

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы № 6
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения



Воронеж 2024

УДК 621.396.6(07)
ББК 32я7

Составитель
канд. физ.-мат. наук А. С. Бадаев

Радиоматериалы и радиокомпоненты: методические указания к выполнению лабораторной работы № 6 для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. С. Бадаев. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2024. — 26 с.

В методических указаниях изучается модульный учебный комплекс МУК-ФОЭ1. Приводятся теоретические и практические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы № 6. Тематика лабораторной работы соответствует рабочей программе дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты».

Предназначены для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» 4 и 5 курсов очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле РМиРК_6.pdf.

Ил. 8. Табл. 8. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.396.6(07)
ББК 32я7

Рецензент — А. В. Останков, д-р техн. наук, профессор
кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА МУК-ФОЭ1 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.1. Общие указания

1.1.1. Цель работы

Ознакомление с назначением, составом и работой модульного учебного комплекса МУК-ФОЭ1 и входящих в его состав приборов и лабораторных стендов.

1.1.2. Содержание работы

Основным содержанием работы является изучение назначения, технических данных, состава, устройства и принципа работы, указанных по мерам безопасности комплекса МУК-ФОЭ1, генератора напряжений ГНЗ-03а, амперметра-вольтметра АВ1-13, блока управления тиристорами БЛ2-03, стендов с объектами исследования СЗ-ЭЛ01, СЗ-ЭЛ02 и СЗ-ТТ02.

Обучение осуществляется в процессе выполнения домашних и лабораторных заданий. Контроль усвоения полученных студентами знаний и навыков производится при собеседовании путем оценки ответов на контрольные вопросы, а также при выполнении лабораторной работы.

Время выполнения домашних заданий 3 ч. Общее время на выполнения лабораторных заданий, включая собеседование и отчет по лабораторной работе 4 ч.

1.1.3. Указания по технике безопасности

В процессе работы необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

1.2. Лабораторные задания

1.2.1. Задание № 1

Ознакомиться с назначением, составом и работой комплекса МУК-ФОЭ1.

Модульный учебный комплекс МУК-ФОЭ1 разработан и изготовлен НИЛ Техники эксперимента Новосибирского государственного технического университета, ООО «Опытные приборы» г. Новосибирск.

1.2.1.1. Назначение

Комплекс МУК-ФОЭ1 предназначен для проведения практикума по физическим основам микро- и наноэлектроники в высших учебных заведениях (рис. 1).

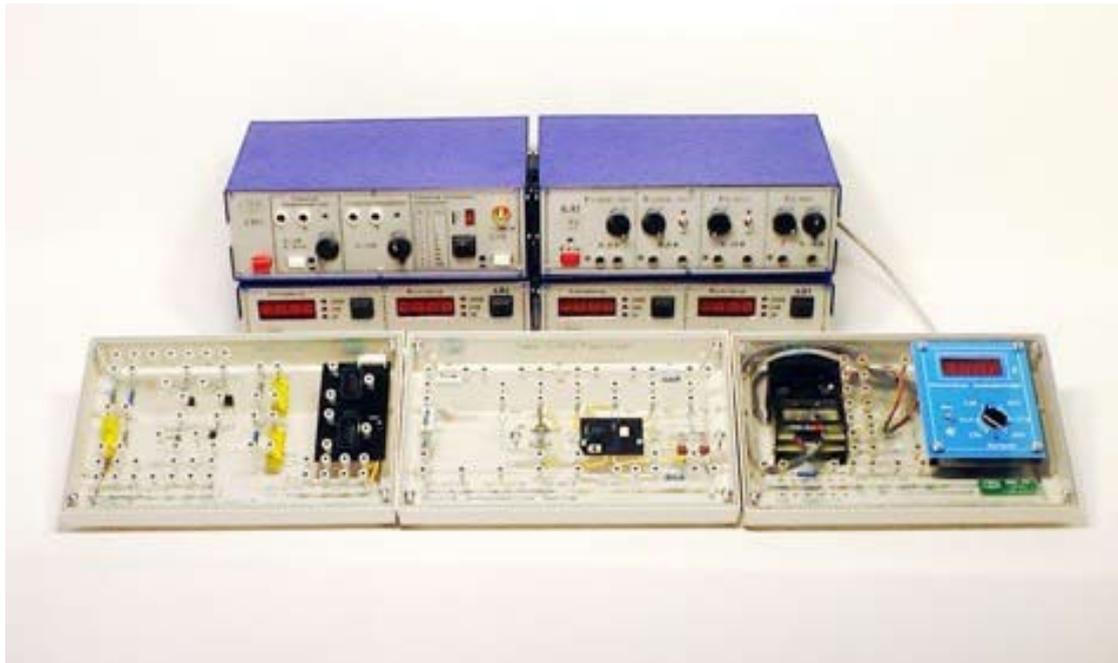


Рис. 1. Внешний вид комплекса МУК-ФОЭ1

Комплекс позволяет проводить лабораторные работы по темам:

- Металлический терморезистор, в диапазоне температур от 290 до 390 К;
- Полупроводниковый терморезистор, в диапазоне температур от 290 до 390 К;
- Исследование температурной зависимости параметров диода, в диапазоне температур от 290 до 390 К;
- Исследование температурной зависимости параметров диода Шоттки, в диапазоне температур от 290 до 390 К;
- Исследование температурной зависимости параметров стабилитрона, в диапазоне температур от 290 до 290 К;
- Вольт-амперные характеристики биполярных транзисторов в схемах с общей базой;
- Вольт-амперные характеристики биполярных транзисторов в схемах с общим эмиттером;
- Малосигнальные параметры и усилительные свойства биполярных транзисторов;
- Динамические свойства биполярных транзисторов;
- Полевой транзистор с управляющим р-п переходом;
- МДП-транзистор;
- Исследование характеристик динистора;
- Исследование характеристик тиристора;
- Исследование характеристик симистора;
- Исследование характеристик оптосимистора;
- Логические элементы.

Комплект поставки

| | |
|--|----------|
| Амперметр-вольтметр АВ1 | 2 шт. |
| Генератор многофункциональный ГНЗ | 1 шт. |
| Блок управления стендом СЗ-ЭЛ02 «тиристор», БЛ2 | 1 шт. |
| Стенд с объектами исследования СЗ-ЭЛ01 | 1 шт. |
| Стенд с объектами исследования СЗ-ЭЛ02(тиристоры) | 1 шт. |
| Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ02 | 1 шт. |
| Соединительные провода длиной 60 см (штекера Ш1-6, Ш4) | 12 шт. |
| Соединительные провода длиной 30 см (штекера Ш1-6, Ш1-6) | 8 шт. |
| Техническое описание | 1 шт. |
| Краткое методическое обеспечение | 1 CD-ROM |

1.2.1.2. Подготовка к работе

а) При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке приборы комплекса перед включением выдерживаются при нормальных условиях не менее двух часов.

