

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Болдырев Антон Сергеевич
Должность: Директор
Дата подписания: 24.02.2026 21:49:38
Уникальный программный ключ:
9c542731014d1719c6f5752b7fa57c524495723e0



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ТАГАНРОГЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге**

**ЦМК «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ И СВАРОЧНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

дисциплины ОП.04 «Основы электротехники и
электронной техники»

Таганрог

2026

Составители: И.В. Андриян

Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине ОП.04 «Основы электротехники и электронной техники» ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге, 2026 г.

В методических рекомендациях кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения практических работ, рабочее задание и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки специальности 09.02.08 «Интеллектуальные интегрированные системы»

Ответственный за выпуск:

Председатель ЦМК: О.В. Андриян
Ф.И.О.

Издательский центр ДГТУ, 2026

Введение

В методических рекомендациях по выполнению практических работ по курсу «Основы электротехники и электронной техники» изложены сведения, необходимые для успешного выполнения практических занятий по данному курсу. Описан процесс работы с инструментарием, применяемым в практических работах, представлен ряд типичных задач и подходы к их решению. Практические занятия посвящены знакомству обучающихся с текстовыми редакторами, графическими редакторами, электронными таблицами, базами данных и компьютерными сетями. Цель настоящего пособия – помочь обучающимся при выполнении практических работ, выполняемых для закрепления знаний по теоретическим основам и получения практических навыков работы на компьютерах.

Обучающийся должен знать:

- основные характеристики, параметры и элементы электрических цепей при гармоническом воздействии в установившемся режиме;
- свойства основных электрических RC и RLC цепочек, цепей с взаимной индукцией;
- трехфазные электрические цепи;
- основные свойства фильтров;
- непрерывные и дискретные сигналы;
- методы расчета электрических цепей;
- спектр дискретного сигнала и его анализ;
- цифровые фильтры;
- особенности построения диоднорезистивных, диодно-транзисторных и транзисторно-транзисторных схем реализации булевых функций;
- цифровые интегральные схемы: режимы работы, параметры и характеристики, особенности применения при разработке цифровых устройств.

Обучающийся должен уметь:

- применять основные определения и законы теории электрических цепей;
- учитывать на практике свойства цепей с распределенными параметрами и нелинейных электрических цепей;
- различать непрерывные и дискретные сигналы и их параметры;
- различать полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы, тиристоры на схемах и в изделиях;
- определять назначение и свойства основных функциональных узлов аналоговой электроники: усилителей, генераторов в схемах;
- использовать операционные усилители для построения различных схем;
- применять логические элементы, для построения логических схем, грамотно выбирать их параметры и схемы включения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1: Исследование зарядки и разрядки конденсатора

Оборудование: Лабораторный модуль RC-цепи ($C=100$ мкФ, $R=10$ кОм), источник питания 10 В, переключатель, секундомер, вольтметр.

Пошаговое выполнение:

1. Сборка схемы

- установите переключатель в нейтральное положение
- соберите схему: источник \rightarrow переключатель (положение 1) \rightarrow r \rightarrow c \rightarrow "минус" источника
- подключите вольтметр параллельно конденсатору
- проверьте сборку у преподавателя

2. Зарядка конденсатора

- убедитесь, что конденсатор разряжен ($u_c \approx 0$)
- подготовьте таблицу: | t, с | u_c , в |
- в момент $t=0$ переведите переключатель в положение "заряд" (1)
- одновременно включите секундомер
- фиксируйте показания вольтметра через каждые 5 секунд
- продолжайте до $u_c = 9.5-10$ в ($\approx 50-60$ с)
- запишите все данные в таблицу

3. Разрядка конденсатора

- после полной зарядки переведите переключатель в положение "разряд"
- (2) - обнулите секундомер в момент переключения
- фиксируйте падение напряжения через те же интервалы
- продолжайте до $u_c < 0.5$ в
- занесите данные во вторую таблицу

4. Обработка результатов

- постройте графики $u_c(t)$ для обоих процессов
- на графике зарядки найдите время, за которое u_c достигло 6.3 в (63% от 10 в)
- это $\tau_{\text{эксп}}$ (экспериментальная постоянная времени)
- рассчитайте $\tau_{\text{теор}} = r \cdot c$
- сравните $\tau_{\text{эксп}}$ и $\tau_{\text{теор}}$
- определите погрешность: $\delta = |\tau_{\text{теор}} - \tau_{\text{эксп}}| / \tau_{\text{теор}} \times 100\%$

5. Выводы

- сформулируйте характер изменения напряжения
- укажите причины возможных расхождений
- объясните физический смысл постоянной времени

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2: Измерение потенциалов электрической цепи

Оборудование: Монтажная плата, резисторы $R_1=100\text{ Ом}$, $R_2=150\text{ Ом}$, $R_3=200\text{ Ом}$, источник 12 В , вольтметр, соединительные провода.

