

М. Н. Третьяков

**Электронные реле и их
применение**

**Библиотека по автоматике.
Выпуск 87**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39
ББК 32
М11

М11 **М. Н. Третьяков**
Электронные реле и их применение: Библиотека по автоматике. Выпуск 87 /
М. Н. Третьяков – М.: Книга по Требованию, 2013. – 174 с.

ISBN 978-5-458-53792-6

В книге рассматривается принцип действия основных видов электронных реле, нашедших широкое применение в промышленной электронике и других отраслях техники. Даются указания по расчету схем и рассмотрены элементы конструкции. Приведены различные практические схемы применения реле. Описываются схемы электронных реле, выпускаемых промышленностью. Книга предназначена для широкого круга инженеров и техников, имеющих дело с устройствами автоматики.

ISBN 978-5-458-53792-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ВВЕДЕНИЕ

Автоматические устройства получили очень широкое распространение. В настоящее время трудно найти такую отрасль техники, где бы не применялась автоматика.

Неотъемлемой частью многих автоматических устройств обычно являются электронные реле. Обладая высокой чувствительностью, они могут быть приспособлены для приема сигналов, созданных любым видом энергии.

В приводимых релейных схемах применены электро-механические, электронные, ионные и полупроводниковые приборы.

Электронные реле с механическим управляющим контактом (датчиком) могут быть применены для автоматического разбраковывания деталей, для контроля наличия материалов на транспортерах и в бункерах.

При автоматизации технологических процессов требуются аппараты для переключения электрических цепей через заданный промежуток времени; многие станки и аппараты должны работать по определенной программе. Для этих целей служат реле времени.

В современной технике используются реле времени различных систем: тепловые, пневматические, гидравлические, электромеханические и электронные. Последняя система получила наибольшее распространение в силу ряда достоинств, подробно рассмотренных в настоящей работе.

Электронные реле находят широкое применение в системах пуска и управления электрических машин, особенно двигателей малой мощности. В сочетании с емкостными и индуктивными высокочастотными датчиками они входят в системы автоматического контроля для транспортировочных устройств; контроль посредством таких датчиков может быть осуществлен бесконтактным способом, т. е. без соприкосновения датчика с контролируемым объектом.

Широкое и разностороннее применение нашли лампы-реле, реагирующие на световой сигнал. На их вход в качестве светочувствительного приемника включается фотоэлемент или фотосопротивление. Реле этого типа, называемые фотоэлектронными реле, наиболее часто используются по схеме реагирования на появление или исчезновение светового луча. Схема может быть рассчитана и так, что реле будет реагировать или при освещении определенной площади светочувствительного слоя фотоэлемента, или при заданной освещенности.

Фотоэлектронное реле может работать не только от лучей видимого спектра, но и от инфракрасных, ультрафиолетовых, а также рентгеновских лучей.

Примерами применения фотоэлектронных реле являются: автоматическое включение и выключение светильников, контроль уровня жидкости в баке, счет деталей на конвейере, повышение техники безопасности при штамповке деталей на прессах, автоматическое регулирование температуры.

Для приема звукового сигнала и преобразования его в электрический ток служат акустические реле. Электронная лампа в сочетании с обычным угольным микрофоном представляет довольно чувствительное реле, реагирующее на звук. Применение электрических фильтров позволяет получить акустическое реле, реагирующее на звуковые колебания определенной частоты.

В особую группу можно выделить избирательные электронные реле, рассчитанные для приема избранных сигналов и совершенно не реагирующие на различные, так называемые ложные сигналы.

Избирательные реле находят большое применение в телемеханике, т. е. при управлении механизмами на расстоянии.

Следует отметить, что с помощью электронных реле и датчиков (приборов, преобразующих какое-либо физическое воздействие в электрическое напряжение) осуществляются многие следящие и автоматические самонастраивающиеся системы.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ

1. Сравнение электронных реле с электромагнитными

Электронное реле, так же как и электромагнитное, служит для управления различными исполнительными механизмами, которые могут быть установлены в непосредственной близости от пункта управления или на некотором расстоянии от него.

