

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОПТОРЕЛЕ

КУЙБЫШЕВ 1984

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОПТОРЕЛЕ

Утверждено редакционным советом
института в качестве методических
указаний к лабораторной работе №2

Куйбышев 1984

В методических указаниях описываются конструкции компонентов и устройств электронно-оптического направления оптоэлектроники, использование которых позволяет решать некоторые вопросы комплексной микроминиатюризации РЭА. Проведена классификация оптоэлектронных коммутаторов (ОЭК) различного функционального назначения. Установлены параметры ОЭК, характеризующие их свойства при применении, и приведены сравнительные данные различных типов оптронов. Рассмотрена схематехника ОЭК и проведен анализ принципов конструирования интегральных ОЭК при обеспечении высокой степени универсализации технологии изготовления ОЭК широкой номенклатуры. Предлагается проведение исследования основных параметров оптрореле.

Работа составлена на кафедре МиАП и предназначена для студентов специальности 0701 и 0705.

Составители: П.В.Б у р е н и н, А.В.В о л к о в

Рецензенты: доц.В.Ф.С о к о л о в, доц. В.А.Р о ж к о в

Ц е л ь р а б о т ы - изучение конструкции оптомикросхемы АОТ110В (ее элементов, топологии) и исследование основных характеристик оптореле на ее основе.

З а д а н и е:

1. Ознакомиться с назначением, устройством и основными характеристиками оптомикросхемы АОТ110В.

2. Ознакомиться с принципами конструирования и схемотехникой оптоэлектронных коммутаторов.

3. Экспериментально изучить работу оптореле на основе оптрона АОТ 110В.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

1.1. Целесообразность замены электромеханических изделий оптоэлектронными приборами

Эффективной оказывается замена громоздких, недолговечных и нетехнологичных (с позиций микроэлектроники) электромеханических изделий (реле, трансформаторов, потенциометров) оптоэлектронными приборами и устройствами. Весьма важные технические достоинства трансформаторов и электромагнитных реле (гальваническая развязка цепей управления и нагрузки) свойственны и оптронам. Вместе с тем, оптоэлектронные изделия существенно превосходят электромагнитные аналоги по надежности, долговечности, стойкости к механическим воздействиям, переходным и частотным характеристикам. Управление компактными и быстродействующими оптоэлектронными реле, переключателями уверенно осуществляется с помощью интегральных микросхем без специальных средств электрического согласования.

Разработчики, проектируя оптоэлектронные реле, естественно, не стремятся воспроизвести все технические особенности электромагнитных прототипов. Так, оптореле не могут обеспечить подобно электромагнитным реле "сухого контакта", но это не является большим их недостатком. С другой стороны, использование оптронов позволяет расширить функциональные возможности реле. Кроме того, существенный недостаток электромагнитных реле - дребезг контактов, не присущ оптореле. Главные из особенностей электромагнитных реле: гальваническая развязка входа и выхода и уверенная коммутация высоковольтных, силовых цепей - являются обязательными для реле с оптронами. Отмеченными свойствами обладает группа оптоэлектронных коммутаторов (ОЭК), выпускаемых серийно в виде готовых (функционально и конструктивно завершенных)

изделий. Среди них выделяется четыре класса: коммутаторы силовой нагрузки или оптореле, коммутаторы логических сигналов, коммутаторы аналоговых сигналов и разделительные оптроны.

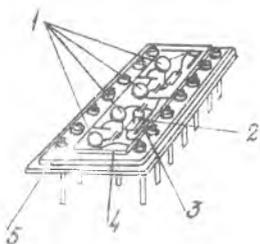
1.2. Конструкции и схемотехника оптоэлектронных коммутаторов

По технологии изготовления ОЭК являются гибридными ИС, хотя по функциональному назначению некоторые из них относятся к универсальным полупроводниковым приборам (фототиристорный оптрон АОУ IOI, фототранзисторный оптрон 249КП1, р-і-п- фотодиодный оптрон АОДИО1, симметричный оптоэлектронный ключ). Применение гибридной технологии изготовления обусловлено использованием различных полупроводниковых материалов для светоизлучателя (арсенид галлия и тройные соединения) и для фотоприемника (кремний), непланарной конструкцией оптрона (светоизлучатель и фотоприемник образуют "сэндвич" -структуру), а также необходимостью "оптической" развязки между каналами во многоканальных интегральных коммутаторах. Последняя наиболее эффективно достигается пространственным разделением каналов, т.е. использованием для каждого из них своей подложки. При использовании гибридной технологии простыми средствами решается также проблема электрической изоляции между излучателем и фотоприемником.

