

biblen

elektromonter

Библиотека электротехники

В. Я. Шмурьев

**РЕЛЕ ВРЕМЕНИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ
ЭНЕРГЕТИК**

Вниманию специалистов

Вышли в свет следующие выпуски

“Библиотечки электротехника”:

Стандарт обслуживания клиентов (требования к организации и осуществлению процесса, техническим средствам).

Анчарова Т. В. Осветительные сети производственных зданий (части 1 и 2).

Соловьев А. Л. Выбор характеристик и уставок защиты электрооборудования с использованием микропроцессорных терминалов (части 1 и 2).

Дорохина Т. Н., Зайцев Б. С., Щукин С. В., Шалимов А. С. Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью прибора РЕТОМ-51 (части 1 и 2).

Беляев А. В. Противоаварийная автоматика в узлах нагрузки с синхронными электродвигателями большой мощности (части 1 и 2).

Иноземцев Е. К. Восстановление работоспособности статоров высоковольтных электродвигателей (части 1 и 2).

Шацков Ю. Л., Каргин С. В. Векторные диаграммы в релейной защите и автоматике.

Иноземцев Е. К. Восстановление работоспособности роторов высоковольтных электродвигателей (части 1 и 2).

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении связи по объединенному каталогу “ПРЕССА РОССИИ”. Том 1. Российские и зарубежные газеты и журналы.

Индексы “Библиотечки электротехника”

— приложения к журналу “Энергетик”

88983 — для предприятий и организаций;

88982 — для индивидуальных подписчиков.

**Адрес редакции
журнала “Энергетик”:**

115280, Москва, ул. Автозаводская, д. 14/23.

Телефон (495) 675-19-06

E-mail: energetick@mail.ru

Библиотечка электротехника

— приложение к журналу “Энергетик”

Основана в июне 1998 г.

Выпуск 6 (126)

В. Я. Шмурьев

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Москва

НТФ “Энергопрогресс”, “Энергетик”

2009

УДК 621.316.925.4

ББК 31.27-05

Ш 75

Главный редактор журнала “Энергетик” А. Ф. ДЬЯКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

“Библиотечки электротехника”

В. А. Семенов (*председатель*), И. И. Батюк (*зам. председателя*),
Б. А. Алексеев, К. М. Антипов, Г. А. Безчастнов, А. Н. Жулев,
В. А. Забегалов, В. Х. Ишкин, Ф. Л. Коган, В. И. Кочкарев,
Н. В. Лисицын, Л. Г. Мамиконянц, В. И. Пуляев, А. И. Таджибаев,
Ю. В. Усачев

Шмурьев В. Я.

Ш 75 Реле времени полупроводниковые. — М.: НТФ “Энергопрогресс”, 2009. — 72 с., ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу “Энергетик”; Вып. 6 (126)].

Рассмотрены основные отечественные полупроводниковые (электронные) реле времени разных лет выпуска. Изложены принципы действия и особенности схемотехники реле с разной элементной базой — на дискретных полупроводниковых элементах, интегральных микросхемах, микропроцессорах. Приведены основные технические данные реле времени.

Для специалистов, работающих в области релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.

*Моему учителю Шабаду Михаилу Абрамовичу
с благодарностью и признательностью*

Предисловие

Статические реле времени (синонимы: полупроводниковые, электронные) были в свое время разработаны для применения в энергосистемах взамен реле времени с часовыми механизмами.

Первые статические реле времени выпускались на базе транзисторных схем. Затем в реле стали использоваться интегральные микросхемы, а в последующем произошел переход к микроконтроллерам.

Следует отметить, что статические реле времени, в особенности последних разработок, имеют довольно сложную схему, практически неремонтируемые, и поэтому в технических описаниях реле, как правило, не приводятся их принципиальные схемы. Тем не менее для грамотного использования этих реле необходимо иметь достаточно полное представление об их устройстве. С учетом этого в брошюре и рассматривается устройство наиболее распространенных отечественных статических реле времени.

**Замечания и пожелания по брошюре
просьба направлять по адресу:
115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23.
Редакция журнала “Энергетик”**

Автор

Введение

В общем случае любое статическое реле времени представляет собой устройство, управляемое входным (питающим) напряжением и переключающее свои выходные контакты с той или иной временной задержкой.

Времязадающий узел большинства статических реле времени выполняется на базе RC -цепей (рис. В1, а). Изменение напряжения на конденсаторе RC -цепи, подключенной к источнику постоянного напряжения, описывается экспоненциальной функцией времени. Это позволяет, контролируя напряжение на конденсаторе, формировать заданные интервалы времени, например от момента подключения RC -цепи к источнику до момента достижения напряжения на конденсаторе заданного уровня. По экспоненциальной функции происходит разряд предварительно заряженного конденсатора параллельной RC -цепи. Такие цепи используются в реле времени, которые должны переключать свои контакты после исчезновения питающего напряжения.

В некоторых реле времени используется заряд конденсатора RC -цепи стабильным током (рис. В1, б и в). В этом случае напряжение на конденсаторе изменяется линейно во времени, что позволяет получить несколько большую точность в формировании выдержек времени. Роль источника стабильного тока в таких реле выполняет электронная схема. Например, в комплектных устройствах защиты ЯРЭ2201 заряд конденсатора осуществляется от источника стабильного тока, реализованного на транзисторной схеме. Однако реле времени с источником стабильного тока сложнее в реализации и поэтому не получили широкого распространения.

Время заряда (разряда) RC -цепи в реальных схемах не превышает нескольких секунд. Обусловлено это несколькими обстоятельствами. Во-первых, сопротивление времязадающего резистора в RC -цепи приходится ограничивать (в пределах нескольких мегаом), чтобы на заряде конденсатора не сказывались токи утечки по изоляционному материалу печатной платы и входные токи схемы, контролиру-

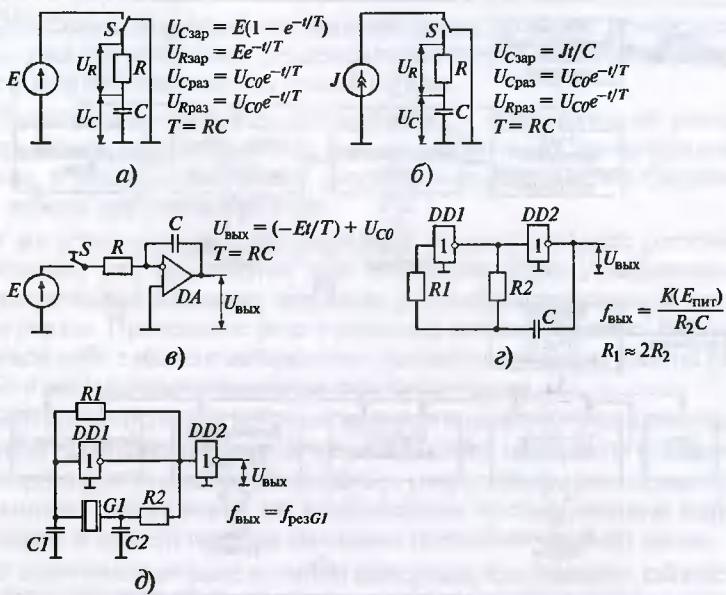


Рис. В1. Варианты времязадающих цепей, используемых в реле времени

ющей напряжение на конденсаторе. Во-вторых, в RC -цепи необходимо использовать конденсаторы с минимальной адсорбцией заряда. В противном случае свойство конденсатора восстанавливать напряжение на обкладках после его кратковременного разряда будет приводить к разбросу времени готовности реле к повторному срабатыванию. К сожалению, выпускаемые конденсаторы с минимальной адсорбцией заряда имеют относительно небольшую емкость (порядка нескольких микрофарад).

Реле с небольшими выдержками времени удается выполнить на основе одного такта заряда (разряда) RC -цепи. При необходимости обеспечить большие выдержки времени реле выполняются на основе схем с многократным зарядом-разрядом RC -цепи.

В таких многотактных реле времени RC -цепь включается в автоколебательную схему, что обеспечивает периодический заряд-разряд ее конденсатора. Например, автоколебательная схема на основе RC -цепи может быть выполнена на логических элементах, как это показано на рис. В1, г. Заряд и разряд конденсатора C осуществляются через резистор $R2$ за счет разных уровней напряжения на входе и выходе инвертирующего логического элемента $DD2$. Переключает

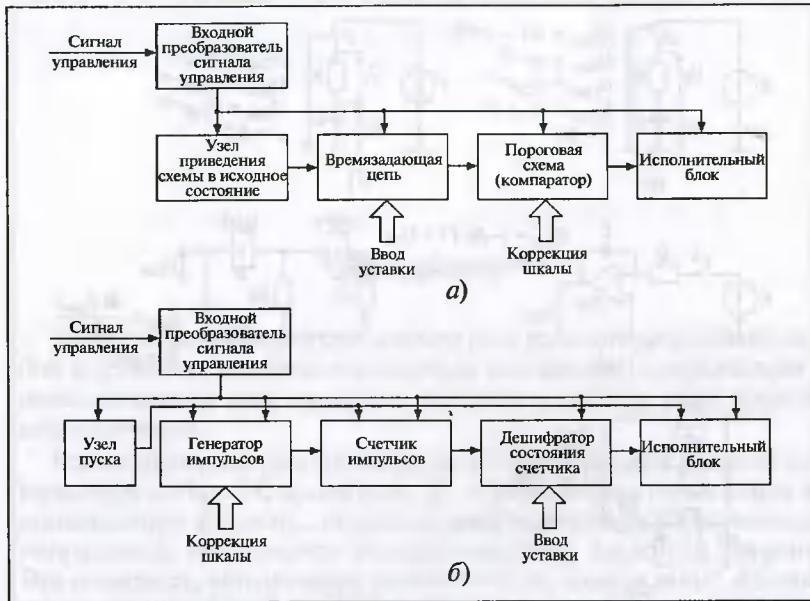


Рис. В2. Структурные схемы реле времени

состояния логического элемента $DD2$ такой же логический элемент $DD1$, но используемый как пороговый орган напряжения (реализуется то обстоятельство, что логические элементы ИМС переключаются в состояние логического нуля и, наоборот, при разных уровнях входного напряжения). Таким образом, при поданном питании на выходе $DD2$ формируется последовательность импульсов с достаточно стабильным периодом. Выполняя подсчет выходных импульсов с момента запуска автоколебательной схемы, можно получать реле с большим диапазоном выдержек времени при относительно малых значениях постоянной времени времязадающей цепи $T = R_2 C$.

Наиболее высокую точность обеспечивают реле времени с автоколебательными схемами на основе кварцевых резонаторов (см. рис. В1, д).

Использование в статических реле времени низковольтных и слаботочных электронных компонентов влечет за собой необходимость применения в них узлов сопряжения с внешними входными и выходными цепями.

Структурные схемы однотактного и многотактного реле времени показаны на рис. В2, а и б соответственно.

Обе схемы включают одинаковые блоки: входной преобразователь, узел установления времязадающей схемы в исходное состояние и исполнительный (выходной) орган.

Назначение входного преобразователя — формирование низкого напряжения нормированного уровня для питания времязадающей схемы, а также для создания опорных потенциалов, необходимых для работы пороговых органов.

Узел установления времязадающей схемы в исходное состояние необходим для приведения всех элементов реле, участвующих в формировании выдержки времени, в строго определенный исходный режим. Приведение реле в исходное состояние может осуществляться либо в момент завершения предыдущего цикла работы реле, либо в момент включения реле под напряжение.

В однотактных реле времени выдержки регулируются либо изменением постоянной времени времязадающей цепи, либо изменением порога срабатывания компаратора (порогового органа), который сравнивает напряжение на конденсаторе времязадающей цепи с уставкой и воздействует на выходной (исполнительный) орган.

В многотактных реле времени выдержка, как правило, обеспечивается подсчетом импульсов тактового генератора в счетчике импульсов и корректируется (для компенсации разброса параметров элементов) изменением постоянной времени RC -цепи тактового генератора. При подаче питающего напряжения тактовый генератор запускается и на вход счетчика начинают поступать импульсы. Расспознавание достижения требуемого состояния счетчика обеспечивается схемой дешифрации его состояния на основе механических переключателей, задающих уставку. В момент накопления в счетчике определенного числа импульсов, совпадающего с уставкой дешифратора, формируется сигнал управления для выходного исполнительного блока.

В последние годы реле времени стали выполняться на основе микроконтроллеров. Микроконтроллеру для его работы требуются тактовые импульсы достаточно стабильной частоты. Как правило, эти импульсы формируются встроенным генератором на базе кристаллических резонаторов (рис. В1, д). При поступлении сигнала на запуск реле времени микроконтроллер начинает счет тактовых импульсов. В отличие от реле времени на основе RC -цепи, выдержки времени кристаллических реле времени практически не зависят от температуры окружающей среды и напряжения питания реле.

Далее дается описание отдельных реле времени. Приводимые схемы реле могут отличаться от реальных их исполнений, так как изготовители часто вносят изменения в конструкцию реле в ходе их выпуска.

1. Реле времени с задержкой на срабатывание типа РВ-01

РВ-01 — первое отечественное серийное реле времени на транзисторах. Реле предназначено для использования в схемах релейной защиты и системах автоматики для селекции управляющих сигналов по длительности либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной задержкой во времени.

Основные технические характеристики реле РВ-01 следующие.

Диапазон уставок по времени (в зависимости от исполнения): 0,1 – 1,0 с; 0,3 – 3,0 с; 0,1 – 10,0 с; 0,3 – 30 с, с дискретностью регулирования 0,01 с; 0,03 с; 0,1 с; 0,3 с, соответственно.

Номинальное напряжение / потребляемая мощность:

- для постоянного тока — 24 В/2,0 Вт; 48 В/2,5 Вт; 60 В/3,0 Вт; 110 В/5,0 Вт; 220 В/10,0 Вт;
- для переменного тока, 50 Гц — 100 В/6,0 В · А; 127 В/7,0 В · А; 220 В/11,0 В · А; 380 В/20,0 В · А.

Допускается использование реле на напряжении 380 В, 50 Гц при включении последовательно с реле с рабочим напряжением 110 – 220 В, 50 Гц балластного резистора, входящего в комплект поставки реле.

Реле имеют два исполнительных контакта, переключающихся с одинаковой выдержкой времени и способных коммутировать напряжения постоянного и переменного тока от 24 до 250 В.

Коммутационная способность контактов достигает 30 Вт в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой (при постоянной времени цепи не более 0,02 с) и 250 В · А в цепях переменного тока (при коэффициенте мощности не ниже 0,4).

Минимальный ток через контакт при напряжении 110 В и более составляет 10 мА, а при напряжении от 24 до 110 В должен быть не менее 50 мА.

Длительно допустимый ток контактов 2,5 А.

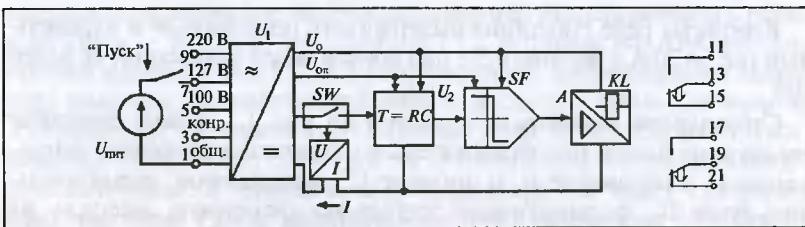


Рис. 1.1. Структурная схема реле РВ-01

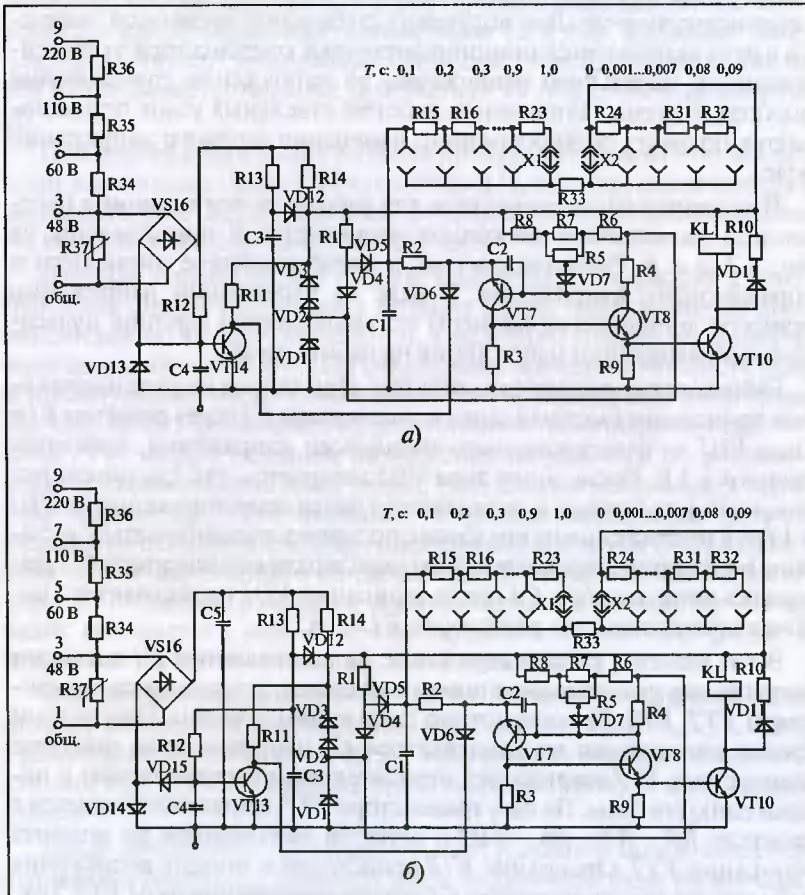


Рис. 1.2. Принципиальная схема реле РВ-01:

а — для постоянного напряжения; б — для переменного напряжения

Контакты реле способны выдерживать постоянный и переменный ток до 20 А в течение 0,5 с при общем числе замыканий не более 100.

Структурная схема реле показана на рис. 1.1. Схема содержит следующие блоки: преобразователь входного управляющего напряжения U_1 в питающеее $U_{\text{п}}$ и опорное $U_{\text{оп}}$ напряжения; времязадающий блок U_2 , формирующий требуемую временную задержку на срабатывание; пороговую схему (компаратор) SF ; усилитель мощности сигнала A с реле KL на выходе; схему обнаружения снятия питания с реле U_3 с электронным ключом SW для ускоренного разряда конденсаторов реле. Для получения стабильной временной задержки в реле используется принцип дозарядки конденсатора от фиксированного начального напряжения до напряжения срабатывания пороговой схемы. Управление работой отдельных узлов осуществляется по факту скачкообразного изменения входного напряжения реле.

Принципиальные схемы реле для работы на постоянном и переменном напряжении несколько различаются и представлены на рис. 1.2, а и б. Различие состоит в преобразователе питающего и управляющего напряжения. В реле на переменном напряжении приняты дополнительные меры по уменьшению влияния пульсаций выпрямленного напряжения на работу схемы.

Работает реле следующим образом. При подаче на реле напряжения происходит быстрый заряд конденсатора $C1$ через резистор $R1$ и диод $VD5$ до фиксированного начального напряжения, примерно равного 3,3 В. После этого диод $VD5$ запирается, так как потенциал его анода фиксирован и определяется падением напряжения на $VD1$ и $VD4$, а напряжение на его катоде продолжает увеличиваться в сторону положительных значений по мере заряда конденсатора $C1$. Дозарядка конденсатора $C1$ после запирания $VD1$ происходит по цепочке времязадающих резисторов $R15 - R33$.

В тот момент, когда напряжение на конденсаторе $C1$ достигает напряжения срабатывания пороговой схемы, открываются транзисторы $VT7$, $VT8$. Происходит это следующим образом. При низком уровне напряжения на конденсаторе $C1$ напряжение на эмиттере транзистора $VT7$ оказывается отрицательным по отношению к напряжению его базы. На базу транзистора $VT7$ напряжение подается с делителя $R8 - R7 - R6 - VD1$ и остается неизменным до момента отпирания $VT7$. Отпирание $VT8$ происходит в момент достижения напряжения на конденсаторе $C1$ уровня напряжения базы $VT7$. Ток, протекающий со стороны конденсатора $C1$ через переход “эмиттер – коллектор” открывшегося транзистора $VT7$, создает падение на-

пряжения на резисторе $R3$. Это напряжение, прикладываясь к переходу “база — эмиттер” транзистора $VT8$, отпирает его. Процесс открытия транзисторов $VT7$ и $VT8$ происходит лавинообразно благодаря наличию положительной обратной связи в схеме. Отпирание $VT8$ приводит к снижению потенциала базы $VT7$ вследствие шунтирования нижнего (по схеме) плеча делителя, формирующего опорный потенциал. Увеличение тока коллектора $VT7$ ведет к увеличению тока базы $VT8$ и, следовательно, тока коллектора $VT8$. Это, в свою очередь, снижает потенциал коллектора $VT8$ и увеличивает разность потенциалов между эмиттером и базой $VT7$, что ведет к увеличению тока коллектора $VT7$ и т.д. Процесс завершается насыщением (полным открытием) транзисторов $VT7$, $VT8$. Ток цепи “коллектор — эмиттер” транзистора $VT8$ создает падение напряжения на $R9$, что вызывает отпирание транзистора $VT10$ и срабатывание реле KL .