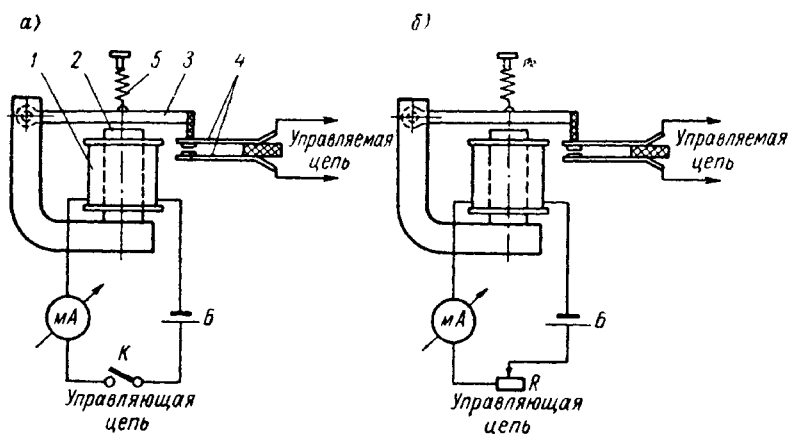


Рис. 1. Схемы действия электромагнитного реле: а) работа реле при замыкании и размыкании управляющей цепи обмотки; б) работа реле при изменении тока в обмотке

В схемах включения реле всегда можно различить две электрические цепи: управляющую — с некоторым элементом, позволяющим включить — выключить ток (рис. 1, а) или изменить величину тока (рис. 1, б), и управляемую — с исполнительным механизмом.

Реле любого типа отличаются от прочих электрических чувствительных элементов тем, что они изменяют

состояние вторичной — управляемой цепи скачкообразно. Так, при замыкании управляющей цепи (обмотки 1) электромагнитного реле (рис. 1, а) сердечник 2 намагничивается и притягивает якорь 3, который замыкает контакты 4 управляемой цепи. При размыкании управляющей цепи якорь под действием пружины 5 возвращается в исходное положение и размыкает контакты.

Точно так же, если ток в обмотке реле с помощью реостата R плавно увеличивать от некоторой малой величины (рис. 1, б), то по достижении значения тока, равного току срабатывания реле, якорь притянется и замкнет контакты. При обратном движении ползунка реостата R ток в цепи обмотки реле достигнет величины тока отпущения якоря, последний разомкнет контакты и займет исходное положение.

Из рассмотренных схем видно, что независимо от способов управления током в обмотке реле, управляемая цепь может иметь лишь два состояния: разомкнутое и замкнутое. Переход от одного состояния к другому происходит скачкообразно.

Во всех видах электронных реле это свойство сохраняется, т. е. либо в управляемой цепи электронной лампы протекает ток, либо она разомкнута; но, как будет видно из дальнейшего изложения принципов работы электронных реле, последние требуют незначительной, порой ничтожно малой мощности в управляющей цепи. Это одно из существенных достоинств электронных реле.

После изобретения электронной лампы и использования ее для приема, усиления и генерирования электромагнитных колебаний прошло еще много лет, прежде чем она стала применяться в качестве электронного реле. Объясняется это тем, что распространенные электромагнитные реле представляют собой очень простые и компактные приборы, не требующие дополнительных источников тока и поддающиеся быстрой замене при неисправности. По сравнению с электромагнитными реле электронные реле являются более сложными приборами: они должны быть собраны по определенной одноламповой или многоламповой схеме и иметь источники питания накальных и анодных цепей ламп.

Однако преимущества, которыми обладают электронные реле по сравнению с электромагнитными, во многих

случаях делают их незаменимыми. Эти преимущества следующие:

- а) высокая чувствительность;
- б) простота регулировки;
- в) мгновенность действия (безынерционность);
- г) получение очень высоких скоростей работы;
- д) устойчивость в работе.