б) После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте приборы комплекса не менее 12 часов.

в) Установка комплекса на рабочее место:

г) Установите на рабочем месте розетку с третьим заземляющим проводом (евророзетку).

д) Установку комплекса необходимо производить вдали от сильных электромагнитных помех.

1.2.2. Задание № 2

Изучить назначение, технические данные, устройство и принцип работы, указания по эксплуатации генератора напряжения ГНЗ-03а, амперметра-вольтметра АВ1-13, блока управления тиристорами БЛ2-03

*1.2.2.1. Генератор напряжения ГНЗ-03а**Назначение*

Генератор напряжений многофункциональный ГНЗ-03 (в дальнейшем по тексту прибор) предназначен для проведения практикума по курсам физические основы электроники и основы электроники в ВУЗах. Прибор применяется в составе модульных учебных комплексах МУК-Ф0Э (по физическим основам электроники), МУК-ОЭ (по основам электроники).

Прибор предназначен для:

- Генерации постоянных напряжений с регулируемыми уровнями;
- Генерации постоянного тока с регулируемым уровнем;
- Генерации импульсного напряжения с постоянной амплитудой и изменяемой частотой повторения.

Условия эксплуатации — лабораторные:

- Температура окружающей среды от 283 до 308 К (от +10 до + 35 °С);

- Относительная влажность до 80% при температуре 298 К (+25 °С);
- Атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.);
- Напряжение питающей сети 220 ± 20 В с частотой 50 Гц.

Технические данные

а) Электрические параметры и характеристики:

1-й блок генератора, в режиме генератора постоянного напряжения имеет следующие параметры:

- Выходное регулируемое напряжение $0 \div 5$ В;
- Выходной ток до 20 мА ± 10 %;
- Внутреннее сопротивление блока $220 \text{ Ом} \pm 10$ %;
- Гальваническая развязка от остальных блоков.

1-й блок генератора, в режиме генератора постоянного тока имеет следующие параметры:

- Выходной регулируемый ток ($0 \div 20$) мА ± 10 % на нагрузке 680 Ом;
- Внутреннее сопротивление блока $430 \text{ кОм} \pm 10$ %.

2-й блок генератора постоянного напряжения имеет следующие параметры:

- Выходное регулируемое напряжение $0 \div 15$ В;
- Выходной ток до 100 мА ± 10 %;
- Внутреннее сопротивление блока около 0 Ом ± 10 %;
- Гальваническая развязка от остальных блоков.

Блок генератора импульсного напряжения имеет следующие параметры:

- Частоты импульсного напряжения имеют 10 фиксированных частот, которые указаны на передней панели прибора (± 10 %):

Таблица 2

Частоты импульсного напряжения

| № | F, кГц |
|---|--------|
| 0 | 1 |
| 1 | 2 |
| 2 | 5 |
| 3 | 10 |
| 4 | 20 |
| 5 | 50 |
| 6 | 100 |
| 7 | 200 |
| 8 | 500 |
| 9 | 1000 |

- Выбор формы сигнала — меандр, либо синусоидальное напряжение;
- Выходное напряжение импульсов $5 \text{ В} \pm 10$ %;
- Внутреннее сопротивление генератора импульсов 30 Ом;
- Амплитудное выходное синусоидальное напряжение $200 \text{ мВ} \pm 10$ %;

— Внутреннее сопротивление генератора синусоидального напряжения $27 \text{ Ом} \pm 10 \%$.

Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах указанных норм после 5-ти минутного самопрогрева;

Прибор допускает непрерывную работу в течение 8 часов при сохранении своих технических характеристик.

Конструктивные параметры

— Масса прибора не более 3 кг;

— Габаритные размеры прибора 250*150*85 мм.

Таблица 3

Состав прибора

| | |
|---|--------|
| 1. Генератор напряжения многофункциональный | 1 шт. |
| 2. Техническое описание | 1 шт. |
| 3. Кабель сигнальный для ВЧ (BNC – Ш1.6) | а) шт. |

в) Устройство и принцип работы прибора

– Органы управления

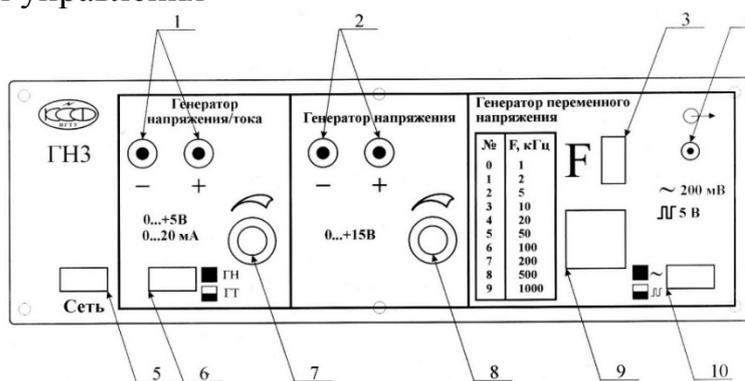


Рис. 2. Внешний вид прибора

Внешний вид прибора представлен на рис. 2.

На передней панели расположены:

1. выходные гнезда 1-го блока генератора постоянного напряжения/тока;
2. выходные гнезда 2-го блока генератора постоянного напряжения;
3. индикатор номера выбранной частоты;
4. выходное гнездо генератора переменного напряжения;
5. кнопка выключателя «Сеть»;
6. кнопка выбора режима «генератор напряжения»/«генератор тока»;
7. регулятор выходного напряжения/тока 1-го блока генератора постоянного напряжения/тока;
8. регулятор выходного напряжения 2-го блока генератора постоянного напряжения;
9. кнопка переключения частот;
10. кнопка выбора формы выходного сигнала, генератора переменного напряжения.

Конструкция

Прибор состоит из следующих конструктивных узлов:

- двух съёмных крышек. Нижняя крышка снабжена отверстиями охлаждения и имеет резиновые ножки;
- двух боковых стенок, к которым крепятся швеллеры для крепления печатных плат;
- задней стенки:
 - а) через которую выводится шнур питания;
 - б) на которой расположен винт для крепления на стойке;
 - в) в которой имеется гнездо для подключения стенов: СЗ-ТТ01(2) (твёрдое тело), СЗ-ОЭ03 (операционный усилитель), СЗ-ЭЛ01 (физические основы микро- и наноэлектроники).