При снятии напряжения питания происходит возврат схемы в исходное состояние. Диод $VD1$ и резистор $R10$, шунтирующие катушку выходного реле KL , ограничивают перенапряжения, возникающие на катушке в момент исчезновения тока.

Наличие конденсаторов в схеме реле времени приводит к тому, что после снятия напряжения питания с реле напряжение на конденсаторах не исчезает мгновенно, а медленно спадает во времени, иногда достаточно долго. Для сокращения времени готовности реле к последующему пуску в схему введен специальный каскад на транзисторе $VT14$. При наличии на реле питающего напряжения транзистор $VT14$ закрыт падением напряжения на диоде $VT13$, создаваемым протекающим по нему током. При снятии напряжения питания транзистор $VT14$ переходит в режим насыщения за счет появления отпирающего тока, поступающего в его базу через резистор $R12$ от заряженного конденсатора $C3$. Открывшийся транзистор $VT14$ быстро разряжает времязадающий конденсатор $C1$ по цепи: резистор $R2$, диод $VD6$. Одновременно происходит разряд и конденсатора $C3$ по цепи: диод $VD12$, резистор $R11$.

В целях уменьшения влияния уровня питающего напряжения на уставку по времени срабатывания напряжение, прикладываемое к времязадающей цепи $C1 — R15 — R33$, стабилизировано стабилитронами $VD1 — VD3$. Конденсатор $C3$ защищает схему от импульсных помех.

После неоднократных модернизаций исходной схемы завод-изготовитель перешел с транзисторной элементной базы на интегральные микросхемы, принципиально изменив схему реле, но сохранив основные характеристики и наименование реле.

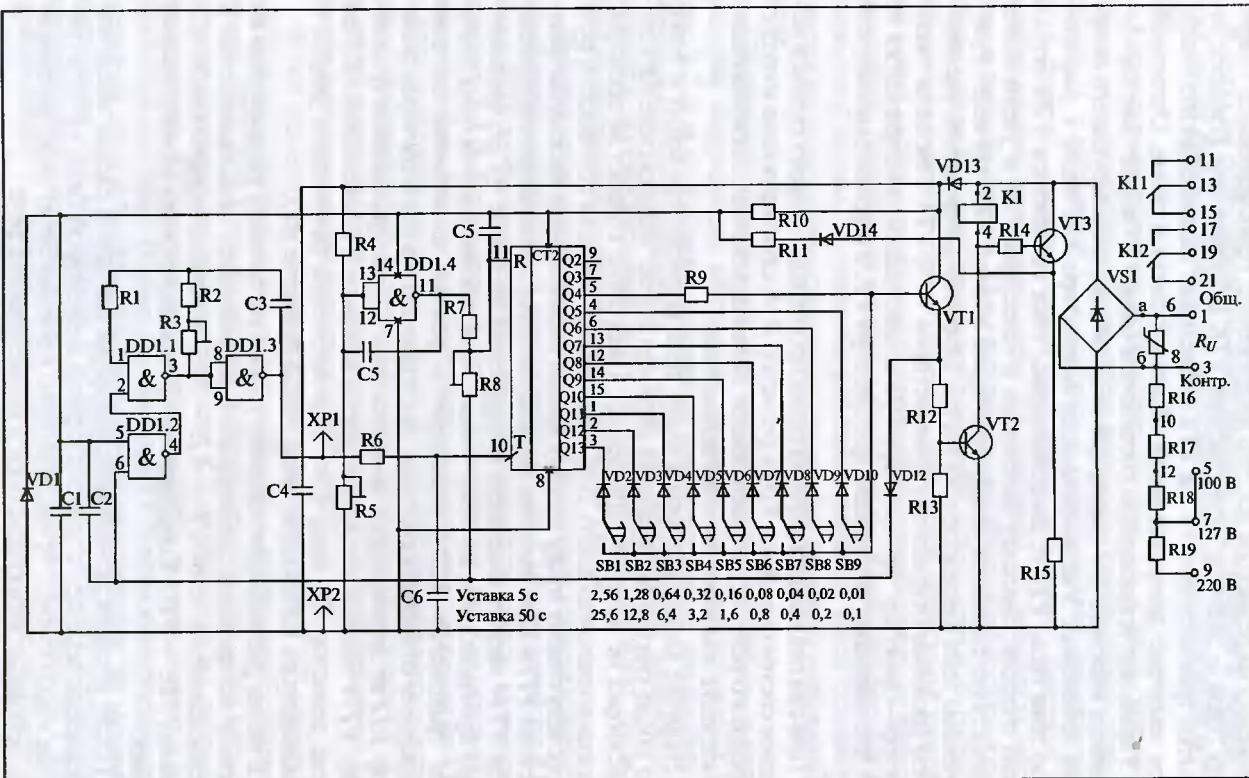


Рис. 1.3. Принципиальная схема модернизированного реле времени РВ-01 (для переменного напряжения)

Модернизированное реле времени типа РВ-01. Реле РВ-01 на интегральных микросхемах устроено следующим образом (рис. 1.3).

На элементах $DD1.1$ и $DD1.3$ собран генератор тактовых импульсов, которые подаются на счетчик $CT2(DD2)$. Период колебаний генератора определяется постоянной времени $T = (R_2 + R_3)C_3$ и корректируется с помощью $R3$. При достижении счетчиком состояния, определяемого установленной с помощью кнопок $SB1 - SB9$ выдержанной времени, работа генератора тактовых импульсов блокируется низким уровнем с элемента $DD1.2$.

Обнуление счетчика импульсом высокого уровня осуществляется по входу R и происходит как в момент подачи напряжения на реле времени (импульсом через конденсатор $C7$), так и при снятии напряжения питания (импульсом, генерируемым элементом $DD1.4$ при разряде конденсатора $C4$ по цепи $R4 - R5$). При обнулении счетчика на его выходах $Q2 - Q12$ устанавливаются низкие уровни напряжения, что удерживает транзистор $VT1$ в закрытом состоянии. Исходно низкий уровень напряжения на эмиттере транзистора $VT1$, инвертируясь элементом $DD1.2$, разрешает работу генератора тактовых импульсов. Одновременно этот низкий уровень напряжения, прикладываемый к базе транзистора $VT2$, удерживает последний в закрытом состоянии, а реле $K1$ соответственно в обесточенном состоянии.

По мере поступления импульсов на счетчик на его выходах начинают появляться высокие уровни напряжения. Как только на выходе $Q4$ и на всех выходах связанных с замкнутыми кнопками $SB1 - SB9$, устанавливается высокие уровни напряжения, транзистор $VT1$ откроется. Появление высокого уровня напряжения на его эмиттере заблокирует работу генератора импульсов через элемент $DD1.2$, и счетчик останется в неизменном состоянии. Произойдет отпирание транзистора и срабатывание выходного реле $K1$.

2. Реле времени с выдержкой на возврат типа РВ-03

Реле времени РВ-03 предназначено для получения выдержек времени на возврат после отключения напряжения питания и применяется в схемах РЗА на переменном оперативном токе.

Номинальное напряжение переменного тока 50 Гц (в зависимости от исполнения) — 100, 127, 220 или 380 В.

Диапазон выдержек времени — 0,15 — 3,0 с; 0,5 — 10,0 с; 1,0 — 20,0 с.

Потребляемая мощность реле при номинальном напряжении питания в длительном режиме — не более 3 В · А.

Упрощенная функциональная схема реле представлена на рис. 2.1. Схема содержит: формирователь напряжения нормированного уровня U_1 , два идентичных органа выдержки времени $OB1$ и $OB2$ с выходными реле $KL1$ и $KL2$ и промежуточное реле $KL3$, работающее без выдержки времени.

Каждый из органов выдержки времени $OB1$ и $OB2$ включает: формирователь опорного напряжения U_2 , времязадающий контур U_3 , пороговую схему $SF1$, управляемый полупроводниковый ключ $SW1$, реле с “магнитной памятью” $KL1$ и емкостной накопитель энергии U_4 .

Работают органы выдержки следующим образом.

При подаче напряжения питания быстро заряжаются емкости формирователя опорного напряжения U_2 , времязадающего контура U_3 , накопителя энергии U_4 и переключается выходное реле $KL1$.

Пороговая схема $SF1$ и полупроводниковый ключ $SW1$ исходно находятся в несработанном состоянии.

При отключении напряжения питания начинается разряд конденсатора времязадающего контура U_3 . При снижении его напряжения до уровня опорного напряжения (сохраняемого неизменным на выходе U_2) срабатывает пороговая схема $SF1$ и переводит полупроводниковый ключ $SW1$ в проводящее состояние. Конденса-

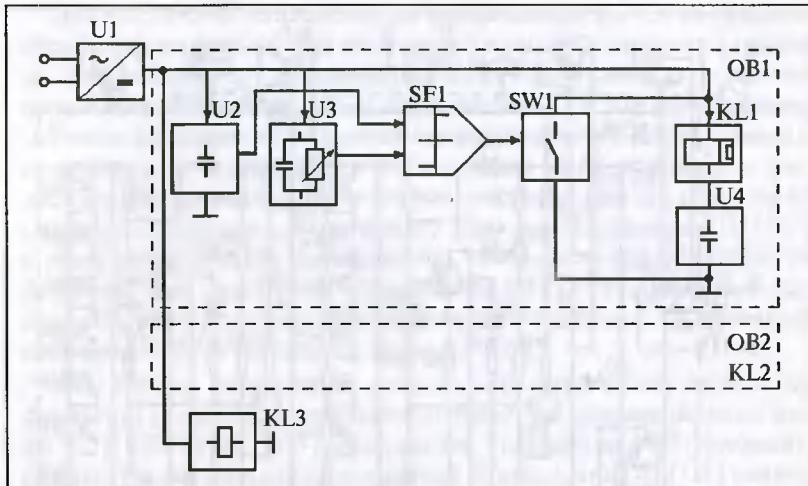


Рис. 2.1. Упрощенная функциональная схема реле времени типа РВ-03

тор емкостного накопителя энергии $U4$ разряжается через ключ $SW1$ на обмотку реле $KL1$. Импульс тока обратного направления, протекающий через обмотку $KL1$, обеспечивает возврат последнего в исходное состояние. Выдержка времени на возврат органа времени $OB1$ ($OB2$) регулируется изменением сопротивления цепи разряда времязадающего контура $U3$.

Принципиальная схема реле представлена на рис. 2.2.

Каждый из органов выдержки времени $OB1$ ($OB2$) состоит из:

- времязадающего контура $C1(C5) — R1...R7(R21...R27)$;
- формирователя опорного напряжения на базе конденсатора $C2$ ($C6$), заряжаемого от делителя напряжения $R13...R15$ ($R33...R35$), через разделительный диод $VD1(VD5)$;
- пороговой схемы на транзисторах $VT1, VT2$ ($VT4, VT5$);
- полупроводникового ключа на транзисторе $VT3$ ($VT6$), управляющего выходным реле $KL1$ ($KL2$);
- накопителя энергии на конденсаторе $C4(C8)$, обеспечивающего возврат выходного реле с “магнитной памятью” $KL1$ ($KL2$) после снятия напряжения питания с реле времени.

С момента подачи питания на реле на его органы выдержки времени поступает выпрямленное, но не слаженное пульсирующее напряжение. Одновременно происходит переключение выходного реле $KL1$ ($KL2$) за счет тока, протекающего через диод $VD4$ ($VD8$), обмотку реле, размыкающийся контакт $KL1.1$ ($KL2.1$) и резистор

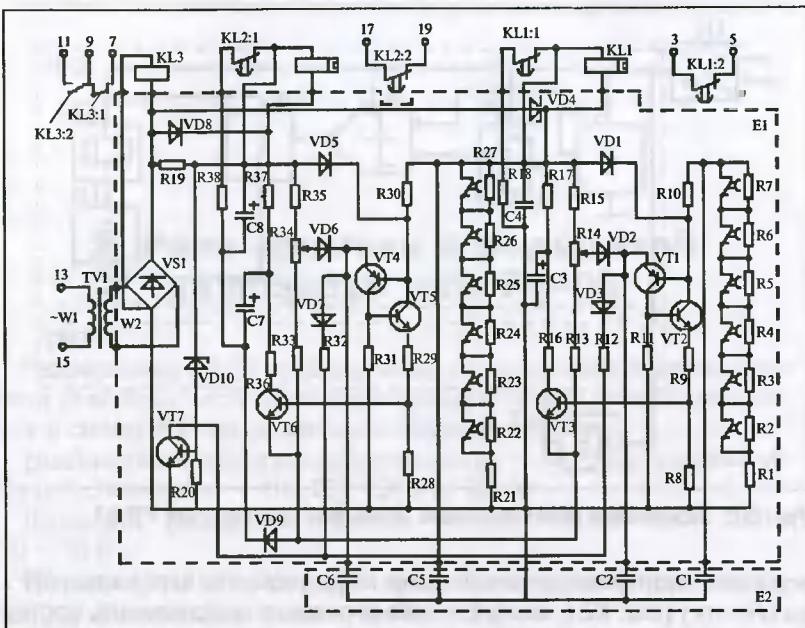


Рис. 2.2. Реле времени РВ-03

R18 (R38). После размыкания контакта *KL1.1* через обмотку реле *KL1* некоторое время протекает ток заряда накопительного конденсатора *C4* (*C8*). Все это обеспечивает четкую фиксацию реле в сработанном состоянии даже при плавном подъеме напряжения питания реле времени, когда ток заряда конденсатора *C4* (*C8*) будет мал. Одновременно происходит заряд времязадающего конденсатора *C1* (*C5*) до напряжения, определяемого параметрами стабилитрона *VD10*, а конденсатора *C2* (*C6*) до напряжения, зависящего от положения движка резистора *R14* (*R34*). Все транзисторы схемы при этом находятся в закрытом состоянии.

При срабатывании реле *KL1* и *KL2* размыкаются их замыкающие контакты *KL1.2* и *KL2.2* во внешних цепях.

В дальнейшем при наличии напряжения питания на реле времени состояние схемы не изменяется. Из цепи питания потребляется незначительная энергия, расходуемая лишь на перемагничивание трансформатора, на питание катушки реле *KL3* и покрытие потерь в стабилизаторе напряжения.

Для того чтобы напряжение на конденсаторе $C2(C6)$ с течением времени не возрастало под влиянием тока утечки закрытого перехода “база — эмиттер” транзистора $VT1(VT4)$, в схему реле введены цепь $VD3 - R12(VD7 - R32)$ и транзистор $VT7$. Когда мгновенное значение напряжения на выходе выпрямительного моста превышает напряжение стабилизации стабилитрона $VD10$, в цепи базы транзистора $VD3$ начинает протекать ток, переводящий его в режим насыщения (в проводящее состояние). При этом через диод $VD3(VD7)$ и резистор $R12(R32)$ протекает ток, превышающий обратный ток перехода “база — эмиттер” транзистора $VT1(VT4)$, благодаря чему диод $VD2(VD6)$ открывается и фиксирует требуемый уровень опорного напряжения на конденсаторе $C2(C6)$.

При снятии напряжения питания с реле времени, вернее, при снижении его ниже определенного значения, разделительные диоды $VD1, VD2(VD5, VD6)$ запираются. Транзистор $VT7$ переходит в режим отсечки (закрытое состояние). Конденсатор $C1(C5)$ начинает разряжаться через резисторы $R1 - R7(R21 - R27)$. Сопротивление цепи разряда определяется положением переключателей $SB1 - SB6(SB7 - SB12)$, с помощью которых задается уставка. Опорное напряжение для пороговой схемы, хранимое на конденсаторе $C2(C6)$, не изменяется во времени, поскольку все пути разряда конденсатора отделены запертыми $p - n$ -переходами транзисторов и диодов.

По мере разряда конденсатора $C1(C5)$ запирающее напряжение на переходе “база — эмиттер” транзистора $VT1(VT4)$ уменьшается и в некоторый момент времени изменяет знак, становясь открывающим. За счет положительной обратной связи процесс открытия транзисторов $VT1, VT2(VT4, VT5)$ протекает лавинообразно. При этом на базе транзистора $VT3(VT6)$ формируется отпирающий потенциал.

При открытии транзистора $VT3(VT6)$ накопительный конденсатор $C4(C8)$ разряжается на обмотку реле $KL1(KL2)$, причем полярность тока разряда противоположна полярности тока в обмотке реле в момент его включения. Импульс разрядного тока создает в обмотке реле магнитодвижущую силу (МДС), компенсирующую МДС постоянного магнита реле, и под действием пружины якорь реле $KL1(KL2)$ отпадает, а размыкающие контакты реле замыкаются. При этом остаток энергии конденсатора $C4(C8)$ рассеивается на резисторе $R18(R38)$, подключаемом параллельно конденсатору размыкающим контактом $KL1.1(KL2.1)$, тем самым подготовливая схему реле к последующему срабатыванию.

Насыщенное состояние транзисторов $VT1 - VT3$ ($VT4 - VT6$) сохраняется в течение всего времени разряда конденсаторов $C1, C2$ ($C5, C6$). Время разряда в основном определяется сопротивлением резисторов $R8, R9$ ($R28, R29$) и достаточно для надежного возврата реле $KL1$ ($KL2$) при любой уставке.

Резисторы $R16, R17$ ($R36, R37$) ограничивают ток через обмотку выходного реле с “магнитной памятью” на уровне сохранения поляризованных свойств в диапазоне допустимых колебаний напряжения питания реле времени. Совместно с электролитическим конденсатором $C3$ ($C7$) эти резисторы образуют фильтр, защищающий транзистор $VT3$ ($VT6$) от перенапряжений, возможных при совпадении момента возврата реле $KL1$ ($KL2$) с моментом повторной подачи напряжения питания и возникающим в связи с этим реверсом тока в обмотке реле. Резистор $R16$ ($R36$) ограничивает на допустимом уровне ток разряда конденсатора $C3$ ($C7$) через транзистор $VT3$ ($VT6$).

При совпадении момента разряда конденсаторов $C1, C2$ ($C5, C6$) с моментом повторной подачи напряжения питания все транзисторы реле с минимальным замедлением (практически мгновенно) запираются, а состояние выходных реле $KL1, KL2$ и конденсаторов $C4, C8$ будет зависеть от того, успеют ли промежуточные реле к этому моменту вернуться в исходное состояние и замкнуть свои размыкающие контакты в цепях разряда конденсаторов или не успеют. В первом случае реле $KL1$ и $KL2$ повторно срабатывают, как было описано выше. Во втором случае конденсаторы $C4$ и $C8$ опять включаются на заряд. Такое построение схемы исключает возможность нахождения реле в неправильном состоянии, не соответствующем режиму.

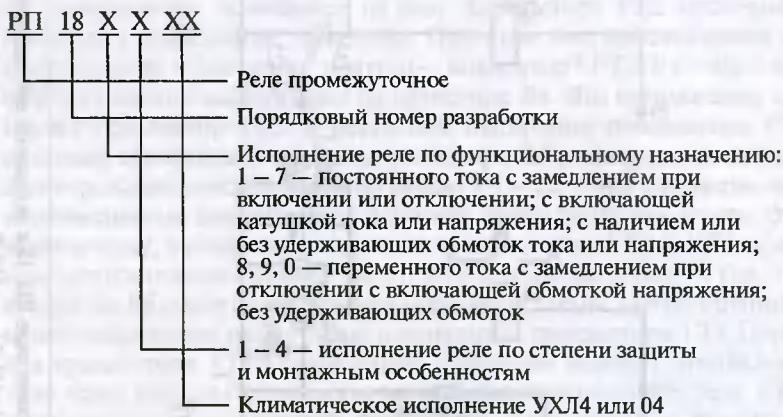
Правильное функционирование реле и заданная точность обеспечиваются лишь при полном обесточивании реле (например, при контактном управлении) либо при скачкообразном уменьшении напряжения питания ниже 10 – 15 % номинального уровня.

Блок питания реле времени включает: трансформатор $TV1$ с секционированными обмотками, что создает повышенное сопротивление рассеяния; выпрямительный мост VS ; стабилитрон $VD10$ с балластным резистором $R19$. Диод $VD9$ обеспечивает надежное запирание транзисторов ключевых каскадов $V3, V6$ в режиме ожидания за счет формирования напряжения смещения для их переходов “база – эмиттер”. Включение перехода “база – эмиттер” транзистора $VT17$ последовательно со стабилитроном $VD10$ обеспечивает компенсацию температурных изменений напряжения на разделительном диоде $VD2$ ($VD6$).