В электромагнитном реле включение и выключение нагрузки происходит при помощи механических контактов. Для надежной работы реле требуется определенное контактное давление; так, например, в обычных релейных цепях низкого напряжения требуется контактное давление порядка 25—30 г. При меньшем давлении контактов их переходное сопротивление сильно возрастает, контакты начинают нагреваться и обгорать. Обгоранию контактов особенно способствует электрическая искра, возникающая между контактами при размыкании цепи. Электронное реле свободно от перечисленных недостатков, так как в электронной лампе, являющейся основным элементом электронного реле, механические контакты отсутствуют; для замыкания же цепи сетки достаточно контактного давления величиной всего лишь в несколько миллиграмм. Это объясняется высокой чувствительностью электронного реле, для срабатывания которого требуется очень малая мощность (порядка 10^{-6} — 10^{-12} вт) при времени срабатывания около 10^{-9} сек.

2. Одноламповое электронное реле

Простейшая схема электронного реле приведена на рис. 2. Величина напряжения батареи смещения $БС_1$ подобрана так, что сетка электронной лампы (триода $\mathcal{L}$) имеет отрицательный потенциал по отношению к катоду, достаточный для полного прекращения анодного тока — запираания лампы, поэтому ток в исполнительном механизме (нагрузке H) отсутствует.

При замыкании управляющего контакта K сеточные батареи $БС_1$ и $БС_2$ оказываются включенными последовательно с нагрузочным сопротивлением R_2 . Вследствие падения напряжения на этом сопротивлении потенциал сетки триода $\mathcal{L}$ становится положительным, в анодной цепи возникает ток и исполнительный механизм H срабатывает.

В простейшем случае, когда сопротивление исполнительного механизма мало по сравнению с внутренним сопротивлением триода и является чисто активным, величина напряжения батареи смещения $БС_1$ может быть определена по анодно-сеточной характеристике применяемого триода. Примером такой характеристики могут служить кривые триода типа 1НЗС, изображенные на рис. 3. Кривая A показывает, как изменяется анодный ток в зависимости от напряжения, приложенного между сеткой и катодом, при анодном напряжении 90 в. Из кривой видно, что для полного прекращения анодного тока требуется напряжение отрицательного смещения, равное 6 в. Кривая B

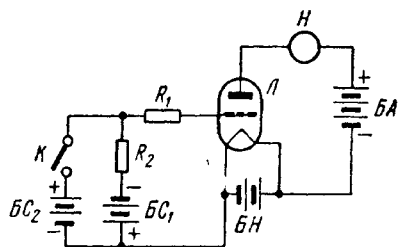


Рис. 2. Схема электронного реле

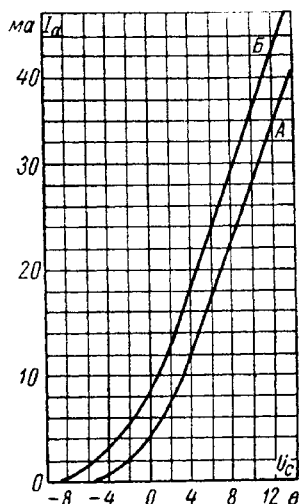


Рис. 3. Анодно-сеточные характеристики

показывает ту же зависимость при анодном напряжении 120 в; в этом случае анодный ток прекращается при отрицательном смещении, равном 10 в.

В то время, когда контакт K замкнут, через межэлектродный промежуток сетка — катод проходит ток; для ослабления этого сеточного тока в схему введено сопротивление R_1 .

На рис. 4 приведена схема электронного реле с питанием от сети переменного тока.

Лампа L (триод косвенного накала) питается от трансформатора $Тр$. Первичная обмотка I включается в сеть переменного тока 50 гц. Вторичная обмотка имеет две секции, намотанные в одном и том же направлении: секция II_a питает анодную цепь триода, секция II_b рассчитана так, что возникающее в ней напряжение достаточно

для полного запираания триода; обмотка *III* питает нить накала (подогреватель).

Когда контакт *K* разомкнут, при положительных значениях переменного напряжения на аноде потенциал сетки также положителен, вследствие связи анода с сеткой через сопротивление R_2 . В это время через триод *Л* и исполнительный механизм *Н* проходит пульсирующий анодный ток. В отрицательные полупериоды переменного напряжения на аноде триод *Л* надежно заперт. Для сглаживания пульсаций параллельно исполнительному механизму включен конденсатор *C*.