Пошаговое выполнение:

1. Сборка схемы

- Соберите цепь: E(+)-R1-R2-R3-E(-)
- Отметьте точки: A (E+), B (R1-R2), C (R2-R3), D (E-)
- Примите точку D за "землю" ($\varphi_D = 0$)
- Проверьте схему у преподавателя

2. Измерение потенциалов

- Подключите "минус" вольтметра к точке D (земле)
- "Плюсом" вольтметра последовательно касайтесь точек:

- Точка A: запишите φ_A
- Точка B: запишите φ_B
- Точка C: запишите φ_C
- Точка D: убедитесь, что $\varphi_D = 0$

3. Измерение напряжений

- Измерьте напряжения на резисторах прямым методом:

- U_{R1} (между A и B)
- U_{R2} (между B и C)
- U_{R3} (между C и D)
- U_E (между A и D)

4. Расчет напряжений через потенциалы

- Рассчитайте: $U'_{R1} = \varphi_A - \varphi_B$
- Рассчитайте: $U'_{R2} = \varphi_B - \varphi_C$

– Рассчитайте: $U'_{R3} = \varphi_C - \varphi_D$

– Рассчитайте: $U'_E = \varphi_A - \varphi_D$

5. Построение потенциальной диаграммы

– На оси X отложите сопротивление ($0 \rightarrow R1 \rightarrow R1+R2 \rightarrow R1+R2+R3$)

– На оси Y отложите соответствующие потенциалы

($\varphi_D \rightarrow \varphi_C \rightarrow \varphi_B \rightarrow \varphi_A$)

– Соедините точки линиями

6. Анализ результатов

– Сравните U_{Rx} и U'_{Rx}

– Рассчитайте относительные расхождения

– Проанализируйте форму потенциальной диаграммы

7. Выводы

– Сделайте вывод о точности метода

– Объясните форму диаграммы

– Укажите практическое значение измерения потенциалов

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3: Последовательное и параллельное соединение резисторов

Оборудование: Резисторы $R1=100$ Ом, $R2=150$ Ом, $R3=220$ Ом, источник 9 В, амперметр, вольтметр, переключатель.

Пошаговое выполнение:

Часть А. Последовательное соединение

1. Сборка цепи

– Соберите цепь: $E \rightarrow A \rightarrow R1 \rightarrow R2 \rightarrow R3 \rightarrow E$

– Установите переключатель в положение "Последовательное"

2. Измерения

– Измерьте общий ток $I_{\text{общ}}$

– Измерьте напряжения: $U1, U2, U3$ на каждом резисторе

– Измерьте общее напряжение $U_{\text{общ}}$

3. Расчеты

- Рассчитайте $R1_{\text{изм}} = U1/I_{\text{посл}}$
- Рассчитайте $R2_{\text{изм}} = U2/I_{\text{посл}}$
- Рассчитайте $R3_{\text{изм}} = U3/I_{\text{посл}}$
- Рассчитайте $R_{\text{экв_изм}} = U_{\text{общ}}/I_{\text{посл}}$
- Рассчитайте $R_{\text{экв_расч}} = R1+R2+R3$

Часть Б. Параллельное соединение

4. Перестройка цепи

- Соберите цепь: $E \rightarrow A \rightarrow$ три параллельные ветви ($R1, R2, R3$) $\rightarrow E$
- Установите переключатель в положение "Параллельное"

5. Измерения

- Измерьте общий ток $I_{\text{пар}}$
- Измерьте напряжение U на параллельном соединении
- Измерьте токи в ветвях $I1, I2, I3$ (поочередно)

6. Расчеты

- Рассчитайте $R1_{\text{изм}} = U/I1$
- Рассчитайте $R2_{\text{изм}} = U/I2$
- Рассчитайте $R3_{\text{изм}} = U/I3$
- Рассчитайте $R_{\text{экв_изм}} = U/I_{\text{пар}}$
- Рассчитайте $1/R_{\text{экв_расч}} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3$

7. Проверка законов

- Проверьте: $U_{\text{общ}} = U1+U2+U3$ (для последовательного)
- Проверьте: $I_{\text{пар}} = I1+I2+I3$ (для параллельного)
- Рассчитайте погрешности

8. Выводы

- Сформулируйте законы для каждого вида соединения
- Объясните различия в эквивалентных сопротивлениях
- Укажите практическое применение каждого соединения

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4: Потеря напряжения в проводах

Оборудование: Источник 15 В, два реостата 10 Ом (линия), нагрузка $R_H=50$ Ом, два вольтметра, амперметр.

