



А. С. Ермоин
Н. П. Кручинин
И. Г. Абрамов

**ИЗУЧЕНИЕ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ФОТОРЕЛЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Екатеринбург
2003

Электронный архив УГЛТУ

Министерство образования Российской Федерации
Уральский государственный технический университет

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

А. С. Бремен
И. Н. Кручинин
И. П. Мираков

ИЗУЧЕНИЕ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОРЕЛЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания к лабораторной работе по курсу
«Системы автоматизации и управления» для
специальности 2102

Пермь: УГЛТУ, 2003.

Электронный архив УГЛТУ

Печатаются по реализации авторского права в издательстве факультета, протокол № 22 от 21.01.94.

Рецензент: доцент кафедры ГПП П. В. Тарбеев

Редактор РИО Р. В. Сивенко

Печатаются в печать <i>6.6.94</i> формат		
Двухкратная печать	объем 0,46	Тираж 50
Заказ № <i>425</i>	Бесплатно	

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Редакция УГЛТУ

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Фотоэлектрическое реле (фотореле) – это прибор, управляющая команда которого (включено или выключено) зависит от освещенности (освещено или не освещено) специального фоточувствительного элемента.

В свою очередь, фоточувствительными элементами являются устройства, изменяющие свое электрическое сопротивление или самостоятельно вырабатывающие электрическую энергию под действием светового излучения.

Фотоэффектом (фотоэлектрическим эффектом) называется процесс изменения электрических свойств тел под действием светового потока.

В настоящее время различают три типа фотоэлементов: электровакуумные или газонаполненные (фотоэлементы с внешним фотоэффектом); фоторезисторы (фотоэлементы с внутренним фотоэффектом); фотогальванические (фотоэлементы с запирающим слоем).

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ И ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ ФОТОЭЛЕМЕНТЫ

Электровакуумный фотоэлемент представляет собой стеклянную вакуумную колбу с нанесенным с одной стороны слоем катода 1 и анода 2 (рис. 1, а). В качестве катодов применяют щелочные металлы (сурьмяно-цезиевый, ксеноно-родно-цезиевый катоды и др., коэффициент вторичной эмиссии σ которых много больше единицы).

При попадании кванта дуговой энергии Φ от источника света I электроны выбиваются за пределы катода и возле него образуется электронное облако. "Изрваные" с поверхности электроны под действием положительного потенциала анодного напряжения движутся к аноду 2.

замыкая электрическую цепь. Величина фототока прямо пропорциональна мощности излучения (количеству квантов), поглощаемого катодом, если спектральный состав излучения неизменен. При этом имеет место зависимость:

$$I_{\varphi} = k \cdot \Phi,$$

где I_{φ} — величина фототока, мкА;
 k — коэффициент пропорциональности (фоточувствительность);
 Φ — световой поток, лм.

Ток через такой фотоэлемент может протекать только в одном направлении, поэтому между анодом и катодом прикладывается постоянное напряжение. Отличительной чертой фотоэлементов данного типа (электровакуумных) является низкая чувствительность и практически неограниченное быстроедействие.

Для увеличения чувствительности фотоэлементов стеклянную колбу наполняют инертным газом (аргоном) под давлением $1,4 \times 10^{-6}$ МПа. При этом движущиеся электроны ионизируют молекулы газа, а образующиеся ионы бомбардируют катод, выбивая вторичные электроны, которые также начинают двигаться к аноду, увеличивая тем самым величину фототока. Чувствительность газонаполненных фотоэлементов увеличивается примерно в 7–10 раз. Однако газонаполненные фотоэлементы обладают инерционными свойствами.

Разновидностью фотоэлемента с внешним фотоэффектом является фотоумножитель, принцип работы которого основан на многократной (вторичной) электронной эмиссии. Для этого в них устанавливают несколько эмиттеров $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ с постепенно повышающимся потенциалом (рис. 1, б). Под действием светового потока Φ с поверхности катода вырываются электроны, которые устремляются к первому

эмиттеру \mathcal{I}_1 . Эти электроны бомбардируют поверхность эмиттера \mathcal{I}_2 и вырывают новые вторичные электроны, которые начинают двигаться под действием более высокого положительного потенциала на второй эмиттер \mathcal{I}_2 и т.д. Такое лавинообразное нарастание потока электронов увеличивает величину фототока. Усиление по количеству электронов в этих фотоумножителях достигает 10^8 . Ток фотоумножителя определяется по формуле:

$$I_{\phi} = \sigma^2 k \Phi,$$

где σ - коэффициент вторичной эмиссии;

n - количество эмиттеров;

k - коэффициент пропорциональности.