При конструировании гибридных ОЭК возможны два подхода:

фотоприемники и выходные элементы изготавливаются на одном кристалле, который затем соединяется со светоизлучателем;

выходные элементы схемы изготавливаются на отдельном кристалле либо в виде дискретных приборов и объединяются в одну схему с элементарным оптроном, который, в свою очередь, может быть изготовлен либо по гибридной, либо по монолитной технологии (рис.1).



Р и с. 1. Конструкция оптоэлектронной микросхемы: 1 - бескорпусные оптопары; 2 - бескорпусные микросхемы; 3 - тонкопленочные резисторы; 4 - керамическая подложка; 5 - основание корпуса

В промышленности используется в основном второй подход: в частности, при изготовлении оптомикросхемы серии 249 ЛП1 используют элементарный бескорпусный оптрон (светодиод - р - i - n - фото-диод) и полупроводниковая усилительная ИС, а при изготовлении коммутаторов силовой нагрузки типа 295 КТ1 - несколько оптопар с фото-чувствительными тиристорами. Второй подход имеет следующие достоинства:

1. Можно резко ограничить номенклатуру элементарных оптронов, совершенствование технологии которых целесообразно осуществлять независимо от изменений технологии выходных элементов ОЭК.
2. Возникает возможность оптимизировать независимо характеристики элементарного оптрона и выходных элементов как по электрическим, так и по эксплуатационным параметрам, в частности, по радиационной стойкости.
3. При конструировании интегральных ОЭК частного применения можно использовать серийные бескорпусные приборы и интегральные схемы, а также создавать ОЭК на серийных дискретных приборах.

В ОЭК частного применения все элементы схемы, включая элементы оптронов, как правило, располагаются на ситаловой или керамической подложке. Резисторы, конденсаторы и металлизированные межсоединения выполнены по обычной технологии тонкопленочных ГИС. Для изготовления ОЭК в стандартный технологический цикл изготовления ГИС добавляются операции формовки световода из эпоксидной смолы и нанесения светоотражающего покрытия.

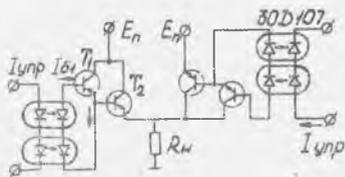
При конструировании ОЭК широкой номенклатуры как на интегральных, так и на дискретных компонентах целесообразно для сокращения номенклатуры элементарных оптронов использовать принцип управления выходными элементами коммутатора фотодиодными оптронами, фотодиоды которых работают в вентильном режиме. В ряде случаев, в частности, при конструировании коммутаторов аналоговых сигналов, этот путь, по существу, является и единственно возможным.

Достоинством вентильного режима являются достаточно низкие требования к величине пробивного напряжения р - n - перехода и токов утечки, что наряду с универсализацией применения оптопары является дополнительным важным аргументом в пользу разработки групповой технологии изготовления диодных оптопар.

Следует различать два существенно отличных режима использования вентильного фотодиода для управления тока (например, тока базы выходного транзистора) и режим управляющей фотоэдс.

В ОЭК с биполярными выходными элементами (транзисторами, тиристорами, многослойными структурами) вентильные фотодиоды оптронов

должны быть использованы в режиме генератора управляющего тока. При этом для задания тока управления через один кремниевый $p-n$ -переход выходного элемента необходимо включать два кремниевых вентильных фотодиода (рис.2). В этом случае ток управления (ток базы I_{δ}) равен фототоку короткого замыкания фотодиода. Таким образом, для схемы на рис.2 $I_{\delta I} = K_{i\Phi\Delta O} I_{упр}$. Общий коэффициент передачи тока составного транзисторного оптрона $K_{i\Sigma} = K_{i\Phi\Delta O}(B^2 + B)$, т.е. существенно больше 1. Здесь $K_{i\Phi\Delta O}$ - коэффициент передачи тока фотодиодного оптрона ЗОД107; B - коэффициент передачи по току транзистора в схеме ОЭ.