Пошаговое выполнение:

1. Сборка схемы линии передачи

- Соберите: $E(+)\rightarrow A\rightarrow R_{\text{лин1}}\rightarrow V2(+)\rightarrow R_{\text{н}}\rightarrow V2(-)\rightarrow R_{\text{лин2}}\rightarrow E(-)$
- Подключите $V1$ непосредственно к источнику
- Установите $R_{\text{лин1}} = R_{\text{лин2}} = 10 \text{ Ом}$

2. Основные измерения

- Включите питание
- Измерьте: $U_{\text{ист}} (V1)$, $U_{\text{нагр}} (V2)$, $I (A)$
- Рассчитайте: $\Delta U = U_{\text{ист}} - U_{\text{нагр}}$
- Рассчитайте: $R_{\text{лин изм}} = \Delta U / I$
- Рассчитайте: $P_{\text{пот}} = \Delta U \cdot I$, $P_{\text{нагр}} = U_{\text{нагр}} \cdot I$
- Рассчитайте: $\text{КПД} = P_{\text{нагр}} / (P_{\text{нагр}} + P_{\text{пот}}) \times 100\%$

3. Исследование зависимости от тока

- Увеличьте $R_{\text{н}}$ до 100 Ом (уменьшите ток)
- Повторите измерения п.2
- Увеличьте $R_{\text{н}}$ до 200 Ом
- Повторите измерения п.2
- Занесите все данные в таблицу

4. Исследование зависимости от линии

- Верните $R_{\text{н}} = 50 \text{ Ом}$
- Увеличьте $R_{\text{лин1}}$ до 20 Ом
- Повторите измерения п.2
- Увеличьте $R_{\text{лин2}}$ до 20 Ом
- Повторите измерения п.2

5. Графический анализ

- Постройте график $U_{\text{нагр}} = f(I)$
- Постройте график $\text{КПД} = f(I)$
- Постройте график $\Delta U = f(R_{\text{лин}})$

6. Выводы

- Сформулируйте факторы, влияющие на потери
- Предложите способы снижения потерь
- Объясните, почему ЛЭП Практическая работают при высоком

напряжении

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5: Опытная проверка принципа

наложения

Оборудование: $R_1=200\ \text{Ом}$, $R_2=300\ \text{Ом}$, $R_3=400\ \text{Ом}$, $E_1=6\ \text{В}$, $E_2=9\ \text{В}$, амперметр, переключатели.

Пошаговое выполнение:

1. Сборка схемы

- Соберем схему "треугольника" с источниками:

$E_1(+)\rightarrow R_1\rightarrow E_2(+)\rightarrow R_2\rightarrow E_1(-)$

↓
 R_3

↓

Общая точка $E_1(-)$ и $E_2(-)$

- Установите переключатели для отключения источников

2. Измерение полных токов

- Включите оба источника
- Измерьте I_1 (через R_1), I_2 (через R_2), I_3 (через R_3)
- Зафиксируйте направления стрелками на схеме
- Запишите: $I_1_{\text{полн}}$, $I_2_{\text{полн}}$, $I_3_{\text{полн}}$

3. Действие только E_1

- Отключите E_2 (замкните его клеммы)
- Измерьте: I_1' , I_2' , I_3'
- Запишите с учетом направления

4. Действие только E_2

- Включите E_2 , отключите E_1
- Измерьте: I_1'' , I_2'' , I_3''
- Запишите с учетом направления

5. Проверка принципа

- Для каждой ветви рассчитайте сумму:

$$I_1_{\text{сумм}} = I_1' + I_1''$$

$$I_2_{\text{сумм}} = I_2' + I_2''$$

$$I_3_{\text{сумм}} = I_3' + I_3''$$

- Учитывайте знаки! Если направление противоположно исходному - минус

6. Сравнение

- Составьте таблицу сравнения:

| Ветвь | $I_{\text{полн}}$ | $I_{\text{сумм}}$ | ΔI | $\delta\%$ |

- Рассчитайте расхождения и относительные погрешности

7. Анализ погрешностей

- Объясните возможные причины расхождений
- Оцените точность проверки принципа

8. Выводы

- Сделайте вывод о справедливости принципа
- Укажите условия его применимости
- Объясните практическую ценность метода

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6: Исследование электроизмерительных приборов

Оборудование: Миллиамперметр (1 мА, $R_{вн}$), вольтметр (1 В), набор резисторов, источник питания, магазин сопротивлений.

