

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Кафедра информатики и управления в технических системах

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
"Технические средства и элементная база
робототехнических систем "
для студентов направления подготовки
27.03.04 – Управление в технических системах



Севастополь
СевГУ
2019

УДК 621.78 (076)
ББК 32.86я73
И88

Р е ц е н з е н т:

В.А. Карапетьян – доцент кафедры "Информатика и управление в технических системах", кандидат техн. наук, доцент

Составитель: А.Е. Осадченко

И88 Исследование оптоэлектронных приборов: метод. указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине "Технические средства и элементная база робототехнических систем" для студентов направления подготовки 27.03.04 – Управление в технических системах / Сост. А.Е. Осадченко. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 16 с.

В методических указаниях приводится описание лабораторной работы, целью которой является исследование характеристик оптоэлектронных приборов с применением лабораторных стендов «Основы электроники-2».

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 27.03.04 Управление в технических системах.

УДК 621.78 (076)
ББК 32.86я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Информатика и управления в технических системах", протокол № 6 от 14 февраля 2019 г.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании ученого совета Института информационных технологий и управления в технических системах, протокол № 5 от 25 апреля 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
2.1 ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ	4
2.2 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ОПТРОНОВ	4
2.3 ВИДЫ ОПТРОНОВ	5
2.3.1 РЕЗИСТОРНЫЙ ОПТРОН	5
2.3.2 ДИОДНЫЙ ОПТРОН.....	5
2.3.3 ТРАНЗИСТОРНЫЙ ОПТРОН.....	6
2.3.4 ТИРИСТОРНЫЙ И СИМИСТОРНЫЙ ОПТРОНЫ.....	7
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	9
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
4. 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИОДНОГО ОПТРОНА.....	9
4. 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНОГО ОПТРОНА	11
4. 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНОГО ОПТРОНА	12
5. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	13
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	14
7. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ.....	14
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	15
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	16

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование характеристик диодных, транзисторных и тиристорных оптронов.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Оптоэлектронные приборы

Оптронами (оптопарами) называют такие приборы, в которых имеются источник и приемник излучения (светоизлучатель и фотоприемник) с оптической связью между ними, конструктивно связанные друг с другом [1, с. 491].

Принцип действия оптронов любого вида на том, что в излучателе энергия электрического сигнала преобразуется в световую, в фотоприемнике, наоборот, световой сигнал вызывает изменение его электрических параметров.

Наибольшее распространение получили оптроны, у которых имеется прямая оптическая связь от излучателя к фотоприемнику и, как правило, исключены все виды электрической связи между этими элементами.

Оптоэлектронная интегральная микросхема представляет собой микросхему, состоящую из нескольких оптронов и электрически соединенных с ними согласующих или усилительных устройств.

В электронных цепях оптрон выполняет функцию элемента связи, в котором осуществлена электрическая (гальваническая) развязка входа и выхода.

2.2. Достоинства и недостатки оптронов

Оптоэлектронные приборы имеют определенные достоинства и недостатки, которые обуславливают их применение в электронных устройствах

Основные достоинства:

- возможность обеспечения идеальной электрической (гальванической) развязки между входом и выходом;
- возможность реализации бесконтактного оптического управления электронными устройствами;
- отсутствие обратной реакции приемника на излучатель - однонаправленность оптического канала;
- широкая частотная полоса пропускания оптрона, возможность передачи по оптронной цепи, как переменной, так и постоянной составляющей;
- защищенность от помех, невосприимчивость оптических каналов связи к воздействию электромагнитных полей;
- физическая и технологическая совместимость с другими полупроводниковыми и микроэлектронными приборами.

Основные недостатки оптоэлектронных устройств:

- невысокий КПД, обусловленный необходимостью двойного преобразования энергии (электричество - свет - электричество);
- повышенная зависимость параметров и характеристик от температуры и ионизирующих излучений;
- временная деградация (ухудшение) параметров;
- повышенный уровень собственных шумов;

- конструктивно-технологическое несовершенство, связанное с использованием гибридной технологии (необходимость объединения в одном приборе нескольких - отдельных кристаллов из различных полупроводников).