Таблица 4

Распределение напряжений питания

| № вывода | Наименование |
|----------|--------------|
| 1 | + 5 В |
| 2 | 0 В |
| 3 | + 23 В |
| 4 | - 5 В |
| 5 | 0 В |

— передней панели, на которой выведены органы управления и выходные гнезда.

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке прибор перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

Установка прибора на рабочее место:

— Установите на рабочем месте розетку с третьим заземляющим проводом (евророзетку).

— Установку блока необходимо производить вдали от сильных электромагнитных помех.

— Рекомендуются проводить монтаж блока на стойку. Для этого в приборе предусмотрен монтажный винт на задней стенке.

Указание мер безопасности

К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Категорически запрещается работать с прибором со снятым защитным кожухом.

Все ремонтные работы производить при выключенной вилке питания.

Запрещается вставлять и вынимать вилку питания при нажатой кнопке «Сеть».

Запрещается эксплуатация прибора без третьего заземляющего провода в сетевой розетке (евророзетка). Недопустимо использования для заземления труб парового или водяного отопления.

Указания по эксплуатации

Включите кнопку «Сеть» 6 (рис. 2), при этом загорится индикатор номера выбранной частоты 0, соответствующий частоте 1 кГц генератора переменного напряжения 3. Если необходима другая частота, то её выбор осуществляется кнопкой 9. Нагрузка подключается к гнезду 4. Выбор формы выходного сигнала осуществляется переключателем 10.

Если в лабораторной работе используется источник постоянного напряжения $0 \div 5$ В, то перед включением блока установите в соответствии с выполняемой работой переключатель выбора режима «генератор напряжения»/«генератор тока» в положение «генератор напряжения». Нагрузку подключить к гнездам 1.

Если в лабораторной работе используется источник постоянного тока $0 \div 20$ мА, то перед включением блока установите в соответствии с выполняемой работой переключатель выбора режима «генератор напряжения»/«генератор тока» в положение «генератор тока». Ручкой 7 установите требуемое значение выходного напряжения (тока). Нагрузку подключить к гнездам 1.

Если в лабораторной работе используется источник постоянного напряжения $0 \div 15$ В, то необходимо подключить нагрузку к гнездам 2. Регулировка выходного напряжения осуществляется регулятором 8.

Техническое обслуживание

Содержите прибор в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

При промывке алюминиевой панели рекомендуется применять моющее средство «Пемолукс».

1.2.2.2. Амперметр-вольтметр АВ1-13

Назначение

Амперметр-вольтметр АВ1-13 (в дальнейшем по тексту прибор) предназначен для проведения практикумов по курсам физике, электротехники и физическим основам микро- и нанoeлектроники. Прибор применяется в составе модульных учебных комплексов МУК-ЭМ (по электричеству и магнетизму), МУК-ТТ1 (по физике твёрдого тела), МУК-ОК (по квантовой оптике), МУК-ЭТ (по электротехнике), МУК-ФОЭ1 (по физическим основам микро- и нанoeлектроники).

Прибор предназначен для:

- Измерения постоянного напряжения;
 - Измерения амплитуды переменного напряжения;
 - Измерения постоянной силы тока;
 - Измерения амплитуды переменной силы тока.
- Условия эксплуатации – лабораторные:
- Температура окружающей среды от 283 до 308 К (от +10 до +35 °С);
 - Относительная влажность до 80% при температуре 298 К (+25 °С);
 - Атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.);
 - Напряжение питающей сети 220 ± 20 В с частотой 50 Гц.

Технические данные

Электрические параметры и характеристики

Пределы измерения:

- Пределы измерения постоянного напряжения: ± 2 В, ± 20 В, ± 200 В;
- Пределы измерения амплитуды переменного напряжения: 2В, 20В, 200В;
- Пределы измерения постоянной силы тока: ± 20 мкА, ± 200 мкА, ± 2000 мкА, ± 20 мА, ± 200 мА, ± 2000 мА;
- Пределы измерения амплитуды переменной силы тока: 20мкА, 200мкА, 2000мкА, 20мА, 200мА, 2000мА;
- Индикатор показаний вольтметра 3 ¹/₃ разряда (max 1999);
- Индикатор показаний амперметра 3 ¹/₃ разряда (max 1999);

Активное входное сопротивление вольтметра при измерении постоянного напряжения не менее 1 МОм;

Входная ёмкость вольтметра при измерении переменного напряжения не более 47 пФ;

Частотный диапазон АВ, не менее 30 кГц;

Падение напряжения в рабочем режиме на входных клеммах амперметра, не превышает 200 мВ;

Предел допускаемой основной погрешности при измерении постоянных величин не более 5 % от предела измерения;

Предел допускаемой основной погрешности при измерении переменных величин, не более 10 % от предела измерения;

Защита по току и напряжению при неправильно выбранных пределах;

Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах указанных норм после 5-ти минутного самопрогрева;

Прибор допускает непрерывную работу в течение 8 часов при сохранении своих технических характеристик.

Конструктивные параметры

Масса прибора не более 3 кг;

Габаритные размеры прибора 250*180*85 мм.

Состав прибора

| | |
|-------------------------|-------|
| 1. Амперметр-вольтметр | 1 шт. |
| 2. Техническое описание | 1 шт. |