3. Реле с замедлением при включении или отключении типа РП-18

Промежуточные реле типа РП-18 предназначены для применения в цепях постоянного и переменного тока в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики для коммутации электрических нагрузок. Они заменяют реле серии РП250.

Структура условного обозначения типа реле имеет следующий вид:



Климатическое исполнение УХЛ4 или 04

Рабочее напряжение реле:

- постоянного тока — 24, 48, 110, 220 В;
- переменного тока частотой 50 Гц — 100, 127, 220 В.

Потребляемая мощность — 5 Вт.

Токи, отключаемые реле в цепях постоянного напряжения 24 — 242 В, находятся в пределах 2,65 — 2 А, а в цепях переменного напряжения 110 — 242 В — до 5 А.

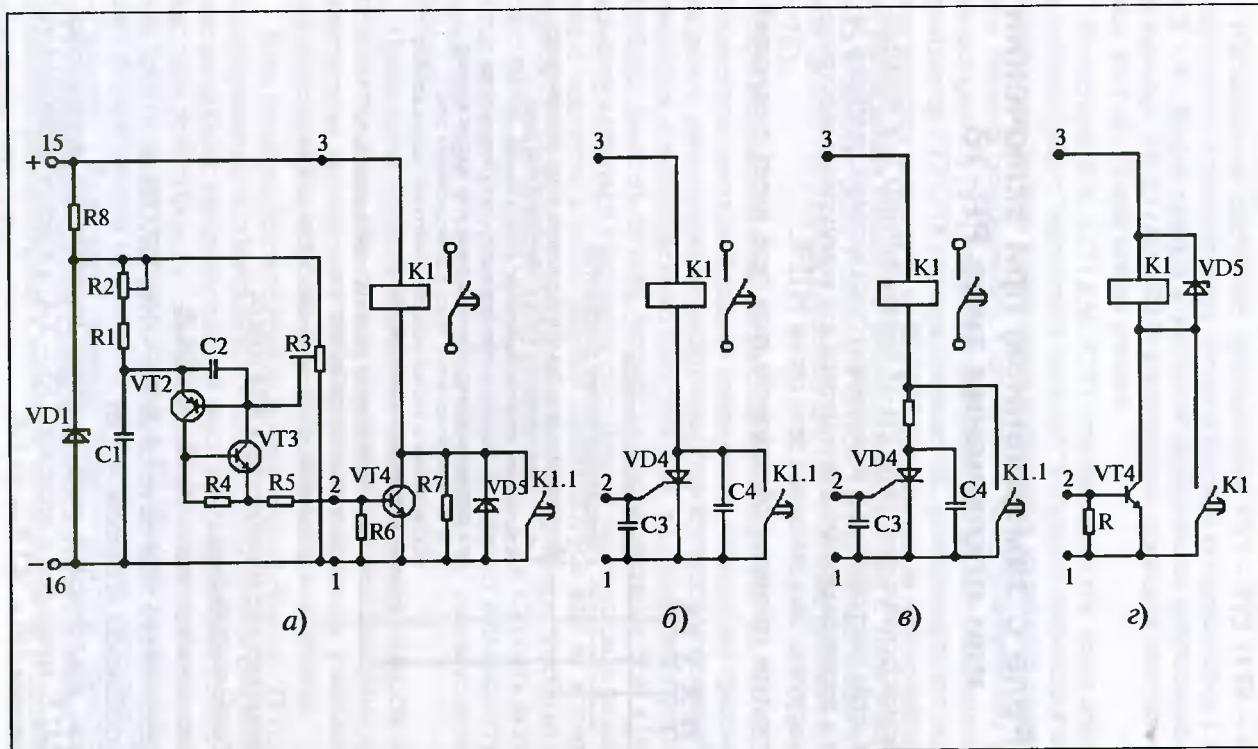


Рис. 3.1. Принципиальная схема реле РП-18 с задержкой при включении
а — 220 В; б — 110 В; в — 24 (48) В; г — 110 В модернизированное реле

Реле РП-18 состоят из выходного электромагнитного реле классического типа и полупроводникового блока управления этим реле.

В зависимости от исполнения блоков управления все реле типа РП-18 можно разделить на две группы: с замедлением при включении и с замедлением при отключении. Электрические схемы этих двух типов реле существенно различаются и поэтому рассмотрим их устройстводельно.

Реле с замедлением при включении. На рис. 3.1 приведена базовая схема реле с напряжением питания 220 В постоянного тока.

При подаче на реле напряжения питания (клещмы 15 – 16) начинается заряд конденсатора $C1$ через резисторы $R1$, $R2$ от стабилизированного (стабилитроном $VD1$) напряжения. В первоначальный момент времени пороговая схема на транзисторах $VT2$, $VT3$ находится в несработанном состоянии (оба транзистора закрыты), так как опорное напряжение, снимаемое с движка резистора $R3$ и подаваемое на базу транзистора $VT2$, положительно по отношению к напряжению его эмиттера, определяемому зарядом конденсатора $C1$.

Как только напряжение на заряжаемом конденсаторе $C1$ превысит напряжение, подаваемое на базу транзистора $VT2$, последний перейдет в проводящее состояние. При этом ток, протекающий от конденсатора $C1$ по цепи “эмиттер – коллектор” $VT2$, $R4$ – $R5$ – $R6$, создает падение напряжения на резисторе $R4$. Это напряжение отпирает транзистор $VT3$. В результате отпирания транзистора $VT3$ опорный потенциал на движке резистора $R3$ уменьшается за счет шунтирования нижней части $R3$ цепью $V3$ – $R5$ – $R6$, в то время как напряжение на конденсаторе $C1$ будет продолжать нарастать. Это ведет к тому, что процесс перехода транзисторов $VT2$ и $VT3$ из закрытого состояния в проводящее протекает лавинообразно. Ток, текущий по $R6$ после срабатывания пороговой схемы, создает отпирающее напряжение между базой и эмиттером транзистора $VT4$. Переход транзистора $VT4$ в проводящее состояние вызовет протекание тока через катушку промежуточного электромагнитного реле $K1$ и переключение его контактов. Контакт $K1.1$ образует цепь самоудержания реле и тем самым исключает перегрузку транзисторного ключа.

Как видно из схемы, задержку на включение электромагнитного реле $K1$ можно изменять двояко: либо изменения скорость нарастания напряжения на конденсаторе $C1$ (изменяя постоянную времени цепи заряда с помощью $R2$), либо изменения напряжение опрокидывания пороговой схемы (с помощью $R3$).

Резистор $R7$ и диод $VD5$ (а также стабилитрон $VD1$ и резистор $R2$) создают путь для протекания тока, вызванного ЭДС самоиндукции

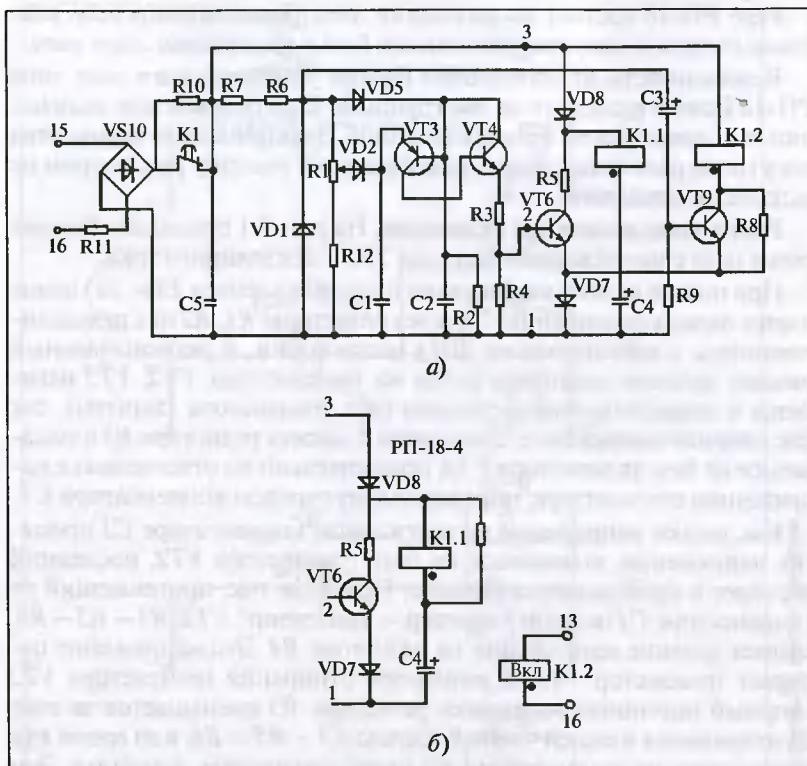


Рис. 3.2. Принципиальная схема реле РП-18 с замедлением при отключении

катушки при возврате реле в исходное состояние (при снятии напряжения с зажимов 15 – 16), и тем самым исключают опасные перенапряжения.

В блоках задержки с номинальным напряжением питания 110 и 24 В (48 В) в качестве ключей для управления электромагнитными реле использованы тиристоры. Отличия этих блоков от базовой схемы представлены на рис. 3.1, б и в. В этих блоках управляющий сигнал с выхода порогового элемента вызывает протекание тока в цепи управляющего электрода тиристора $VD4$ и его отпирание. Конденсатор $C4$, шунтирующий тиристор, исключает его самопроизвольное включение при большой скорости нарастания напряжения питания (например, в случае импульсных помех).

На рис. 3.1, г представлена выходная цепь модернизированного реле. В качестве полупроводникового ключа управления выходным

реле $K1$ использован биполярный транзистор $VT14$. Стабилитрон $VD5$ обеспечивает подавление ЭДС самоиндукции катушки реле $K1$.

Реле с замедлением при отключении. Принципиальная схема модуля задержки приведена на рис. 3.2. Реле работает следующим образом.

При подаче напряжения питания на клеммы $15 - 16$ происходит быстрый заряд накопительного конденсатора $C4$ по цепи: выпрямительный мост $VS10$ — контакт реле $K1$ — диод $VD8$ — катушка реле $K1.1$ — конденсатор $C4$. В дальнейшем энергия, запасенная в конденсаторе $C4$, будет использована для переключения электромагнитного реле после снятия напряжения с клемм $15 - 16$. С подачей напряжения питания формируется импульс на отпирание транзистора $VT9$ за счет кратковременного протекания в его базу тока заряда конденсатора $C3$. Открывшийся транзистор $VT9$ создает путь для протекания тока через обмотку включения электромагнитного реле $K1.2$: выпрямительный мост $VS10$ — замкнутый контакт реле $K1$ — обмотка $K1.2$ — транзистор $VT9$ — диод $VD7$. В дальнейшем после окончания заряда $C3$ транзистор $VT9$ запирается, но электромагнитное реле удерживается в сработанном состоянии за счет остаточной намагниченности сердечника и протекания некоторого тока через резистор $R8$, шунтирующий транзистор $VT9$.

Сразу же после подачи напряжения питания происходит быстрый заряд конденсатора $C2$ до напряжения стабилизации $VD1$, а конденсатора $C1$ до напряжения несколько меньшего уровня и зависящего от положения движка резистора $R1$. Пороговая схема на транзисторах $VT3$, $VT4$ находится в несработанном состоянии (транзисторы закрыты). В этом состоянии открыт транзистор $VT6$.

При отключении напряжения питания реле времени конденсатор $C2$ начинает разряжаться через резистор $R2$. Напряжение на конденсаторах $C1$ и $C4$ практически не изменяются, поскольку все пути их разряда отделены закрытыми $p - n$ -переходами транзисторов и диодов. Якорь реле остается при этом в притянутом положении за счет остаточной намагниченности сердечника, выполненного из легированной магнитотвердой стали ЕХЗ. По мере разряда конденсатора $C2$ запирающее напряжение на базе транзистора $VT3$ уменьшается, и в некоторый момент времени (при $U_{C2} < U_{C1}$) транзистор отпирается. Пороговая схема (аналог однопереходного транзистора) срабатывает, и напряжение конденсатора $C1$ через открытые транзисторы $VT3$, $VT4$ прикладывается (через делитель $R3 - R4$) к базе транзистора $VT6$. Транзистор $VT6$ открывается, создавая путь разряда накопительного конденсатора $C4$ через катушку возврата

электромагнитного реле $K1.1$: $C4 - K1.1 - R5 - VT6 - VD7 - C4$. Сердечник размагничивается, и якорь реле отпадает.

Изменением исходного напряжения заряда конденсатора $C1$ с помощью резистора $R2$ осуществляется плавная регулировка времени замедления реле РП-18.

Работоспособность и все нормируемые параметры замедления реле обеспечиваются при полном отключении напряжения питания (например, при контактном управлении) либо при скачкообразном уменьшении напряжения ниже уровня 0,05 номинального значения.

Конденсатор $C5$ и резисторы $R10, R11$ образуют RC -фильтр низких частот, обеспечивающий защиту полупроводниковых элементов реле от импульсных перенапряжений со стороны питания.

В реле РП-18-4 включение электромагнитного реле $K1$ производится через самостоятельную токовую обмотку $K1.2$, а его отключение — через обмотку $K1.1$, аналогично остальным исполнениям реле РП-18 с замедлением при отключении. Схемные особенности этого реле отображены на рис. 3.2, б.

4. Реле времени с задержкой на срабатывание типа ВЛ-56

В реле времени типа ВЛ-56 впервые была использована специализированная интегральная микросхема KP512PC10. Ниже рассматривается реле ВЛ-56, однако подобным образом выполнены и реле ВЛ-57, ВЛ-58, а также выпускавшиеся ранее ВЛ-34 и ВС-10.

Напряжения питания:

- постоянного тока — 24, 110, 220 В;
- переменного тока частоты 50 Гц — 110, 220, 230, 240 В.

Реле ВЛ-56 с напряжением питания 110 В может подключаться на напряжение 380 В переменного тока частоты 50 Гц через добавочный резистор любого типа сопротивлением $15 \text{ кОм} \pm 5\%$ и мощностью 25 Вт.

Исполнение реле по выдержкам времени:

ВЛ-56: 0,1 — 10 с; 1 — 10 мин; 0,1 — 1 ч; 1 — 10 ч;

ВЛ-57, программируемое реле времени, с выдержками:

- 0,1 с — 100 мин с поддиапазонами: 0,1 — 10 с; 1 — 100 с; 0,1 — 10 мин; 1 — 100 мин;
- 0,1 — 100 ч с поддиапазонами: 0,1 — 10 мин; 1 — 100 мин; 0,1 — 10 ч; 1 — 100 ч;

ВЛ-58, с фиксированными выдержками времени: 6, 36, 48 с.

Время возврата у всех реле не превышает 0,2 с. Время повторной готовности реле не превышает 0,3 с.

Мощность, потребляемая реле по цепям питания: ВЛ-56 (57) — 9 В · А; ВЛ-58 — 6 В · А.

Номинальная отключаемая мощность индуктивной нагрузки: на постоянном токе — 16 Вт; на переменном токе — 160 В · А.

Структурная схема реле времени ВЛ-56 с дискретным регулированием уставок приведена на рис. 4.1.

Реле состоит из входного преобразователя напряжения *ВПН*, блока обнуления *БО*, генератора импульсов *ГИ*, счетчика импульсов *Сч*, дешифраторов *Дш1*, *Дш2*, *Дш3*, выходных триггеров *T1*, *T2*, *T3*,

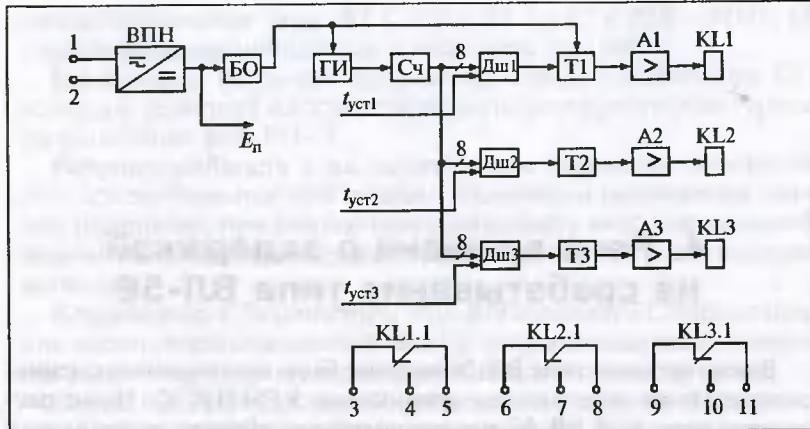


Рис. 4.1. Структурная схема реле времени ВЛ-56

усилителей мощности $A1, A2, A3$, электромагнитных выходных реле $KL1, KL2, KL3$.

При подаче на реле напряжения питания блок обнуления BO формирует импульс, устанавливающий генератор GI , счетчик $C\chi$ и триггеры $T1 - T3$ в нулевое состояние. При этом на входах усилителей $A1 - A3$ появляются сигналы низкого уровня, а реле $KL1 - KL3$ находятся в обесточенном состоянии. После исчезновения обнуляющего импульса генератор GI начинает вырабатывать импульсы, которые поступают на вход счетчика $C\chi$. Каждый дешифратор содержит по два механических переключателя, с помощью которых устанавливаются задержки времени независимо во всех трех каналах (цепях) реле. Когда количество импульсов, поступающих на вход счетчика, становится равным уставке соответствующей цепи, сигнал на выходе дешифратора устанавливается в единичное состояние. Соответствующий триггер переключается, а его входной сигнал поступает на вход усилителя данного канала (цепи), что вызывает включение соответствующего электромагнитного реле KL , которое переключает свои контакты. При снятии питания схема возвращается в исходное состояние.

На рис. 4.2 приведена принципиальная схема реле.

Входной преобразователь напряжения VPH обеспечивает формирование напряжения высокого уровня (около 70 – 80 В) для питания усилителей мощности с входными реле и стабилизированного напряжения $+E_n$ низкого уровня для питания цифровых интегральных микросхем. VPH содержит выпрямительный мост на диодах

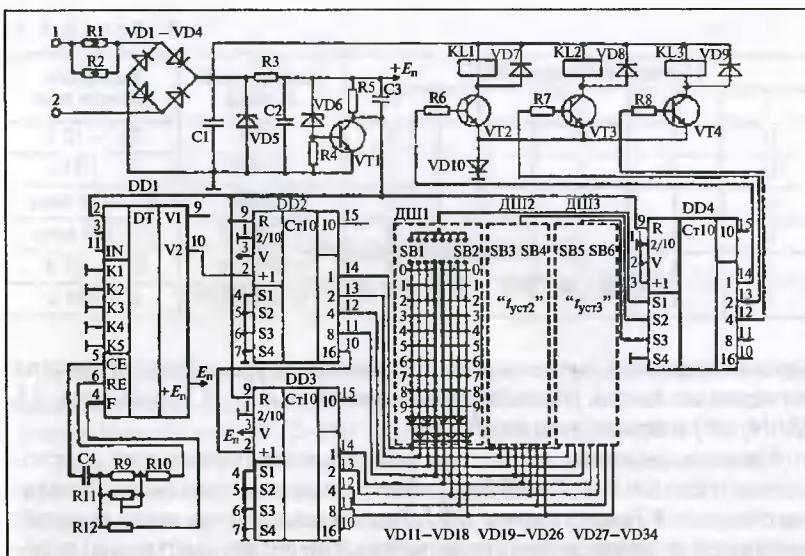


Рис. 4.2. Принципиальная схема реле времени ВЛ-56

VD1 – VD4, что позволяет подключать реле к питающей сети, не учитывая полярность. Напряжение высокого уровня ограничивается параметрическим стабилизатором: стабилитрон *VD5*, токоограничивающие резисторы *R1*, *R2*, конденсатор *C1*. Стабилизация напряжения питания ИМС обеспечивается параметрическим стабилизатором на основе стабилитрона *VD6*, токоограничивающего резистора *R3*, конденсатора *C2*. Уровень стабилизированного напряжения (около 6 – 7 В) определяется характеристиками стабилитрона *VD6* и падением напряжения на переходе “база – эмиттер” насыщенного транзистора *VT1*.

Обнуление ИМС происходит через конденсатор *C3* в момент подачи напряжения на реле времени: в первый момент времени после включения транзистор *VT1* закрыт и напряжение $+E_n$ поступает через незаряженный конденсатор *C3* на *R*-входы микросхем. По мере заряда конденсатора *C2* напряжение на нем достигает порога стабилизации *VD6*, что открывает транзистор *VT1* (вследствие протекания тока в его базу) и снимает обнуляющий импульс.