Несмотря на имеющиеся недостатки, достоинства оптронов обуславливают их массовое применение в электронных устройствах.

2.3. Виды оптронов

2.3.1. Резисторный оптрон

В современных оптоэлектронных приборах в качестве излучателя используется светодиод. В зависимости от применяемого фотоприемника оптроны подразделяются на несколько типов [1, с. 493].

В резисторном оптроне приемником излучения является фоторезистор. Условное обозначение резисторного оптрона приведено на рис 1. Основное достоинство резисторного оптрона - возможность работы, как на постоянном, так и на переменном токе. Резисторные оптроны могут применяться для автоматического регулирования усиления, для управления бесконтактными делителями напряжения и т. д.

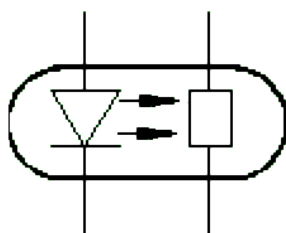


Рис. 1. Условное обозначение резисторного оптрона

Основные параметры резисторных оптронов:

- максимальный входной ток;
- максимальный выходной ток;
- $R_{\text{вых}}$ при нормальной работе;
- $R_{\text{т. вых.}}$ - темновое выходное сопротивление;
- R изоляции;
- время включения и выключения, характеризующее динамические характеристики оптрона.

Основные характеристики резисторного оптрона:

- входные ВАХ;
- передаточная характеристика (зависимость $R_{\text{вых}} = f(I_{\text{вх}})$).

2.3.2. Диодный оптрон

В диодном оптроне приемником излучения является фотодиод. Условное обозначение диодного оптрона приведено на рис 2.

Диодные оптроны могут работать в двух режимах: фотогенераторном и фотодиодном. Выходная характеристика оптрона в фотодиодном режиме аналогична обратной ветви ВАХ диода. Обратный ток не зависит от напряжения, но существенно зависит от температуры окружающей среды. Достоинством диодного оп-

трона является практически линейная передаточная характеристика, что позволяет использовать его для гальванической развязки аналоговых датчиков.

В фотогенераторном режиме выходная ВАХ существенно зависит от выходного тока. Фото-ЭДС не превышает контактной разности потенциалов на р-п-переходе фотодиода и может находиться в диапазоне 0,4...0,8 В.

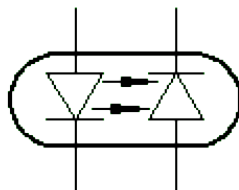


Рис. 2. Условное обозначение диодного оптрона

Основные параметры резисторных оптронов:

- максимальный входной ток;
- максимальный выходной ток;
- максимальное обратное напряжение;
- выходной обратный (тепловой) ток $I_{\text{вых.обр}}$ – ток, протекающий в выходной цепи диодного оптрона при отсутствии входного тока и заданном напряжении на выходе;
- время нарастания и спада выходного импульса – интервал времени, в течение которого выходной сигнал изменяется соответственно от 0,1 до 0,5 и от 0,9 до 0,5 максимального значения;
- статический коэффициент передачи по току - отношение разницы выходного тока и выходного теплового тока к входному току, выраженное в процентах.

Основным недостатком диодных оптронов является малый коэффициент передачи по току, что требует применения дополнительного усилителя.

2.3.3. Транзисторный оптрон

Транзисторные оптроны имеют в качестве приемника излучения – биполярный кремниевый фототранзистор (рис. 3).

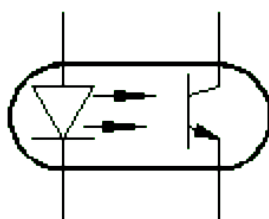


Рис. 3. Условное обозначение транзисторного оптрона

В качестве приемника также могут использоваться однопереходный и полевой транзисторы.

Основные параметры аналогичны параметрам диодных оптронов. Дополнительно указываются максимальный ток коллектора, максимальное напряжение эмиттер-коллектор, максимальная мощность рассеивания на коллекторе.

Достоинством транзисторных оптронов является высокий коэффициент передачи по току, однако они имеют существенно-нелинейную зависимость входного и выходного токов. Основная сфера применения транзисторных оптронов - устройства связи различных датчиков с измерительными устройствами, работающими в ключевом режиме, а также в качестве реле.

