

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Цель работы: Ознакомление с параметрами и изучение принципов действия и устройств фотодатчиков и фотореле различных типов, определение характеристик.

Оборудование и приборы: фотосопротивления ФСК-1, фотореле ФР-1, установка для снятия их характеристик.

2.1. Общие сведения

Фотоэлектрические датчики представляют собой приборы, реагирующие на световое излучение изменением электрического сопротивления (фоторезисторы, фотоэлементы с внешним фотоэффектом) или появлением разности потенциалов (фотодиоды, фототранзисторы).

Фотодатчики (оптические датчики) применяются в автоматике для решения различных задач, например для измерения освещенности, мутности раствора, уровня жидких и сыпучих материалов, подсчета деталей на конвейере и для многих других целей.

Различают три типа фотоэлементов: с внешним фотоэффектом, с внутренним фотоэффектом и с запирающим слоем (вентильные).

Фотодатчик состоит из излучателя и приемника излучения. В качестве излучателей используются специальные лампы накаливания с точечным или линейным излучателем, ртутные точечные лампы, лампы дневного света и др. Приемники излучения могут быть вакуумными, газонаполненными и полупроводниковыми.

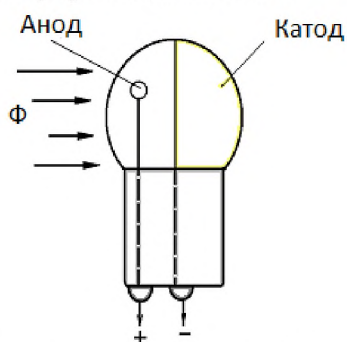


Рис. 2.1. Фотоэлемент с внешним фотоэффектом

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом (вакуумный) представляет собой наполненный инертным газом – аргоном стеклянный баллон или лампу, на внутреннюю часть которых нанесен светочувствительный слой из полупроводникового материала (сурьма, цезий), являющийся катодом (рис. 2.1). Внутри баллона установлен также второй электрод в виде кольца – анод. Световые лучи, попадая на поверхность катода, вызывают эмиссию (испускание) электронов, которые под действием напряжения питания $U_{пит}$ устремляются к аноду. Таким образом, в цепи анод-катод возникает электрический ток, сила которого зависит от величины светового потока.

Внутренний фотоэффект проявляется в перераспределении электронов в веществе под действием светового потока. Фотоэлементы, основанные на внутреннем фотоэффекте, называются фотосопротивлениями (фоторезисторами).

Фоторезисторы (рис. 2.2,б) состоят из слоя полупроводникового вещества, которое под действием светового потока Φ меняет свое электрическое сопротивление R_Φ , вследствие чего изменяется и ток I_Φ , проходящий через нагрузочное сопротивление R_n :

$$I_\Phi = \frac{U}{R_\Phi + R_n} \quad (2.1)$$

где U – напряжение питания.

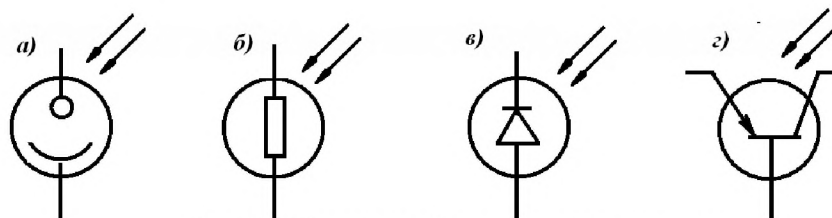


Рис. 2.2. Условные обозначения фото датчиков:
а) с внешним фотоэффектом; б) фоторезистор; в) фотодиод;
г) фототранзистор

Чувствительность фотосопротивления оценивается коэффициентом чувствительности S_ϕ , определяемое по его световой характеристике $I_\phi = f(\Phi)$:

$$S_\phi = \frac{\Delta I_\phi}{\Delta \Phi} \quad , \text{ мА/лм} \quad (2.2)$$

С увеличением светового потока чувствительность фотосопротивления уменьшается, а величина фототока стабилизируется и становится независимым от величины приложенного напряжения. По характеристике $I_\phi = f(\Phi)$ сопротивления эта точка называется порогом чувствительности, а величина тока током насыщения.

К вентильным фотоэлектрическим преобразователям относятся фотодиоды и фототранзисторы, принцип действия которых основан на вентильном эффекте. Вентильные фотоэлементы преобразовывают световую энергию в электрическую.