Р и с . 2. Принципиальная схема оптоэлектронного телеграфного реле на составных фототранзисторных оптронах для формирования в нагрузке биполярных посылок: ФДО - фотодиодный оптрон типа ЗОД107; Т - транзистор типа $p-n-p$

Использование вентильных фотодиодных оптронов в режиме управляющей фотоэдс в ОЭК с полевыми выходными транзисторами позволяет решить ряд проблем: во-первых, улучшить выходные электрические параметры коммутаторов аналоговых сигналов (такие, как K_T , $U_{ост}^0$, $r_{огк}$, быстродействие); во-вторых, фотоэдс, а следовательно, и выходные параметры ОЭК весьма слабо зависят от коэффициента передачи тока, так как

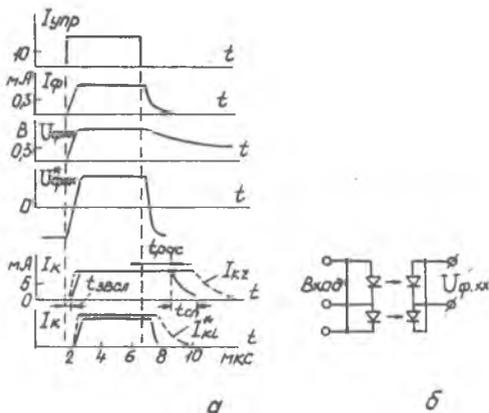
$$U_{огк} = m_r \psi_T e n (K_{i\Phi\Delta O} I_{упр} / I_{\Phi O}),$$

где ψ_T - температурный потенциал; $I_{\Phi O}$ - тепловой ток $p-n$ -перехода фотодиода; m_r - коэффициент в показателе степени экспоненты, определяющей зависимость тока через $p-n$ -переход от напряжения на $p-n$ -переходе. Относительно слабое изменение $U_{огк}$ при воздействии дестабилизирующих факторов позволяет рассматривать режим вентильной фотоэдс как наиболее перспективный для создания ОЭК, устойчивых в жестких эксплуатационных режимах.

Быстродействие вентильных фотодиодных оптронов зависит от режима их использования и определяется: быстродействием светоизлучателя; временем диффузии и дрейфа носителей, генерированных светом, к $p-n$ -переходу фотодиода, которое определяет время нарастания и спада фототока короткого замыкания; временем накопления и рассеива-

ния избыточных неравновесных носителей вблизи $p-n$ - перехода фотодиода; постоянной времени нагрузки (суммарной емкостью фотодиода и нагрузки).

На рис.3 представлены осциллограммы выходных параметров вентилярных фотодиодных оптронов для различных схем включения. При прочих равных условиях время включения вентилярного фотодиодного оптрона существенно больше в режиме фотоэдс из-за большей величины постоянной времени разряда емкости $p-n$ - перехода и нагрузки, начиная

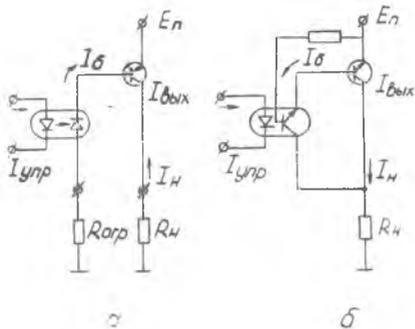


Р и с. 3. Осциллограммы выходных параметров вентилярных фотодиодных оптронов для различных схем включения (а). Звездочкой отмечены параметры ключей, управляемых сложным быстродействующим оптроном (б)

с момента, когда фотоэдс уменьшается до величины порядка $0,4В$ (дифференциальное сопротивление $p-n$ - перехода возрастает до нескольких мегаом). Это обстоятельство заставляет использовать схему включения вентилярных фотодиодов с повышенным быстродействием (рис.3,б), встречно-параллельное включение фотодиодов (рис.3,а), или использовать $p-i-n$ - фотодиоды.

Схема с выходным транзистором, включенным по схеме с общим эмиттером (рис.4,а), имеет меньшую величину остаточного напряжения, чем схема на составном транзисторе (рис.4,б). Поэтому она может быть использована при коммутации низковольтных источников питания и цепей повышенной мощности. Показанные схемы являются принципиально несимметричными, поэтому указана полярность проводимости ключа в открытом состоянии.