Чувствительность таких умножителей достигает сотен и даже тысяч ампер на люмен.

ФОТОРЕЗИСТОРЫ

Основное отличие фотоэлементов с внутренним фотоэффектом заключается в том, что освобожденный энергией кванта излучения электрон не покидает тело, а остается в нем, увеличивая число свободных электронов, способных проводить электрический ток. При этом увеличивается электропроводимость материала. Приборы, основанные на этом принципе, называются фоторезисторами.

Внутренний фотоэффект сильно выражен в сернистых соединениях ряда металлов таллия (Te_2S), свинца (PbS), висмута (Bi_2S) и др.

Фоторезисторы представляют собой светочувствительный слой полупроводника (селен, сернистый свинец, сурьма) (рис. 1, в). Работа фоторезистора основана на резком изменении сопротивления полупроводникового слоя I при его освещении. При этом электроны не покидают полупро-

водник, а остаются в нем, являясь носителями зарядов электричества. Одним из существенных недостатков фоторезисторов является то, что они изменяют свою характеристику (величину силы тока) при изменении температуры окружающей среды.

Чувствительность фоторезисторов выше чувствительности фотоэлементов. Они также характеризуются так называемым темновым током, т.е. наличием тока в электроцепи, в которую включен фоторезистор при его полном затемнении или малой освещенности. Численная величина тока зависит от приложенного напряжения и температуры окружающей среды.

Следует отметить, что фотоэлементы являются безынерционными, в то время как фоторезисторам свойственна инерционность процесса нарастания фототока при его освещении.

ВЕНТИЛЬНЫЕ ФОТОЭЛЕМЕНТЫ (ФОТОДИОДЫ)

Вентильные фотоэлементы представляют собой полупроводниковый диод, область $p-n$ перехода которого может быть облучена светом (рис. I, г). Фотодиоды генерируют собственную ЭДС при освещении их световым потоком. Возникновение ЭДС объясняется тем, что в результате поглощения кванта света в области $p-n$ перехода (или вблизи от перехода) отдельные электроны увеличивают энергию и разрывают межатомные связи в кристалле. В результате разрыва связей с обеих сторон перехода или с одной его стороны образуются свободные электроны и дырки. Поле $p-n$ перехода "сортирует" возникшие носители, а именно: электроны переходят в область с n -проводимостью, а дырки - в область с p -проводимостью. В результате область n заряжается отрицательно, а область p положительно.

Новые типы вентиляльных фотоэлементов (кремниевые) обладают меньшей КПД, они преобразуют 7-10% световой энергии в электрическую. При холостом ходе ЭДС кремниевых элементов может достигать 0,5 В. С динамической точки зрения вентиляльные фотоэлементы являются безынерционными. К числу недостатков следует отнести измененные характеристики при изменении температуры.

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Фотоэлектрические датчики непосредственно реагируют только на изменение интенсивности потока. Косвенным же образом они могут использоваться для измерения большого количества технологических параметров: давления, температуры, механических перемещений, скоростей вращения, угловых деформаций, уровня, а также использоваться для сортировки и отбраковки деталей по чистоте обработки в различных схемах фотореле.

СХЕМА ФОТОРЕЛЕ

Наиболее широко в промышленности фотоэлементы используются для создания фотореле. Блок-схема простейшего фотореле изображена на рис. 2, а. Световой поток от осветителя 1 падает на фотоэлемент 2. Электрический сигнал с фотоэлемента поступает на исполнительное устройство 4. Исполнительное устройство, как правило, представляет собой электромагнитное реле, являющееся частью которого соответствует определенному элементу. Контакты и размыкательные контакты электромагнитного реле используются в целях управления, сигнализации, блокировки

ки и т.п. и называются контактами фотореле или контактами реле усилителя.

Наиболее распространенная блок-схема промышленных фотореле изображена на рис. 2, б. Здесь с целью получения выходного управляющего сигнала необходимой мощности применяется усилитель 3, на выход которого в качестве нагрузки подключается электромагнитное реле.

Принципиальные электрические схемы простейших фотореле показаны на рис. 3.

При освещении фоторезистора $R1$ (рис. 3, а) фототок резко увеличивается, достигая величины, достаточной для включения чувствительного электромагнитного реле KV .

В схеме на переменном токе (рис. 3, б) диод VD и конденсатор C используются для преобразования переменного тока в постоянный.