В фотодиодах и фототранзисторах (рис. 2.2, в, г) свет воздействует на полупроводниковые $p-n$ переходы, вызывая генерацию в них электрической разности потенциалов и изменяя проводимость переходов.

Свойства фотодатчиков определяются рядом параметров и характеристик, важнейшими из которых являются световая, вольт-амперная характеристики и чувствительность.

Световой характеристикой называется зависимость выходной величины (фототока) фотоэлектрического преобразователя от светового потока (освещенности).

Вольт-амперной характеристикой называют зависимость фототока от приложенного напряжения при постоянном значении светового потока.

В данной лабораторной работе исследуется работа фоторезистора типа ФСК-1 (серно-кадмиевого).

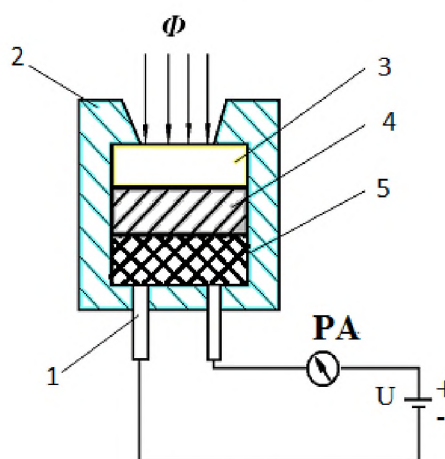


Рис. 2.3. Фотосопротивление: 1 – металлические электроды;
2 – корпус; 3 – стекло; 4 – светочувствительный полупроводниковый слой; 5 – стеклянная подложка

Конструктивно фотосопротивление (рис. 2.3) представляет собой пластмассовое основание 2, стеклянную пластину 5, на которую нанесен слой светочувствительного полупроводникового материала 4 (селена, кадмия сульфида, таллия сульфида, сернистого свинца и т.п.), металлические электроды 1 и стекло 3, через которое проходит световой

поток на полупроводниковый слой.

При освещении некоторых полупроводников из имеющихся в них атомов выбиваются электроны и в веществе появляются свободные носители зарядов, а следовательно, увеличивается и электропроводность. Поэтому с увеличением освещенности электрическое сопротивление таких полупроводников падает. Наиболее распространены фоторезисторы серносвинцовые (ФС-А), селенистосвинцовые (ФС-Б), сернокадмиевые (ФС-К) и др.

При быстрых изменениях величины светового потока датчик не успевает полностью изменить свое сопротивление, т.е. проявляется инерционность физических процессов, происходящих в датчике. Поэтому при подборе датчиков важно учитывать не только статические, но и динамические свойства. Сигналы от фотодатчиков обычно имеют малую величину и недостаточны для срабатывания исполнительных механизмов. Для усиления и преобразования этих сигналов применяются усилители и реле.

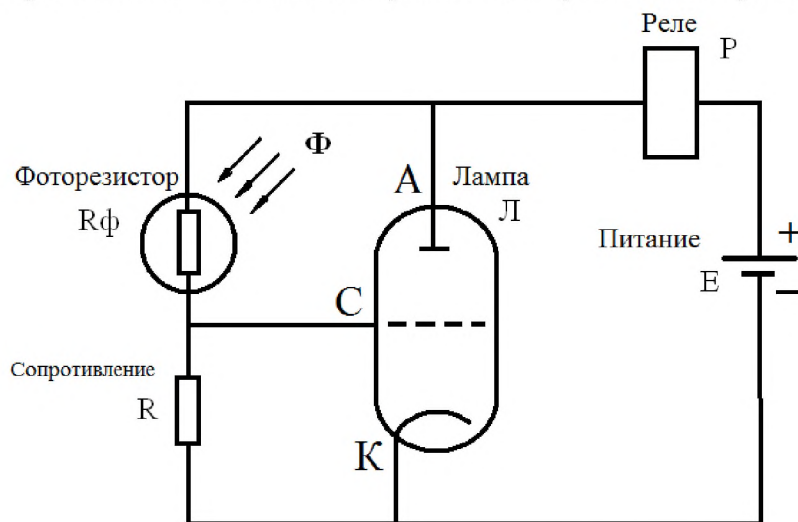


Рис. 2.4. Схема электронно-лампового фотореле:
Л – лампа; А – анод; К – катод; С – сетка; Φ – световой поток;
Р – реле; Е – источник постоянного тока; R_ϕ – фоторезистор;
R – постоянное сопротивление

На рис. 2.4. показана упрощенная схема электронно-лампового фотореле.