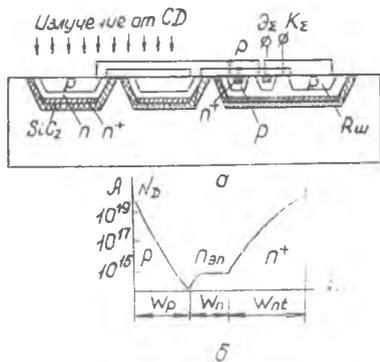
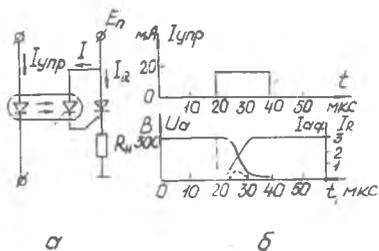
В схеме составного тиристорного оптрона (рис.5,а) остаточное напряжение определяется только выходным элементом, так как первый каскад (фототиристор) проводит ток только в течение времени включения



Р и с. 4. Схемы включения выходных элементов коммутаторов силовой нагрузки постоянного тока: а - с выходным транзистором; б - на составном транзисторе

выходного тиристора (рис.5,б). После включения выходного тиристора фототиристор выключается даже при наличии управляющего тока через светодиод, так как напряжение между анодом и управляющим электродом выходного тиристора становится меньше напряжения выключения фототиристора.

Р и с. 5. Схема включения составного фототиристорного оптрона (а) и осциллограммы тока анода I_R и напряжения на аноде U_a составного тиристорного оптрона и тока $I_{aф}$ фототиристора (пунктир) (б)



Р и с. 6. Схематическая структура интегральных фоточувствительных элементов оптрона (а); распределение примесей в фотодиоде (б)

На рис.6 изображена структура интегрального составного транзистора, управляемого вентильными фотодиодами, которая позволяет создавать оптрон с малыми выходными емкостями (площадь $p-n$ - переходов выходных транзисторов на 1,5 - порядка меньше площади фоточувствительных $p-n$ - переходов). Там же приведено распределение примесей в диффузионно-планарных фотодиодах, получаемых в едином технологическом цикле с транзистором. Использование в диффузионно-планарном фотодиоде скрытого n^+ - слоя позволяет повысить быстродействие и коэффициент передачи тока вентильного фотодиода. Это обусловлено тем, что в базе фотодиода градиент примесей (рис.6,б) создает поле, тянущее носителей к $p-n$ - переходу. Наличие же высокоомного эпитаксиального n -слоя в коллекторе транзисторной структуры обеспечивает высокое рабочее напряжение оптрона.

Аналогичную структуру имеет фототиристорный оптрон на интегральных вентильных фотодиодах и при продольно-поперечной тиристорной структуре.

Если не требуется обеспечивать малые значения тока утечки и выходных емкостей, можно $p-n$ - переходы фотодиодов использовать как коллекторные переходы фототранзисторов (в структуре фотодиода формируется эмиттерный переход). В этом случае коэффициент передачи тока будет в два раза больше, чем в структуре, указанной на рис.6,а (при условии параллельного соединения фотодиодов).

Интегральная технология изготовления фоточувствительных и выходных элементов особенно целесообразна в случае изготовления оптронов с одним светоизлучателем и многоэлементными выходными схемами, обеспечивающими:

- повышение коммутируемых токов и коэффициента передачи тока путем использования составных выходных структур (транзисторных и тиристорных);

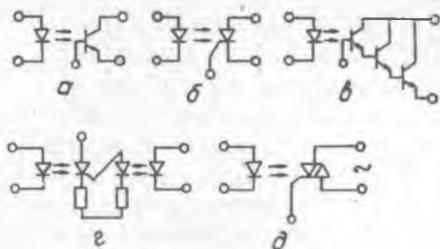
- повышение коммутируемых напряжений путем последовательного включения выходных элементов;

- симметричность выходной характеристики, необходимую для использования ОЭК в цепях переменного тока;

- создание многоконтактных ОЭК.