Чтобы прекратить ток в исполнительном механизме *Н*, достаточно замкнуть контакт *K*. В этом случае при положительном значении потенциала анода на сетке возникает отрицательный потенциал, создаваемый обмоткой *II*_б. Лампа полностью запирается, и анодный ток прекращается. Для ослабления сеточного тока, который проходит через триод при положительных значениях напряжения на сетке, служит сопротивление R_1 .

По характеру работы рассмотренные электронные реле аналогичны обыкновенным электромагнитным реле. Анодный ток (т. е. ток в управляемой цепи) течет до тех пор, пока на сетку лампы (управляющая цепь) подано отпирающее напряжение.

Отпирающее напряжение на сетке лампы электронного реле, так же как и ток срабатывания в обмотке электромагнитного реле, может быть уподоблено некоторой определенной силе. По прекращении действия этой силы режим лампы возвращается к исходному.

3. Двухтактное реле

Часто требуется, чтобы исполнительный механизм, управляемый через электронное реле, мог бы находиться в одном из трех состояний:

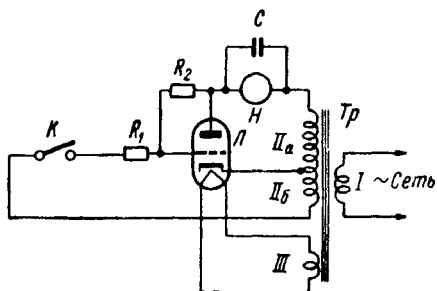


Рис. 4. Схема электронного реле с питанием от сети переменного тока

- а) под током одного направления;
- б) под током противоположного направления;
- в) без тока.

Таким требованиям отвечает двухтактное реле, собранное по схеме рис. 5.

При разомкнутом входе реле, когда управляющий переключатель K находится в положении 1, движок потенциометра R_1 устанавливают в такое положение, при котором анодные токи триодов равны. Анодные токи, проходящие по сопротивлениям R_2 и R_3 в противо-

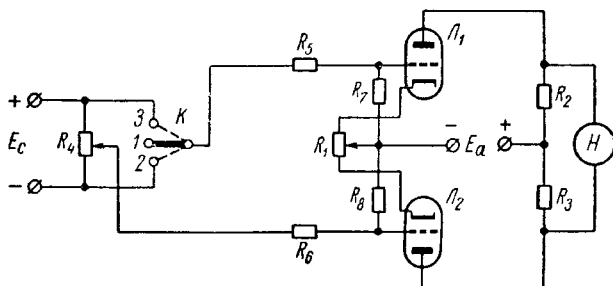


Рис. 5. Схема двухтактного реле

положных направлениях, создают на них одинаковые падения напряжения. Ввиду этого, в цепи исполнительного механизма H , подключенного к концам сопротивлений, ток отсутствует.

Если управляющий переключатель K перевести в положение 2, то напряжение E_c будет приложено между сетками триодов так, что на сетке триода $Л_1$ по отношению к катоду возникнет отрицательный потенциал, а на сетке триода $Л_2$ — положительный. Это вызовет уменьшение анодного тока, проходящего через сопротивление R_2 , и увеличение тока в цепи R_3 . В результате разной величины падения напряжения на этих сопротивлениях исполнительный механизм H окажется под током, направление которого будет от $+E_a$ через R_2 , H , $Л_2$, R_1 к $-E_a$.

Для изменения направления тока в исполнительном механизме управляющий переключатель K необходимо перевести в положение 3; при этом изменятся знаки потенциалов на сетках и перераспределятся потенциалы на концах сопротивлений R_2 и R_3 . В этом случае ток в ис-

полнительном механизме будет иметь направление от $+E_a$ через R_3 , H , L_1 , R_1 к $-E_a$.

Потенциометр R_4 служит для получения искусственной средней точки сеточного источника напряжения E_c . Сопротивления R_5 и R_6 ограничивают величину сеточного тока, а сопротивления R_7 и R_8 повышают устойчивость схемы в то время, когда вход реле разомкнут.

4. Триггерные реле

Триггерное реле представляет собой систему из двух электронных ламп, которая, будучи выведена из своего первоначального состояния под действием импульса электрического напряжения, по прекращении этого импульса обратно к исходному состоянию не возвращается, а требует для этого второго импульса напряжения. Такие триггерные реле имеют два устойчивых состояния и они аналогичны двухпозиционным поляризованным электромагнитным реле, отрегулированным нейтрально.