Органы управления

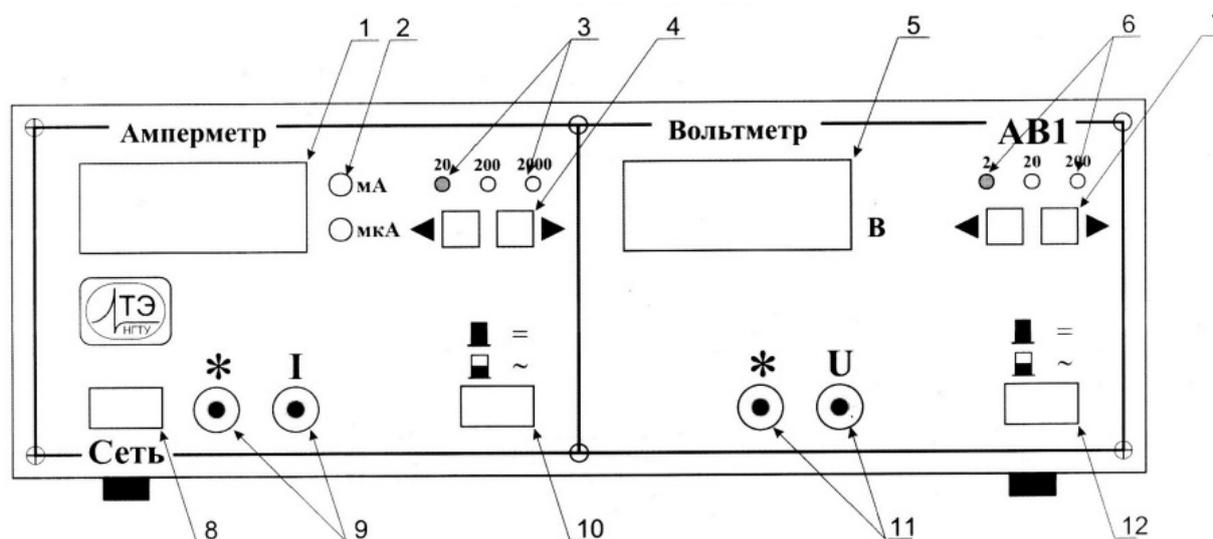


Рис. 3. Внешний вид прибора

На передней панели прибора расположены (рис. 3):

1. индикатор значения тока;
2. индикатор выбранной размерности измерений амперметра;
3. индикатор выбранного предела измерений амперметра;
4. кнопки переключения пределов измерений амперметра;
5. индикатор значения напряжения;
6. индикатор выбранного предела измерений вольтметра;
7. кнопки переключения пределов измерений вольтметра;
8. кнопка выключателя «Сеть»;
9. входные гнезда измерителя тока;
10. кнопка переключателя постоянный / переменный сигнал амперметра;
11. входные гнезда измерителя напряжения;
12. кнопка переключателя постоянный / переменный сигнал вольтметра.

Конструкция

Прибор состоит из следующих конструктивных узлов:

- двух съёмных крышек. Нижняя крышка снабжена отверстиями охлаждения и имеет резиновые ножки;
- двух боковых стенок, к которым крепятся швеллеры для крепления печатных плат;
- задней стенки, через которую выводится шнур питания и на которой расположен винт для крепления к задней стойке;

— передней панели, на которой выведены органы управления и выходные гнезда.

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке прибор перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

Установка прибора на рабочее место:

— Установите на рабочем месте розетку с третьим заземляющим проводом (евророзетку).

— Установку блока необходимо производить вдали от сильных электромагнитных помех.

— Рекомендуется проводить монтаж блока на стойку. Для этого в приборе предусмотрен монтажный винт на задней стенке.

Указание мер безопасности

К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Категорически запрещается работать с прибором со снятым защитным кожухом.

Все ремонтные работы производить при выключенной вилке питания.

Запрещается вставлять и вынимать вилку питания при нажатой кнопке «Сеть».

Запрещается эксплуатация прибора без третьего заземляющего провода в сетевой розетке (евророзетка). Недопустимо использования для заземления труб парового или водяного отопления.

Указания по эксплуатации

Порядок работы с прибором.

Включите кнопку «Сеть» 8 (рис. 3). При этом прибор настраивается на измерение максимальных значений тока и напряжения. Выбор диапазона измерения сигнала осуществляется кнопками 4 и 7 соответственно для вольтметра и амперметра; переключение пределов производится от максимального к минимальному и обратно, и отображается индикаторами 3 и 6, а также запятыми на индикаторах 1 и 5. Переключение диапазонов измерения тока «мА» и «мкА» осуществляется автоматически от кнопок 4.

Для измерения тока внешняя исследуемая цепь подключается к клеммам 9. А для измерения напряжения — к клеммам 11.

При измерении постоянных токов кнопка 10 должна быть отжата, а при измерении переменных нажата.

При измерении постоянных напряжений кнопка 12 должна быть отжата, а при измерении переменных нажата.

При измерении сигналов отрицательной полярности индуцируется знак “ - ”.

При возникновении перегрузки в измерительном блоке гаснут все индикаторы, кроме первого и зажигается знак “1”. В вольтметре при перегрузке также мигают все запятые. При этом необходимо переключить его на более высокий предел измерения.

Техническое обслуживание

Содержите прибор в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

При промывке алюминиевой панели рекомендуется применять моющее средство «Пемолукс».

1.2.2.3. Блок управления тиристорами БЛ2-03

Назначение

Блок тиристор БЛ2-03 (в дальнейшем по тексту прибор) предназначен для генерации испытательных сигналов, необходимых для исследования физических свойств: диодистора, тиристора, симистора, оптосимистора в курсе физических основ микро- и нанoeлектроники в ВУЗах. Прибор применяется в составе модульного лабораторно-учебного комплекса МУК-ФОЭ (по физическим основам микро- и нанoeлектроники), совместно со стендом СЗ-ЭЛ02 «Тиристор».

Прибор позволяет получать:

- постоянное анодное напряжение;
- постоянное управляющее напряжение;
- импульсное анодное напряжение;
- импульсное управляющее напряжение.

Условия эксплуатации — лабораторные:

- температура окружающей среды от 283 до 308 К (от +10 до +35 °С);
- относительная влажность до 80% при температуре 298 К (+25 °С);
- атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм рт. ст.);
- напряжение питающей сети 220 ± 20 В с частотой 50 Гц.

Электрические параметры и характеристики

Генератор постоянного анодного напряжения имеет следующие параметры:

- выходное регулируемое напряжение, U_a , пост. $\pm (0 \div 21)$ В;
- выходное сопротивление 15 Ом.

Генератор постоянного управляющего напряжения имеет следующие параметры:

- выходное регулируемое напряжение, $U_{\text{управ.}}$, пост. $\pm (0 \div 9)$ В;
- выходное сопротивление 150 Ом.

Генератор импульсного анодного напряжения имеет следующие параметры:

- выходное регулируемое напряжение, U_a , имп. $\pm (0 \div 21)$ В;
- выходное сопротивление 30 Ом;

- длина импульса анодного напряжения (рис. 4, а) 400 мкс;
- регулируемая задержка между анодными импульсами (рис. 4, а) (5 ÷ 150) мкс.