Генератор импульсов выполнен в составе микросхемы *DD1* типа KP512ПС10. Частота генератора определяется постоянной времени *RC*-цепи (*C4*, *R9*, *R10*, *R11*) и составляет для данного реле около 20 кГц. Коэффициент деления частоты генератора тактовых импуль-

Таблица 4.1

| Сигналы на выводах ИМС | | | | | Коэффициент деления | Выдержки времени реле |
|------------------------|----|----|----|----|---------------------|-----------------------|
| 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2048 | 0,1 – 10 с |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 20 480 | 1 – 100 с |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 122 880 | 0,1 – 10 мин |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 228 800 | 1 – 100 мин |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 864 320 | 0,1 – 10 ч |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 78 643 200 | 1 – 100 ч |

льсов и выдержки времени реле определяются уровнями логических сигналов на входах управления микросхемы $K1 - K5$ (выводы 1, 12, 13, 14, 15) и приведены в табл. 4.1.

Двоично-десятичный счетчик реле C_4 выполнен на двух микросхемах $DD2, DD3$ (K176ИЕ2) и работает в режиме подсчета импульсов с выхода $V1$ микросхемы $DD1$. Режим десятичного счета (возврат счетчика в нулевое состояние через каждые десять импульсов) обеспечивается подачей нулевого потенциала на вывод 1 микросхемы, а увеличение емкости счетчика — каскадным соединением микросхем $DD2, DD3$ (импульсы старшего разряда $DD2$ подаются на счетный вход +1 микросхемы $DD3$).

Дешифрацию состояния счетчика C_4 обеспечивают схемы с развязывающими диодами $VD11 - VD34$ и механическими переключателями $SB1 - SB6$, задающими уставки по времени срабатывания каналов (цепей) реле ($t_{уст1} - t_{уст3}$). Потенциал высокого уровня на выходе дешифратора формируется кратковременно и только в момент совпадения кода на выходах счетчика с кодом, установленным соответствующей парой переключателей $SB1, SB2$.

Кратковременные выходные сигналы дешифраторов фиксируются триггерами $T1 - T3$, входящими в состав микросхемы $DD4$. В данном случае используется та же микросхема K176ИЕ2, но работающая в режиме приема информации с входов предварительной установки $S1 - S4$. Этот режим достигается подачей сигнала логического нуля на вход V микросхемы. Сигналы на выходах $S1 - S4$ микросхемы $DD4$ фиксируются ее триггерами, передаются на ее выходы и далее — на выходные усилители реле.

Усилители мощности $A1 - A3$ выполнены на биполярных транзисторах типа КТ630Б, по схеме с общим эмиттером и с нагрузкой в виде реле KL в коллекторной цепи. Диод $VD10$ создает отрицательную обратную связь по току, надежно запирая транзисторы усилителей в режиме отсутствия управляющего сигнала.

5. Реле времени типов РСВ-160, РСВ-260

Реле предназначены для получения регулируемой выдержки времени в схемах защиты и автоматики: РСВ-160 — для постоянного оперативного тока, РСВ-260 — для переменного оперативного тока.

Реле имеют по три выходные цепи: с перекидным контактом мгновенного срабатывания, с проскальзывающим контактом (с регулируемым временем замыкания и длительностью замкнутого состояния), с “упорным” контактом, замыкающимся по истечении заданной выдержки времени.

Номинальные напряжения питания реле:

- постоянного тока — 24, 48, 110, 220 В;
- переменного тока частоты 50 Гц — 100, 110, 127, 220, 380 В.

Диапазоны ступенчатого регулирования выдержек времени в целях с проскальзывающим и замыкающимся контактом — 0,1 — 1 с или 0,1 — 1 мин; 0,3 — 3 с или 0,3 — 3 мин; 1 — 10 с или 1 — 10 мин; 3 — 30 с или 3 — 30 мин.

Дискретность регулирования уставки — 10 % относительно минимальной уставки диапазона.

Время срабатывания мгновенного контакта — не более 0,05 с.

Временные параметры проскальзывающего контакта задаются двумя уставками: $T1.1$ — время замыкания; $T1.2$ — время размыкания.

При $T1.1 > T1.2$ срабатывание не происходит. При $T1.2 = \infty$ (бесконечности), независимо от положения остальных вилок $T1.2$, проскальзывающий контакт превращается в замыкающий со временем срабатывания $T1.1$. Замыкание проскальзывающего контакта при возврате исключено.

Время срабатывания замыкающего контакта задается уставкой $T2$.

Время готовности реле к повторному срабатыванию — не более 0,1 с.

Мощность, потребляемая реле, — не более 6 Вт ($B \cdot A$).

Максимальная коммутационная способность контактов реле при напряжении от 24 до 250 В составляет:

- в цепях постоянного тока при постоянной времени цепи не более 0,02 с — 30 Вт;

- в цепях переменного тока при $\cos \phi \geq 0,4$ — 250 В · А.

Длительно допустимый ток через контакты — 2,5 А.

В реле PCB-160 и PCB-260 используется однотипный блок задания выдержек времени, выполненный на отдельной печатной плате. Принципиальная схема блока задания выдержек времени приведена на рис. 5.1. Генератор стабильной частоты выполнен на микросхеме DD2 типа KP512ПС10. После снятия сигнала “сброс” (клемма платы — 4, вход микросхемы — R) генератор “запускается” и на его выходе VI появляются импульсы. Частота выходных импульсов определяется коэффициентом деления микросхемы, который устанавливается перемычками задания коэффициентов K_1 и K_2 (рис. 5.1 и табл. 5.1).

Импульсы от генератора поступают на двоичные счетчики DD3.1 и DD3.2, выключенные последовательно.

Выходы счетчиков через разделительные диоды подключены к переключателям T1.1, T1.2, T2.

В первый момент времени после исчезновения сигнала “сброс” на всех выходах счетчиков устанавливаются уровни логического нуля, что шунтирует высокий логический уровень, подаваемый на S-входы триггеров микросхемы DD4 через резисторы R19, R27 и R28. По мере поступления импульсов на двоичные счетчики на их выходах появляются высокие уровни сигналов, которые запирают развязывающие диоды переключателя уставок. Как только все диоды в цепях переключателей уставок, в которые вставлены перемычки, запираются, на соответствующих S-входах микросхемы DD4 кратковременно формируются потенциалы высокого уровня. Высокий уровень сигнала на S-входе переключает триггер, что приводит к появлению на его выходе (точки 1, 2 и 3) высокого уровня сигнала, поступающего далее в схему управления выходными реле.

Расчет уставок по времени срабатывания выходных цепей реле осуществляется по формуле, с:

$$T = 0,01 + K_1 K_2 \Sigma n,$$

где K_1 и K_2 — коэффициенты, устанавливаемые перемычками на переключателе уставок с возможными значениями: $K_1 = 1, 3, 10, 30$; $K_2 = 1, 60$; Σn — сумма весовых коэффициентов позиций на пере-

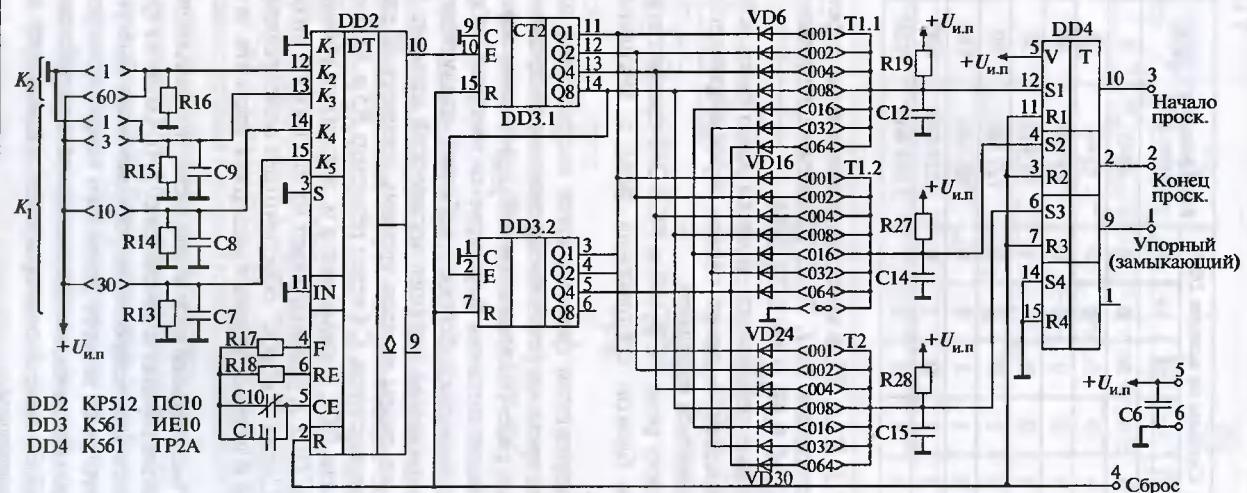


Таблица 5.1

| Коэффициенты | | Сигналы на выводах <i>DD2</i> | | | | | Коэффициент деления <i>DD2</i> | <i>K₁K₂</i> | Диапазон выдержек времени реле |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <i>K₁</i> | <i>K₂</i> | <i>I</i> | <i>I₂</i> | <i>I₃</i> | <i>I₄</i> | <i>I₅</i> | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2048 | 1 | 0,1 – 1 с |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6144 | 3 | 0,3 – 3 с |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 480 | 10 | 1 – 10 с |
| 30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 61 440 | 30 | 3 – 30 с |
| 1 | 60 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 122 880 | 60 | 6 – 1 мин |
| 3 | 60 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 368 640 | 180 | 18 с – 3 мин |
| 10 | 60 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 228 800 | 600 | 1 – 10 мин |
| 30 | 60 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 686 400 | 1800 | 3 – 30 мин |

ключателях *T1.1*, *T1.2*, *T2*, в которые установлены перемычки. Позиции переключателей *T1.1*, *T1.2*, *T2* имеют следующие значения: *n* = 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32; 0,64.

Неиспользуемые перемычки должны либо быть установлены в нерабочее положение — левые гнезда переключателей на лицевой плате, либо храниться отдельно.

Различие между реле PCB-160 и PCB-260 состоит в исполнении входной части блоков сопряжения реле с внешними цепями (рис. 5.2 и 5.3).

В блоках сопряжения формируются напряжения для питания блока выдержек времени (стабилизированное напряжение +*U_{и.п}*) и блока выходных реле (напряжение +*U_{реле}*). Кроме того, в момент подачи напряжения питания формируется импульс “сброс”. Схема формирования импульса “сброс” работает следующим образом. При подаче напряжения питания логический элемент *DD1.1* сразу же генерирует на своем выходе уровень логической единицы. По мере заряда конденсатора *C4* через резистор *R5* и *VD3* напряжение на входе элемента *DD1.1* повышается и, достигнув уровня переключения элемента *DD1.1*, устанавливает на его выходе низкий логический уровень. Сигнал “сброс” обеспечивает одновременную работу всех микросхем и в блоке задания выдержек времени, и в блоке выходных реле.

Управление выходными реле выполнено по одинаковой схеме на основе пар транзисторных ключей (рис. 5.4). Один из транзисторов пары открывается кратковременно, обеспечивая быстрое срабатывание выходного реле за счет большого начального тока. Второй транзистор пары обеспечивает удержание реле в сработанном состоянии при меньшем токе и одновременно индицирует включенное состояние светодиодом.

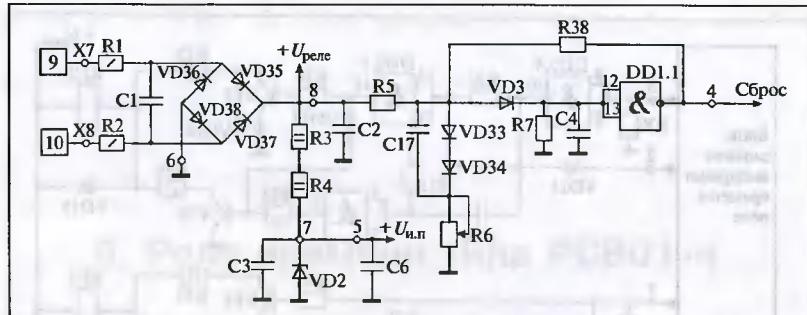


Рис. 5.2. Входная часть блока сопряжения реле PCB-160

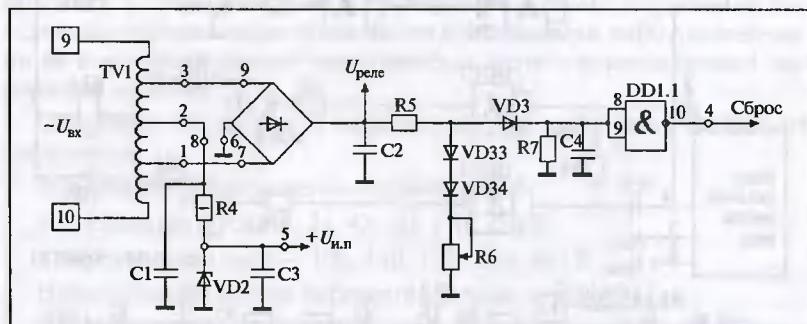


Рис. 5.3. Входная часть блока сопряжения реле PCB-260

Реле *KL1* (“мгновенный контакт”) включается по цепи “сброс”. Дифференцирующая цепочка $C5 - R8$ обеспечивает кратковременное открытие транзистора *VT2* и соответственно протекание через обмотку реле форсированного тока, а низкий логический уровень в цепи “сброс”, инвертированный элементом *DD1.2*, открывает транзистор *VT1*, удерживая реле в сработанном состоянии.

Реле *KL2* (“проскальзывающий контакт”) включается при появлении высокого уровня в точке 3 платы, вызванного переключением триггера блока выдержек времени с входом *S1*. За счет дифференцирующей цепочки $C13 - R21$ кратковременно включается транзистор *VT4*, а затем реле *KL2* удерживается в сработанном состоянии открытым транзистором *VT3*. Возврат реле *KL2* происходит при появлении высокого потенциала в точке 2, вызванного переключением триггера блока выдержек времени с входом *S2*. Потенциал высокого уровня через диод *VD23* принудительно переключает логиче-

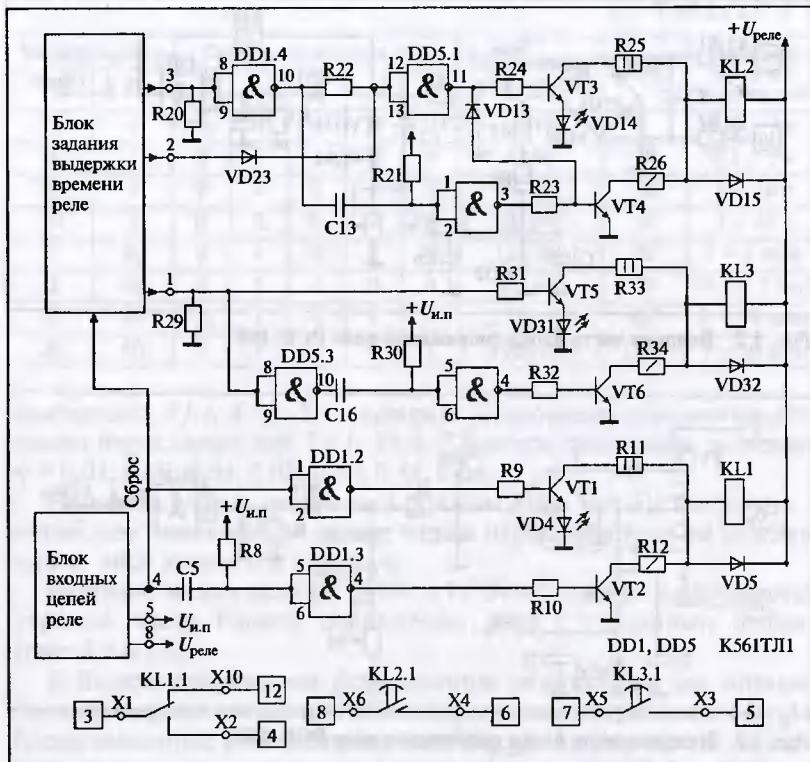


Рис. 5.4. Выходная часть блока сопряжения PCB-160 (PCB-260)

ский элемент $DD5.1$ в состояние низкого логического уровня на его выходе, что и запирает транзистор $VT3$.

Реле $KL3$ (“упорный” или “замыкающийся контакт”) включается транзистором $VT6$ и удерживается транзистором $VT5$ при появлении высокого уровня потенциала в точке 1, вызванного переключением триггера блока выдержек времени с входом $S4$.

6. Реле времени типа PCB01-4

Реле типа PCB01-4 предназначено для использования в схемах релейной защиты и системной автоматики электроэнергетических объектов, в промышленной аппаратуре различного назначения для селекции управляющих сигналов по длительности либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной выдержкой времени.

Основные технические характеристики реле типа PCB01-04 следующие.

Номинальное напряжение питания реле:

- постоянного тока — 24, 48, 60, 110, 220 В;
- переменного тока — 100, 110, 127, 220, 380 В.

Номинальная частота переменного тока — 50 – 60 Гц.

На постоянном оперативном токе напряжением 48 и 60 В используются реле с рабочим напряжением 24 В. При переменном оперативном токе 380 В используются реле на напряжение 220 В. И в том, и в другом случае последовательно с реле должен быть включен внешний балластный резистор.

Возможные диапазоны регулирования уставки выдержки времени: 0,1 с – 100 ч; 0,1 – 10 с; 0,01 – 10 мин; 0,01 – 10 ч; 0,1 – 100 с, мин, ч.

Способ регулирования уставки — ступенчатый.

Дискретность регулирования уставки по диапазонам регулирования: 0,1 – 10 с — 0,01 с; 0,01 – 10 мин — 0,01 мин; 0,01 – 10 ч — 0,01 ч; 0,1 – 100 с, мин, ч — 0,1 с, мин, ч.

Коммутационная способность контактов при напряжении от 24 до 250 В:

- в цепях постоянного тока при токе до 1 А с $\tau \leq 0,02$ с — 30 Вт;
- в цепях переменного тока при токе до 2 А и $\cos \phi \geq 0,06$ — 250 В · А.

Мощность, потребляемая реле по цепям питания:

- при напряжении постоянного тока 24 – 220 В — не более 5,5 Вт.
- при напряжении переменного тока 100 – 220 В — не более 7,0 В · А;
- при напряжении 380 В — не более 20 В · А.

Потребляемая мощность для реле с номинальным напряжением 48, 60 и 380 В указывается с учетом включения реле с внешним балластным резистором.

Уставки по времени срабатывания реле рассчитываются по формуле, с:

$$T = K_3 K_2 K_1 \Sigma n,$$

где K_1 , K_2 и K_3 — коэффициенты, выбираемые вилками переключателя уставок на лицевой панели реле и принимающие следующие значения: $K_3 = 1, 10$; $K_2 = 1, 60$; $K_1 = 1, 60$; Σn — сумма оцифровок вилок переключателя n , установленных в рабочее положение (аналогично PCB-160, PCB-260).

Принципиальная электрическая схема реле приведена на рис. 6.1.

При подаче напряжения на реле формируются выпрямленное напряжение питания цепей выходного электромагнитного реле и стабилизированное напряжение (5 В) для питания микросхем. Одновременно на выходе логического элемента $DD1.3$ устанавливается высокий уровень логического сигнала, который подается на R -входы генератора и счетчиков, переводя их в нулевое состояние. После заряда конденсатора $C3$ на выходе $DD1.3$ устанавливается низкий уровень логического сигнала и генератор импульсов стабильной частоты, выполненный на микросхеме $DD2$, начинает работать. Частота импульсов генератора задается с помощью вилок переключателей коэффициентов K_3 , K_2 , K_1 (табл. 6.1).

Следует заметить, что при изменении коэффициента K_3 изменяется не только коэффициент деления $DD2$, но и частота внутреннего генератора тактовых импульсов.

Импульсы с выхода генератора поступают на двоичные счетчики $DD3.1$, $DD3.2$ и $DD4.1$, выключенные последовательно. Выходы счетчиков соединяются с переключателями уставок n . На выходах счетчиков формируются высокие логические уровни в прямом двоичном коде (выход $Q4 DD4.1$ — старший, выход $Q1 DD3.1$ — младший).