В анодную цепь электронной лампы Л включено электромагнитное реле Р. Соотношение сопротивлений фотодатчика R_ϕ и резистора R подобрано так, что на сетке С лампы всегда может присутствовать отрицательный и положительный потенциал. При отсутствии освещения Φ отрицательный потенциал сетки больше положительного, что препятствует эмиссии электронов с катода К и перемещению их к аноду А. В результате анодный ток лампы весьма мал и реле Р не может сработать.

При освещении фоторезистора R_ϕ его сопротивление уменьшается, на сетке С возрастает положительный потенциал, который становится больше отрицательного, поэтому электроны от катода устремляются в сторону сетки. Небольшая часть электронов оседает на сетке, а основной поток пролетает ее и далее перемещается к аноду. Таким образом, ток в лампе становится достаточным для срабатывания реле Р.

2.2. Описание лабораторной установки.

Лабораторная установка (рис. 2.5) позволяет исследовать работу фоторезистора ФСК-1, включенного в цепь полупроводникового фотореле ФР-1, как в статическом, так и в динамическом режимах.

Световой поток, создаваемый излучателем (лампочкой HL1) проходит через отверстия диска Д и попадает на фоторезистор ФСК-1. Сила тока, протекающего через фоторезистор контролируется миллиамперметром mA с ценой деления шкалы 0,02 mA. Если фотореле ФР-1 срабатывает, то контрольная лампочка HL2 гаснет и, наоборот, при

выключении ФР-1 загорается.

На рисунке 2.6 показана принципиальная электрическая схема лабораторной установки.

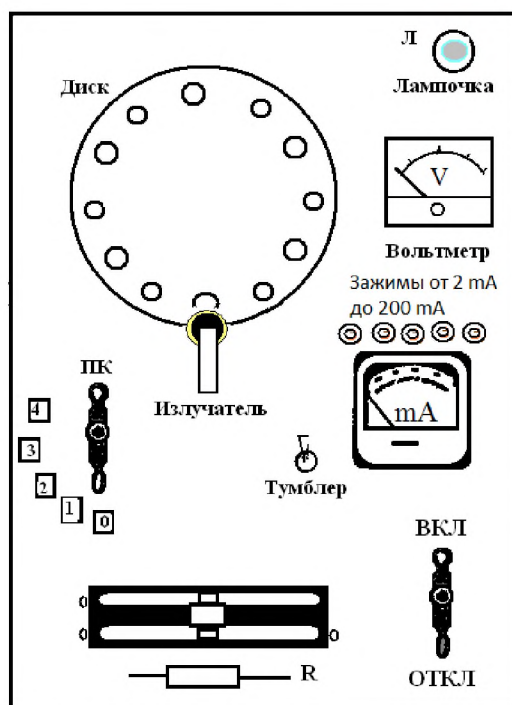


Рис. 2.5. Общий вид лабораторной установки

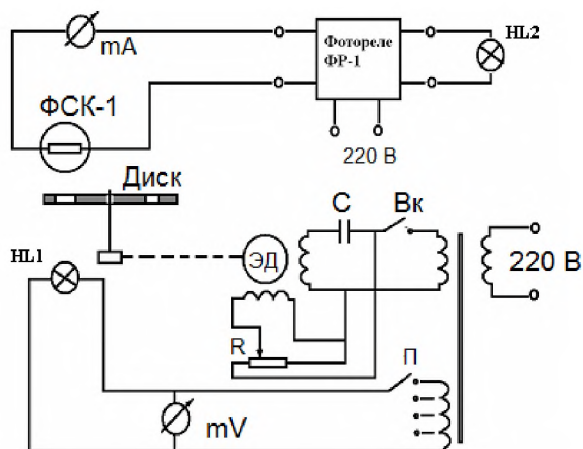


Рис. 2.6. Электрическая схема лабораторной установки

Освещенность можно менять переключателем ПК, подавая на лампочку $HL1$ различное напряжение. Цифровые значения зависимости освещенности E от напряжения U можно получить из тарировочного графика (рис. 2.7).