Пошаговое выполнение:

Часть А. Исследование амперметра

1. Определение внутреннего сопротивления

- Соберите цепь: $E \rightarrow R_{огр} \rightarrow A \rightarrow R_{ш} \rightarrow E$
- Установите $R_{ш} = 0$
- Подберите $R_{огр}$ так, чтобы $I = I_{ном}$ (1 мА)
- Запишите U на амперметре
- Рассчитайте $R_{вн} = U/I$

2. Расширение пределов измерения

- Рассчитайте $R_{ш}$ для расширения в 10 раз:
 $R_{ш} = R_{вн}/(n-1)$, где $n=10$
- Установите рассчитанное $R_{ш}$
- Проверьте: при том же $R_{огр}$ ток должен быть 10 мА
- Подтвердите правильность расчета

Часть Б. Исследование вольтметра

3. Определение внутреннего сопротивления

- Соберите цепь: $E \rightarrow R_{огр} \rightarrow V \rightarrow E$
- Установите $U = U_{ном}$ (1 В)
- Измерьте ток через вольтметр I_v

- Рассчитайте $R_{вн_v} = U/I_v$

4. **Расширение пределов измерения**

- Рассчитайте $R_{доб}$ для расширения в 10 раз:

$$R_{доб} = R_{вн_v} \cdot (n-1), \text{ где } n=10$$

- Включите $R_{доб}$ последовательно с вольтметром
- Увеличьте E в 10 раз
- Проверьте, что показания $V = 1 \text{ В}$
- Подтвердите правильность расчета

5. **Сравнение систем приборов**

- Зарисуйте устройство магнитоэлектрической системы
- Зарисуйте устройство электромагнитной системы
- Составьте таблицу сравнения характеристик

6. **Выводы**

- Сформулируйте правила включения приборов
- Объясните методику расширения пределов
- Укажите особенности разных систем

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7: Исследование электронного осциллографа

Оборудование: Осциллограф С1-83, генератор сигналов ГЗ-118, соединительные кабели.

Пошаговое выполнение:

1. **Изучение органов управления**

- Включите осциллограф (прогрев 1-2 мин)
- Установите: яркость, фокусировка, синхронизация
- Получите четкую горизонтальную линию

2. **Калибровка**

- Подключите калибровочный сигнал (1 В, 1 кГц)
- Установите: 0.2 В/дел, 0.5 мс/дел
- Проверьте: амплитуда 5 дел, период 2 дел
- Отрегулируйте при необходимости

3. **Измерение постоянного напряжения**

- Подключите источник постоянного напряжения
- Установите вход "=" (постоянный ток)
- Измерьте напряжение по отклонению луча
- Сравните с показаниями вольтметра
- 4. **Измерение переменного напряжения**
 - Подключите генератор синуса (1 кГц)
 - Установите вход "~"
 - Измерьте U_m (амплитудное), $U_{эфф} = U_m/\sqrt{2}$
 - Измерьте период T , рассчитайте $f = 1/T$
- 5. **Фигуры Лиссажу**
 - Подайте сигнал на канал Y (1 кГц)
 - Подайте сигнал на канал X (от другого генератора)
 - Установите переключатель "X-Y"
 - При $f_x = f_y$ получите эллипс
 - При $f_x = 2f_y$ получите фигуру "восьмерка"
 - Зарисуйте фигуры при разных соотношениях частот
- 6. **Измерение сдвига фаз**
 - Подайте один и тот же сигнал на X и Y
 - Получите эллипс
 - Измерьте A и B (см. метод эллипса)
 - Рассчитайте $\varphi = \arcsin(B/A)$
 - Повторите для разных частот
- 7. **Выводы**
 - Перечислите возможности осциллографа
 - Укажите преимущества перед другими приборами
 - Объясните практическое применение фигур Лиссажу

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8: Резонанс напряжений

Оборудование: Катушка $L=100$ мГн, конденсатор $C=0.1$ мкФ, резистор $R=100$ Ом, генератор ЗЧ, вольтметры, частотомер.

Пошаговое выполнение:

1. **Сборка последовательного контура**

- Соберите: генератор → R → L → C → генератор
- Подключите вольтметры: $U_{вх}$, U_R , U_L , U_C
- Установите $U_{вх} = 1 \text{ В (const)}$
- 2. **Снятие резонансных кривых**
 - Установите $f = 500 \text{ Гц}$
 - Измерьте: U_R , U_L , U_C , $I = U_R/R$
 - Увеличивайте f с шагом 200 Гц до 3000 Гц
 - Особенно подробно в области предполагаемого резонанса
 - Занесите данные в таблицу: f , U_R , U_L , U_C , I
- 3. **Определение резонансных параметров**
 - По графику $I(f)$ определите $f_{рез}$ (максимум тока)
 - Измерьте: $U_{L_{рез}}$, $U_{C_{рез}}$ при резонансе
 - Рассчитайте: добротность $Q = U_{L_{рез}}/U_{вх}$
 - Рассчитайте полосу пропускания $\Delta f = f_{рез}/Q$
 - Отметьте на графике точки f_1 и f_2 (на уровне $0.707 \cdot I_{max}$)
- 4. **Расчетные значения**
 - Рассчитайте: $f_{рез_{расч}} = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
 - Рассчитайте: характеристическое сопротивление $\rho = \sqrt{L/C}$
 - Рассчитайте: $Q_{расч} = \rho/R$
 - Сравните с экспериментальными
- 5. **Векторные диаграммы**
 - Постройте ВД для трех случаев:
 - $f < f_{рез}$
 - $f = f_{рез}$
 - $f > f_{рез}$
 - Покажите соотношения между напряжениями
- 6. **Выводы**
 - Охарактеризуйте явление резонанса
 - Объясните физический смысл добротности
 - Укажите практическое применение