В процессе набора заданной выдержки времени напряжение высокого уровня $U_{и.п.}$ подающееся через резистор $R13$ на вход логиче-

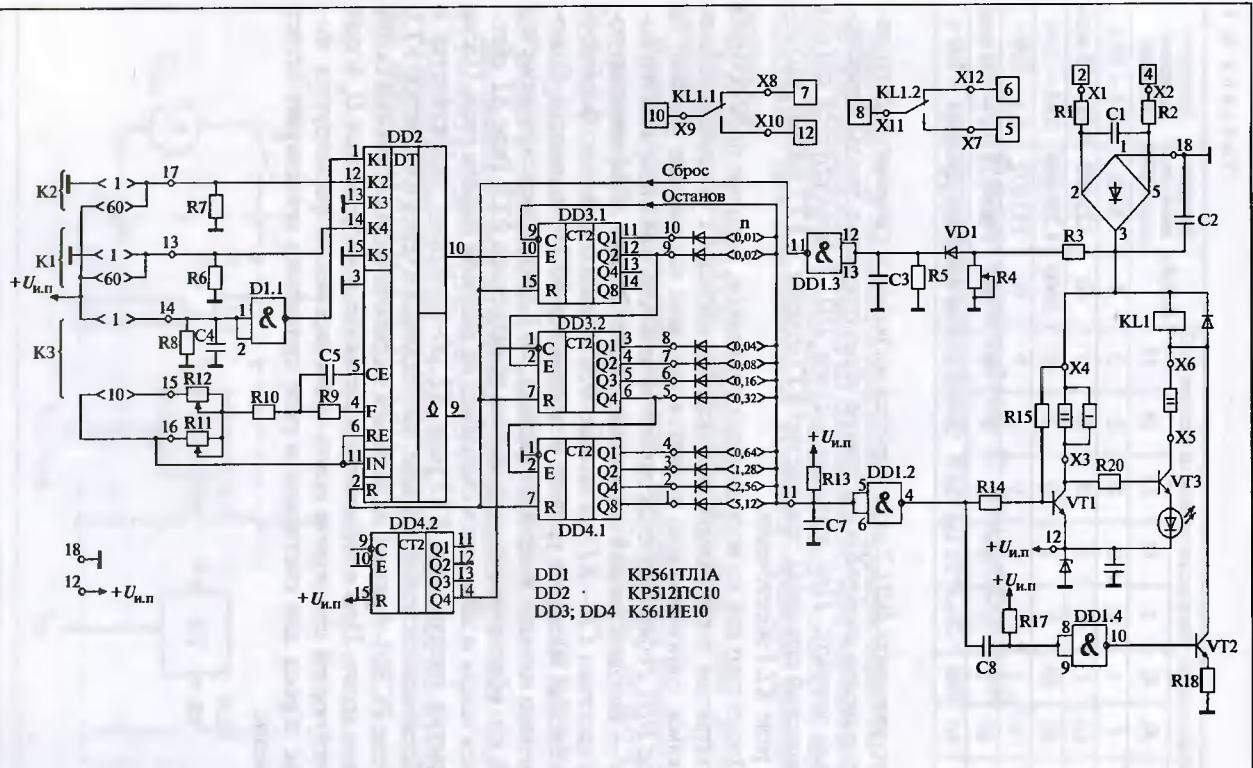


Таблица 6.1

| Коэффициенты | | | Логические уровни на выводах DD2 | | | | | $K_1 K_2 K_3$ | Коэффициент деления DD2 | Диапазон выдержек времени |
|--------------|-------|-------|----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-------------------------|---------------------------|
| K_3 | K_2 | K_1 | 1 | 12 | 13 | 14 | 15 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2048 | 0,1 – 10 с |
| 1 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 | 122 880 | 0,01 – 10 мин |
| 1 | 60 | 60 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3600 | 1 228 800 | 0,01 – 10 ч |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 131 072 | 0,1 – 100 с |
| 10 | 60 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 | 7 864 320 | 0,1 – 100 мин |
| 10 | 60 | 60 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 36 000 | 78 643 200 | 0,1 – 100 ч |

ского элемента $DD1.2$, шунтируется низкими логическими сигналами с выходов двоичных счетчиков через открытые диоды переключателя уставок. При этом на выходе $DD1.2$ формируется сигнал логической единицы, транзистор $VT1$ открыт, а $VT3$ закрыт, выходное реле $KL1$ обесточено.

После того как на всех выходах счетчиков, которые подключены к контактам переключателя выдержки времени с установленными вилками, одновременно появятся высокие логические уровни, на выходе $DD1.2$ сформируется сигнал логической единицы, а на его выходе — соответственно логического нуля. За счет дифференцирующей цепочки $C8 - R17$ на выходе $DD1.4$ кратковременно формируется сигнал высокого уровня, и транзистор $VT2$ открывается. Одновременно низким уровнем с выхода $DD1.2$ закрывается транзистор $VT1$, что обеспечивает открывание транзистора $VT3$. Реле KL обтекается током и загорается светодиод на лицевой панели реле. После закрытия транзистора $VT2$ реле KL по-прежнему удерживается в сработанном состоянии током, протекающим через транзистор $VT3$.

Реле PCB01-4 может находиться в сработанном состоянии сколь угодно долго. При исчезновении питающего напряжения U_H и при последующей его подаче опять кратковременно формируется импульс сброса для счетчиков и реле правильно производит отсчет времени.

7. Реле времени с выдержкой на срабатывание типа PCB-14

Реле типа PCB-14 является аналогом реле времени серий РВ-100, РВ-200 с выдержкой времени на срабатывание, но с улучшенными характеристиками по диапазонам уставок, классу точности, характеристикам проскальзывающего контакта, времени повторной готовности.

Основные технические характеристики реле типа PCB-14 следующие.

Номинальное напряжение питания / потребляемая мощность:

- постоянный оперативный ток — 24 В/2 Вт; 48 В/2,5 Вт; 60 В/3,0 Вт; 110 В/7,5 Вт; 220 В/15 Вт;
- переменный оперативный ток — 100 В/9,0 В · А; 127 В/10,5 В · А; 220 В/16,5 В · А; 380 В/30,0 В · А.

Диапазоны уставок по времени срабатывания t_{cp} — 0,05 – 3,15 с; 0,15 – 9,45 с; 0,50 – 31,5 с; 6,0 – 91,5 с.

Регулирование уставок t_{cp} ступенчатое, с дискретностью в указанных диапазонах 0,025 с; 0,075 с; 0,25 с; 0,75 с.

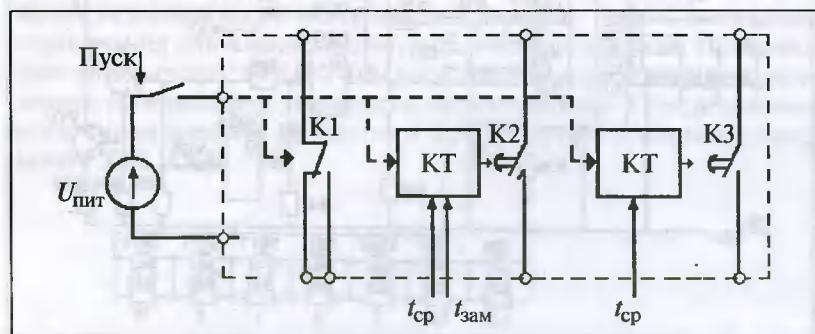


Рис. 7.1. Эквивалентная функциональная схема реле PCB-14

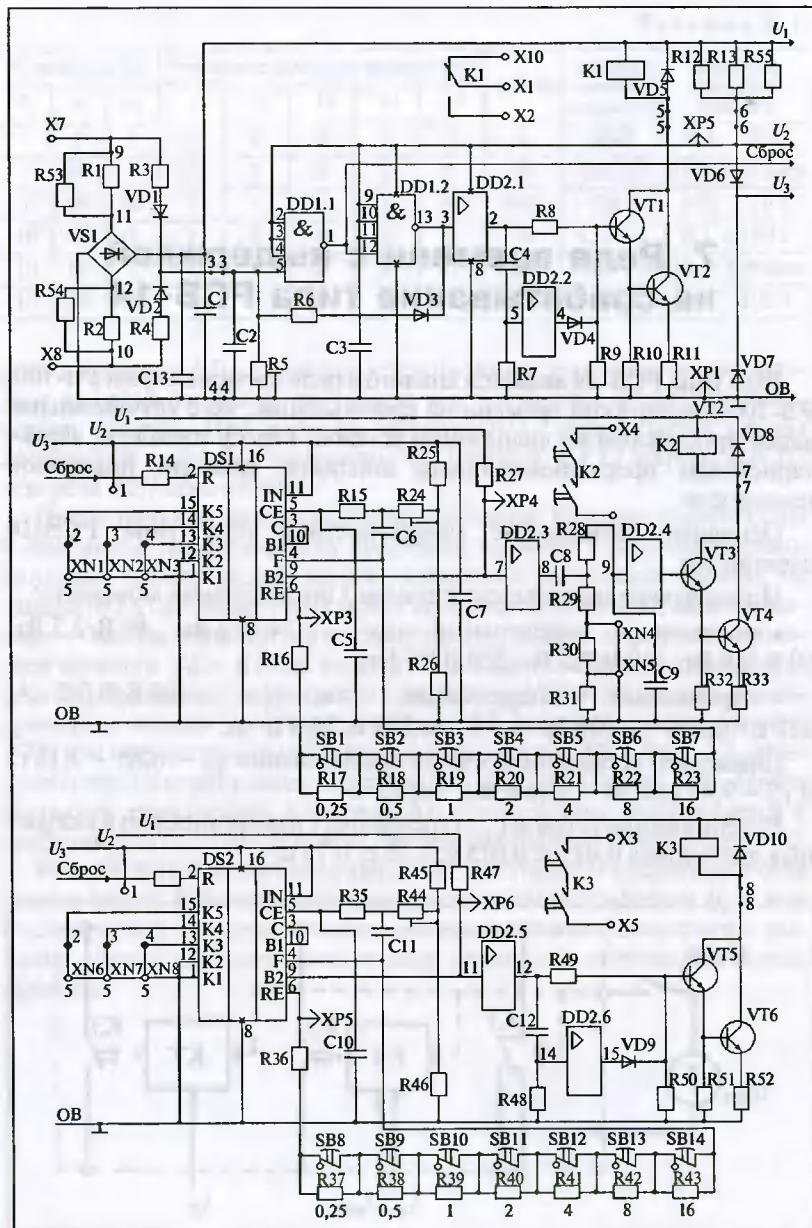


Рис. 7.2. Принципиальная схема реле времени РСВ-14

Имеется возможность плавной подстройки уставки.

Время замкнутого состояния $t_{\text{зам}}$ “проскальзывающего” контакта — 0,6 — 0,15 или 0,9 — 0,15 с.

Время срабатывания мгновенного контакта — не более 0,04 с.

Время возврата реле — не более 0,04 с.

Реле PCB-14 имеет три независимые выходные цепи (рис. 7.1):

- мгновенно переключающийся контакт;
- временно замыкающийся (“проскальзывающий”) контакт с регулируемой выдержкой времени на срабатывание;
- замыкающийся (“упорный”) контакт с регулируемой выдержкой времени на срабатывание.

Принципиальная схема реле представлена на рис. 7.2.

Входной узел реле формирует рабочее напряжение для выходных электромагнитных реле U_1 и стабилизированное напряжение питания микросхем U_2 . Одновременно, в момент подачи питания на реле, формируется импульс “сброс”, приводящий все микросхемы реле в исходное состояние.

Выдержки времени на замыкание “проскальзывающего” и “упорного” контактов формируются практически одинаковыми органами времени, выполненными на базе микросхем KP512PC10.

Регулирование выдержки времени на замыкание контакта $t_{\text{ср}}$ в пределах предусмотренного диапазона осуществляется изменением постоянной времени времязадающей цепи тактового генератора KP512PC10 переключателями SB , расположенными на лицевой панели реле. Необходимый диапазон выдержек времени задается коэффициентом деления микросхемы KP512PC10 путем установки перемычек на печатной плате $XN\dots$. Высокий уровень сигнала, появляющийся на выводах 9 микросхем KP512PC10, в момент достижения заданной уставки инициирует включение выходных электромагнитных реле органов выдержки времени. Реле $K3$ после срабатывания удерживается во включенном состоянии. Реле $K2$ вследствие ограничения длительности импульса, поступающего на управляющие транзисторы $VT3$, $VT4$ RC -цепочкой, включается кратковременно. Длительность замкнутого состояния реле $K2$ определяется постоянной времени RC -цепочки и регулируется установкой перемычек $XN4$, $XN5$.

8. Реле времени типа PCB-255

Реле предназначены для применения в схемах защиты и автоматики для получения регулируемой выдержки времени на возврат и действуют при исчезновении напряжения питания.

Основные технические характеристики реле типа PCB-255 следующие.

Номинальное напряжение переменного тока 50 (60) Гц — 100, 110, 127, 220, 380 В.

Номинальный диапазон ступенчатого изменения выдержки времени — 0,1 — 30 с. Диапазоны регулирования — 0,1 — 1 с; 0,3 — 3 с; 1 — 10 с; 3 — 30 с. Дискретность регулирования уставки по диапазонам — 0,01 с; 0,03 с; 0,1 с; 0,3 с.

Реле имеет общую цепь питания и управления.

Контакты, используемые во внешней цепи (выходные контакты):

- “переключающийся”, мгновенного действия;
- “проскальзывающий”, замыкающийся с выдержкой времени после снятия напряжения питания;
- размыкающийся с выдержкой времени после снятия напряжения питания (конечный контакт).

Время срабатывания мгновенного и размыкающегося контактов — не более 0,05 с.

Время замкнутого состояния “проскальзывающего” контакта — не менее 0,1 с. Замыкание скользящего контакта при включении напряжения питания исключено.

Время повторной готовности — не более 0,1 с.

Длительно допустимый ток контактов — 2,5 А.

Мощность, потребляемая реле, — не более 6 В · А.

Максимальная коммутационная способность контактов реле при напряжении от 24 до 250 В:

- в цепях постоянного тока при $\tau \leq 0,02$ с — 30 Вт;
- в цепях переменного тока при $\cos \varphi \geq 0,4$ — 160 В · А.

Уставки по времени замыкания “проскальзывающего” ($T1$) и размыкающего ($T2$) контактов после отключения напряжения питания рассчитываются по формуле, с:

$$T = 0,02 + K\Sigma n,$$

где K — коэффициент, устанавливаемый вилками переключателя установок на лицевой плате реле, принимает значения 1, 3, 10, 30; Σn — сумма весовых коэффициентов вилок переключателя n , установленных в рабочем положении; отдельные весовые коэффициенты могут принимать значения 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32; 0,64.

Рабочее положение — установка вилки в оба гнезда оцифрованного значения n переключателя установок.

Неиспользуемые вилки переключателя могут быть установлены в нерабочее положение — левое гнездо переключателя и соответствующее отверстие на лицевой плате. Допускается неиспользуемые вилки переключателя хранить отдельно (аналогично PCB-160, PCB-260).

Схемы реле приведены на рис. 8.1 и 8.2.

При подаче напряжения на реле PCB-255 (через входной автотрансформатор и выпрямительный мост $VD1 - VD4$) происходит быстрый заряд электролитических конденсаторов цепей питания ($C1, C13, C11$) и формируется стабилизированное напряжение питания микросхем $U_{и.п}$. Одновременно с выхода диодного моста через делитель $R2 - R3$ выпрямленное напряжение поступает на вход логического элемента $DD1.1$. Низкий уровень напряжения на выходе $DD1.1$ удерживает конденсатор цепочки задержки $R4 - C3$ в разряженном состоянии, что обуславливает формирование высокого уровня на выходе логического элемента $DD1.2$. Этот сигнал высокого уровня поддерживается все время, пока на реле времени подано напряжение питания, и используется как сигнал “брос”, который запрещает работу микросхем узла задания выдержек времени. Одновременно, в момент формирования сигнала “брос”, с помощью дифференцирующей цепочки $C12 - R24$ и логических элементов $DD1.3$ и $DD1.4$ происходит быстрое открытие электронного ключа $DD7$, а обмотки выходных реле $KL1$ и $KL3.1$ кратковременно обтекаются током.

Выходное реле $KL1$ (мгновенный контакт) срабатывает (контакты 1 – 10 замыкаются) и в дальнейшем удерживается в сработанном состоянии транзистором $VT4$.

Импульс тока, поданный в обмотку $KL3.1$ двухстабильного (поляризованное реле типа РПК-22) выходного реле $KL3$, приводит к

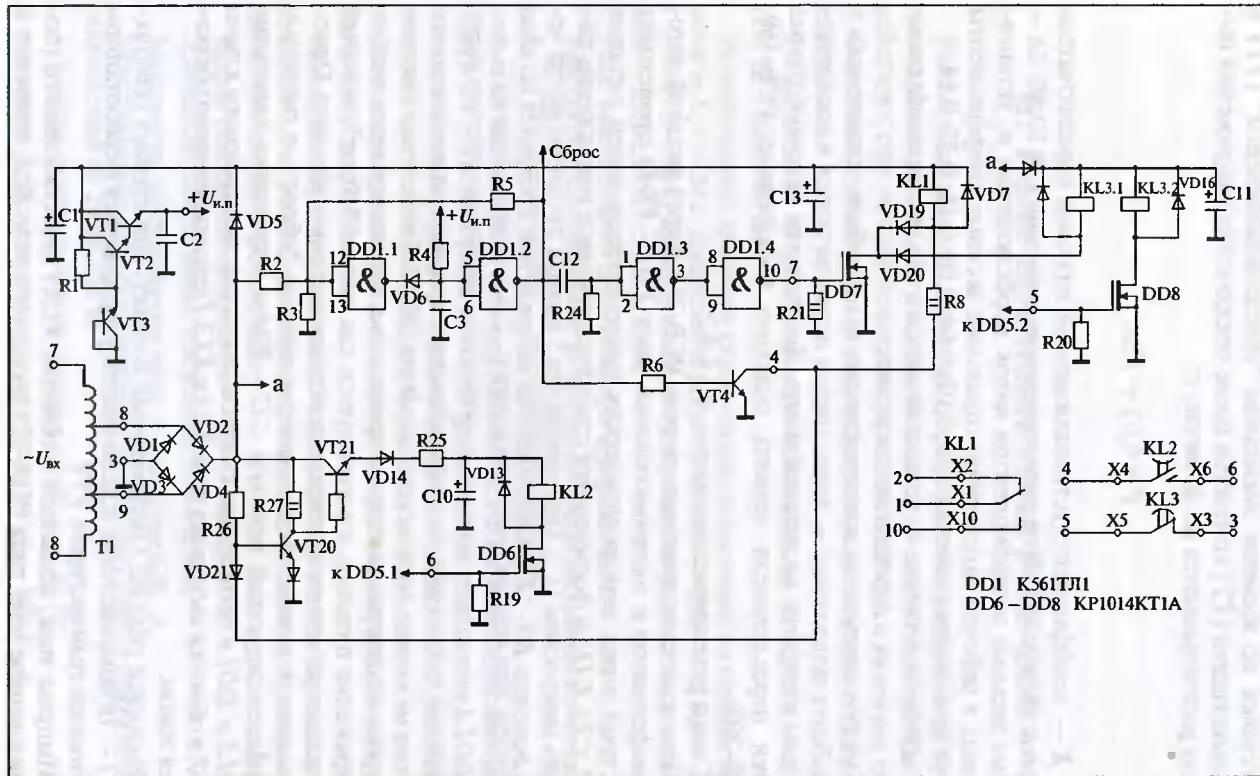
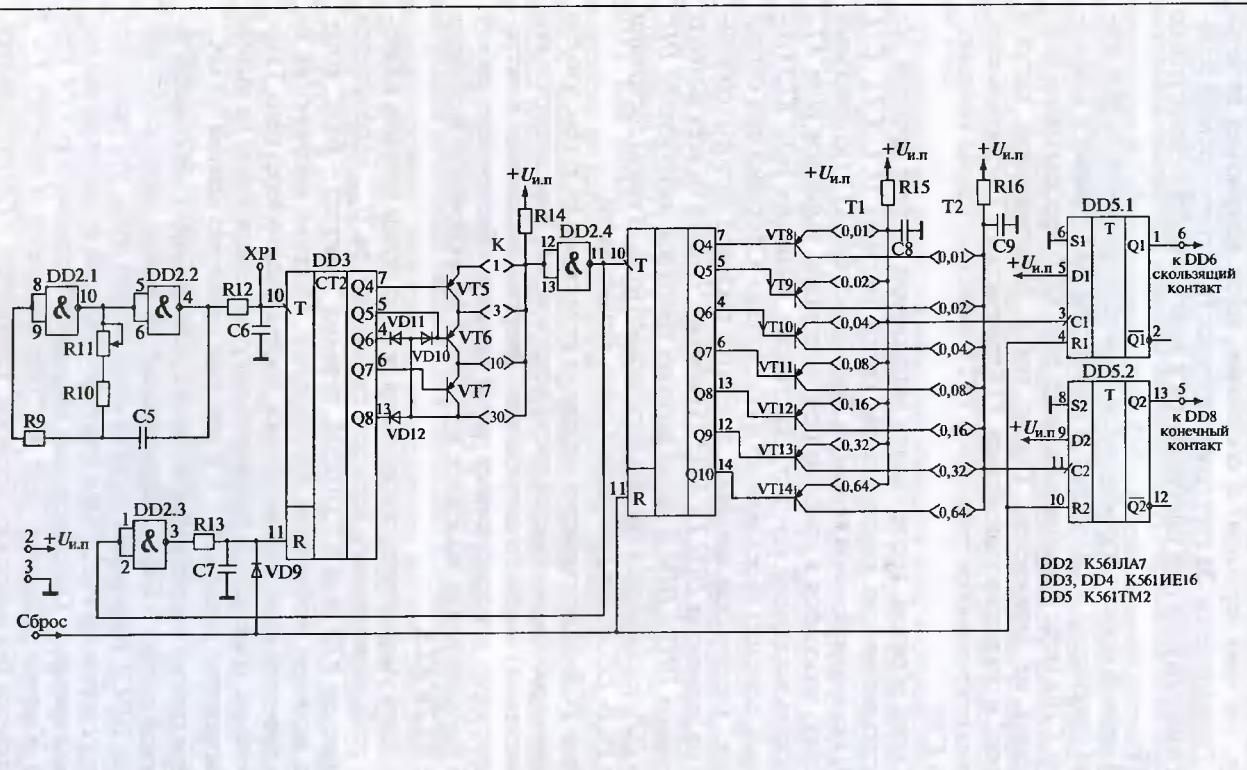


Рис. 8.1. Входные и выходные цепи реле РСВ-255



тому, что оно переходит в состояние, когда контактная цепочка 3 – 5 размыкается. За счет намагниченности магнитопровода поляризованного реле оно удерживается в этом состоянии сколь угодно долго.