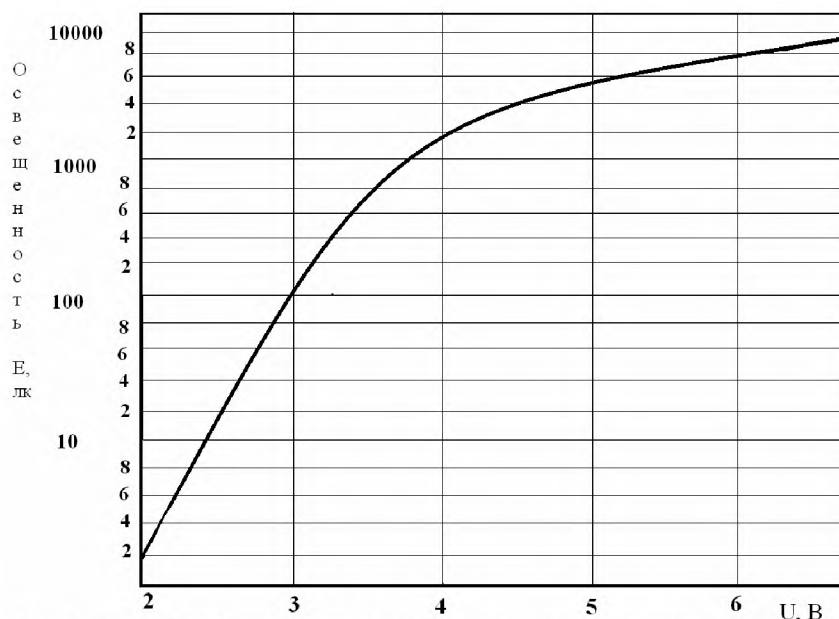


Рис. 2.7. Тарировочный график зависимости освещенности от напряжения на лампочке осветителя

Для изучения работы фотодатчика в динамическом режиме диск с отверстиями D приводится во вращение электродвигателем $ЭД$, скорость которого можно регулировать реостатом R . При этом создается световой поток, пульсирующий с частотой:

$$f = nK, \quad (2.3)$$

где: K – число отверстий на диске ($K = 12$);

n – число оборотов диска в единицу времени.

При малой скорости вращения диска сопротивление датчика меняется от минимального до максимального значения и контрольная лампочка $HL2$ включается и выключается. При большой частоте пульсаций сопротивление датчика не успевает полностью изменяться и мигания лампочки $HL2$ прекращаются.

Меняя скорость вращения диска можно найти предельную частоту срабатывания фотореле.

2.3. Последовательность выполнения работы

1. Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, ознакомиться с описанием лабораторной установки, выяснить цель работы и способы ее достижения, ознакомиться с последовательностью выполнения работы.

2. Включить лабораторную установку. Диск с отверстиями установить неподвижно так, чтобы свет от лампочки излучателя попадал на фотосопротивление.

3. Меняя с помощью переключателя $ПК$ напряжение на осветительной лампочке, снять статическую характеристику фотосопротивления, т.е. зависимость силы тока от освещенности. Освещенность можно определить по величине напряжения на осветителе с помощью тарировочного графика (рис. 2.7). Построить график статической характеристики.

4. Включить привод вращения диска и меняя реостатом R его скорость определить предельную частоту пульсации светового потока f_{BP} , при которой фотореле уже не успевает срабатывать (прекращаются мигания контрольной лампочки $HL2$). Опыт повторить пять раз и провести статическую обработку результатов.

5. Оформить отчет.

2.2. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Назначение и принцип действия фотосопротивлений.

3. Описание лабораторной установки и ее общий вид.
4. Порядок проведения лабораторной работы.
5. Таблицы результатов опытов и расчеты.
6. Выводы.

2.5. Контрольные вопросы

1. Что представляют собой фотоэлементы?
2. Какие виды фотоэлементов вы знаете?
3. В чем состоит принцип работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом?
4. Какой вид имеет вольтамперная характеристика фоторезистора?
5. Какова зависимость вида характеристики от светового потока?
6. Какие приборы применяются для снятия характеристики фоторезистора?
7. Как изменяется сопротивление фоторезистора при попадании на него световых лучей?
8. На чем основывается принцип работы фотодиодов и фототранзисторов?
9. Приведите примеры промышленного использования фотодатчиков?