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9: Однофазный трансформатор

Оборудование: Трансформатор лабораторный (220/24 В), автотрансформатор, вольтметры, амперметры, ваттметры.

Пошаговое выполнение:

Опыт холостого хода

1. Сборка схемы ХХ

- Первичная обмотка: ЛАТР→W1→A1→V1→сеть
- Вторичная обмотка: V2 (нагрузка отключена)
- Установите переключатель в положение "ХХ"

2. Измерения ХХ

- Плавно повышайте U_1 от 0 до $U_{1_ном}$ (220 В)
- На каждом шаге измеряйте: U_1 , I_{1_x} , P_{1_x} , U_{2_x}
- Особенно тщательно при $U_1 = 0.2U_{ном}$, $0.5U_{ном}$, $0.8U_{ном}$, $U_{ном}$
- Занесите данные в таблицу

3. Характеристика ХХ

- Постройте: $I_{1_x} = f(U_1)$
- Постройте: $P_{1_x} = f(U_1)$
- Определите: $k = U_{1_ном}/U_{2_x_ном}$
- Рассчитайте: $\cos \varphi_{x} = P_{1_x}/(U_1 \cdot I_{1_x})$

Опыт короткого замыкания

4. Сборка схемы КЗ

- Замкните вторичную обмотку на А2
- Первичная: ЛАТР→W1→A1→V1
- Установите переключатель в положение "КЗ"

5. Измерения КЗ

- Плавно повышайте U_1 от 0 до $U_{1_кз}$ (при $I_1 = I_{1_ном}$)
- Измеряйте: $U_{1_кз}$, $I_{1_кз}$, $P_{1_кз}$
- Рассчитайте: $Z_{кз} = U_{1_кз}/I_{1_ном}$
- Рассчитайте: $r_{кз} = P_{1_кз}/I_{1_ном}^2$
- Рассчитайте: $x_{кз} = \sqrt{(Z_{кз}^2 - r_{кз}^2)}$

Нагрузочная характеристика

6. Сборка схемы нагрузки

- Подключите нагрузку R_n к вторичной обмотке
- Установите $U_1 = U_{1_ном} = const$

7. Измерения при нагрузке

- Изменяйте нагрузку от ХХ до $I_{2_ном}$

- На каждом шаге измеряйте: $U_1, I_1, P_1, U_2, I_2, P_2$
- Рассчитайте: $\text{КПД} = P_2/P_1 \times 100\%$
- Рассчитайте: изменение напряжения $\Delta U\% = (U_{2_xx} - U_2)/U_{2_xx} \times 100\%$

8. Внешняя характеристика

- Постройте: $U_2 = f(I_2)$
- Постройте: $\text{КПД} = f(P_2)$
- Определите параметры схемы замещения

9. Выводы

- Проанализируйте потери в стали и меди
- Объясните форму характеристик
- Укажите область наивысшего КПД

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10: Исследование характеристик

полупроводниковых диодов

Оборудование: Модуль с диодами (Д226Б и Д814В), регулируемый источник 0-30 В, миллиамперметр, микрометр, вольтметр, переключатель полярности.

Пошаговое выполнение:

Часть А. Выпрямительный диод Д226Б

1. Прямая ветвь ВАХ

- Соберите схему для прямой полярности
- Источник(+) $\rightarrow R_{огр} \rightarrow mA \rightarrow$ анод \rightarrow катод $\rightarrow V \rightarrow$ источник(-)
- Увеличивайте U от 0 В с шагом 0.05 В до $U_{пр} = 1$ В
- Особенно подробно при 0.5-0.8 В (начало проводимости)
- Заносите: $U_{пр}, I_{пр}$

2. Обратная ветвь ВАХ

- Измените полярность источника
- Увеличивайте $U_{обр}$ от 0 до 30 В

- Снимайте точки при: 5, 10, 15, 20, 25, 30 В
- Используйте микрометр для малых токов
- Заносите: $U_{обр}$, $I_{обр}$

Часть Б. Стабилитрон Д814В

3. Прямая ветвь (как у диода)

- Снимите аналогично п.1 (до 1 В)

4. Обратная ветвь (рабочая область)