1.3. Практические схемы оптореле

Элементарные оптопары, выполняя в принципе функции реле, могут удовлетворить потребности в приборах этого вида лишь в очень малой степени (рис.7). Оптоэлектронные микросхемы в отличие от элементарных оптопар обладают большей функциональной гибкостью, способны коммути-



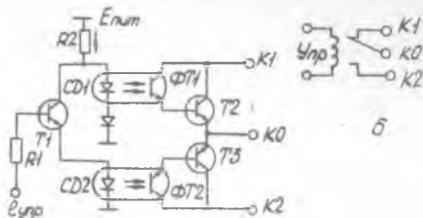
Р и с. 7. Электрические схемы оптоэлектронных реле: а - транзисторного; б - тиристорного; в - с составным транзистором; г - двухстабильного тиристорного; д - с семистором

ровать электрические цепи в широком диапазоне напряжений и токов, четко согласованы по входу со стандартными ИС.

Оптопары с составным фототранзистором удобны для коммутации цепей постоянного тока с амплитудой в десятки миллиампер и с напряжением до нескольких десятков вольт. Тиристорные оптопары эффективны начиная с 1 кОм, $I = 50 \dots 100$ мА, их возможности по напряжению значительно выше, чем у транзисторов.

Иллюстрируя особенности построения оптоэлектронного реле, рассмотрим схему на рис.8,а. В цепи управления реле действует транзистор Т1 и два светодиода, СД1 и СД2. Если транзистор закрыт, то электрический ток I_n по цепи с резистором R2 открывает и возбуждает светодиод СД1. Фототранзистор ФТ1, освещаемый светодиодом, генерирует значительный эмиттерный ток и фиксирует выходной транзистор Т2 в режиме насыщения. При этом компоненты второго канала (СД2, ФТ2 и Т3) закрыты. Таким образом, в исходном состоянии устройства (рис.8,а) один из контактов (между выводами К1 и К0) замкнут, а другой (между К2 и К0) разомкнут.

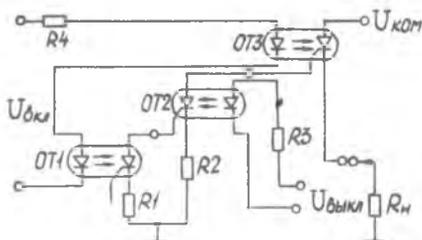
При достаточно высоком уровне напряжения $E_{упр}$ выходной транзистор Т1 переходит в режим насыщения и переключает ток I_n в цепь со светодиодом СД2. В результате транзистор Т2 запирается и размыкает электрическую цепь между выводами К1 и К0, а транзистор Т3, действующий в режиме насыщения, замыкает выводы К2 и К0. Это



Р и с. 8. Оптоэлектронный аналог (а) электромеханического реле (б)

оптоэлектронное устройство функционирует подобно электромагнитному реле с двумя контактными парами (рис.8,б).

Особенностью тиристорной оптопары является наличие встроенной памяти: после включения оптопары по входной цепи не требуется поддерживающего тока. Схема, приведенная на рис.7,г, представляет собой оптоэлектронный аналог двустабильного электромагнитного реле. В качестве коммутирующих элементов в ней используются фототиристорные структуры. Переход схемы из состояния "включено" в состояние "выключено" осуществляется путем подачи на входы 1 или 2 соответствующих импульсных сигналов управления. Аналогом реле-переключателя с двумя контактными парами служит оптоэлектронное реле постоянного тока серии К295КТ1 (рис.9).

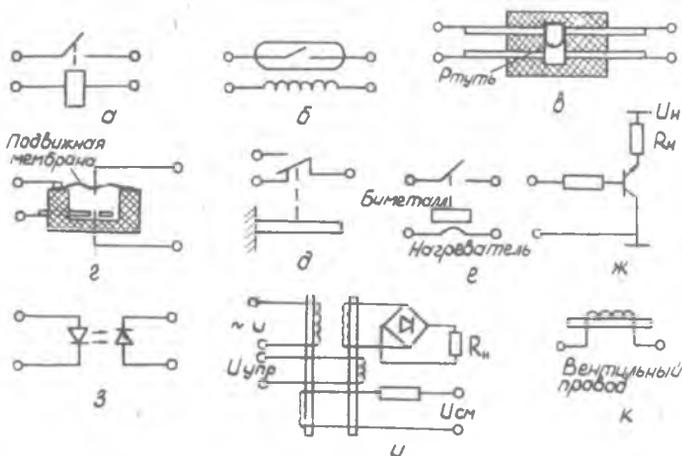


Р и с. 9. Оптореле постоянного тока серии К295КТ1

2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПАРАМЕТРЫ РЕЛЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРИНЦИПАМИ ДЕЙСТВИЯ

Устройства существующих разновидностей реле схематически показаны на рис.10. Большое число принципов действия, используемых при конструировании реле, обусловлено тем, что ни один из них пока не является универсальным с точки зрения оптимального выполнения функциональных задач, которые могут быть весьма разнообразны.