В первый момент времени после подачи напряжения на реле времени транзистор $VT20$ открыт, а транзистор $VT21$ закрыт и конденсатор $C10$ в цепи питания выходного реле $KL2$ (проскальзывающий контакт) не заряжается. Только после формирования сигнала “сброс” и открытия транзистора $VT4$ транзистор $VT20$ закрывается, а через открывшийся транзистор $VT21$ происходит заряд конденсатора $C10$.

Таким образом, после подачи напряжения на реле времени все электролитические конденсаторы цепей питания ($C1$, $C13$, $C11$, $C10$) оказываются заряженными. Выходное реле $KL1$ (мгновенный контакт) находится в сработанном состоянии, выходное реле $KL2$ (проскальзывающий контакт) обесточено, выходное реле $KL3$ (контактный контакт) переключено и обесточено. Сформирован сигнал “сброс” (логическая единица), генератор тактовой частоты (собранный на элементах $DD2.1$ и $DD2.2$) работает, однако на всех выходах счетчиков $DD3$ и $DD4$, а также выходах триггеров микросхемы $DD5$ $Q1$ и $Q2$ удерживаются уровни логического нуля. В таком состоянии реле PCB-255 может находиться сколь угодно долго.

Реле PCB-255 отличается от других реле серии PCB тем, что его основная работа начинается после исчезновения (или значительного снижения) входного напряжения. Энергия, запасенная электролитическими конденсаторами цепей питания, обеспечивает работу узла формирования задержек времени и переключение выходных реле $KL2$ и $KL3$.

В целях уменьшения потребления реле по цепям питания в качестве стабилизирующего элемента стабилизатора $U_{и.п}$ используется транзистор $VT3$ типа КТ3102БМ, переход “эмиттер – база” которого включен в обратном направлении. Падение напряжения на этом переходе мало зависит от тока, протекающего через него. Такое включение транзистора позволяет получить напряжение на выходе стабилизатора порядка 6 – 7 В при токе примерно равном 0,1 мА.

При снятии напряжения питания с реле времени с небольшой задержкой сигнал “сброс”, формируемый на выходе логического элемента $DD1.2$, принимает уровень логического нуля, что разрешает работу счетчиков $DD3$, $DD4$ и триггеров $DD5$ узла формирования задержек времени. Одновременно закрывается транзистор $VT4$. При этом обмотка выходного реле $KL1$ обесточивается и контакт 1 – 2 замыкается без задержки времени. Транзистор $VT20$ открывается,

соответственно транзистор $VT21$ закрывается и тем самым отключает цепь заряда конденсатора $C10$.

С исчезновением сигнала “сброс” микросхема $DD3$ начинает счет импульсов генератора стабильной частоты. В первый момент после съема сигнала “сброс” на ее выходах $Q4 - Q8$ сохраняется состояние логического нуля. Переходы “коллектор — база” и “эмиттер — база” транзисторов $VT5 - VT7$ используются в качестве диодов. Подчеркнем, что для транзисторов данного типа проводимости катод обращен в сторону базы. Переходы транзисторов совместно с диодами $VD10 - VD12$ образуют диодный дешифратор состояния микросхемы $DD3$.

Потенциал на входе логического элемента $DD2.4$ определяется двумя обстоятельствами. С одной стороны, он тяготеет к приобретению высокого уровня из-за наличия в схеме резистора $R2$, связывающего вход элемента с плюсом шинки питания. С другой стороны, вход логического элемента через перемычку K и диодный дешифратор состояний микросхемы $DD3$ связан с ее выходами и тяготеет к нулевому потенциалу, если катод хотя бы одного из диодов дешифратора связан с низким уровнем напряжения. В начальный момент счета импульсов микросхемой $DD3$ обеспечивается подтягивание потенциала входа $DD2.4$ к нулю (за счет низких уровней на выходах $DD3$). Как только счетчик $DD3$ накапливает определенное число импульсов на катодах диодов дешифратора, связанных с перемычкой K , устанавливаются высокие уровни. Диоды запираются, а потенциал входа $DD2.4$ подтягивается к высокому уровню благодаря $R14$.

Таким образом, после поступления в $DD3$ определенного числа импульсов потенциал входа $DD2.4$ переходит с нулевого уровня на высокий уровень. Этот сигнал, инвертируясь логическим элементом $DD2.4$, поступает на счетный вход микросхемы $DD4$ и, дополнительно инвертируясь логическим элементом $DD2.3$, подается на вход сброса R микросхемы $DD3$ в нулевое состояние. Выходы микросхемы $DD3$ обнуляются, и весь цикл повторяется. Таким образом, на микросхемах $DD2$ и $DD3$ собран генератор импульсов со ступенчато регулируемым (перемычкой K) коэффициентом деления.

Импульсы с выхода логического элемента $DD2.4$ поступают на двоичный счетчик $DD4$, на выходах $Q4 - Q10$ которого формируются уровни логической единицы (в соответствии с коэффициентом деления для каждого выхода, на $Q4$ — после 8-го импульса, на $Q5$ — после 16-го импульса, на $Q6$ — после 32-го и т.д., на $Q10$ — после 512-го импульса). На $p - n$ -переходах транзисторов $VT8 - V14$ выполнены два диодных дешифратора состояний счетчика $DD4$, рабо-

тающих аналогично рассмотренному дешифратору состояний *DD3*. При запирании высокими потенциалами выходов *DD4* тех *p* – *n*-переходов транзисторов *VT8* – *VT14*, которые связаны через перемычки задания уставок *T1* (*T2*) с подтягивающими резисторами *R15* (*R16*), на *C*-входах триггеров *DD5.1* – *DD5.2* появляются высокие потенциалы, опрокидывающие триггеры в состояние логических единиц на их выходах *Q1* (*Q2*).

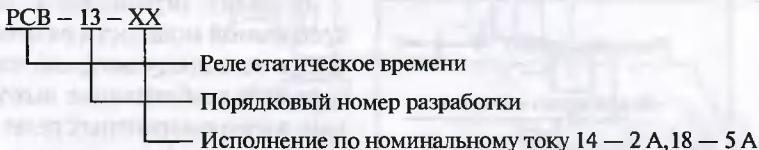
Высокий логический уровень с выхода триггера *DD5.1* переводит электронный ключ *DD6* в проводящее состояние, и реле *KL2* (проксимально скользящий контакт) обтекается током разряда конденсатора *C10*. Контакт реле *KL2* кратковременно замыкается.

Высокий логический уровень с выхода триггера *DD5.2* переводит электронный ключ *DD8* в проводящее состояние, и обмотка *KL3.2* обтекается током разряда конденсатора *C11*. Двухстабильное реле *KL3* (конечный контакт) возвращается в исходное положение, в котором контактная цепочка 3 – 5 замкнута. За счет намагниченности магнитопровода данного реле оно удерживается в этом состоянии сколь угодно долго.

9. Реле времени с питанием от цепей тока типа PCB-13

Реле времени типа PCB-13 применяется в схемах защит на переменном оперативном токе и питается от трансформаторов тока любых двух фаз трехфазной системы.

Структура условного обозначения исполнений реле следующая:



Реле имеет три выходные цепи с независимыми уставками по времени:

- две с временно замыкающим контактом (подобно “проскальзывающему” контакту у реле РВМ-12, 13);
- одну с конечным замыкающим контактом.

Уставки реле регулируются дискретно в пределах 0,1 – 9,9 с с шагом 0,1 с.

Номинальный ток (в зависимости от исполнения) — 2 или 5 А.

Минимальный ток устойчивого срабатывания реле I_{\min} составляет 0,5 $I_{\text{ном}}$ или 1,0 $I_{\text{ном}}$ в зависимости от способа соединения секций первичных обмоток промежуточных трансформаторов тока реле — последовательно или параллельно.

Схема подключения реле приведена на рис. 9.1.

Пуск реле производится внешним контактом, подключаемым к выводам 9 – 11 или 9 – 13. Реле правильно работает только при включении контакта в какую-либо одну цепь.

Зависимость полного сопротивления реле от тока в первичной обмотке насыщающегося трансформатора приведена на рис. 9.2.

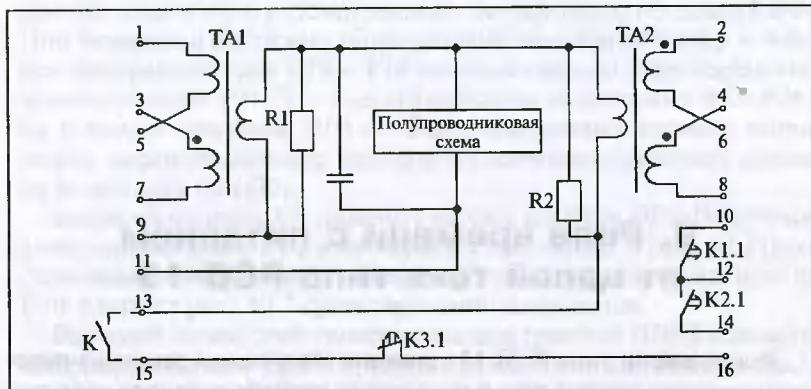


Рис. 9.1. Схема подключения внешних цепей к реле

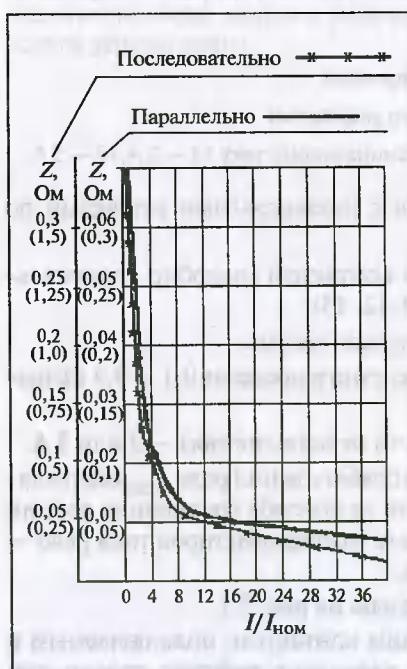


Рис. 9.2. Зависимость полного сопротивления реле от тока в первичной обмотке насыщающегося трансформатора (в скобках указаны значения для исполнения на номинальный ток 2 А)

В целях ограничения потребляемой мощности из цепей тока в реле предусмотрено поочередное срабатывание выходных электромагнитных реле:

- первым срабатывает реле с “проскальзывающим” контактом и выдержкой времени T_1 ;
- вторым — реле с “проскальзывающим” контактом и выдержкой времени T_2 ;
- третьим — реле с конечным замыкающим контактом и выдержкой времени T_3 .

Таким образом, должно быть выполнено условие $T_1 < T_2 < T_3$. При невыполнении этого условия происходит автоматическое управление последовательностью работы выходных реле, исключающее их одновременную работу.

Время замкнутого состояния “проскальзывающих” контактов составляет $0,4 \pm 0,04$ с.

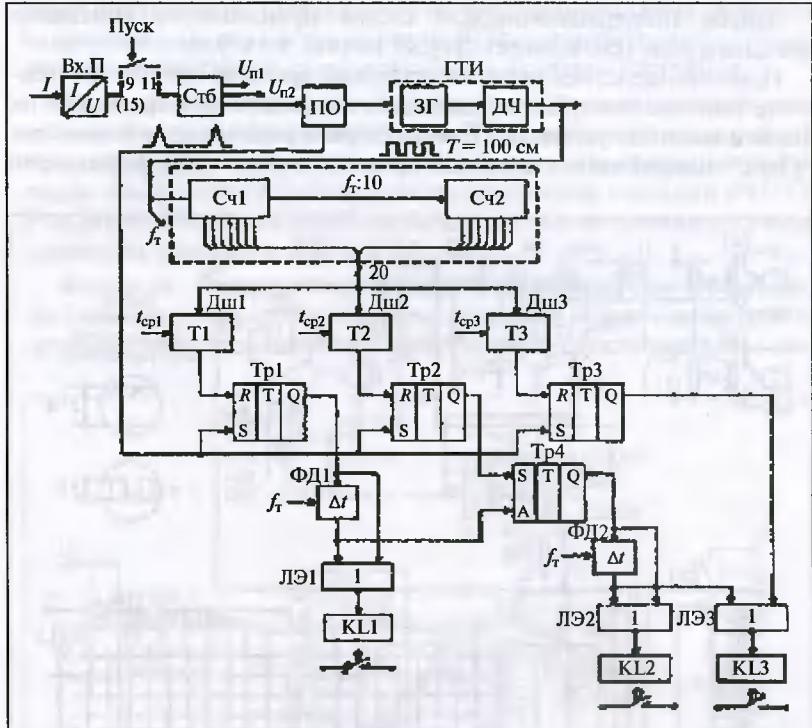


Рис. 9.3. Структурная схема реле РСВ-13

Время повторной готовности реле не превышает 0,08 с.

Средняя основная погрешность реле в любой точке шкалы при токе I_{min} , % уставки, не превышает значений, вычисляемых по формуле

$$\delta = \pm (1,5 + 0,5T_{max}/T),$$

где T_{max} — максимальная уставка реле, с; T — уставка, на которой определяется погрешность, с.

Функциональная схема реле представлена на рис. 9.3. Реле состоит из узла питания (выполненного на базе промежуточных трансформаторов тока), полупроводниковой схемы, формирующей задержки времени и задающей определенный режим и последовательность работы выходных реле и самих выходных электромагнитных реле.

Запуск полупроводниковой схемы производится контактом внешнего реле (см. контакт “Пуск” на рис. 9.3 и 9.4).

Принцип действия органов выдержки времени основан на подсчете тактовых импульсов задающего генератора ЗГ и сравнения их числа с заданной уставкой. При включении реле времени контактом “Пуск” напряжение с выходов промежуточных трансформаторов

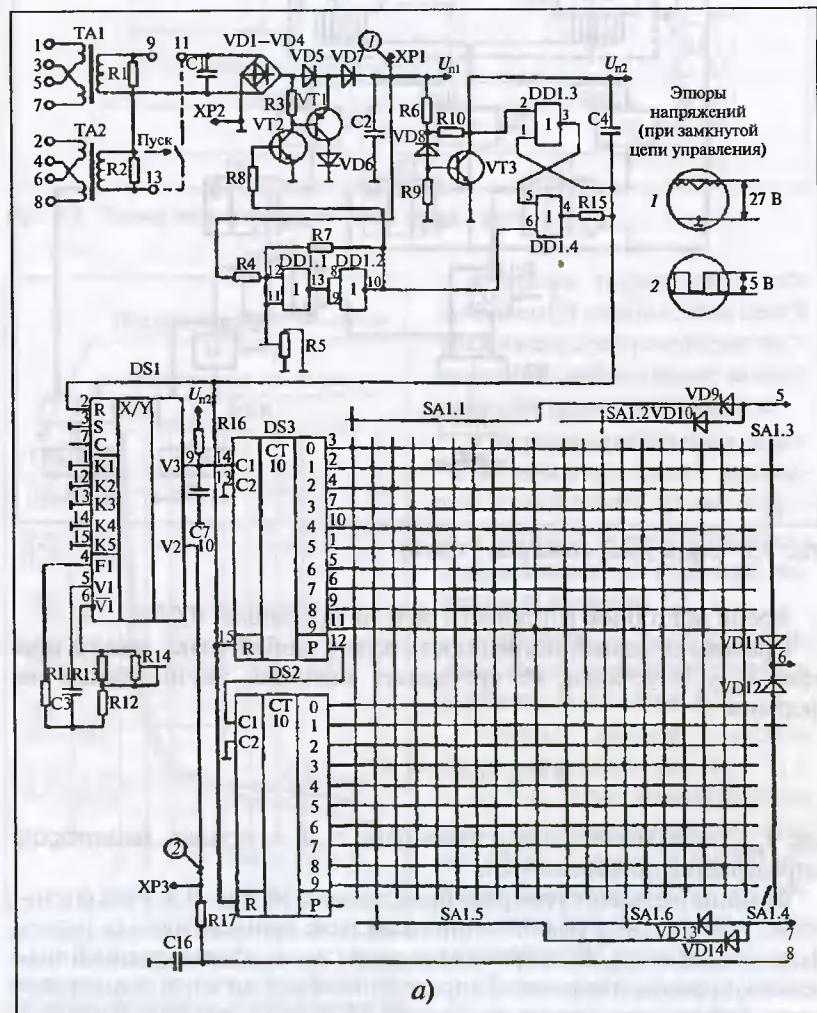


Рис. 9.4. Принципиальная схема реле РСВ-13

через стабилизатор Cmb подается на электронную схему. В момент включения питания пусковой орган PO формирует импульс, приводящий все триггеры и счетчики схемы в исходное состояние.

Одновременно со спадом обнуляющего импульса начинает работать генератор тактовых импульсов GTI , состоящий из задающего генератора ZG и делителя частоты DC с большим коэффициентом деления. Импульсы GTI поступают на десятичные счетчики C_1 , C_2 и на формирователи длительности замкнутого состояния проскальзывающих контактов $\Phi D1$ и $\Phi D2$.

Выходные сигналы дешифраторов состояния счетчиков D_1 , D_2 , D_3 формируются в момент совпадения уставки дешифратора (устанавливается с помощью механических переключателей) с чис-

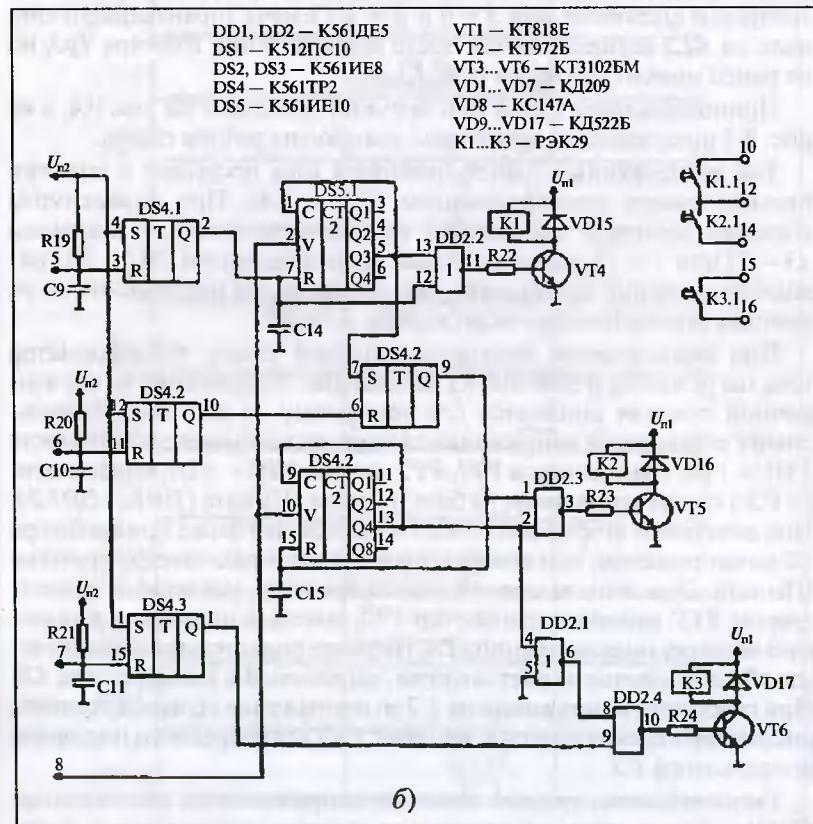


Рис. 9.4. Принципиальная схема реле РСВ-13 (продолжение)

лом импульсов, накопленных к этому моменту в счетчиках. Сигнал на выходе дешифратора присутствует в течение лишь одного периода тактовой частоты, и поэтому момент достижения заданной уставки фиксируется с помощью триггеров $Tp1 - Tp3$, управляемых по входам R . Сигнал с выхода триггера $Tp1$ запускает формирователь $\Phi D1$ и одновременно поступает на логический элемент ИЛИ-НЕ $L\bar{E}1$. Таким образом, для управления реле $KL1$ формируется сигнал, длительность которого определяется $\Phi D1$ (первый проскальзывающий контакт). Аналогично формируется кратковременное замыкание контактов $KL2$.