- Обратное включение: источник(+) \rightarrow катод, анод \rightarrow источник(-)
- Увеличивайте U от 0 до 15 В
- Особенно подробно при 9-11 В (стабилизация)
- Снимайте 10-12 точек в области излома
- Заносите: $U_{ст}$, $I_{ст}$

5. Обработка результатов

- Постройте ВАХ обоих приборов (I по вертикали, U по горизонтали)
- Для диода определите:

- Упорог (при заметном росте тока)
- $r_{диф_пр} = \Delta U / \Delta I$ на линейном участке
- $I_{обр_макс}$ при $U_{обр}=30$ В

- Для стабилитрона определите:

- $U_{ст_ном}$ (при $I_{ст}=20$ мА)
- $r_{диф_ст} = \Delta U_{ст} / \Delta I_{ст}$ в рабочей области
- $I_{ст_мин}$, $I_{ст_макс}$ (границы стабилизации)

6. Выводы

- Сравните характеристики приборов
- Объясните различия в назначении
- Укажите параметры для выбора диодов

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11: Исследование мостовой схемы

выпрямителя

Оборудование: Диодный мост КЦ405, трансформатор 220/12 В, конденсаторы 100 мкФ, 1000 мкФ, нагрузочные резисторы, осциллограф, вольтметр.

Пошаговое выполнение:

1. Сборка схемы без фильтра

- Трансформатор → диодный мост → $R_n = 100 \text{ Ом}$
- Подключите осциллограф параллельно R_n
- Подключите вольтметр постоянного напряжения

2. Исследование без фильтра

- Включите питание
- Зарисуйте осциллограмму $U_n(t)$
- Измерьте: U_{n_cp} (постоянная составляющая)
- Измерьте: $U_{пульс}$ (размах пульсаций)
- Рассчитайте: $K_{пульс} = U_{пульс} / U_{n_cp} \times 100\%$

3. Влияние нагрузки

- Уменьшите R_n до 50 Ом
- Повторите измерения п.2
- Увеличьте R_n до 200 Ом
- Повторите измерения п.2
- Постройте: $U_{n_cp} = f(I_n)$

4. Емкостной фильтр

- Включите $C = 100 \text{ мкФ}$ параллельно R_n
- Зарисуйте новую осциллограмму
- Измерьте: U_{n_cp} , $U_{пульс}$
- Рассчитайте $K_{пульс}$
- Замените $C = 1000 \text{ мкФ}$
- Повторите измерения

5. Влияние емкости

- При $R_n = 100 \text{ Ом} = \text{const}$
- Снимите зависимость $U_{пульс} = f(C)$
- Снимите зависимость $U_{n_cp} = f(C)$

6. Индуктивно-емкостной фильтр

- Добавьте дроссель $L = 1 \text{ Гн}$ перед конденсатором
- Зарисуйте осциллограмму
- Измерьте параметры пульсаций
- Сравните с LC-фильтром

7. Анализ результатов

- Составьте таблицу эффективности фильтров

- Рассчитайте частоту пульсаций для мостовой схемы
- Объясните принцип сглаживания

8. Выводы

- Оцените эффективность разных фильтров
- Объясните зависимость от нагрузки
- Укажите достоинства мостовой схемы

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12-13: Исследование характеристик транзистора (ОБ и ОЭ)

Оборудование: Трансформатор КТ315, источники питания (2 шт), миллиамперметры (3 шт), вольтметры (2 шт), резисторы.

Пошаговое выполнение:

Схема с общей базой (ОБ)

1. Сборка схемы ОБ

- Эмиттер → источник $E_{\text{э}}$ → $R_{\text{э}}$ → "минус"
- Коллектор → источник $E_{\text{к}}$ → $R_{\text{к}}$ → "минус"
- База на общий "минус"
- Вольтметры: $U_{\text{эб}}$, $U_{\text{кб}}$
- Амперметры: $I_{\text{э}}$, $I_{\text{к}}$, $I_{\text{б}}$

2. Выходные характеристики

- Установите $I_{\text{э}} = 1 \text{ мА (const)}$
- Изменяйте $U_{\text{кб}}$ от 0 до 15 В
- Снимайте $I_{\text{к}}$ при разных $U_{\text{кб}}$
- Повторите для $I_{\text{э}} = 2, 3, 4, 5 \text{ мА}$
- Постройте семейство: $I_{\text{к}} = f(U_{\text{кб}})$ при $I_{\text{э}} = \text{const}$

3. Входные характеристики

- Установите $U_{\text{кб}} = 5 \text{ В (const)}$
- Изменяйте $U_{\text{эб}}$ от 0 до 0.7 В

- Снимайте $I_{\text{э}}$ при разных $U_{\text{эб}}$
- Повторите для $U_{\text{кб}} = 10 \text{ В}$
- Постройте: $I_{\text{э}} = f(U_{\text{эб}})$ при $U_{\text{кб}} = \text{const}$