В электромагнитных реле (рис.10,а) электрический сигнал, поступающий в обмотку, преобразуется в энергию магнитного поля, которое притягивает ферромагнитный якорь и создает тем самым механическую силу, необходимую для управления контактами. Практически не имеется ограничений по коммутируемому току и напряжению. Гальваническое соединение контактов при их замыкании обеспечивает малое переходное сопротивление. Электромагнитные реле представляют собой



Р и с. 10. Схематические устройства слаботочных реле: а - электромагнитное; б - магнитоуправляемые (герконовые); в - магнитогидродинамические; г - электростатические; д - электромагнострикционные; е - электротепловые; ж - электронные (полупроводниковые); з - оптоэлектронные; и - магнитные; к - криотронные

классический тип реле. Износ и инерционность подвижных деталей ограничивают число циклов переключения до 10^5-10^8 , быстродействие до 1-2 мс. При замыкании (соударении) контактов может возникать дребезг. Необходимость создания требуемого контактного нажатия ограничивает возможность повышения чувствительности - уменьшение мощности срабатывания менее 10-100 мВт.

Магнитоуправляемые реле (рис.10,б) представляют собой разновидность электромагнитных реле. Контакты выпускаются в виде отдельных герметизированных модулей, из которых набирается необходимое сочетание контактных систем. Герметизация позволяет улучшить условия и надежность коммутации.

В магнитогидродинамических реле (рис.10,в) функции подвижного контакта выполняет токопроводящая жидкость. Перемещение ее из одного устойчивого состояния в другое происходит под действием магнитного поля при пропускании через нее импульса управляющего тока, т.е. используется электродинамический эффект. В качестве токопроводящей жидкости в большинстве случаев используется

рту, обладающая наименьшим и наиболее стабильным переходным сопротивлением контактов. Однако температурные свойства ртути не позволяют создавать устройства для работы при температуре ниже -35°C . Кроме того, цепь управления имеет общую электрическую точку с контактами.

В электростатических реле (рис.10,г) металлическая пластина мембранного типа с подвижным контактом притягивается к неподвижному электроду кулоновскими силами, образующимися при подаче на них соответствующего электрического потенциала. Конструируются такие реле, как правило, в стандартных корпусах ИС. Масса одной коммутационной ячейки не превышает $0,1-0,2\text{г}$. Максимальный диапазон коммутируемых токов ограничивается на уровне $0,1\text{ А}$, напряжений — на уровне 30 В . Требуется высокая точность изготовления.

В электромагнитострикционных реле (рис.10,д) используется свойство некоторых веществ изменять свои геометрические размеры. Связанная с кристаллом подвижная контактная система перемещается и замыкает (размыкает) коммутационную цепь. Недостатком таких систем является необходимость использования сильных магнитных и электрических полей для обеспечения требуемого нажатия контактов.

В электротепловых реле (рис.10,е) коммутация осуществляется при определенной температуре нагревания чувствительного элемента. Наиболее часто используются биметаллы. Основное функциональное назначение — выдержка времени или контроль окружающей среды.

В электронных (полупроводниковых) реле (рис.10,ж) в качестве исполнительного элемента используется ключевая схема на базе полупроводниковых приборов, которые функционально, конструктивно и технологически хорошо сопрягаются с ИС. Ввиду отсутствия контактной системы нет традиционного "дребезга" в коммутируемой цепи. Они обладают высокой износостойкостью, чувствительностью, быстродействием и надежностью. Однако сопротивление в проводящем состоянии достигает от 1 до нескольких Ом. Коммутация токов более $2-5\text{ А}$ требует применения радиаторов. Главный недостаток — отсутствие полной гальванической развязки.