Генератор импульсного управляющего напряжения имеет следующие параметры:

- выходное регулируемое напряжение, $U_{\text{управ.}} \text{ имп. } \pm (0 \div 9) \text{ В}$;
- выходное сопротивление 300 Ом;
- длина импульса управляющего напряжения (рис. 4, б) 10 мкс;
- задержка между подачей анодного и управляющего импульсов (рис. 4.б) 100 мкс;
- прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах, указанных норм после 5-ти минутного самопрогрева;
- прибор допускает непрерывную работу в течение 8 часов при сохранении своих технических характеристик.

Конструктивные параметры

Масса прибора не более 3 кг; габаритные размеры прибора 250*180*85 мм.



Рис. 4. Временные диаграммы генераторов импульсов

Таблица 6

Состав прибора

| | |
|--|-------|
| 1. Блок управления стендом СЗ-ЭЛ02 «Тиристор», БЛ2 | 1 шт. |
| 2. Техническое описание | 1 шт. |

Органы управления

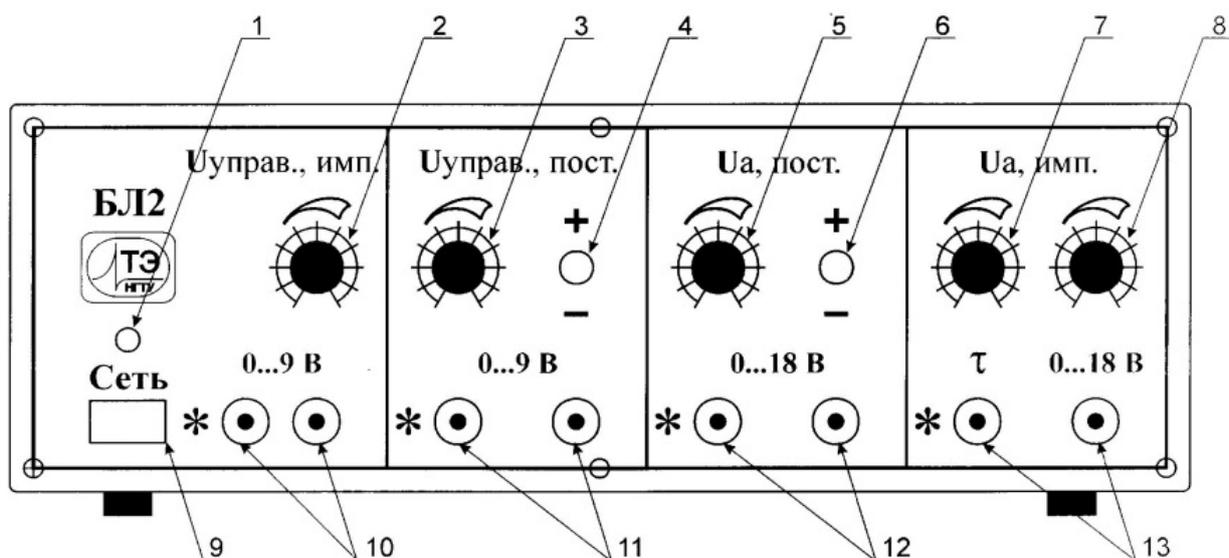


Рис. 5. Внешний вид прибора

Внешний вид прибора представлен на рис. 5.

На передней панели генератора расположены:

1. индикатор включения «Сеть»;
2. регулятор амплитуды выходных импульсов, для управляющего электрода;
3. регулятор выходного постоянного напряжения, для управляющего электрода;
4. переключатель полярности, для анодного электрода;
5. регулятор выходного постоянного напряжения, для анодного электрода;
6. переключатель полярности, для анодного электрода;
7. регулировка задержки между анодными импульсами;
8. регулятор амплитуды выходных импульсов, для анодного электрода;
9. кнопка выключателя «Сеть»;
10. выходные гнезда импульсного напряжения, для управляющего электрода;
11. выходные гнезда постоянного напряжения, для управляющего электрода;
12. выходные гнезда постоянного напряжения, для анодного электрода;
13. выходные гнезда импульсного напряжения, для анодного электрода.

Конструкция

Прибор состоит из следующих конструктивных узлов:

- двух съёмных крышек. Нижняя крышка снабжена отверстиями охлаждения и имеет резиновые ножки;
- двух боковых стенок, к которым крепятся швеллеры для крепления печатных плат;

- задней стенки, через которую выводится шнур питания и на которой расположен винт для крепления к задней стойке;
- передней панели, на которой выведены органы управления и выходные гнезда.

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке прибор перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

Установка прибора на рабочее место:

- установите на рабочем месте розетку с третьим заземляющим проводом (евророзетку);
- установку блока необходимо производить вдали от сильных электромагнитных помех;
- рекомендуется проводить монтаж блока на стойку. Для этого в приборе предусмотрен монтажный винт на задней стенке.

Указание мер безопасности

К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Категорически запрещается работать с прибором со снятым защитным кожухом.

Все ремонтные работы производить при выключенной вилке питания.

Запрещается вставлять и вынимать вилку питания при нажатой кнопке «Сеть».

Запрещается эксплуатация прибора без третьего заземляющего провода в сетевой розетке (евророзетка). Недопустимо использования для заземления труб парового или водяного отопления.

Указания по эксплуатации

Включите кнопку «Сеть» 9 (рис. 5), при этом загорится индикатор включения «Сеть» 1.

Если используется генератор импульсного управляющего напряжения, то подключите нагрузку к гнездам 10. Регулировка амплитуды осуществляется регулятором 2.

Если используется генератор постоянного управляющего напряжения, то подключите нагрузку к гнездам 11. Регулировка амплитуды осуществляется регулятором 3. Переключатель 4 предназначен для смены полярности.

Если используется генератор постоянного анодного напряжения, то подключите нагрузку к гнездам 12. Регулировка амплитуды осуществляется регулятором 5. Переключатель 6 предназначен для смены полярности.

Если используется генератор импульсного анодного напряжения, то подключите нагрузку к гнездам 13. Регулировка амплитуды осуществляется регулятором 8.

Регулятором 7 осуществляется регулировка задержки между анодными импульсами.

Техническое обслуживание

Содержите прибор в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

При промывке алюминиевой панели рекомендуется применять моющее средство «Пемолюкс».

1.2.3. Задание № 3

Изучить назначение, технические данные, состав и указания по эксплуатации лабораторных стендов СЗ-ТТ02-2, СЗ-ЭЛ01, СЗ-ЭЛ02.