Принципиальные схемы фотореле с усилителем приведены на рис. 4. На рис. 4, а изображена электрическая схема, в которой фотореле работает в режиме "на освещение", т.е. включенное состояние реле KV соответствует освещенному фоторезистору $R1$. Фотореле по схеме рис. 4, б работает в режиме "на затемнение", т.е. реле KV включается при затемнении фоторезистора. В том же в другом случае управление транзистором VT , т.е. управлению величиной тока, протекающего через него под действием питающего напряжения, осуществляется изменением потенциала базы.

Рассмотрим работу электрической схемы фотореле с усилителем, изображенной на рис. 4, а. Здесь при подаче напряжения питания U на базу транзистора VT подается отрицательный потенциал, который формирует делителем напряжения, представляющим собой последовательно включенные относительно питающего напряжения резисторы $R1$ и $R2$.

$$U = U_{R1} + U_{R2} = I \cdot R1 + I \cdot R2. \quad (1)$$

Как видно из уравнения (1), величины напряжений зависят от сопротивлений, но их сумма всегда постоянна и равна приложенному напряжению U . При освещенном фоторезисторе $R1$ его сопротивление значительно больше $R2$. В свою очередь, падение напряжения на $R2$ ниже, чем на $R1$, т.е. справедливо отношение $U_{R2} \ll U_{R1}$. Именно U_{R2} и прилагается к базе транзистора. На базе транзистора возникает большой отрицательный потенциал, что препятствует движению электронов от эмиттера к коллектору. В результате силы тока, протекающего через катушку электромагнитного реле KV , недостаточно для его включения. При освещении фоторезистора $R1$ его сопротивление резко падает, уменьшается и падение напряжения на нем. Отрицательный потенциал на базе транзистора снижается, а поток электронов от эмиттера к коллектору резко возрастает. В результате транзистор $V7$ открывается и через катушку реле KV протекает ток, достаточный для его включения. Таким образом, при освещении фоторезистора $R1$ будет происходить включение реле KV , а при затемнении - отключение.

Фотореле по схеме рис. 4,б работает аналогично схеме на рис. 4,а. Принципиальное отличие заключается в том, что включение KV происходит при затемнении фоторезистора $R1$, а отключение - при освещении. Это отличие обусловлено включением фоторезистора между базой и коллектором транзистора $V7$.

ХОД РАБОТЫ

1. Знакомиться с лабораторным стендом.

2. Проверить работу фотореле, для чего на усилитель фотореле подать напряжение 220 В и установить переключатель на панели усилителя в положение "ВКЛ". При этом стрелки индикатора должны отклониться до отметки "уровень". При затемнении фотоприемника фотореле должно отключаться, чему соответствует нулевое положение стрелки индикатора.

3. Собрать схему блокировки электродвигателя с помощью фотореле, показанную на рис. 5, и проверить ее работу.

4. Собрать схему автоматического учета количества деталей (рис. 6) и проверить ее работу. В схеме РС - электронный счетчик.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Классификация фотоэлементов, краткое описание их принципа действия и области применения.

2. Схемы и принцип действия фотореле "на освещение" и "на затемнение".

3. Схемы применения фотореле, их назначение и принцип действия.

4. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое фотософт?

2. Что называется фотоэлементом? Какие фотоэлементы вы знаете?

3. Объяснить устройство и принцип действия фоторезистора, фотодиода и фотоумножителя.

4. Объяснить работу схем фотореле "на освещение" и "на затемнение" по рис. 4, а и 4, б.

5. Объяснить работу схем на рис. 5 и 6.

6. Составить технологическую и электрическую схемы управления и применения фотореле следующих технологических процессов:

- блокировки электродвигателя при освещенном фоторецепнике;
- контроля уровня (одного, двух) технологической цепи в бункере;
- ориентации положения тарной дощечки на элеваторе;
- сортировки паркетных дощечек по цветовым тонам;
- контроля жидких компонентов в весовом дозаторе;
- укладки легковесных заготовок, которые не в состоянии с достаточным усилием воздействовать на конечный микровыключатель, с продольного транспортера на поперечный;
- сортировки сортиментов по длине;
- отмера длины сортиментов на раскрывеочной установке;
- заполнения разгрузочного устройства пиломатериалами.