Схема с общим эмиттером (ОЭ)

4. Сборка схемы ОЭ

- База \rightarrow источник $E_{\text{б}} \rightarrow R_{\text{б}} \rightarrow$ "минус"
- Коллектор \rightarrow источник $E_{\text{к}} \rightarrow R_{\text{к}} \rightarrow$ "минус"
- Эмиттер на общий "минус"
- Аналогичные измерения

5. Выходные характеристики ОЭ

- Установите $I_{\text{б}} = 20 \text{ мкА}$ (const)
- Изменяйте $U_{\text{кэ}}$ от 0 до 15 В
- Снимайте $I_{\text{к}}$
- Повторите для $I_{\text{б}} = 40, 60, 80, 100 \text{ мкА}$
- Постройте семейство

6. Входные характеристики ОЭ

- Установите $U_{\text{кэ}} = 5 \text{ В}$ (const)
- Изменяйте $U_{\text{бэ}}$ от 0 до 0.7 В
- Снимайте $I_{\text{б}}$
- Повторите для $U_{\text{кэ}} = 10 \text{ В}$
- Постройте семейство

7. Определение параметров

- Для ОБ:
 - $\alpha = \Delta I_{\text{к}} / \Delta I_{\text{э}}$ при $U_{\text{кб}} = \text{const}$
 - $h_{11\text{б}} = \Delta U_{\text{эб}} / \Delta I_{\text{э}}$ при $U_{\text{кб}} = \text{const}$
 - $h_{22\text{б}} = \Delta I_{\text{к}} / \Delta U_{\text{кб}}$ при $I_{\text{э}} = \text{const}$

- Для ОЭ:
 - $\beta = \Delta I_{\text{к}} / \Delta I_{\text{б}}$ при $U_{\text{кэ}} = \text{const}$
 - $h_{11\text{э}} = \Delta U_{\text{бэ}} / \Delta I_{\text{б}}$ при $U_{\text{кэ}} = \text{const}$
 - $h_{22\text{э}} = \Delta I_{\text{к}} / \Delta U_{\text{кэ}}$ при $I_{\text{б}} = \text{const}$

- Проверьте: $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$

8. Выводы

- Сравните схемы включения
- Укажите преимущества и недостатки
- Объясните практическое применение

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14: Исследование стабилизаторов напряжения

Оборудование: Стабилитрон Д814Д, транзистор КТ815, ОУ К140УД7, резисторы, конденсаторы, регулируемые источники.

Пошаговое выполнение:

Параметрический стабилизатор

1. Сборка схемы

- $E_{вх} \rightarrow R_{огр} \rightarrow$ стабилитрон \rightarrow "минус"
- Нагрузка $R_{н}$ параллельно стабилитрону

2. Внешняя характеристика

- Установите $E_{вх} = 20 \text{ В (const)}$
- Изменяйте $R_{н}$ от ∞ (XX) до $R_{н\text{ мин}}$ (граница стабилизации)
- На каждом шаге измеряйте: $U_{н}, I_{н}$
- Рассчитайте: $P_{ст} = (E_{вх} - U_{н}) \cdot I_{ст}$
- Постройте: $U_{н} = f(I_{н})$

3. Коэффициент стабилизации

- При $R_{н} = \text{const}$
- Изменяйте $E_{вх} \pm 10\%$ (18-22 В)
- Измерьте $\Delta U_{вх}$ и $\Delta U_{н}$
- Рассчитайте: $K_{ст} = (\Delta U_{вх} / U_{вх}) / (\Delta U_{н} / U_{н})$

Компенсационный стабилизатор

4. Сборка схемы

- Соберите схему на транзисторе и ОУ
- Регулирующий транзистор, усилитель ошибки, источник опорного

напряжения

5. Внешняя характеристика

- Проведите аналогично п.2
- Сравните с параметрическим стабилизатором

6. Исследование параметров

- Выходное сопротивление:

$$R_{\text{вых}} = \Delta U_{н} / \Delta I_{н} \text{ при } E_{вх} = \text{const}$$

- Коэффициент стабилизации:

$$K_{ст\ комп} \text{ (аналогично п.3)}$$

- Коэффициент полезного действия:

$$\eta = P_{н} / P_{вх} \times 100\%$$

7. **Переходная характеристика**

- Подайте скачок нагрузки (ключ параллельно R_n)
- Осциллографом зафиксируйте $U_n(t)$
- Определите время восстановления
- Оцените величину выброса

8. **Сравнительный анализ**

- Составьте таблицу:

Параметр	Параметрический	Компенсационный
$K_{ст}$		
$R_{вых}$		
η		
Стоимость		
Надежность		

9. **Выводы**

- Укажите области применения каждого типа
- Объясните принцип компенсации
- Дайте рекомендации по выбору

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15: Исследование RC-цепей

Оборудование: Генератор сигналов, осциллограф, резисторы 1 кОм, конденсаторы 0.1 мкФ, 1 мкФ, соединительные провода.