1.2.3.1. Лабораторный стенд СЗ-ТТ02-2

Назначение

Стенд с объектами исследования СЗ-ТТ02-2 предназначен для проведения практикума в ВУЗах по курсам физики, электротехники и физических основ микро- и нанoeлектроники. Применяется в составе модульного учебного комплекса МУК-ТТ, МУК-ЭТ.

Технические данные

Масса стенда не более 1 кг;

Габаритные размеры прибора 180*264*86 мм.

Состав стенда

Стенд (рис. 6) содержит группы объектов исследования, имеющих следующие характеристики:

VD1 — ДЗ10 (германиевый диод);

VD2 — КД212 (кремниевый диод);

VD3 — 1N5818 (диод Шоттки);

VD4 — bzx55c3v0 (туннельный стабилитрон (диод Зенера));

VD5 — 2С175Ж (лавинный стабилитрон);

R1 — 700-102ВАА-В00 (платиновый резистор 1 кОм);

R2 — ММТ-1 (полупроводниковый терморезистор 47 кОм);

$R_{\text{огр.}} = 680 \text{ Ом} \pm 10 \%$;

Возможна поставка стендов с другими марками элементов, но с аналогичными характеристиками.

Все элементы: VD1 ... VD5, R1, R2 расположены на термостатированной площадке.

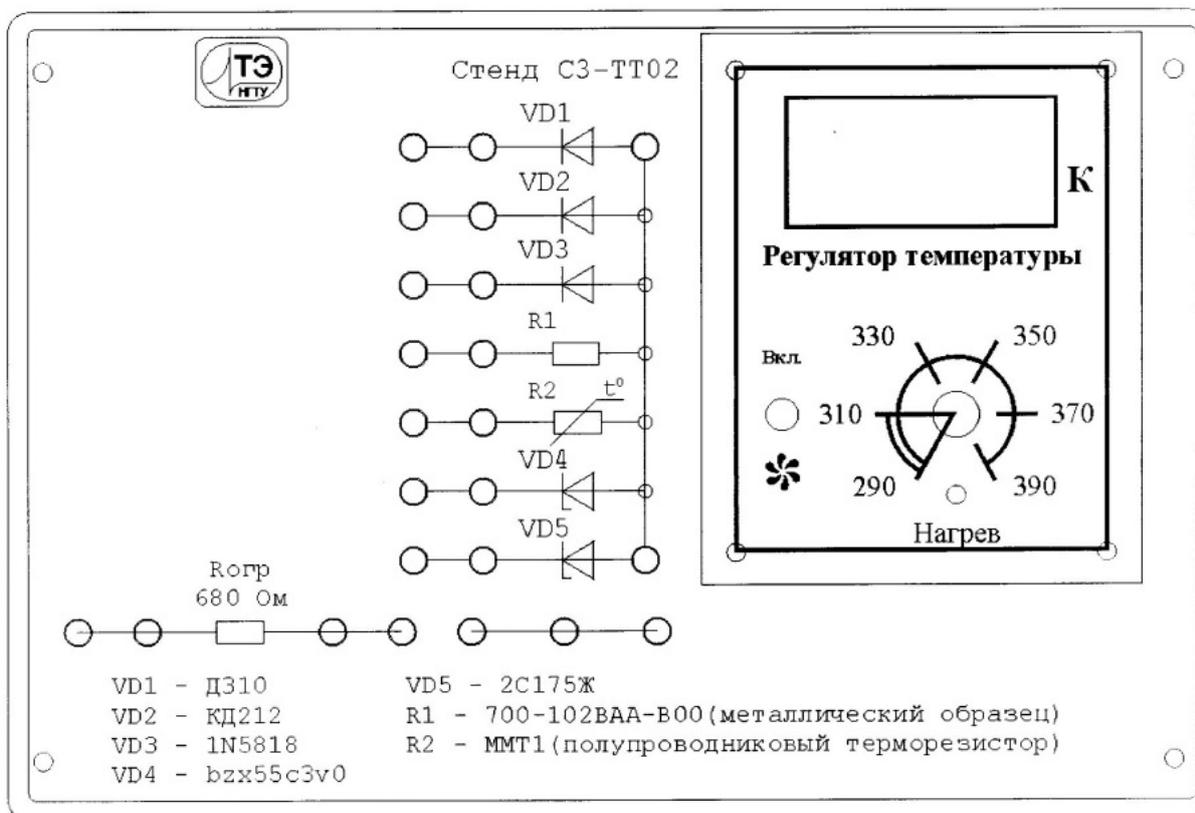


Рис. 6. Внешний вид стенда

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке стенд перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

Подключите стенд к гнезду генератора напряжений (ГН1, ГН2, ГН3), расположенном на задней стенке при отключенном приборе. Цоколёвка разъема для подключения к прибору:

Таблица 7

Напряжения на входах прибора

| № разъема | Наименование |
|-----------|--------------|
| 1 | + 6 (5) В |
| 2 | 0 В |
| 3 | + 23 В |
| 4 | - 6 (5) В |
| 5 | 0 В |

Указания по эксплуатации

Терморегулятор позволяет изменять температуру исследуемых элементов от 290 до 390 К. Индикатор температуры показывает температуру площадки в градусах Кельвина. Установка температуры осуществляется регулятором температуры (риска на ручке для ориентировочной установки температуры). Индикатор нагрева показывает, что идет нагрев. При погасании индикатора нагреватель отключается. Для ускорения остывания элементов, в стенде расположен вентилятор, который включается тумблером.

Внимание: *включение полупроводниковых элементов от генератора напряжения производить только через ограничительный резистор.*

Техническое обслуживание

Содержите стенд в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

Рекомендуется проводить обработку поверхности стенда антистатическими растворами для стеклянных и пластиковых поверхностей.

1.2.3.2. Лабораторный стенд СЗ-ЭЛ01

Назначение

Стенд СЗ-ЭЛ01 предназначен для проведения практикума в ВУЗах по курсам электротехники и физических основ микро- и нанoeлектроники. Применяется в составе модульного учебного комплекса серий МУК-ФОЭ.

Технические данные

Масса стенда не более 1 кг;

Габаритные размеры прибора 180*264*86 мм.

Состав стенда

Стенд (рис. 7) содержит группы объектов исследования, имеющих следующие характеристики:

- постоянные резисторы:
R1, R3, R4 = 1,5 кОм ± 10%;
R2 = 6,8 кОм ± 10%;
R5 = 68 Ом ± 10%;
R_{огр.} = 560 Ом ± 10%;
- конденсаторы:
C1, C2, C3 = 3,3 мкФ ± 10%;
- транзисторы:
VT1 – КТ819 (кремниевый, биполярный, n-p-n);
VT2 – КТ818 (кремниевый, биполярный, p-n-p);
VT3 – КП302 (кремниевый, планарный полевой с затвором на основе p-n перехода и каналом n-типа);

VT4 – IRFD420 (полевой с изолированный затвором и каналом n-типа);

– логические элементы 2И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ (КМОП либо ТТЛ).