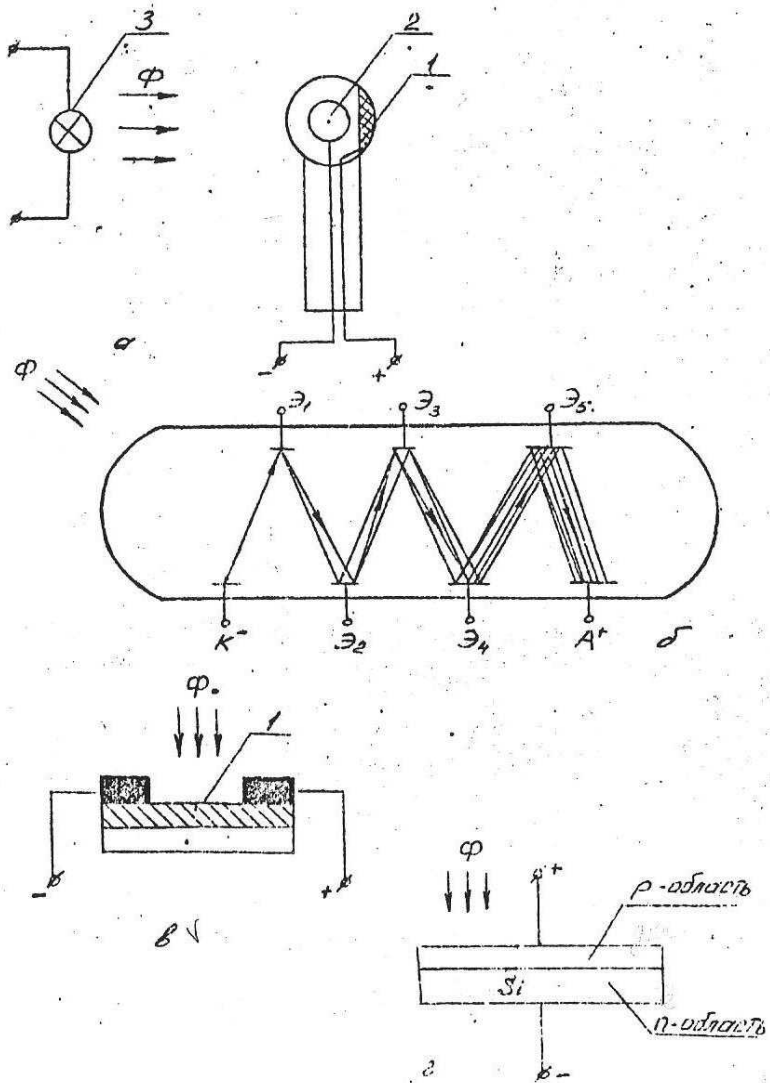


Рис. 1. Фотоэлектрические приборы

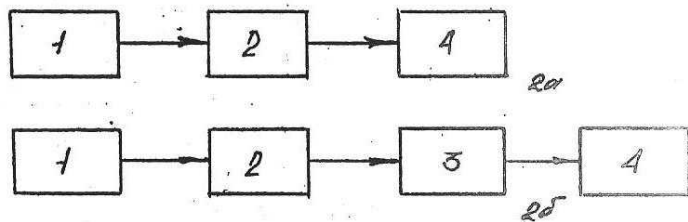


Рис. 2. Блок-схема фотореле: 1-светитель;
2-фотоэлемент;
3-усилитель;
4-исполнительное устройство

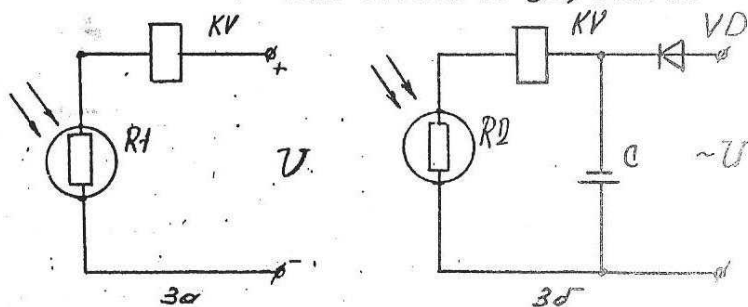


Рис. 3. Принципиальные схемы
простейших фотореле;
а - на постоянном токе;
б - на переменном токе.