Особенностью триггерного реле является то, что при подаче на его вход двухсторонних импульсов произвольной формы и амплитуды, на выходе всегда будут получаться односторонние или двухсторонние импульсы прямоугольной формы и строго постоянной амплитуды.

На рис. 6 приведена схема триггерного реле, состоящая из двух одинаковых ламп-триодов L_1 и L_2 . Сетка лампы L_1 через сопротивление R'_1 соединена с анодом лампы L_2 , сетка же лампы L_2 через сопротивление R''_1 соединена с анодом лампы L_1 . Такое включение обеспечивает взаимную обратную связь между лампами, при которой, в случае увеличения анодного тока одной лампы, одновременно происходит уменьшение положительного потенциала на сетке другой лампы.

При рассмотрении работы триггерного реле предполагается, что его схема совершенно симметрична, т. е.

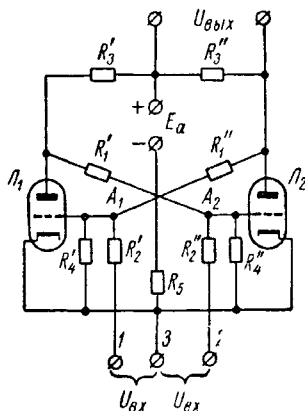


Рис. 6. Схема триггерного реле

лампы $\mathcal{L}_1$ и $\mathcal{L}_2$ однотипны, $R'_1 = R''_1$; $R'_2 = R''_2$; $R'_3 = R''_3$ и $R'_4 = R''_4$.

Если на вход реле не подано никаких внешних э. д. с. и при этом лампа $\mathcal{L}_1$ вставлена, а лампа $\mathcal{L}_2$ вынута, то в цепи $+E_a$, R'_3 , $\mathcal{L}_1$, $-E_a$ будет проходить анодный ток. Точка A_1 схемы находится под положительным потенциалом относительно катода, точка A_2 — под отрицательным. Так как режим работы схемы подобран таким образом, что потенциал точки A_2 вполне достаточен для полного за-
пи-
пания лампы, то и при вставленной лампе $\mathcal{L}_2$ в состоянии схемы ничего не изменится; лампа $\mathcal{L}_1$ по-прежнему будет находиться под током, а лампа $\mathcal{L}_2$ — без тока.

Такое устойчивое состояние может продолжаться до тех пор, пока на вход реле не будет подан импульс напряжения определенной полярности. В данном случае для перехода триггерного реле во второе устойчивое состояние необходимо на вход схемы подать импульс напряжения такой полярности, чтобы сетка лампы $\mathcal{L}_2$ получила положительный потенциал по отношению к катоду.

Под действием этого импульса анодный ток в лампе $\mathcal{L}_2$ увеличится, а напряжение на ее аноде — упадет. В результате уменьшится потенциал сетки лампы $\mathcal{L}_1$, снизится ее анодный ток и возрастет напряжение на аноде. Все это приведет к увеличению потенциала сетки лампы $\mathcal{L}_2$. Процесс перераспределения напряжений в схеме будет развиваться до тех пор, пока анодный ток лампы $\mathcal{L}_1$ не прекратится, а ток лампы $\mathcal{L}_2$ не достигнет предельного значения. Теперь лампы как бы поменялись местами: анодный ток проходит в цепи $+E_a$, R''_3 , $\mathcal{L}_2$, $-E_a$, лампа же $\mathcal{L}_1$ заперта. Схема перешла во второе устойчивое состояние.

Для приведения в действие исполнительного механизма в рассмотренной схеме может быть использовано падение напряжения на одном из анодных сопротивлений, например на сопротивлении R''_3 .

В схеме рис. 6 одна из ламп может быть заперта не только подачей на ее сетку импульса отрицательной полярности, но и подачей импульса положительной полярности на сетку противоположной лампы.

Сопротивлениями R'_4 и R''_4 осуществляется потенциальная связь сеток с катодами ламп. Подбором сопротивления R_5 можно установить требуемую величину анодного тока.