Приоритет срабатывания $KL1$ по отношению к $KL2$ обеспечиваются триггером $Tp4$, который формирует сигнал запуска для $\Phi D2$ не ранее момента возврата реле $KL1$. Триггер $Tp4$ устанавливается в требуемое состояние при $S = 0$ и $R = 1$. Подача управляющего сигнала на $KL3$ осуществляется после переключения триггера $Tp3$, но не ранее момента возврата реле $KL2$.

Принципиальная схема реле времени приведена на рис. 9.4, а на рис. 9.5 представлены временные диаграммы работы схемы.

Ток от первичных трансформаторов тока поступает в обмотки промежуточных трансформаторов $TA1$ и $TA2$. При разомкнутом внешнем контакте управления, подключаемом между зажимами $13 - 11$ или $9 - 11$, промежуточные трансформаторы $TA1$ и $TA2$ находятся в режиме насыщения. Амплитуда пиков напряжения на их выходах ограничивается резисторами $R1$ и $R2$.

При подключении полупроводниковой схемы трансформатор тока нагружается и выходит из насыщения. Напряжение на его вторичной обмотке снижается (см. диаграмму на рис. 9.5). Импульсный стабилизатор напряжения состоит из выпрямительного моста $VD1 - VD4$, транзисторов $VT1, VT2$, диодов $VD5 - VD7$, конденсатора $C2$ и схемы управления на базе триггера Шмидта ($DD1.1, DD1.2$). Под действием вторичного тока TA происходит заряд конденсатора $C2$ до напряжения, при котором происходит переключение триггера Шмидта. При этом выходной сигнал триггера, усиленный транзистором $VT2$, отпирает транзистор $VT1$, который шунтирует вторичную обмотку подключенного TA . Питание полупроводниковой схемы обеспечивается за счет энергии, запасенной в конденсаторе $C2$. При снижении напряжения на $C2$ до напряжения возврата триггера последний переключается и запирает $VT1$ для очередного подзаряда конденсатора $C2$.

Таким образом, среднее значение напряжения на конденсаторе $C2$ (U_{n1}) поддерживается в требуемых пределах независимо от токов в первичных обмотках трансформаторов тока и непосредственно

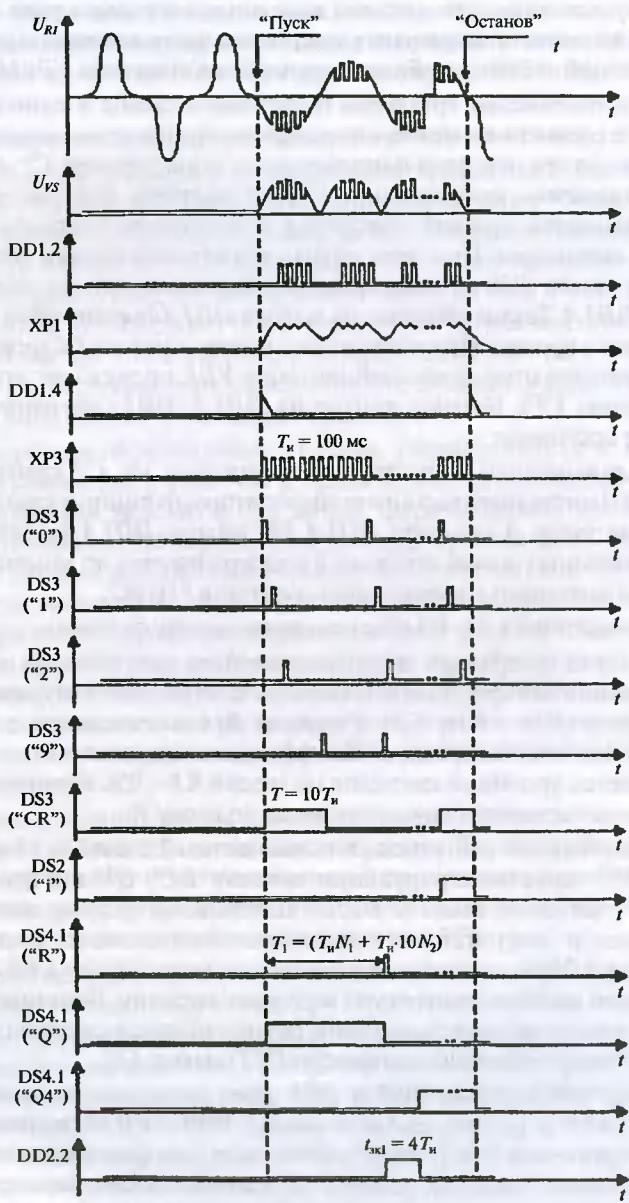


Рис. 9.5. Временные диаграммы работы реле PCB-13

используется лишь для питания выходных каскадов с реле $K1$, $K2$, $K3$. Для питания интегральных микросхем напряжение конденсатора $C2$ дополнительно стабилизируется схемой на базе $VD8$ (U_{n1}).

Для установления триггеров и счетчиков схемы в однозначное исходное состояние в момент пуска формируется устанавливающий импульс. До тех пор пока напряжение на конденсаторе $C2$ меньше, чем напряжение стабилизации $VD8$, к эмиттеру транзистора $VT3$ прикладывается нулевой потенциал и транзистор находится в закрытом состоянии. При этом сигнал единичного уровня поступает через резистор $R10$ на вход триггера, выполненного на элементах $DD1.3$, $DD1.4$. Таким образом, на выходе $DD1.4$ формируется сигнал единичного уровня. При достижении напряжения на $C2$ уровня, достаточного для отпирания стабилитрона $VD8$, происходит открытие транзистора $VT3$. Однако триггер на $DD1.3$, $DD1.4$ сохраняет свое прежнее состояние.

При дальнейшем нарастании напряжения на $C2$ срабатывает триггер Шmittа импульсного стабилизатора, формируя единичный сигнал на входе 6 элемента $DD1.4$. На выходе $DD1.4$ формируется разрешающий сигнал низкого уровня, который и поддерживается до момента размыкания внешнего управляющего контакта “Пуск”.

Конденсаторы $C1$ и $C4$ обеспечивают защиту от помех.

Задающий генератор с делителем частоты выполнен на специализированной микросхеме $DS1$ (KP512PC10) и внешней времязадающей цепи ($R11$ – $R14$, $C3$). Резистор $R14$ используется для подстройки частоты генератора. Коэффициент деления частоты $DS1$ определяется уровнями сигналов на входах $K1$ – $K5$. Установка $DS1$ в исходном состоянии осуществляется по входу R .

Прямоугольные импульсы со скважностью 2 с вывода 10 микросхемы $DS1$ через интегрирующую цепочку $R17$, $C16$ поступают на входы V счетчиков $DS5.1$ и $DS5.2$, являющихся формирователями длительности замкнутого состояния проскальзывающих контактов, а с вывода 9 $DS1$ – на счетный вход десятичного счетчика $DS3$, формирующего десятые доли секунд выдержек времени. Формирование единиц секунд выдержек времени осуществляется счетчиком $DS2$ под действием выходных импульсов $DS3$ (выход 12).

Выходы микросхемы $DS2$ и $DS3$ через переключатели уставок $SA1.1$ – $SA1.6$ и развязывающие диоды $VD9$ – $VD14$ соединены с входами триггеров $DS4.1$, $DS4.3$ и $DS4.4$, которые фиксируют моменты достижения заданных уставок по времени. Выдержки времени определяются положением переключателей $SA1.1$ – $SA1.6$ и могут изменяться в пределах 0,1 – 9,9 с с шагом 0,1 с.

Для реализации функции проскальзывающего контакта в схеме реле имеются блоки формирования длительности замкнутого состояния контактов реле $K1$ и $K2$, выполненные на $DS5.1$, $DD2.2$ и $DS5.2$, $DD2.3$.

Работу схемы рассмотрим на примере первого блока.

С момента появления сигнала низкого уровня на входе R счетчика $DS5.1$ он начинает принимать импульсы по входу V . Одновременно формируется сигнал высокого уровня на выходе элемента $DD2.2$ (элемент ИЛИ-НЕ), что приводит к отпиранию транзистора $VT4$ и срабатыванию реле $K1$. После поступления на вход V четырех импульсов (что составит 0,4 с) появляется сигнал высокого уровня на выходе $Q4$ этого счетчика, который останавливает счетчик по входу C и переводит в нулевое состояние элемент $DD2.2$. Это приводит к запиранию $VT4$ и возврату реле $K1$.

Подобным образом работает схема, управляющая реле $K2$. Отличие заключается в том, что в целях исключения одновременного срабатывания реле $K1$ и $K2$ запуск формирователя длительности включения реле $K2$ осуществляется через триггер $DS4.2$. Формирование сигнала низкого уровня на его выходе возможно только после вышеупомянутой остановки счетчика $DS5.1$ и наличия сигнала низкого уровня на выходе фиксирующего триггера $DS4.3$. При неправильном задании уставок (например, при $T_2 < T_1$) нулевой сигнал с выхода $DS4.3$ не изменяет состояние триггера $DS4.2$ (так как на его R -вход подается сигнал низкого уровня) и на его выходе сигнал низкого уровня появляется только после срабатывания первого реле, т.е. через время $T_1 + 0,4$ с.

Схема формирования однократного срабатывания промежуточного реле $K3$ работает следующим образом. После пуска реле фиксирующий триггер $DS4.4$ устанавливается в единичное состояние. Таким образом, на одном из входов логического элемента $DD2.4$ присутствует сигнал, вызывающий закрытие $VT6$.

Возможны два варианта работы данной схемы. Триггер $DS4.4$ срабатывает последним, т.е. при $T_3 < T_2$. В этом случае на входах $DD2.4$ присутствует комбинация, приводящая к появлению на базе $VT6$ отпирающего напряжения. Реле $K3$ срабатывает с выдержкой времени T_3 . Если установить $T_2 > T_3$, то срабатывание фиксирующего триггера $DS4.4$ не приведет к появлению высокого уровня на выходе $DD2.4$ до тех пор, пока не сработает и не вернется в исходное состояние канал с реле $K2$. В этом случае время срабатывания $K3$ составит $T_2 + 0,4$ с. Если установить $T_1 > T_2 > T_3$, то время срабатывания $K3$ составит $T_1 + 0,4$ с + 0,4 с.

Интегрирующие цепочки $R15 - C4$, $R17 - C16$, $R18 - C8$ и конденсаторы $C6$, $C7$, $C9$, $C15$, используемые в схеме реле, обеспечивают правильную работу и защиту от помех счетчиков и триггеров. Диоды $VD15 - VD17$ защищают транзисторы $VT4 - VT6$ от перенапряжений при отключении катушек реле $K1 - K3$.

Каждое из выходных реле имеет по два замыкающих контакта. Контакты реле для их надежной работы включены последовательно.

Возврат реле в исходное состояние происходит следующим образом. При размыкании внешнего контакта управления начинает разряжаться конденсатор $C2$, и при напряжении меньшем, чем напряжение закрытия стабилитрона $VD8$, транзистор $VT3$ запирается. На его коллекторе появляется высокий уровень, устанавливающий все элементы схемы в исходное состояние.

Неисправность реле устанавливается по внешним признакам (несоответствие выдержек времени, сбои в работе), а ее характер уточняется путем измерения сигналов в контрольных точках схемы $XP1 - XP3$. Ремонт реле сводится к замене неисправной печатной платы или замене отдельных неисправных элементов. Например, отсутствие напряжения в контрольной точке $XP1$ возможно как по причине выхода из строя элементов стабилизатора ($VT1$, $VT2$, $VT3$, $DD1$), так и при коротком замыкании на плате.

Реле выпускается заводом полностью отрегулированным и испытанным, поэтому перед включением в работу необходимо лишь выставить рабочие уставки, проверить напряжение постоянного тока в контрольной точке $XP1$ и выдержки времени. Напряжение в $XP1$ при токе $4I_{min}$ должно находиться в пределах 24 – 27 В.

Отклонение выдержек времени от уставок при токе I_{min} не должно превышать значений средней основной погрешности, нормированных для этих уставок (см. технические данные реле). При отключениях напряжения или выдержек времени, превышающих указанные, допускается регулирование реле подстроичными резисторами: $R5$ – регулирование напряжения в контрольной точке $XP1$, $R14$ – регулирование выдержек времени. Подстройку выдержек времени целесообразно осуществлять с помощью частотомера, например типа Ф541, в режиме измерения периода, подключив его к контрольной точке $XP3$. В нормальных условиях измеренное значение периода должно быть 100 ± 1 мс.

10. Реле времени с задержкой на срабатывание типа РП21М-003В1

Конструктивно реле РП21М-003В1 (ГУ 16-523.593-80) состоит из электромагнитного реле РП21М (с тремя перекидными контактами и катушкой, рассчитанной на соответствующее номинальное напряжение) и полупроводниковой приставки для формирования выдержки времени на срабатывание.

Функциональная схема данного реле представлена на рис. 10.1.

Полупроводниковые приставки времени могут поставляться без реле РП21М. В этом случае электромагнитное реле, используемое совместно с приставкой, должно иметь катушку с номинальным напряжением, соответствующим напряжению питания приставки, и потреблять мощность не более 2 Вт при напряжении 12, 24 В и не более 5 Вт при напряжении 110 В. Падение напряжения на ключе S приставки (ΔU) — около 1,5 В.

Основные характеристики реле типа РП21М-003В1 следующие.

Номинальное напряжение питания:

- постоянного тока — 12, 24, 110 В;

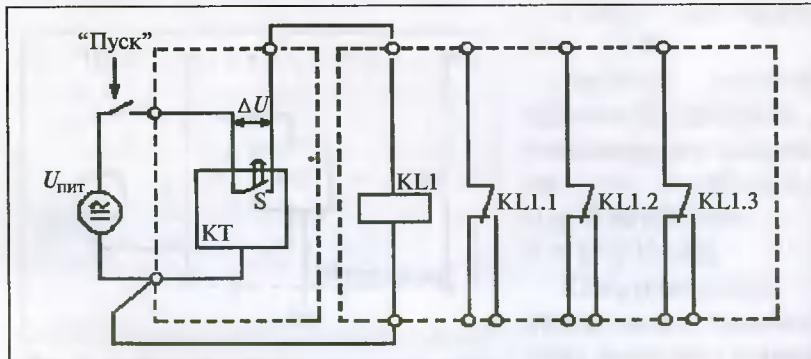


Рис. 10.1. Функциональная схема реле РП21М-003В1

- переменного тока частоты 50 (60) Гц — 110, 220 В.
Допустимые пределы изменения напряжения питания — 0,8 — 1,1 (относительно номинального уровня).

Потребляемая мощность;

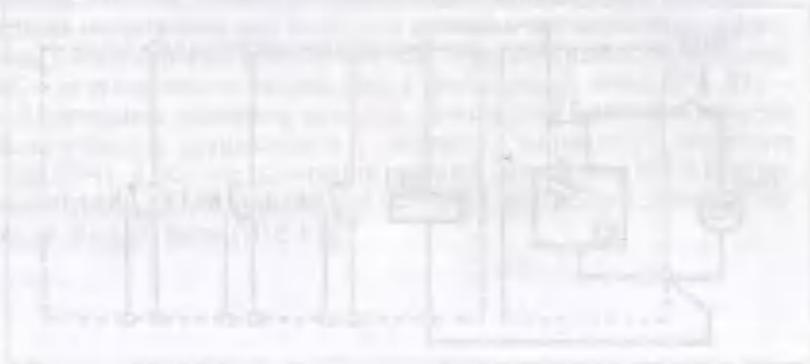
- реле постоянного тока — 4 Вт;
- реле переменного тока — 5 В · А.

Диапазоны выдержек времени реле на срабатывание — 0,1 — 1,0 с; 1,0 — 10 с; 10,0 — 100 с; 1,0 — 10 мин; 10 — 100 мин.

Регулирование выдержки времени производится плавно, в соответствии со шкалой, имеющей ориентировочные значения выдержки в минимальном, среднем и максимальном положениях. Разброс выдержек времени — не более 3 %.

Диапазон рабочих температур — от — 40 до + 55 °C.

Номинальное напряжение контактов — 380 В.



11. Реле времени серии РВК-100

В основе формирования выдержек времени этих многодиапазонных электронных реле с задержкой на срабатывание лежит подсчет импульсов от задающего генератора с кварцевой стабилизацией частоты. Изменением коэффициента деления опорной частоты в реле реализуются три переключаемых диапазона выдержек времени. В реле предусмотрена индикация нахождения реле в режиме отсчета выдержки времени или в сработанном состоянии.

Функциональная схема реле представлена на рис. 11.1.

Основные технические характеристики реле серии РВК-100 следующие.

Номинальное напряжение питания:

- PBK-101 — переменное, 220 В;
 - PBK-102 — постоянное, 220 В;
 - PBK-103 — постоянное, 24 В;
 - PBK-104 — переменное, 24 В;
 - PBK-105 — постоянное, 12 В.

Потребляемая мощность:

- реле переменного тока — 12 В · А;

- реле постоянного тока — 4 Вт.

Диапазон выдержек времени/дискретность регулирования выдержки — 0–99 с/1,0 с; 0–99 мин/1 мин; 0–25 ч/15 мин.

Коммутационная способность замыкающего выходного контакта — 5 А, 250 В.

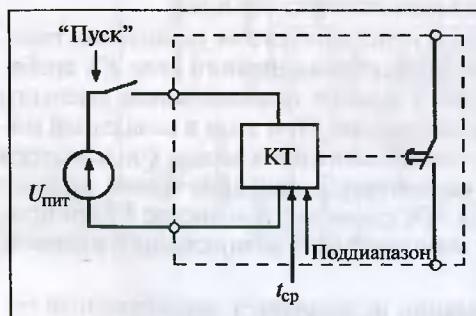


Рис. 11.1. Функциональная схема реле серии РВК-100

12. Особенности реле времени на базе микроконтроллеров

Практически все современные реле времени выполняются на базе микроконтроллеров. Изготовители, учитывая неремонтопригодность этих устройств, не предоставляют пользователям их принципиальные схемы и программные коды. Поэтому для ознакомления с принципами работы микроконтроллерных реле времени рассмотрим устройство таймера из набора для радиолюбителей “NM4021. Таймер 1...99 минут” фирмы “МАСТЕР КИТ”, технические характеристики которого приведены в Интернете [<http://www.masterkit.ru/>].

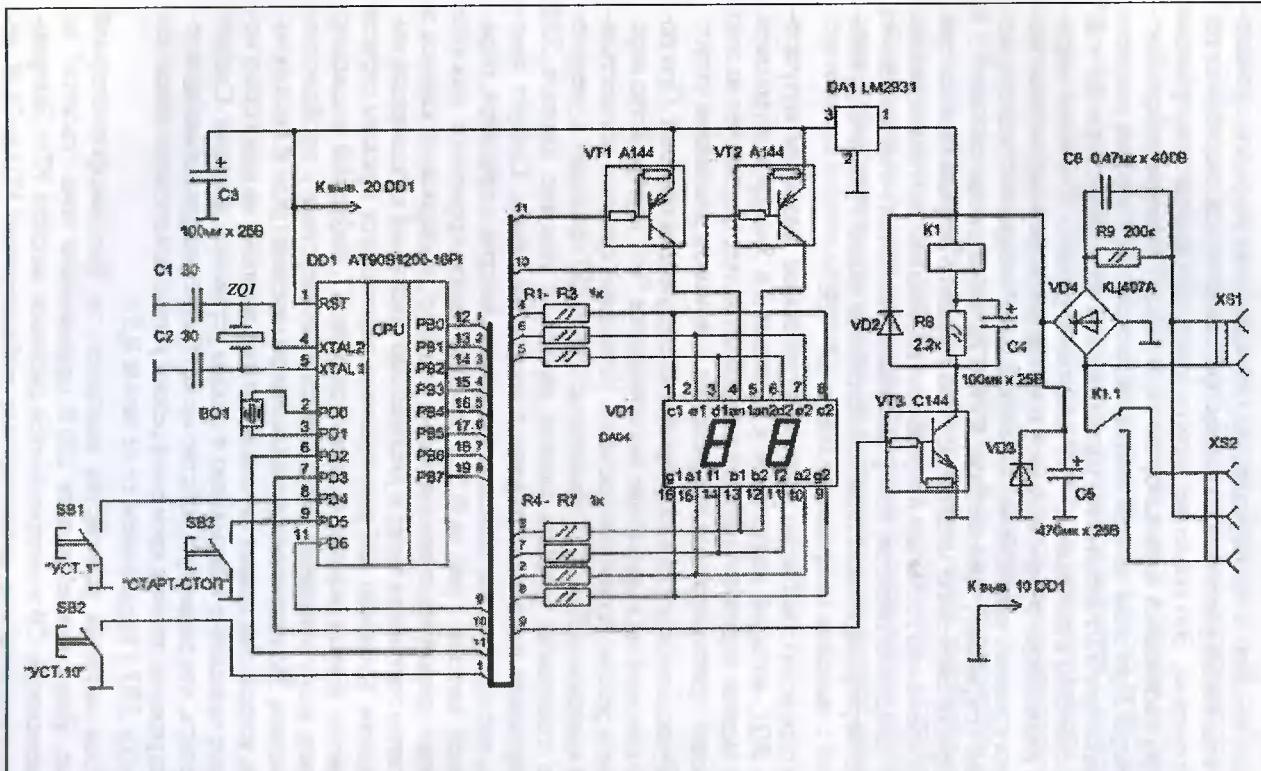
Основным элементом устройства (рис. 12.1) является микроконтроллер *DD1*.