Пошаговое выполнение:

Интегрирующая цепь

1. **Сборка схемы**

- $R=10$ кОм, $C=0.1$ мкФ ($\tau=1$ мс)

- Вход: $R \rightarrow C \rightarrow$ "общий"
- Выход: с конденсатора
- 2. **Исследование при прямоугольных импульсах**
 - Подайте импульсы: $f=500$ Гц, длительность 1 мс
 - Зарисуйте входной и выходной сигналы
 - Измерьте: $U_{вх_м}$, $U_{вых_м}$, постоянную времени τ
 - Проверьте условие: $\tau \gg t_{и}$ (1 мс \gg ?)
- 3. **Изменение параметров**
 - Увеличьте R до 100 кОм ($\tau=10$ мс)
 - Повторите наблюдения
 - Уменьшите f до 100 Гц
 - Повторите наблюдения
- 4. **Исследование при синусоиде**
 - Подайте синус $f=160$ Гц ($\omega=1000$ рад/с)
 - Измерьте амплитуды и фазовый сдвиг
 - Рассчитайте: $K(f) = U_{вых_м}/U_{вх_м}$
 - Проверьте: $\varphi = -\arctg(\omega RC)$

Дифференцирующая цепь

- 5. **Сборка схемы**
 - $C=0.1$ мкФ, $R=1$ кОм ($\tau=0.1$ мс)
 - Вход: $C \rightarrow R \rightarrow$ "общий"
 - Выход: с резистора
- 6. **Исследование при прямоугольных импульсах**
 - Подайте импульсы: $f=5$ кГц, длительность 0.1 мс
 - Зарисуйте сигналы
 - Измерьте параметры
 - Проверьте условие: $\tau \ll t_{и}$ (0.1 мс \ll ?)
- 7. **Изменение параметров**
 - Уменьшите R до 100 Ом ($\tau=0.01$ мс)
 - Повторите наблюдения
 - Увеличьте f до 50 кГц
 - Повторите наблюдения
- 8. **Исследование при синусоиде**
 - Подайте синус $f=1600$ Гц ($\omega=10000$ рад/с)
 - Измерьте амплитуды и фазовый сдвиг
 - Рассчитайте: $K(f)$
 - Проверьте: $\varphi = \pi/2 - \arctg(\omega RC)$
- 9. **Анализ результатов**
 - Составьте таблицу условий:

Цепь	Условие	Форма сигнала	Применение
Интегр.	$\tau \gg T_{\text{и}}$		
Дифф.	$\tau \ll T_{\text{и}}$		

– Зарисуйте все осциллограммы

10. Выводы

- Сформулируйте условия интегрирования/дифференцирования
- Объясните искажения при нарушении условий
- Укажите практическое применение цепей

Форма отчета:

- титульный лист;
- введение (цель и задачи);
- выполнение
- заключение

Время работы: 2 часа

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ:

1. Титульный лист (номер работы, название, ФИО, группа, дата)
2. Цель работы
3. Краткая теория (формулы, принципы)
4. Схемы исследования (аккуратно нарисованные)
5. Таблицы измерений (единицы измерения, аккуратность)
6. Графики и осциллограммы (подписи осей, масштаб)
7. Расчеты (с формулами, промежуточными вычислениями)
8. Анализ результатов (сравнение с теорией, объяснение расхождений)
9. Выводы (по цели работы, конкретные и содержательные)
10. Ответы на контрольные вопросы

Время на выполнение каждой работы: 2 академических часа (90 минут)

Критерии оценки:

- Качество выполнения эксперимента - 40%
- Правильность расчетов - 30%
- Оформление отчета - 20%
- Ответы на вопросы - 10%

Техника безопасности:

1. Перед началом - инструктаж и допуск преподавателя
2. Не включать схему без проверки
3. Практическая работать только исправными приборами
4. Не оставлять включенные схемы без присмотра
5. При аварии - отключить общий рубильник

Список литературы

1. Шейдаков Н. Е. Электротехника. Учебное пособие
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=616876> Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2024
2. Шестернинова Е. А. Электрические машины. Трансформаторы и асинхронные машины. Курс лекций: Учебное пособие
<https://e.lanbook.com/book/383030> Ульяновский государственный университет, 2022
3. Леготин А. Б., Тимина Н. В. Электрические машины. Синхронные машины и машины постоянного тока. Курс лекций: Учебное пособие
<https://e.lanbook.com/book/430274> Вятский государственный университет, 2023