{зи}} \big|_{I_c = \text{const}}$

Сделать выводы.

4. ПОСТРОЕНИЕ ВАХ ТРАНЗИСТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИОГРАФА СРЕДЫ MS12

Снять семейство выходных характеристик полевых транзисторов в схеме с ОИ можно с помощью характериографа **IV Analyzer** (рис. 6).

На рис. 6 представлено семейство ВАХ модели полевого транзистора **2N3823** ($U_{Cmax} = 100$ В; напряжение отсечки $U_{зо} = -3,3$ В) с управляющим затвором типа *p-n*-перехода и с каналом *n*-типа, снятое с помощью характериографа **IV Analyzer** при изменении напряжения сток-исток (**drain-source**) $U_{си}$ (**V-ds**) от 0 до 20 В, напряжении затвор-исток (**gate-source**) $U_{зи}$ (**V-gs**) от $-3,5$ В до $0,5$ В и числе фиксированных уровней напряжения затвора $N = 6$.

Переместим визир в окне характериографа в положение, при котором напряжение стока $U_C = 10$ В, и запишем значения тока стока при двух напряжениях затвора транзистора, например, при $U_3 = -0,3$ В ток стока $I_C = 10,87$ мА, а при $U_3 = -1,13$ В ток $I_C = 5,86$ мА. Тогда крутизна управляющей стоко-затворной характеристики $I_C(U_3)$ транзистора при $U_C = 10$ В равна

$$S = \Delta I_C / \Delta U_3 \approx 10,8 = 6,25 \text{ мА/В.}$$

Контрольные вопросы

1. Дайте определение полевого транзистора и классификацию их.
2. Перечислите основные конструктивные элементы ПТ и поясните назначение их.
3. Дайте определение полевого транзистора с управляющим **p-n**-переходом и изобразите его структуру.
4. Начертите схему включения **p-n**- ПТ и сформулируйте правила определения полярности напряжений $U_{си}$ и $U_{зи}$.
5. Поясните влияние напряжений $U_{си}$ и $U_{зи}$ на форму канала. Чему равно напряжение в произвольном сечении перехода $U_{пер}(x)$?
6. Дайте определение напряжения отсечки и напряжения насыщения.
7. Изложите принцип работы **p-n** - ПТ. Напишите основное уравнение тока стока.
8. В чем суть механизма самоограничения тока I_C ?
9. Дайте определение выходной характеристики **p-n** - ПТ, начертите ее. Объясните сублинейный и пологий участки и участок пробоя. Почему при увеличении $|U_{зи}|$ уменьшается напряжение пробоя?
10. Дайте определение проходной характеристики, начертите и объясните ее.
11. Перечислите основные параметры **p-n** - ПТ.
12. Начертите эквивалентную схему **p-n** - ПТ и поясните назначение ее элементов.
13. Начертите простейший резистивный усилитель на **p-n** - ПТ.

Литература

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : [учебник] / Л. А. Бессонов. - 10-е изд. - М.: Гардарики, 2012. - 638 с.
2. Электроника: учебник: Направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Бакалавриат / П.А. Пашинцев, В.П. Пашинцев, Г.И. Линец, В.И. Никулин; под общ. ред. П.А. Пашинцева; ФГАОУ ВПО Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь: СКФУ, 2019. - 399 с., экземпляров неограниченно.
3. Никулин В. И. Теория электрических цепей. - М.: РИОР, 2016.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. Издание 5-е.-М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
5. Батура М.П. Теория электрических цепей [Электронный ресурс]: учебник/ Батура М.П., Кузнецов А.П., Курулев А.П.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2015.— 607 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52136>
2. Водовозов, А. М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Водовозов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2016. — 140 с. — 978-5-9729-0137-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51731.html>
6. Яковлев, С. В. (СевКавГТУ). Электроника : учеб. пособие / С. В. Яковлев ; ФГБОУ Сев.-Кав. гос. техн. ун-т. – Ставрополь : Издательство СевКавГТУ, 2012. – 270 с. : ил. – Библиогр.: с. 268-269
7. Электроника. Часть первая. Лабораторный практикум по аналоговой электронике в программно-аппаратной среде NI ELVIS II [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Э.И. Цимбалист [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34741>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.
8. Разинкин В.П. Электроника. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Разинкин В.П.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.-106 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45203>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.
9. Лаппи Ф.Э. Анализ простых электронных цепей. От электротехники к электронике. Схемы с диодами и транзисторами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лаппи Ф.Э.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 144 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/45360>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.