Возможна поставка стендов с другими марками элементов, но с аналогичными характеристиками.

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке стенд перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

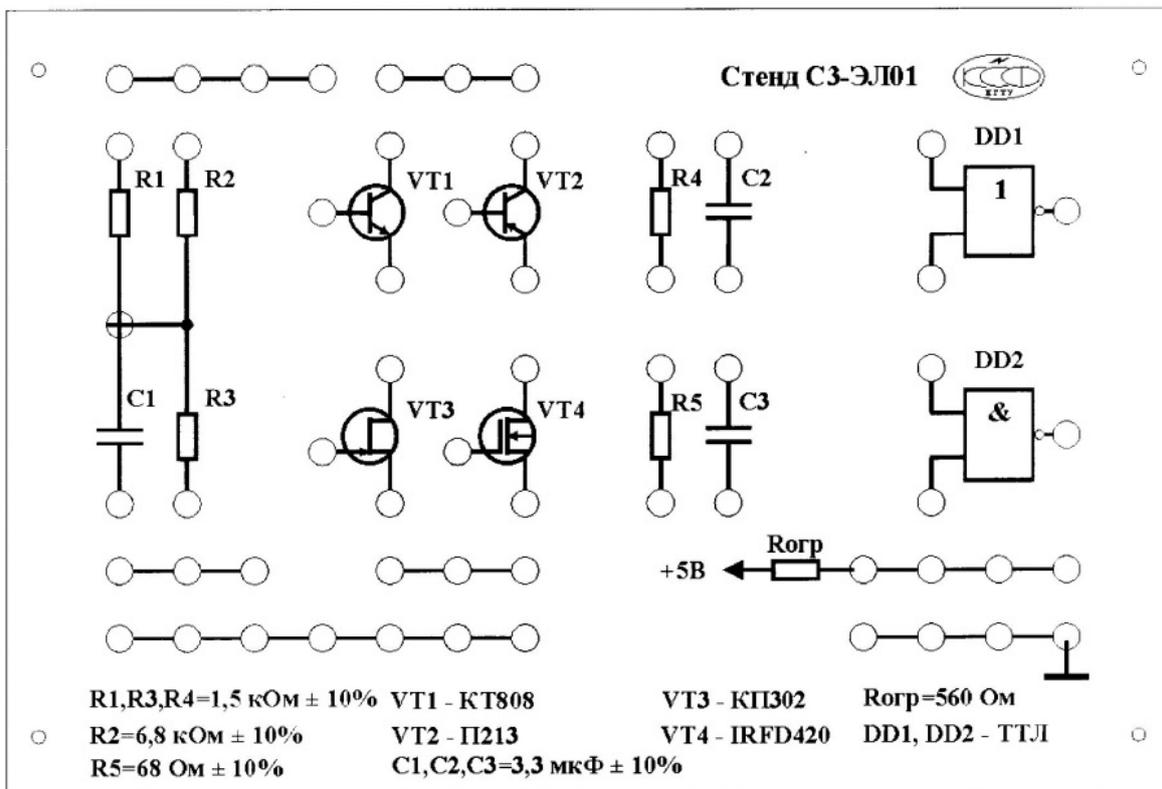


Рис. 7. Внешний вид стенда

Подключите стенд к гнезду генератора напряжений (ГН1, ГН2, ГН3), расположенном на задней стенке при отключенном приборе. Цоколёвка разъема для подключения к прибору:

Таблица 8

| Напряжения на входах | |
|----------------------|--------------|
| № разъема | Наименование |
| 1 | + 6 (5) В |
| 2 | 0 В |
| 3 | + 23 В |
| 4 | - 6 (5) В |
| 5 | 0 В |

Указания по эксплуатации

Включение питания логических элементов производится нажатием кнопки «Сеть» на приборе.

Техническое обслуживание

Содержите стенд в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

Рекомендуется проводить обработку поверхности стенда антистатическими растворами для стеклянных и пластиковых поверхностей.

1.2.3.3. Лабораторный стенд СЗ-ЭЛ02

Назначение

Стенд СЗ-ЭЛ02 предназначен для проведения практикума в ВУЗах по курсам электротехники и физических основ микро- и нанoeлектроники. Применяется в составе модульного учебного комплекса серий МУК-Ф0Э.

Технические данные

Масса стенда не более 1 кг;

Габаритные размеры прибора 180*264*86 мм.

Состав стенда

Стенд (рис. 8) содержит группы объектов исследования, имеющих следующие характеристики:

- диодистор VQ1 – КН102А;
- тиристор VQ2 – КУ202А;
- симистор VQ3 – МАС9;
- оптосимистор VQ4 – МОС3021;
- постоянные резисторы:
 - $R_A = 10 \text{ Ом} \pm 10\%$;
 - $R_Y = 100 \text{ Ом} \pm 10\%$;
 - $R_1 = R_2 = 390 \text{ Ом} \pm 10\%$;
 - $R_{31} = 10 \text{ Ом} \pm 10\%$;
 - $R_{32} = R_{33} = R_{34} = 100 \text{ Ом} \pm 10\%$;
 - $R_{35} = 75 \text{ Ом} \pm 10\%$.

Возможна поставка стендов с другими марками элементов, но с аналогичными характеристиками.