Оптоэлектронные реле (рис.10,з) дополнительно к положительным свойствам электронных реле обладают также полной гальванической развязкой между входной и выходной цепями. Как и в полупроводниковых, сопротивление контактов зависит от температуры, что не всегда позволяет использовать их в цепях контроля.

Магнитных реле (рис.10,и) используется э.д.с., возникающая в выходной обмотке (коммутирующая цепь). Характеризуются большими массой и габаритами.

В к р и о т р о н н ы х реле (рис.10,к) используется эффект перехода некоторых металлов и сплавов в сверхпроводящее состояние при уменьшении температуры до критического значения. Можно отметить ограниченное применение его из-за специфики работы, малое сопротивление коммутируемой цепи в "разомкнутом" состоянии. Наличие охлаждающей системы обуславливает большие массу и габариты.

По функциональному назначению реле делятся: на: нейтральные, поляризованные, реле-переключатели (импульсные).

Для управления н е й т р а л ь н ы м и реле могут использоваться импульсы любой полярности необходимой мощности. Полярность выходного сигнала зависит от электрической схемы исполнительной системы и способа ее подключения к источнику питания.

Управление п о л я р и з о в а н н ы м и реле осуществляется импульсами строго определенной полярности. В сочетании с электрической схемой подключения исполнительной системы к источнику питания они определяют также полярность импульсов на выходе.

Р е л е - п е р е к л ю ч а т е л и представляют разновидность нейтральных или поляризованных реле. Они могут иметь один или два входа. В обоих случаях после подачи на вход кратковременного импульса управления исполнительная система переключается и находится в фиксированном состоянии до прихода следующего импульса. Фиксирование осуществляется с помощью специального устройства - механической, магнитной или электрической блокировки (защелки). С приходом следующего импульса исполнительная система переходит в другое фиксированное состояние, и далее цикл работы реле повторяется.

О с н о в н ы м и п а р а м е т р а м и , определяющими функциональные возможности реле, являются: минимальная выходная мощность срабатывания, наибольшая входная мощность возврата, время срабатывания и возврата, сопротивление контактного перехода и его стабильность во времени, сопротивление изоляции, коммутируемая мощность, износостойкость и срок службы.

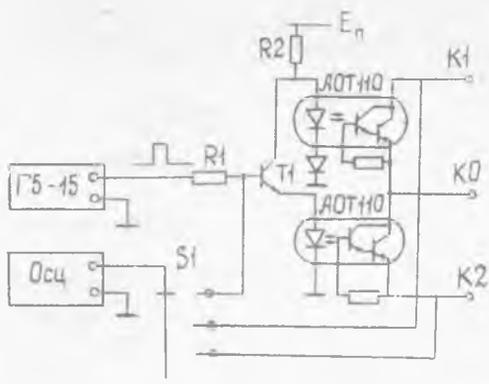
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схема установки, предназначенной для изучения характеристик оптореле, представлена на рис. II.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

I. Ознакомиться с оптроном типа АОТ110 (внешний вид, конструкция, топология, назначение выводов, электрические параметры).

Р и с. II. Схема исследования функциональных параметров оптореле



2. Ознакомиться с приборами экспериментальной установки.
3. Исследовать зависимость сопротивления составного транзистора в состояниях "включено" и "выключено" при двух направлениях коммутируемого тока и различных входных напряжениях.
4. Определить управляющие токи и напряжения включения и выключения оптореле.
5. Определить время включения и выключения.
6. Провести расчет и сравнение энергетических затрат оптореле на оптроне АОТ110 и электромагнитного реле РЭС 49.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Топология оптрона.
2. Чертеж конструкции оптрона в корпусе с обозначением электродов.
3. Принципиальная электрическая схема оптореле.
4. Таблицы экспериментальных данных и осциллограммы.
5. Таблица параметров оптореле.
6. Расчет минимальной входной мощности включения.
7. Вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

1. Назовите основные конструкции и технологические приемы изготовления оптоэлектронных коммутаторов.
2. Почему для управления выходными элементами коммутаторов часто используются фотодиоды?

3. Какие режимы работы фотодиода используются при построении схем СЭК?
4. Какие факторы определяют быстродействие СЭК? Методы повышения быстродействия.
5. Какие оптроны используются для коммутации низких напряжений и высоких плотностей тока?
6. Когда в качестве выходных элементов используются полевые транзисторы?
7. Привести основные практические схемы оптореле.
8. В каких схемах необходимо использовать оптореле?
9. Каковы достоинства и недостатки оптореле по сравнению с электромагнитными?

