

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ ФОТОРЕЛЕ

В. А. Бойко, В. И. Цыбулько

Киев

Разработанная конструкция полупроводникового фотореле может широко применяться в горном деле для контроля уровня жидких и сыпучих тел, для автоматического счета вагонеток на транспорте, для автоматического включения электрического освещения и, наконец, для контроля наличия пламени. Фотореле выполнено на трех полупроводниковых триодах и может работать на всех типах фотосопротивлений, выпускаемых отечественной промышленностью. Выбор в качестве чувствительного элемента, воспринимающего световой поток, сернистокадмиевого фотосопротивления типа ФСК-2 обусловлен тем, что оно допускает значительную мощность рассеивания, кроме того, после периода старения, в течение которого чувствительность ФСК-2 увеличивается на 50%, параметры его сохраняются почти постоянными и мало меняются от изменения внешних условий и температуры окружающей среды, что чрезвычайно важно для горной промышленности.

Величина выходного сигнала с фотосопротивления слишком мала для включения реле, поэтому между ними применен усилитель, работающий в режиме переключения. Выполнение реагирующего органа на базе полупроводникового усилителя в сочетании с менее чувствительным, но более надежным реле МКУ-48, позволяет коммутировать большие мощности и сочетать такие весьма ценные качества как высокая чувствительность и надежность реле. При работе усилителя в режиме переключения значительная мощность в триоде выделяется только в течение времени перехода его от открытого состояния к закрытому и обратно, поэтому среднее за период значение мощности, рассеиваемой триодом, мало и транзистор в этом режиме способен переключать в нагрузке мощности, значительно превосходящие мощность рассеивания на коллекторе и ограничиваемую лишь предельными значениями токов и напряжений на электродах транзистора.

К разработке электрической схемы усилителя предъявлены следующие основные требования:

- 1) экономичность, т. е. незначительные потери энергии при отсутствии тока в нагрузке;
- 2) высокий коэффициент использования по напряжению, т. е. при включении реле почти все напряжение должно быть приложено к нему;
- 3) минимальное количество источников питания;
- 4) надежность работы реле в широком диапазоне температур.

Испытание различных вариантов схем с полупроводниковыми периодами показало, что наиболее полно вышеперечисленным требованиям удовлетворяют схемы, в которых транзисторы работают в режиме отсечки — насыщение и наоборот. Работа транзистора схемы (см. рис.) заключается в следующем: в нормальном положении, когда ФСК-2 затемнено, потенциал точки *A* имеет незначительную положительную величину. Так

как кремниевый стабилитрон имеет при напряжениях до 0,6 в высокое сопротивление, то потенциал точки *A* не оказывает никакого влияния на остальные цепи. Первый триод усилителя при этом открыт, так как напряжение на базе (точка *B*), подаваемое через делитель $R_2 - T_c$ отрицательное. Из-за падения напряжения на сопротивлении R_3 потенциал точки *C* близок по величине к напряжению эмиттера. При этом величина положительного напряжения на базе составного триода, необходимого для его отсечки, достигается применением делителя $R_7 - D205$. Диод *D9E*

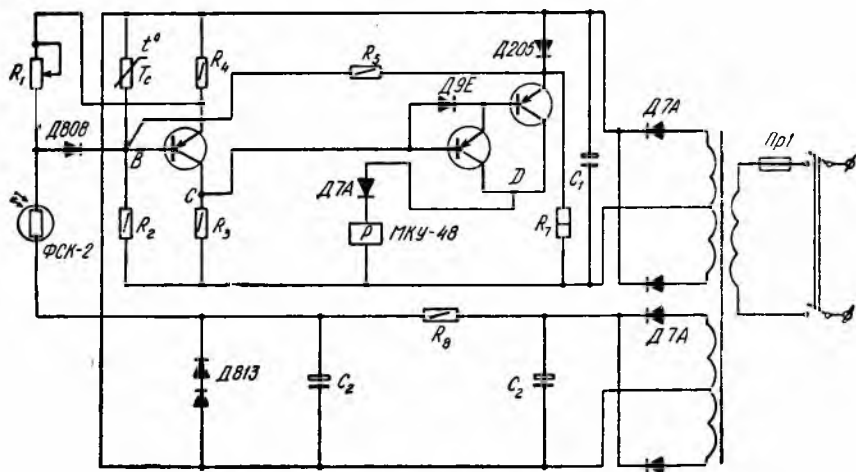


Схема полупроводникового фотореле.