10. Пинигин К.Ю. Моделирование электронных устройств в среде MultiSim [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Пинигин К.Ю., Жмудь В.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 74 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45403>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.

11. Подготовка к интернет-тестированию по дисциплине «Электротехника и электроника»: учебно-методическое пособие / А.Ш. Мухтаров, Ю.Г. Соколов, А.В. Толмачева, И.Р. Хайруллин; Министерство образования и науки России; «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с.: табл., граф., схем. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 159. - ISBN 978-5-7882-1593-8, экземпляров неограниченно.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине **«Электротехника и электроника ЭВМ»**
для студентов направления подготовки /специальности
09.03.01 Информатика и вычислительная техника
шифр и наименование направления подготовки/ специальности

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Оглавление	с
Введение	3
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины	4
2. Контрольные точки и виды отчетности по ним	4
3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала	5
4. Методические указания по выполнению лабораторных работ	6
Литература	9

Введение

Целью самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Электротехника и электроника ЭВМ» является получение знаний по теории различных электрических цепей для решения проблем передачи, обработки и распределения электрических сигналов в системах связи. Задача самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электротехника и электроника ЭВМ»:

-усвоение современных методов анализа, синтеза и расчёта электрических и радиотехнических цепей, а также, методов моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных ЭВМ.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

Знать:

- основы теории, методы и средства теоретического и экспериментального исследования линейных и нелинейных электрических и радиотехнических цепей при гармонических и негармонических воздействиях;
- основы теории четырехполюсников;
- физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия электронных приборов,
- устройство, принцип действия, схемы включения и режимы работы приборов, вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения,
- принцип работы базовых каскадов аналоговых и логических цифровых схем.

Уметь:

- рассчитывать параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей;
- определять дифференциальные параметры электронных приборов по их статическим характеристикам,
- проводить самостоятельный анализ физических процессов, происходящих в электронных устройствах, проектировать и рассчитывать их,
- осуществлять компьютерное моделирование электрических цепей, электронных устройств, систем и процессов в них с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ.
- разрабатывать модели компонентов информационных систем.

Владеть:

- навыками экспериментального исследования электрических цепей в рамках физического и математического моделирования;

- навыками экспериментального определения статических характеристик и параметров полупроводниковых приборов и устройств в рамках физического и математического моделирования.
- навыками применения полупроводниковых приборов и интегральных микросхем,
- способностью разрабатывать модели компонентов информационных систем.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Электротехника и электроника ЭВМ»

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельно й работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
4 семестр						
ОПК-1 ИД-1 _{ОПК-1} ИД-2 _{ОПК-1}	Компьютерное моделирование с использованием графических редакторов	Отчеты по лабораторным работам	Зачетное задание (контрольная точка), выполнение индивидуальных (групповых) заданий из лабораторных работ	31.65	1.35	30.00
ОПК-1 ИД-1 _{ОПК-1} ИД-2 _{ОПК-1}	Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование, оценка ответов по вопросам заданных тем	32	2	34.00
ОПК-1 ИД-1 _{ОПК-1} ИД-2 _{ОПК-1}	Самотестирование, подготовка к тестированию	Результаты контрольного компьютерного тестирования	Тестирование с помощью компьютерных тестовых заданий	10	2	12.00
Итого за семестр				54.65	5.35	76.00
Всего				54.65	5.35	76.00

2. Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
4 семестр			
1	Лабораторная работа 4	6	25
2	Лабораторная работа 6	12	10
3	Лабораторная работа 8	14	20
	Итого за 4 семестр:		55
	Итого:		55

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Рекомендации по организации работы при самостоятельном изучении тем лекционных занятий и подготовке к лабораторным работам

Студентам рекомендуется:

- в день проведения занятий проработать, изученный на занятии учебный материал по конспекту. При этом необходимо выделить вопросы, на которые следует обратить большее внимание при дальнейшем изучении текущей темы. После проработки учебного материала необходимо ответить на, рекомендуемые контрольные вопросы;

- с целью качественного закрепления изученного материала в последующем следует более детально проработать учебный материал с использованием рекомендованной литературы. Студентам рекомендуется выделить вопросы, требующие более детальной проработки с помощью преподавателя;

- накануне проведения лабораторного занятия студенту рекомендуется закрепить теоретический материал, который вынесен на учебное занятие и уяснить, его роль для достижения поставленных целей, подготовить вопросы, требующие уточнения у преподавателя.

Рекомендации по организации работы с литературой

Для овладения, закрепления и систематизации знаний студентам рекомендуется самостоятельная работа с рекомендованной литературой и конспектом лекций. При самостоятельной работе с рекомендованной литературой студентам рекомендуется проводить конспектирование учебного материала, изложенного в рекомендованных источниках.

Конспектирование источников проводится при детальном изучении темы, при этом студентам рекомендуется:

- дополнять конспект лекционного занятия путем его расширения по наиболее важным вопросам, рассмотренным на занятии. Конспектирование источников заключается в дополнении конспекта следующими положениями:

- основные определения и их физический смысл;
- основные физические принципы формирования и обработки сигналов в системах связи с графическими иллюстрациями;
- основные математические соотношения с раскрытием их физического смысла;
- выводы по учебным вопросам, изучаемой темы занятий.

Контроль этого вида самостоятельной работы осуществляется на учебных занятиях путем проверки преподавателем конспекта лекций и собеседования.

При конспектировании источников студенты должны исходить из рационального объема, конспектируемого материала. Конспект должен быть кратким и понятным при его использовании после изучения текущей темы.

При конспектировании источников рекомендуется отдельные рисунки, наиболее важные их фрагменты, наиболее важные формулы выделять цветом. При ведении конспекта на занятии рекомендуется заполнять две трети страницы листа тетради по вертикали, а свободную часть использовать при дополнении конспекта, по изучаемому вопросу.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить рекомендуемые источники информации.

Конспектирование источников оценивается удовлетворительно и неудовлетворительно. Работа по конспектированию источников оценивается удовлетворительно если:

- конспект имеет достаточный объем детализации по, изучаемой теме, обеспечивающий заданный уровень освоения теоретического материала дисциплины;
- конспект оформлен аккуратно, изучаемый материал изложен последовательно в соответствии с порядком изучения дисциплины, содержит обобщающие выводы по каждой теме.

Работа по конспектированию источников оценивается неудовлетворительно, если не выполнены требования на оценку удовлетворительно.

4. Методические указания по выполнению лабораторных работ

При выполнении практикума по дисциплине (лабораторные работы) для достижения базового уровня сформированности компетенций студент должен уметь применять полученные знания на практике через решение задач по оценке и расчету характеристик и параметров аналоговых и цифровых устройств.

Владеть приемами и навыками решения задач по оценке и расчету характеристик аналоговых и цифровых устройств.

При выполнении практикума по дисциплине (лабораторные работы) для достижения продвинутого уровня сформированности компетенций студент должен показать высокое умение уверенно применять полученные знания на практике через решение задач по оценке и расчету характеристик и параметров аналоговых и цифровых устройств.

4.1. Методические указания при подготовке к лабораторной работе

Подготовку к лабораторной работе рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- уяснить тему и цель, предстоящей лабораторной работы;
- изучить теоретический материал в соответствии с темой лабораторной работы (рекомендуется использовать рекомендованную литературу, конспект лекций, учебное пособие (практикум по лабораторным работам);
- ознакомиться с оборудованием и материалами, используемыми на лабораторной работе (при использовании специализированного оборудования необходимо изучить порядок и правила его использования).

4.2. Методические указания при выполнении лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы студенты должны строго соблюдать, установленные правила охраны труда.