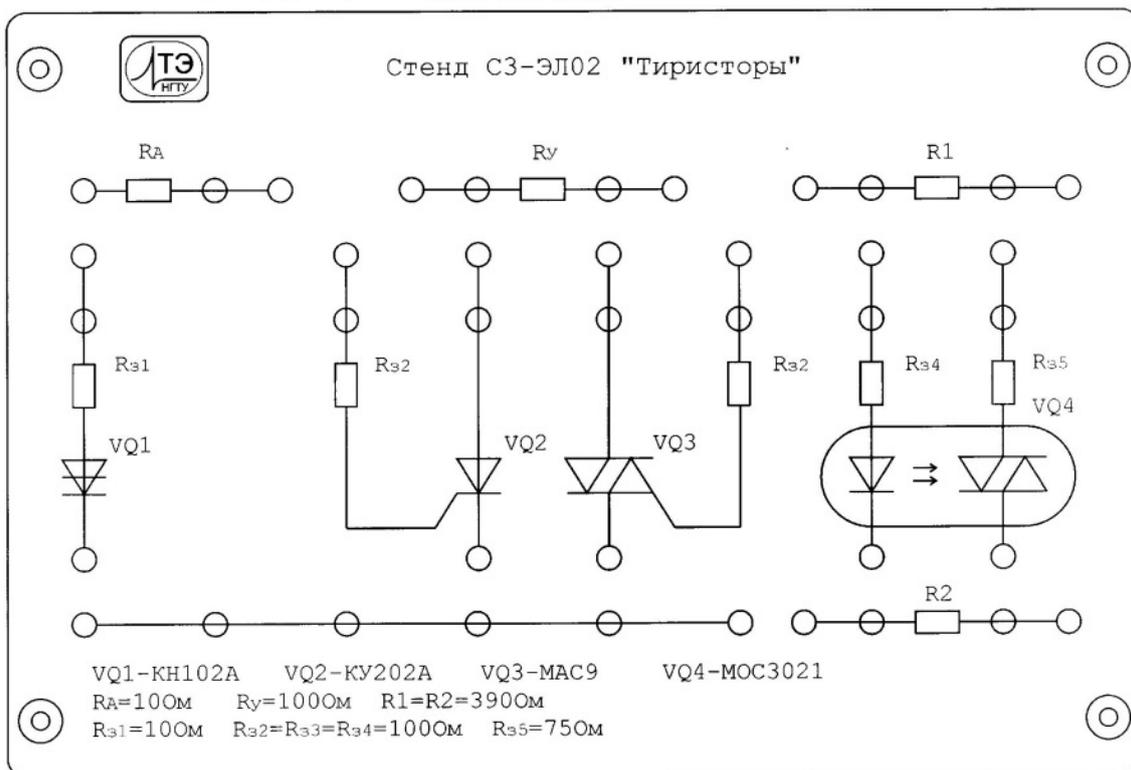


Рис. 8. Внешний вид установки

Подготовка к работе

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке стенд перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов.

После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте прибор не менее 12 часов.

Указания по эксплуатации

Соблюдайте полярность при подключении.

Техническое обслуживание

Содержите стенд в чистоте, оберегайте его от воздействия влаги, грязи, пыли, ударов и падений.

Для удаления загрязнений применяйте мягкую ткань, слегка смоченную спиртом (категорически запрещается использовать для этой цели растворители красок и эмалей).

Рекомендуется проводить обработку поверхности стенда антистатическими растворами для стеклянных и пластиковых поверхностей.

1.3. Указания по оформлению отчета

Отчет оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4 (210 × 297 мм). Необходимо дома подготовить заготовку отчета по всей работе. Заготовка отчета должна содержать номер, цель и содержание работы, все

пункты домашних заданий и свободные места для их выполнения. Дополнительно в отчете необходимо сделать выводы по результатам проделанной работы. Рисунки и графики выполнять на отдельных листах формата А4, на которых, если позволяет место, может быть размещено по несколько рисунков. Рисунки вкладывать в отчет после первой ссылки по тексту. Титульный лист выполняется по ГОСТ 7.4-78 в виде обложки, в которую вкладывается отчет.

1.4. Контрольные вопросы к лабораторным заданиям

1. Каково назначение и состав комплекса МУК-ФОЭ1?
2. В чём состоит подготовка к работе комплекса?
3. Расскажите о назначении и технических данных генератора ГНЗ-03а.
4. Объясните устройство и принцип работы прибора.
5. Расскажите о порядке работы с генератором.
6. Каковы назначение, технические данные и состав амперметра-вольтметра АВ1-13?
7. Объясните устройство, конструкцию и принцип работы прибора.
8. В чём заключается подготовка к работе и эксплуатация прибора?
9. Для чего предназначен блок БЛ2-03? Привести технические характеристики блока.
10. Объясните устройство и принцип работы прибора.
11. Расскажите про эксплуатацию блока БЛ2-03.
12. Что представляет собой лабораторный стенд СЗ-ТТ02-2?
13. В чем заключаются подготовка к работе и указания по эксплуатации стенда?
14. Каковы назначение, технические данные и состав стенда СЗ-ЭЛ01?
15. Характеристики каких приборов позволяет исследовать стенд СЗ-ЭЛ02?
16. Как осуществляется подготовка к работе, эксплуатация и техническое обслуживание стенда?
17. Расскажите о мерах безопасности при эксплуатации комплекса МУК-ФОЭ1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петров К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: учебное пособие / К. С. Петров. — СПб.: Питер, 2006. — 522 с.
2. Балашов Ю. С. Физические основы функционирования интегральных устройств микроэлектроники: учебное пособие / Ю. С. Балашов, М. И. Горлов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. — 187 с.
3. Чернышов А. В. Радиоматериалы. Ч. 2: Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы: учебное пособие / А. В. Чернышов, А. С. Бадаев. — Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. — 235 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----------|
| 1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИЗУЧЕНИЕ УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА МУК-ФОЭ1 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ | 3 |
| 1.1. Общие указания..... | 3 |
| 1.1.1. Цель работы..... | 3 |
| 1.1.2. Содержание работы..... | 3 |
| 1.1.3. Указания по технике безопасности..... | 3 |
| 1.2. Лабораторные задания..... | 3 |
| 1.2.1. Задание № 1..... | 3 |
| 1.2.1.1. Назначение..... | 3 |
| 1.2.1.1. Подготовка к работе..... | 5 |
| 1.2.2. Задание № 2..... | 5 |
| 1.2.2.1. Генератор напряжения ГНЗ-03а..... | 5 |
| 1.2.2.2. Амперметр-вольтметр АВ1-13..... | 9 |
| 1.2.2.3. Блок управления тиристорами БЛ2-03..... | 13 |
| 1.2.3. Задание № 3..... | 17 |
| 1.2.3.1. Лабораторный стенд СЗ-ТТ02-2..... | 17 |
| 1.2.3.2. Лабораторный стенд СЗ-ЭЛ01..... | 19 |
| 1.2.3.3. Лабораторный стенд СЗ-ЭЛ02..... | 21 |
| 1.3. Указания по оформлению отчета..... | 22 |
| 1.4. Контрольные вопросы к лабораторным заданиям..... | 23 |
| Библиографический список..... | 24 |

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ № 4-5
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения

Составитель
Бадаев Андрей Станиславович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 30.05.2024.
Уч.-изд. л. 1,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84