На рис. 4 приведена схема включения транзисторного оптрона.

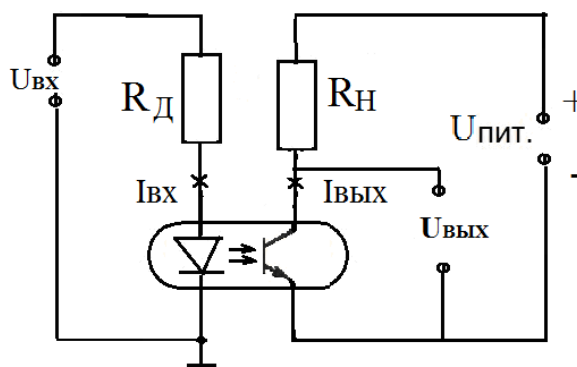


Рис. 4. Схема включения транзисторного оптрона

Величина дополнительного сопротивления R_d определяется исходя из необходимой величины водного тока $I_{вх}$ и входного напряжения $U_{вх}$, с учетом падения напряжения на светодиоде оптрона. Нагрузка может включаться непосредственно в коллекторную цепь оптрона. Также выходной сигнал может сниматься между эмиттером и коллектором, как показано на рис. 4. В этом случае напряжение $U_{вых}$ будет уменьшаться при увеличении $I_{вх}$. Такое включение часто используют для гальванической развязки линий передачи данных от входных портов микроконтроллеров.

2.3.4. Тиристорный и симисторный оптроны

Тиристорные оптроны имеют в качестве фотоприемника кремниевый фототиристор и применяются в ключевых режимах [1, с. 495]. Условное обозначение тиристорной оптопары приведено на рис. 5.

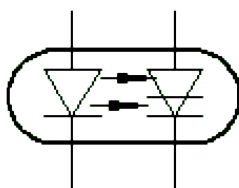


Рис. 5. Условное обозначение тиристорного оптрона

Тиристорные оптроны применяются для формирования мощных импульсов, для управления и коммутации различных устройств с мощными нагрузками, работающими от источников питания с пульсирующим напряжением [2, с. 33].

Основные входные параметры аналогичны входным параметрам диодных оптронов. Дополнительно указываются минимальный входной ток светодиода, при котором происходит включение тиристора.

К основным выходным параметрам относятся максимальное напряжение тиристора и максимальный выходной ток.

При необходимости управления нагрузками в цепях переменного напряжения используется оптопара с симистором. Условное обозначение симисторного оптрона приведено на рис. 6.

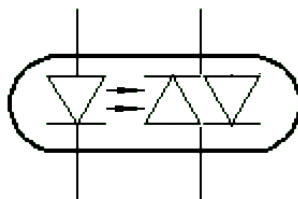


Рис. 6. Условное обозначение тиристорного оптрона

Основные параметры симисторных оптронов аналогичны параметрам тиристорных оптронов. На рис. 7 приведена схема включения симисторного оптрона.

Величина дополнительного сопротивления R_d определяется исходя из необходимой величины водного тока $I_{вх}$ и входного напряжения $U_{вх}$, с учетом падения напряжения на светодиоде симисторного оптрона. Нагрузка может включаться непосредственно в цепь симистора оптрона.