При выполнении лабораторной работы студентам рекомендуется:

- уяснить цель, выполняемых заданий и способы их решения;
- задания, указанные в лабораторной работе выполнять в той последовательности, в которой они указаны в лабораторном практикуме;
- оформить отчет по лабораторной работе;
- ответить на контрольные вопросы.

4.3. Методические указания при подготовке к защите лабораторной работы

При подготовке к защите лабораторной работы студентам рекомендуется:

- подготовить отчет по лабораторной работе;
- подготовить обоснование, сделанных выводов;
- закрепить знания теоретического материала по теме лабораторной работы (рекомендуется использовать контрольные вопросы);
- знать порядок проведения расчетов (проводимых исследований);
- уметь показать и пояснить порядок исследований при использовании

специализированного оборудования.

Защита лабораторной работы осуществляется путем собеседования студента с преподавателем. При собеседовании студент представляет на проверку отчет по лабораторной работе. Собеседование со студентом, претендующим на оценку «отлично» проводится по вопросам продвинутого уровня обучения. Собеседование со студентом, не претендующим на оценку «отлично» проводится по вопросам базового уровня обучения.

Критерии оценки собеседования:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показана совокупность осознанных знаний по теме дисциплины, доказательно раскрыты основные положения вопроса; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Ответ изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. Ситуационная задача по теме решена правильно.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент дал полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием технической терминологии. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. Ситуационная задача по теме решена правильно, но при ее решении допущено не более одной ошибки.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент дал недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Ситуационная задача по теме решена правильно, но при ее решении допущено не более двух ошибок.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими вопросами темы. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа

студента, или ответ на вопрос полностью отсутствует или студент отказался от ответа.
Ситуационная задача по теме решена неправильно.

Литература

12. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : [учебник] / Л. А. Бессонов. - 10-е изд. - М.: Гардарики, 2012. - 638 с.
13. Электроника: учебник: Направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Бакалавриат / П.А. Пашинцев, В.П. Пашинцев, Г.И. Линец, В.И. Никулин; под общ. ред. П.А. Пашинцева; ФГАОУ ВПО Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь: СКФУ, 2019. - 399 с., экземпляров неограниченно.
14. Никулин В. И. Теория электрических цепей. - М.: РИОР, 2016.
15. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. Издание 5-е.-М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
16. Батура М.П. Теория электрических цепей [Электронный ресурс]: учебник/ Батура М.П., Кузнецов А.П., Курулев А.П.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2015.— 607 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52136>
17. Водовозов, А. М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Водовозов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2016. — 140 с. — 978-5-9729-0137-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51731.html>
18. Яковлев, С. В. (СевКавГТУ). Электроника : учеб. пособие / С. В. Яковлев ; ФГБОУ Сев.-Кав. гос. техн. ун-т. – Ставрополь : Издательство СевКавГТУ, 2012. – 270 с. : ил. – Библиогр.: с. 268-269
19. Электроника. Часть первая. Лабораторный практикум по аналоговой электронике в программно-аппаратной среде NI ELVIS II [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Э.И. Цимбалист [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34741>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.
20. Разинкин В.П. Электроника. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Разинкин В.П.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.-106 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45203>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.
21. Лаппи Ф.Э. Анализ простых электронных цепей. От электротехники к электронике. Схемы с диодами и транзисторами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лаппи Ф.Э.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 144 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45360>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.
22. Пинигин К.Ю. Моделирование электронных устройств в среде MultiSim

[Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Пинигин К.Ю., Жмудь В.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 74 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45403>.— ЭБС «IPRbooks», экземпляров неограниченно.

23. Подготовка к интернет-тестированию по дисциплине «Электротехника и электроника»: учебно-методическое пособие / А.Ш. Мухтаров, Ю.Г. Соколов, А.В. Толмачева, И.Р. Хайруллин; Министерство образования и науки России; «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с.: табл., граф., схем. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 159. - ISBN 978-5-7882-1593-8, экземпляров неограниченно.

24. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://www.ielectro.ru/products.html>: Новинки электротехники.

<http://www.labcenter.com/index.cfm>.

<http://www.vsy-electrotehnika.ru>

www.eLibrary.ru - Научная электронная библиотека

www.iprbookshop.ru - Электронно-библиотечная система IPRbooks