Электронный архив УГЛТУ

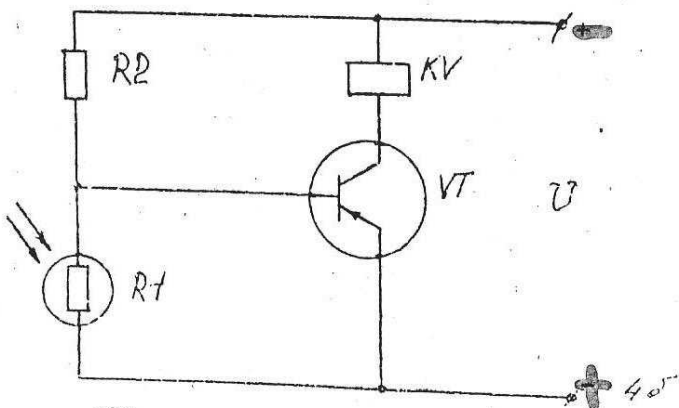
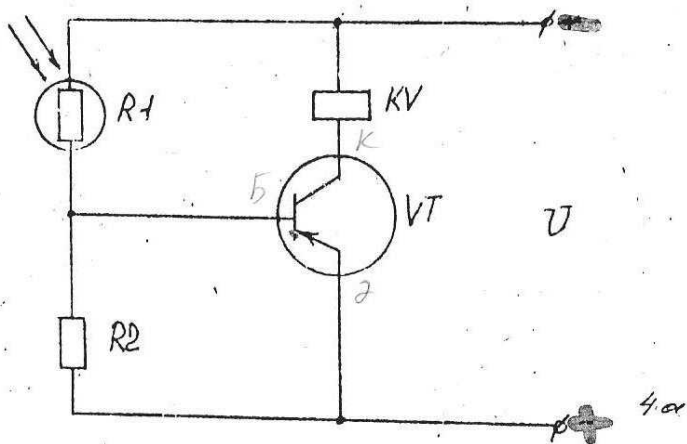


Рис. 4. Принципиальные электрические
схемы фотореле с полупроводни-
ковым усилителем, работающие
в режиме: а - "на заземлении",
б - "на затенении"

Электронный архив УГЛТУ

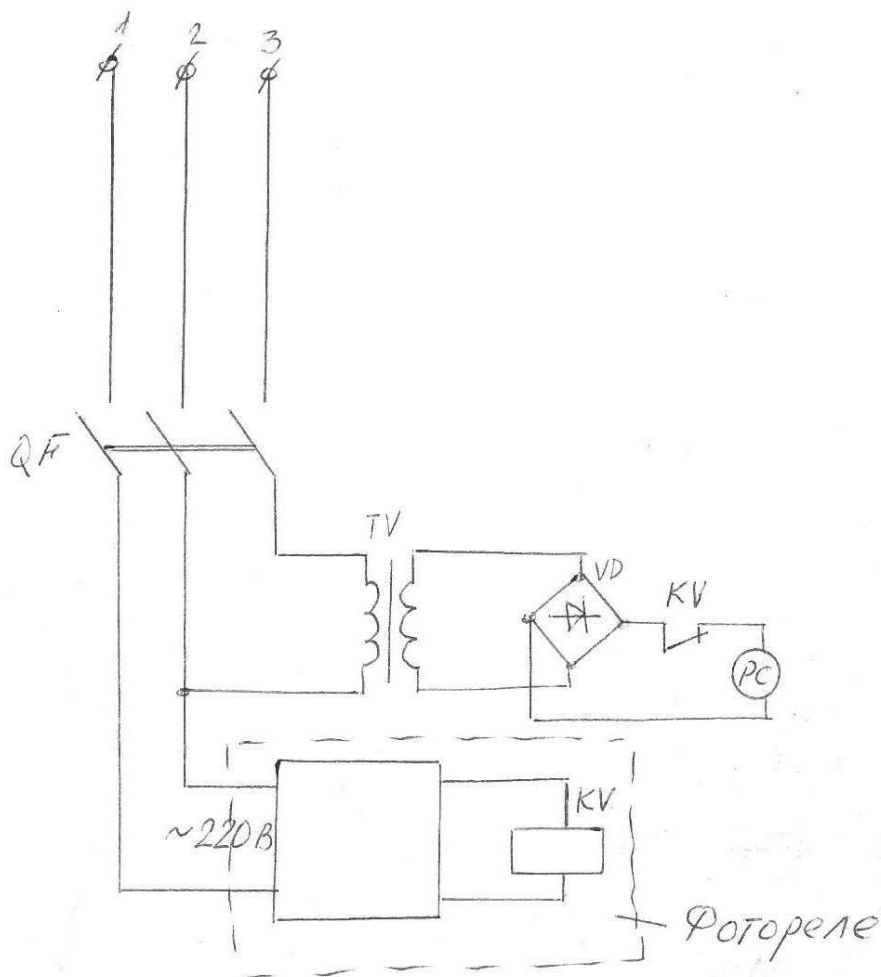


Схема автоматического учета деталей