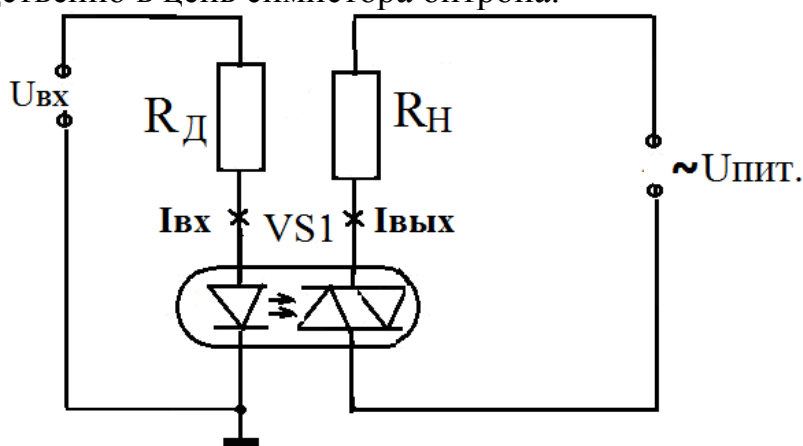


Рис. 7. Схема включения симисторного оптрона

Если максимально допустимый ток симисторного оптрона недостаточен для управления нагрузкой, то можно добавить мощный симистор с необходимым рабочим током, как показано на рис. 8.

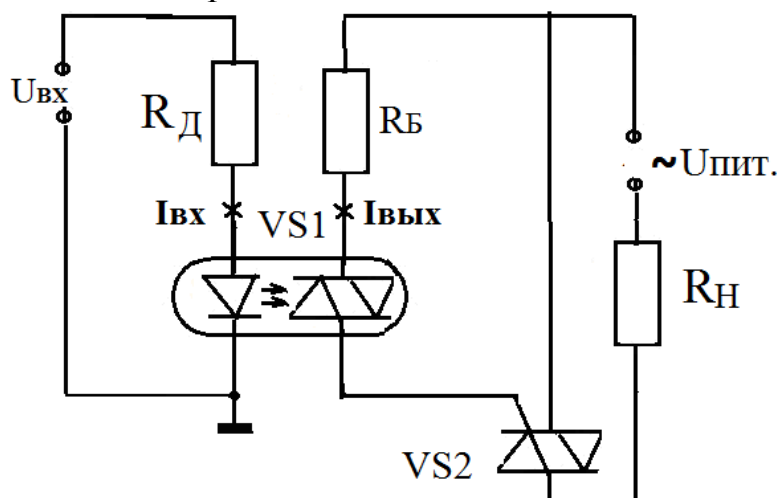


Рис. 8. Схема включения симисторного оптрона с мощным симистором

Величина резистора R_B определяется током необходимым для надежного открывания симистора VS2 и может находиться в пределах 100 - 300 Ом при мощности нагрузки до 2 кВт и напряжения питания 220 В.

Достоинством тиристорных и симисторных оптронов является возможность подключения входных цепей к выходным портам микроконтроллеров и управления нагрузками мощностью в несколько киловатт. Основной недостаток симисторных оптронов – невысокое быстродействие, которое определяется частотой питающего напряжения.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Модуль **МИЛЛИАМПЕРМЕТРЫ**, модуль **МУЛЬТИМЕТРЫ**, модуль **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** на стендах **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ** – 2.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Исследование диодного оптрона

Исследование диодного оптрона производится по схеме, показанной на рис. 9.

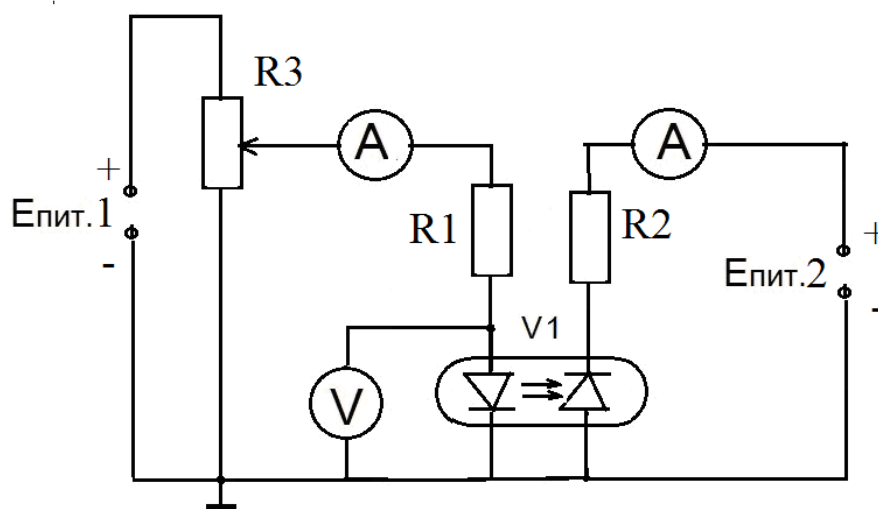


Рис. 9. Схема исследования характеристик диодного оптрона

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** выключить питание.

2. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 10).

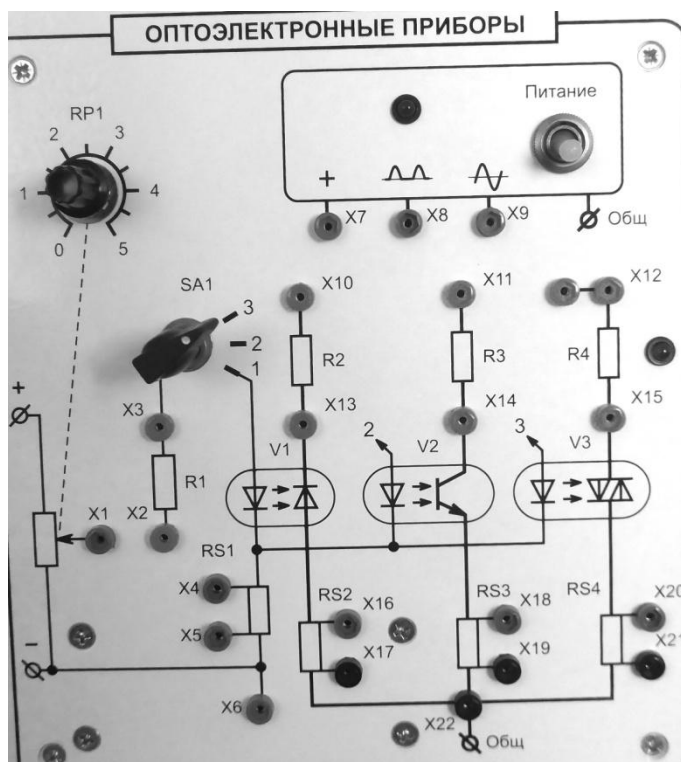


Рис. 10. Вид модуля **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**

3. Переключатель SA1 установить в положение 1.

4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.

5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения для левого и правого мультиметров в положение **постоянное напряжение 20 В** (рис. 11).

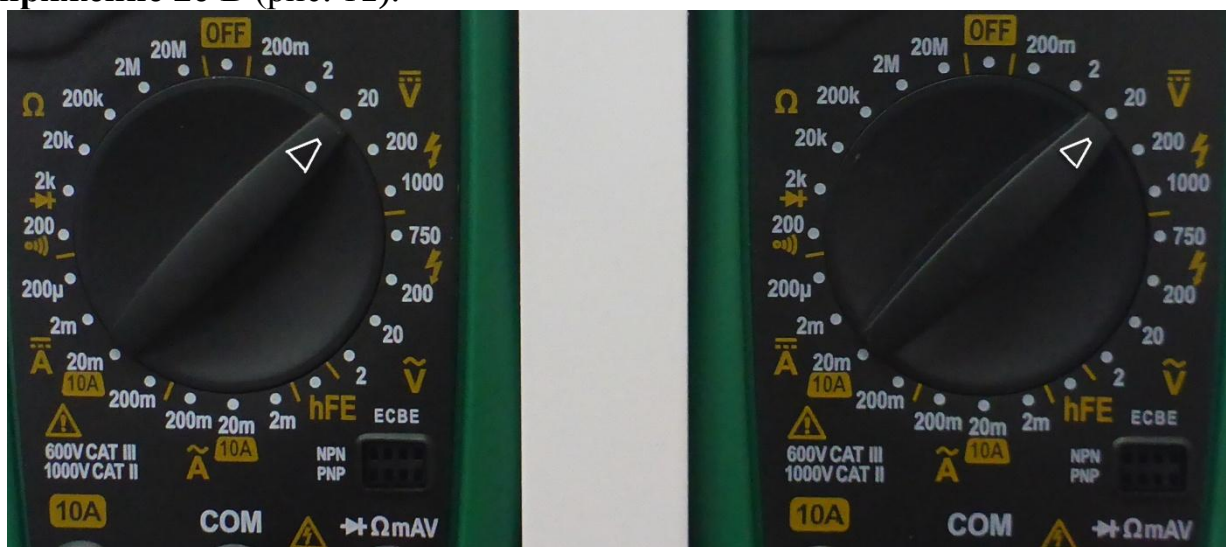


Рис. 11. Вид модуля **МУЛЬТИМЕТРЫ** перед началом работы

6. Соединить X1 с “+” левого миллиамперметра, X2 соединить с “-” левого миллиамперметра (рис. 12).