служит для того, чтобы обеспечить режим отсечки триода П202, т. е. чтобы иметь возможность задать в базу П202 запирающий ток, равный обратному току коллекторного перехода триода. При отсутствии диода и запертом триоде П25А ток базы триода П202 будет близок к нулю и условие отсечки не будет выполняться. Оконечный составной триод при этом закрыт, реле типа МКУ—48 отпущено. При освещении фотосопротивления ФСК-2 потенциал точки *A* превышает 0,6 в, сопротивление кремниевых диода резко падает, он начинает проводить, потенциал точки *B* становится положительным. Входной транзистор переходит в состояние отсечки. При этом напряжение точки *C* по величине близко к напряжению питания, на базу составного триода через сопротивление R_3 попадает напряжение отрицательной полярности, оконечный составной триод переходит в режим насыщения, реле срабатывает. Применение диода *D205* с нелинейной характеристикой позволяет существенно уменьшить потери напряжения в режиме насыщения выходного триода и практически полностью использовать напряжение источника питания.

Для увеличения релейного эффекта работы усилителя вводится положительная обратная связь. Так как приращение потенциала базы входного триода вызывает одинаковое по знаку и усиленное по величине приращение потенциала коллектора выходного триода, то для осуществления последней указанные точки соединяются выбранным соответствующим образом сопротивлением. Величина сопротивления обратной связи оказывает влияние лишь на сигнал срабатывания реле, в момент начала процесса отпущения составной триод находится на границе насыщения и, следовательно, ток обратной связи близок к нулю.

Вследствие того, что усилитель работает на активно-индуктивную

нагрузку, то при отключении на триоде возникают перенапряжения, вызванные рассеиванием магнитной энергии, запасенной в индуктивности.

Чтобы предотвратить тепловой пробой триода последовательно с реле в проводящем направлении или параллельно реле в обратном направлении, включается диод. В последнем случае получается некоторая выдержка времени при отпуске реле.

Переменное сопротивление R_1 служит для настройки схемы. Испытания показали, что при выборе коэффициентов усиления для данных типов триодов минимальных в границах 80% разброса, переключения схемы происходит при мощности управляющего сигнала не более 1 мвт.

В случае необходимости увеличить чувствительность полупроводникового фотореле, нужно применять триоды с большими коэффициентами усиления, в качестве входного триода можно применять также составной триод или увеличивать напряжение питания фотосопротивления. Как для обеспечения стабильности порогов чувствительности (напряжение срабатывания и отключения), так и для уменьшения влияния температурного тока коллектора $I_{ко}$ в нагрузке в запертом состоянии транзистора, необходима температурная компенсация схемы. Между эмиттером и базой входного триода для термостабилизации включено термосопротивление. Подбор его характеристики производится экспериментальным путем.

Термокомпенсация выходного составного триода осуществляется путем применения смещающего падения напряжения на диоде Д-205, благодаря чему граничные точки между запертой, активной и насыщенной областями фиксируются.

Надежность работы схемы полупроводникового усилителя обеспечивается тем, что триоды работают в режиме переключения и, следовательно, мощность, рассеиваемая на них, незначительна. Изменение температуры приводит лишь к сдвигу петли релейной характеристики по оси абсцисс и незначительному изменению необходимой величины управляющего сигнала.

В ряде случаев, когда величина управляющего сигнала достаточно велика, такой сдвиг не существенный. Однако в нашем случае он скомпенсирован введением термозависимого смещения, которое экспериментально подбиралось для диапазона температур от -15°C до $+35^{\circ}\text{C}$. Лабораторные и промышленные испытания в условиях шахты № 14—3 треста «Свердловуголь» показали полную работоспособность схемы в указанном диапазоне температур.

В заключение следует отметить, что разработанная конструкция полупроводникового фотореле проста, надежна и позволяет коммутировать значительные мощности.