Тактовая частота внутреннего генератора микроконтроллера определяется частотой внешнего кварцевого резонатора *ZQ1*, подключенного к выводам 4 и 5.

К выводам 8, 9, 12 подключены кнопки управления *SB1 – SB3*. Эти выводы программируются таким образом, что при разомкнутой кнопке на них формируется напряжение логической единицы, а при замыкании кнопки — напряжение логического нуля.

Вывод 11 микроконтроллера используется для управления транзисторным ключом *VT3* в цепи электромагнитного реле *K1*, срабатывание которого происходит в момент формирования высокого уровня на выводе 11 микроконтроллера. При этом в начальный момент через реле *K1* протекает повышенный ток заряда конденсатора *C4*, но в дальнейшем реле удерживается меньшим током, ограниченным резистором *R8*. Диод *VD2* защищает транзистор *VT3* от пробоя импульсом напряжения самоиндукции, возникающим в момент отключения реле *K1*.

Для отображения информации используется двухразрядный семисегментный индикатор *VD1*, который работает в динамическом режиме, т.е. символы в его отдельных разрядах высвечиваются не



одновременно, а поочередно, но переключение разрядов происходит с такой скоростью, что глаз воспринимает их как светящиеся одновременно. Это позволяет использовать для вывода информации на двухразрядный индикатор не 14, а лишь 7 выводов микроконтроллера. При этом катоды светодиодных сегментов обоих разрядов индикатора $VD1$ соединены параллельно и через резисторы $R1 - R7$ подключены к выводам 13 – 19 микроконтроллера. Свечение разрядов индикатора обеспечивается поочередным формированием высоких уровней напряжения на выводах 6, 7 микроконтроллера, которые открывают транзисторы $VT1$, $VT2$, подавая тем самым + 5 В на общий анод либо младшего, либо старшего разряда индикатора. Одновременно с подачей напряжения на анод индикатора на катоды светодиодов-сегментов, которые должны светиться в этот момент на данном разряде индикатора, подается логический нуль непосредственно с выводов микроконтроллера 13 – 19.

Устройство снабжено пьезоэлектрическим звуковым излучателем $BQ1$, который подключен к выводам 2 и 3 микроконтроллера. Для выдачи звукового сигнала микроконтроллер формирует на этих выводах противофазные напряжения в звуковом диапазоне частот.

Функционирует данное устройство следующим образом. При подаче питания на индикаторе высвечивается “00” и устройство переходит в режим установки времени. Установка времени осуществляется кнопками $SB1$, $SB2$. Нажатие кнопки $SB1$ приводит к увеличению показания разряда единиц минут, а нажатие кнопки $SB2$ увеличивает показание разряда с десятками минут. Следует заметить, что программа, записанная в память микроконтроллера, опрашивает кнопки 1 раз за 0,5 с, поэтому кратковременное нажатие кнопки увеличивает показание на единицу, а удержание кнопки в нажатом состоянии ведет к увеличению показаний с указанным интервалом. Кнопкой $SB3$ реле времени переводится в режим отсчета времени. В этом режиме включается реле $K1$, цифровой индикатор мигает, а его показание уменьшается в соответствии с пройденным временем. По истечении установленного времени реле $K1$ выключается, устройство издает звуковой сигнал, выводит на индикатор исходное показание и переходит в режим установки времени. Следует заметить, что данное устройство может быть принудительно выведено из режима отсчета времени в режим установки времени нажатием кнопки $SB3$ и удержанием ее не менее 0,5 с.

Узел питания устройства выполнен по бестрансформаторной схеме. Напряжение от сети 220 В переменного тока “гасится” на конденсаторе $C6$ и выпрямляется диодным мостом $VD4$. Выпрямленное напряжение, ограниченное стабилитроном $VD3$ до 24 В, ис-

пользуется для питания выходного реле. Интегральный стабилизатор *DA1* формирует напряжение 5 В для питания микроконтроллера и цифрового индикатора.

Подобно этому таймеру выполняются и реле времени промышленного назначения. Во многих реле времени в целях упрощения исключается цифровой индикатор, а уставки задаются с помощью переключателей (перемычек) или с помощью потенциометров (при использовании микроконтроллеров со встроенным компараторами или аналого-цифровыми преобразователями).

Существенным достоинством устройств на микроконтроллерах является возможность их программирования по последовательному двухпроводному интерфейсу прямо в собранном устройстве. Устройства на основе микроконтроллеров с отладочным программным обеспечением в наладке не нуждаются и начинают работать сразу после подачи питания.

13. Элементная база статических реле времени

Особенности микросхем на основе комплементарных металл-оксид-полупроводниковых структур (КМОП-структур). В отечественных реле времени широко применяются интегральные микросхемы (ИМС). Рабочее напряжение питания таких ИМС — 5 — 15 В. Для правильной работы ИМС, выполненных по КМОП-технологии (серий K176, K561), необходимо после включения питания (или после снижения напряжения источника питания до 6 В) устанавливать их в исходное нулевое состояние подачей импульса сброса высокого уровня на вход R . В противном случае их внутренние триггерные элементы могут оставаться в произвольном состоянии. Импульс сброса после включения питания должен подаваться автоматически, например при использовании RC -цепочки в тракте питания.

K176ИЕ2. Это двоично-десятичный счетчик. При высоком уровне на входе управления режимом 2/10 счетчик работает как двоичный, а при низком уровне — в режиме пересчета импульсов с коэффициентом 10, т.е. разложения десятичного числа по степеням двойки. Причем в первом случае число входных импульсов делится

на 2, 4, 8, 16, формируя высокие уровни на выходах разрядов 1, 2, 4, 8, 16, а во втором случае на выходе 8импульс формируется после того, как на тактовый вход +1 поступает десятый счетный импульс. Разрешение на счет тактовых импульсов осуществляется высоким уровнем на входе V . Входы $S1 - S4$ используются для предварительной установки счетчика. Вывод 15 является выходом импульса переноса (рис. 13.1).

K561ИЕ8. Содержит десятичный счетчик — делитель частоты. Схема представляет собой пятикаскадный счетчик и дешифратор,

| | | | | |
|---|------|--------------|----|----|
| 1 | 2/10 | СТ2/ СТ10 | P | 15 |
| 3 | V | | 1 | 14 |
| 2 | +1 | | 2 | 13 |
| 4 | S1 | | 4 | 12 |
| 5 | S2 | | 8 | 11 |
| 6 | S3 | | 16 | 10 |
| 7 | S4 | | 10 | |
| 9 | R | | | |

Рис. 13.1. K176ИЕ2

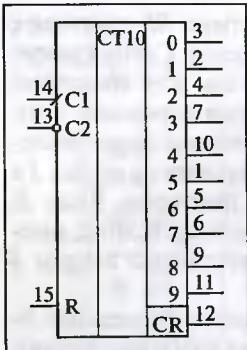


Рис. 13.2. K561IE8

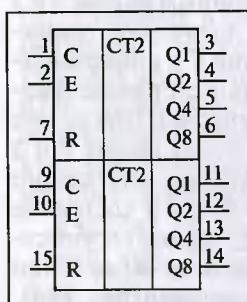


Рис. 13.3. K561IE10

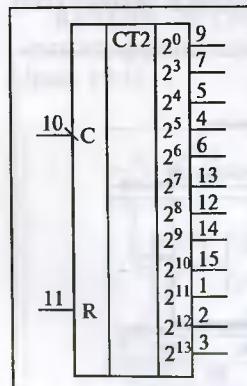


Рис. 13.4. K561IE16

преобразующий двоичный код в логический сигнал единичного уровня на одном из десяти выходов. Изменение состояния счетчика производится фронтом сигнала на входе *C1*, если на входе разрешения *C2* присутствует низкий уровень сигнала. При высоком уровне сигнала на входе *C2* сигнал тактового входа *C1* не воспринимается и счетчик находится в неизменном состоянии. При высоком логическом уровне на входе *C1* состояние счетчика изменяется по спаду импульсов на входе *C2*. Установка счетчика в нулевое состояние осуществляется высоким уровнем по *R*-входу. При этом высокий уровень сигнала устанавливается на выходах *0* и *CR* (рис. 13.2).

K561IE10. Состоит из двух независимых двоичных синхронных счетчиков. Каждый счетчик основан на четырех *D*-триггерах и имеет четыре выхода *Q1 – Q4*, вход установки в нулевое состояние *R*, тактовый вход *C* и вход управления *E*. Входы *C* и *E* взаимозаменяемы, но различаются противоположными активными уровнями, поэтому можно организовать счет как по фронтам, так и по спадам импульсов. При высоком логическом уровне на *E*-входе счет будет изменяться синхронно с фронтом тактовых импульсов входа *C*. При низком логическом уровне на *C*-входе счет будет вестись синхронно со спадом тактового импульса входа *E* (рис. 13.3).

K561IE16. Представляет собой 14-разрядный двоичный счетчик-делитель со счетным входом *C*, входом сброса счетчика в нулевое состояние *R* и 12 выходами: от первого, четвертого и всех последующих триггеров. Триггеры, образующие счетчик, переключаются по спаду импульсов на счетном входе. Счетчик не имеет выходов от второго и третьего триггеров. В нулевое состояние счетчик устанавливается высоким уровнем на входе *R* (рис. 13.4).

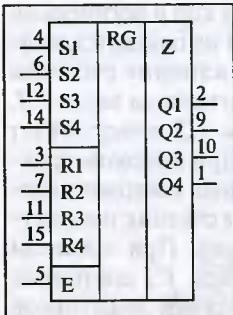


Рис. 13.5. K561TP2

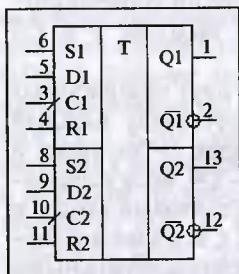


Рис. 13.6. K561TM2

K561TP2. Содержит четыре RS-триггера с тремя состояниями на выходах. Сигнал разрешения E является общим для всех триггеров. При $E=0$ выходы триггеров переходят в состояние с высоким внутренним сопротивлением. Низкие логические уровни на входах S и R не меняют состояния триггеров. Вход R , установки триггера в нулевое состояние, имеет более высокий приоритет перед входом S (рис. 13.5).

K561TM2. Состоит из двух независимых D-триггеров. Каждый триггер содержит информационный вход D , тактовый вход C , входы установки в нулевое и единичное состояния R и S . Управление по асинхронным входам R и S производится сигналами логической единицы (сигналы синхронизации C и информационного входа D не изменяют состояние триггера во время действия сигналов). При работе в синхронном режиме на обоих входах R и S должны поддерживаться уровни логического нуля, а переключение триггера в состояние логической единицы (на Q -выходе) осуществляется по фронту импульса на входе C (по переходу сигнала из нуля в единицу) (рис. 13.6).

K561TЛ1. Микросхема содержит четыре логических элемента 2И-НЕ с гистерезисной характеристикой переключения (триггеры Шмидта, рис. 13.7, а). Передаточная характеристика логического

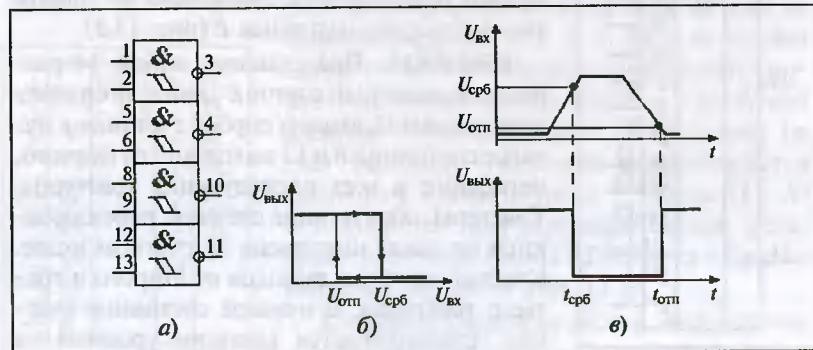


Рис. 13.7. K561TЛ1

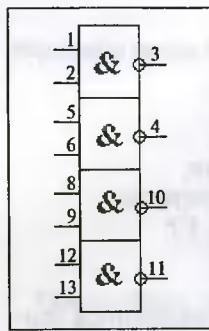


Рис. 13.8. К561ЛА7

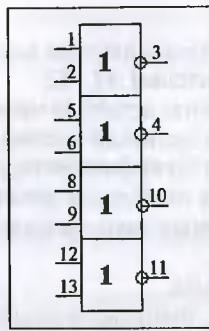


Рис. 13.9. К561ЛЕ5

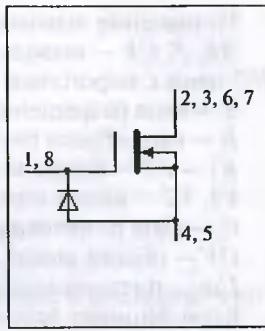


Рис. 13.10. KP1014KT1A

элемента имеет два порога (рис. 13.7, б): верхний с напряжением переключения в состояние логического нуля $U_{\text{срб}}$ и нижний с напряжением переключения в состояние логической единицы $U_{\text{отп}}$. Разность этих напряжений срабатывания и отпускания составляет 0,6 В при напряжении питания 5 В и 2 В при напряжении 10 В. Это способствует помехоустойчивости и обеспечивает более стабильный порог переключения, что важно при пологих фронтах и спадах входных сигналов (рис. 13.7, в).

K561ЛА7. Содержит четыре логических элемента 2И-НЕ (рис. 13.8).

K561ЛЕ5. Содержит четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ (рис. 13.9).

KP1014KT1A. Высоковольтный однонаправленный токовый ключ с низким остаточным сопротивлением: 1, 8 — управляющий вход (затвор); 2, 3, 6, 7 — вход (сток); 4, 5 — выход (исток) (рис. 13.10).

KP512ПС10. Специализированная ИМС — генератор с переменным коэффициентом деления частоты для построения реле времени (рис. 13.11).



Рис. 13.11. KP512ПС10

Назначение выводов:

RE, F, CE — выводы для подключения внешней времязадающей RC -цепи к пороговым усилителям $A1, A2$;

S — вход разрешения работы делителя частоты;

R — вход сброса счетчика делителя частоты;

$K1 - K5$ — входы задания коэффициента деления;

$V1, V2$ — вывод выходных импульсов делителя частоты;

C — вход разрешения вывода сигнала по выходу $V2$;

OV — общий вывод;

Ucc — питания микросхемы.

Коэффициент деления K_d импульсов задающего генератора приведен ниже:

| I | $I2$ | $I3$ | $I4$ | $I5$ | K_d |
|-----|------|------|------|------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2048 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6144 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 20 480 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 61 440 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 122 880 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 368 640 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 228 800 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 686 400 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 072 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 393 216 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 932 160 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 864 320 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 23 592 960 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 78 643 200 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 235 929 600 |

Список литературы

1. Реле времени типа РВ-01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ОБК.469.560. Изд. 01.
2. Реле промежуточных серий РП-16, РП-17, РП-18. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ОБК.469.580. Изд. 01.
3. Комплектное устройство защиты типа ЯРЭ 2201. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИГФР 656.322.003 ТОI.
4. Шкаф дистанционной и токовой защиты типа ШДЭ-2801, ШДЭ-2802. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИГФР 656.442.010 ТОI.
5. РД 153-34.0-35.647-99. Методические указания по техническому обслуживанию промежуточных реле РП8, РП9, РП11, РП12, РП16, РП17, РП18, реле времени РВ01, РВ03, PCB13, PCB14. — М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
6. РД 153-34.0-35.648-01. Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и электроавтоматики энергосистем. — М.: СПО ОРГРЭС, 2001.
7. Реле времени. Методические указания к выполнению лабораторных работ 1 – 5 / Сост. С. Б. Ворохобин, В. Я. Шмурьев. — Л.: Инноватор, 1991.
8. Шмурьев В. Я. Реле времени полупроводниковые: конспект лекций. — СПб.: ПЭИПК, 1995.
9. Ившин М. В., Шмурьев В. Я. Реле времени полупроводниковые: конспект лекций. — СПб.: ПЭИПК, 2008.

Содержание

| | |
|--|----|
| Предисловие | 3 |
| Введение | 4 |
| 1. Реле времени с задержкой на срабатывание типа РВ-01 | 8 |
| 2. Реле времени с выдержкой на возврат типа РВ-03 | 14 |
| 3. Реле с замедлением при включении или отключении типа РП-18 | 19 |
| 4. Реле времени с задержкой на срабатывание типа ВЛ-56 | 25 |
| 5. Реле времени типов РСВ-160, РСВ-260 | 29 |
| 6. Реле времени типа РСВ01-4 | 35 |
| 7. Реле времени с выдержкой на срабатывание типа РСВ-14 | 39 |
| 8. Реле времени типа РСВ-255 | 42 |
| 9. Реле времени с питанием от цепей тока типа РСВ-13 | 49 |
| 10. Реле времени с задержкой на срабатывание типа РП21М-003В1 | 59 |
| 11. Реле времени серии РВК-100 | 61 |
| 12. Особенности реле времени на базе микроконтроллеров | 62 |
| 13. Элементная база статических реле времени | 66 |
| Список литературы | 71 |

Библиотечка электротехника

Приложение к производственно-массовому журналу “Энергетик”

ШМУРЬЕВ ВАЛЕНТИН ЯКОВЛЕВИЧ

Реле времени полупроводниковые

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23

Телефоны: (495) 675-19-06, тел./факс: 234-74-21

Редакторы: Л. Л. Жданова, Н. В. Ольшанская

Худож.-техн. редактор Т. Ю. Андреева

Корректор Е. П. Севостьянова

Сдано в набор 12.05.09. Подписано в печать 24.06.09.

Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Печать офсетная.

Печ. л. 4,5. Заказ БЭТ/06(126)-2009

Макет выполнен издательством “Фолиум”: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Отпечатано типографией издательства “Фолиум”: 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Журнал “Энергетика за рубежом”

— приложение к журналу “Энергетик”

Подписывайтесь на специальное приложение к журналу “Энергетик” — “**Энергетика за рубежом**”. Это приложение **выходит один раз в два месяца**.

Журнал “Энергетика за рубежом” знакомит читателей с важнейшими проблемами современной зарубежной электроэнергетики, такими, как:

- развитие и надежность энергосистем и энергообъединений;
- особенности и новшества экономических и рыночных отношений в электроэнергетике;
- опыт внедрения прогрессивных технологий в энергетическое производство;
- модернизация и реконструкция (перемаркировка) оборудования электростанций, электрических и тепловых сетей;
- распространение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- энергосбережение, рациональное расходование топлива и экологические аспекты энергетики.

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении связи по объединенному каталогу **“ПРЕССА РОССИИ”. Том 1. Российские и зарубежные газеты и журналы.**

Индексы журнала “Энергетика за рубежом”

— приложения к журналу “Энергетик”

87261 — для предприятий и организаций;

87260 — для индивидуальных подписчиков.

Об авторе



Шмурьев Валентин Яковлевич — в 1976 г. окончил Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина, кандидат техн. наук, главный специалист отдела РЗА и АСУ Э СУ “Леноргэнергогаз”, доцент кафедры “Релейная защита и автоматика электрических станций, сетей и энергосистем” Петербургского энергетического института повышения квалификации (ФГОУ ДПО ПЭИПК).

Имеет 10 авторских свидетельств и более 40 публикаций, в том числе в серии “Библиотечка электротехника”: “Цифровые реле защиты” (1999 г.), “Цифровая регистрация и анализ аварийных процессов в электроэнергетических системах” (2004 г.).

Грамотная эксплуатация современной аппаратуры РЗА невозможна без достаточно полного представления об ее устройстве.