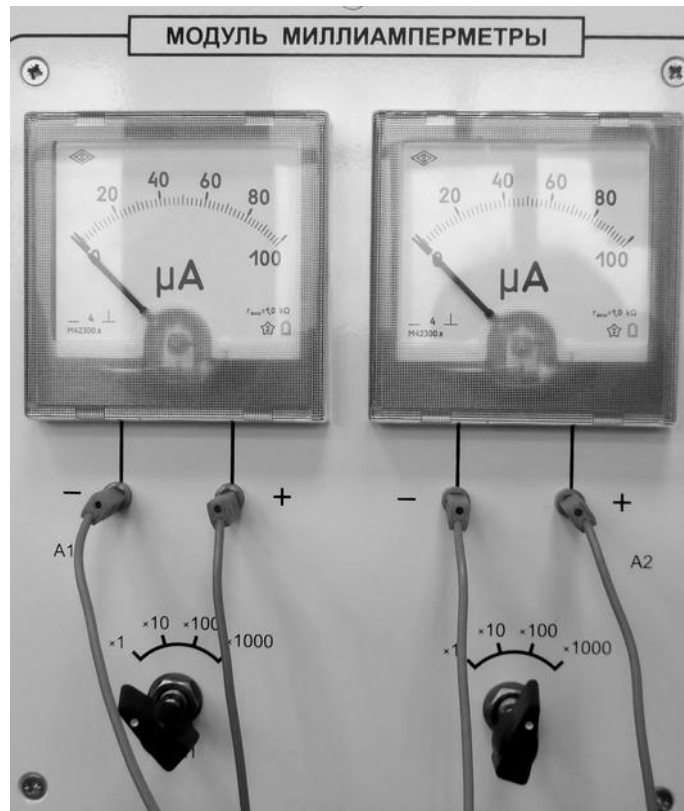


Рис. 12. Вид модуля **МИЛЛИАМПЕРМЕТРЫ** перед началом работы

7. Соединить X7 с “+” правого миллиамперметра, X10 соединить с “-” правого миллиамперметра (рис. 12).

8. Установить переключатель диапазона измерений левого миллиамперметра в положение **x100**.

9. Установить переключатель диапазона измерений правого миллиамперметра в положение **x10**.

10. Красный щуп левого мультиметра вставить гнездо разъема **X3**.

11. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X6**.

12. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** включить питание.

13. Поворачивая по часовой стрелке ручку потенциометра **RP1** устанавливать ток через светодиод оптрона (левый миллиамперметр) в соответствии с таблицей 1 и заносить в таблицу 1 значения напряжения на светодиоде (левый мультиметр) и тока через фотодиод (правый миллиамперметр).
Таблица 1- Сила тока фотодиода и падение напряжение на светодиоде оптрона

Исд, мА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uсд, В	0										
Iфд, мА	0										

4.2. Исследование транзисторного оптрона

Исследование транзисторного оптрона производится по схеме, показанной на рис. 13.