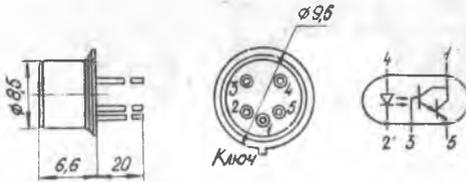
Л и т е р а т у р а

- Носов Ю.Р., Сидоров А.С. Оптроны и их применение. -М.: Радио и связь, 1981. - 280 с.
- Чурбаков А.В. Импульсные устройства с диодными оптронами. -М.: Энергия, 1980. - 144 с.
- Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / Под ред. Н.Н.Горюнова. -М.: Энергоиздат, 1982. - 744 с.
- Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник / В.И.Иванов, А.И.Аксенов, А.М.Ишин; Под ред. Н.Н.Горюнова - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 184 с.
- Слаботочные реле / Г.Я.Рыбин, Б.Ф.Ивакин, А.Д.Животченко, В.В.Соболев. -М.: Радио и связь, 1982. -80 с. -(Элементы радиоаппаратуры).

Приложение I

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАРАМЕТРАМ ОПТРОНОВ АОТ110 И ЗОТ110

Оптроны (рис.П1) предназначены для использования в качестве переключателей в гальванически развязанных электрических цепях РЭА.



Р и с. П1. Конструкция, габариты и электрическая схема оптрона

Электрические параметры

Входное напряжение при входном токе 25 мА, не более 2 В (рис.П2)

Коммутируемое напряжение не более 50 В

Выходной (коммутируемый) постоянный ток не более 200 мА

Сопротивление изоляции между входом и выходом 10^9 Ом

Ток утечки на выходе при $I_{вх} = 0$ при напряжении коммутации

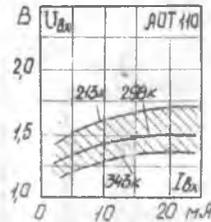
50 В не более 100 мкА

Остаточное (выходное напряжение при $I_{вх} = 25$ мА при выходном

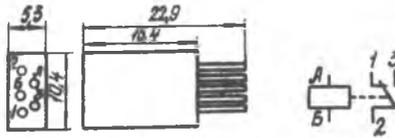
токе $I_{вых} = 100$ мА - 1,5 В

Средняя рассеиваемая мощность 360 мВт.

Р и с.П2. Зона возможных положений зависимости входного напряжения от входного тока



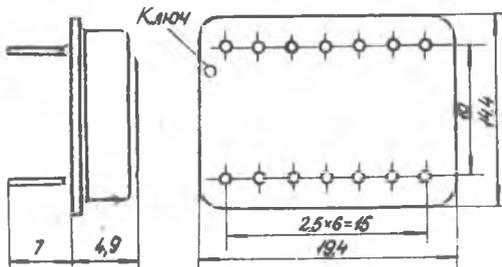
ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОВРЕМЕННЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ РЕЛЕ
ПОСТОЯННОГО ТОКА ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ (рис.П3)



Р и с. П3. Конструкция, габариты и электрическая схема
РЭС-49

Электрические параметры

Сопротивление обмотки 1580–2185 Ом
 Ток срабатывания не более 8 мА
 Ток отпускания не менее 1,6 мА
 Рабочее напряжение (управляющее) 22–39 В
 Допускаемый коммутируемый ток 0,001–1 А
 Допускаемое коммутируемое напряжение 6–150 В
 Время срабатывания не более 3 мс
 Время отпускания не более 2 мс
 Время дребезга не более 2 мс
 Максимальное число коммутаций 10^5



Р и с.П4. Корпус
микросхемы серии
К295

Составители: Петр Викторович Буренин,
Алексей Васильевич Волков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОПТОРЕЛЕ

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор С.С.Р у б а н

Подписано в печать 31.05.84. Формат 60x84 1/16.

Бумага оберточная белая. Печать оперативная.

Усл.п.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,0. Т. 500 экз.

Заказ № 1896 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Моло-
догвардейская, 151.

Областная типография имени В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.