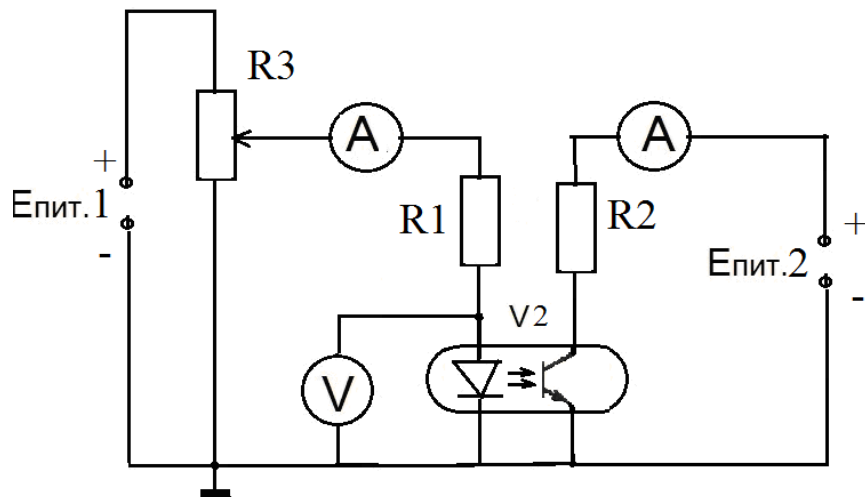


Рис. 13. Схема исследования характеристик транзисторного оптрона

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

- 1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** выключить питание.
- 2. Извлечь перемычку из гнезда X10 и вставить ее в гнездо X11.
- 3.Переключатель SA1 в модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** установить в положение 2.
- 4.Установить переключатель диапазона измерений правого миллиамперметра в положение **x100**.
- 5. Ручку потенциометра **RP1** в модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** повернуть против часовой стрелки до упора.
- 6. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** включить питание.
- 7. Поворачивая по часовой стрелке ручку потенциометра **RP1** устанавливать ток через светодиод оптрона (левый миллиамперметр) в соответствии с таблицей 2 и заносить в таблицу 1 значения напряжения на светодиоде (левый мультиметр) и тока через фототранзистор (правый миллиамперметр).

Таблица 2- Сила тока фототранзистора и напряжение на светодиоде оптрона

Исд, мА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Усд, В	0										
Ифд, мА	0										

4.3. Исследование тиристорного оптрона

Исследование тиристорного оптрона производится по схеме, показанной на рис. 14.

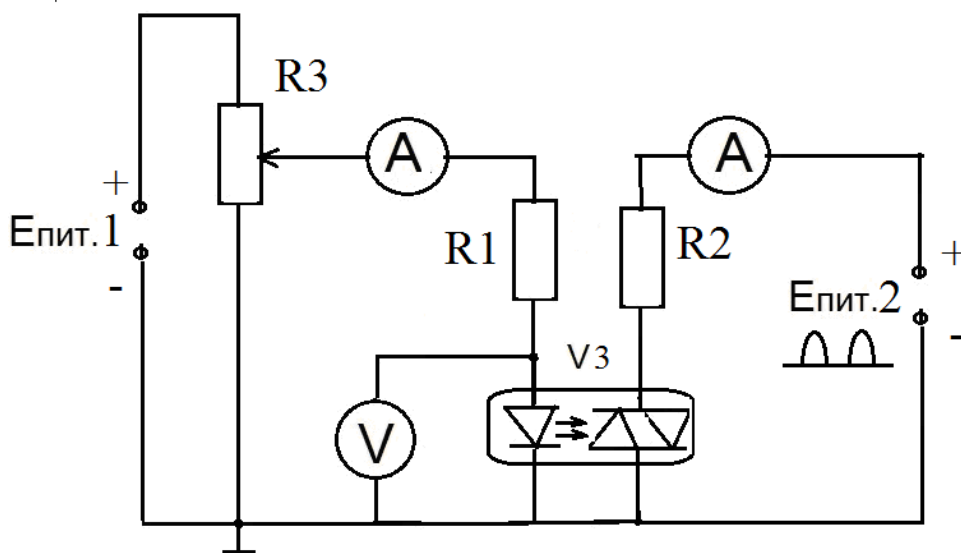


Рис. 14. Схема исследования характеристик тиристорного оптрона

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** выключить питание.

2. Извлечь перемычку из гнезда X11 и вставить ее в гнездо X12.

3. Извлечь перемычку из гнезда X7 и вставить ее в гнездо X8.

4. Переключатель SA1 в модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** установить в положение 3.

5. Установить переключатель диапазона измерений правого миллиамперметра в положение **x1000**.

6. Ручку потенциометра **RP1** в модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** повернуть против часовой стрелки до упора.

7. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**. В модуле **ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ** включить питание.

8. Поворачивая по часовой стрелке ручку потенциометра **RP1** устанавливать ток через светодиод оптрона (левый миллиамперметр) в соответствии с таблицей 2 и заносить в таблицу 3 значения напряжения на светодиоде (левый мультиметр) и тока через фототиристор (правый миллиамперметр).

Таблица 3 - Сила тока фототиристора и напряжение на светодиоде оптрона

Исд, мА	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Усд, В	0											
Ифд, мА	0											

5. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Используя данные таблицы 1 построить график зависимости тока светодиода от напряжения на нем для диодного оптрона.

2. Используя данные таблицы 1 построить график зависимости тока фотодиода от тока светодиода для диодного оптрона.

3. Сделать выводы.
4. Используя данные таблицы 2 построить график зависимости тока светодиода от напряжения на нем для транзисторного оптрона.
5. Используя данные таблицы 2 построить график зависимости тока фототранзистора от тока светодиода для транзисторного оптрона.
6. Сделать выводы.
7. Используя данные таблицы 3 построить график зависимости тока светодиода от напряжения на нем для тиристорного оптрона.
8. Используя данные таблицы 2 построить график зависимости тока фототиристора от тока светодиода для тиристорного оптрона.
9. Сделать выводы.
10. Используя данные таблицы 2 выбрать величину входного напряжения $U_{вх}$ (рис. 4), которая необходима для обеспечения выходного тока в соответствии со своим вариантом $I_{вых}$ и R_d (Приложение А).
11. Используя данные таблицы 3 выбрать величину входного напряжения $U_{вх}$ (рис. 7), которая необходима для обеспечения открытого состояния тиристорного оптрона R_d (Приложение А).
12. Используя данные таблицы 3 выбрать величину R_d (рис. 7), которая необходима для обеспечения открытого состояния тиристорного оптрона при $U_{вх} = 5 \text{ В}$.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Отчёт должен содержать:

- титульный лист;
- цель лабораторной работы;
- схемы экспериментов;
- таблицы и графики результатов;
- расчеты;
- выводы.

Отчёт по лабораторной работе должен быть выполнен в соответствии требованиями ГОСТ.

7. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Защита производится при наличии отчета и состоит в объяснениях полученных результатов и ответах на контрольные вопросы.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип действия оптоэлектронных приборов?
2. Что такое оптопара?
3. Что такое оптоэлектронная микросхема?
4. Какие достоинства имеют оптоэлектронные приборы?
5. Какие недостатки имеют оптоэлектронные приборы?
6. Как устроен резисторный оптрон?
7. Какие основные параметры имеет резисторный оптрон?
8. Для каких целей используют резисторные оптроны?

9. Как устроен диодный оптрон?
10. Какие основные параметры имеет диодный оптрон?
11. Для каких целей используют диодные оптроны?
12. Как устроен тиристорный оптрон?
13. Как устроен симисторный оптрон?
14. Какие основные параметры имеет тиристорный оптрон?
15. Для каких целей используют симисторные оптроны?
16. Какие достоинства имеют симисторные оптроны?
17. Какие недостатки имеют симисторные оптроны?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишкин, Г. Г. Электроника: учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 703 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3422-9. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/1F29E7E0-6028-42AF-9BD4-2FB47E2B3EED>.
2. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 1: учебное пособие для академического бакалавриата [Электронный ресурс] / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 455 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05431-6. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/E3345456-CEFA-4FEF-8275-2799E59C8170>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

№ варианта	$I_{\text{ВЫХ}}$, мА	$R_{\text{д}}$, кОм
1	1	1
2	2	1,5
3	3	2
4	4	2,5
5	5	3
6	6	1
7	7	1,5
8	8	2
9	9	2,5
10	10	1
11	1	1,5
12	2	2
13	3	2,5
14	4	3
15	5	1
16	6	1,5
17	7	2
18	8	2,5
19	9	1
20	10	1,5
21	1	2
22	2	2,5
23	3	3
24	4	1
25	5	1,5

В авторской редакции

Изд. № 200/19. Объем 1 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО "Севастопольский государственный университет"