

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний

КУЙБЫШЕВ 1989

Ц е л ь р а б о т ы: ознакомиться с различными конструкциями электромагнитных реле; определить временные параметры различных типов реле.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

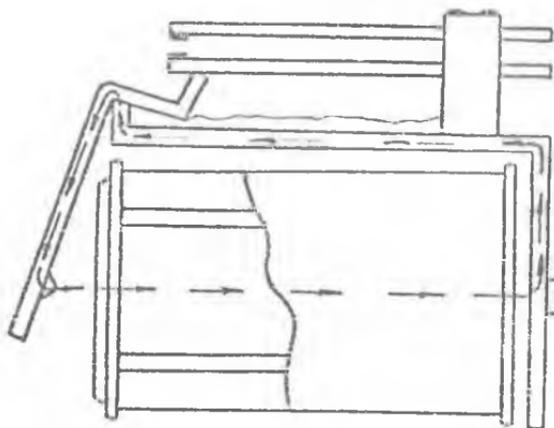
Несмотря на развитие и совершенствование устройств бесконтактной коммутации электромагнитные реле до сих пор широко применяются в современной аппаратуре автоматики, связи и радиоэлектроники. Они выполняют функции управления работой отдельных устройств или аппаратуры в целом, коммутации в технических устройствах, в том числе работающих на разных энергетических уровнях и физических принципах, преобразования и распределения электрических сигналов, сигнализации, измерений, контроля, усиления, защиты и т.д. В ряде случаев эти реле используются в качестве базовых коммутационных логических элементов для систем автоматики, телемеханики, связи и электропитания.

В данной лабораторной работе исследуются нейтральные и поляризованные электромагнитные реле. Нейтральные реле реагируют только на силу тока в обмотке, поляризованные - на силу тока и его полярность. Нейтральные электромагнитные реле могут иметь шестнадцать и более переключающих контактов. Поляризованные электромагнитные реле разделяются на чувствительные, имеющие, как правило, один переключающий контакт, и так называемые дистанционные переключатели (ДП), которые имеют от одного до двенадцати переключающих контактов. Магнитодвижущая сила (МДС) срабатывания и быстродействие у чувствительных поляризованных электромагнитных реле значительно меньше, чем у нейтральных. ДП по МДС срабатывания аналогичны нейтральным электромагнитным реле, но имеют два устойчивых положения якоря и две обмотки для "переброса" якоря из одного исходного положения в другое (т.е. срабатывание ДП происходит при подаче напряжения последовательно на каждую из обмоток).

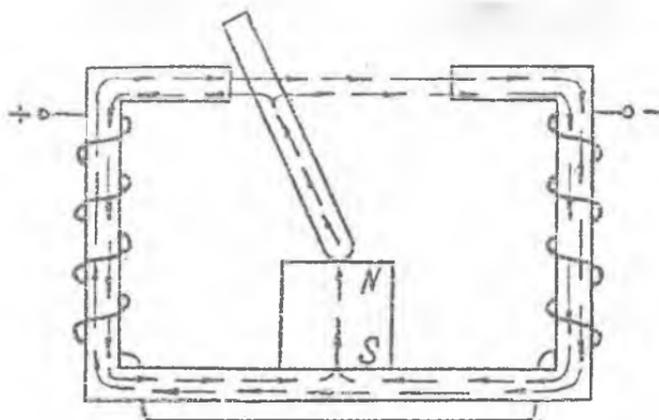
Поляризованные реле успешно используются в аппаратуре с ограниченной емкостью источников питания и имеют малое (з ряд случаев - только в момент срабатывания) энергопотребление.

Рассмотрим устройство и принцип работы нейтральных и поляризованных электромагнитных реле. На рис. I, а схематически изображена конструкция нейтрального электромагнитного реле, на рис. I, б представлена магнитная схема поляризованного реле.

Электрический ток, протекающий в обмотке реле, создает магни-



a



б

Р и с. I. Схема нейтрального электромагнитного реле: а - конструкция; б - магнитная система

тодвижущую силу, которая вызывает магнитный поток, распространяющийся в магнитной системе реле. Магнитный поток создает механическое усилие, под действием которого якорь притягивается к сердечнику реле.

Что касается поляризованных реле, то поляризующий поток (см. рис. 1, б) постоянного магнита, проходящий через якорь, разветвляется по двум противоположным путям к полюсам сердечника и при отсутствии тока в обмотке на якорь действует разность усилий, созданных в каждой половине зазора частью поляризующего потока постоянного магнита. Когда якорь занимает среднее (нейтральное) положение между полюсами, усилия в обеих половинах зазора равны и результирующая сила, действующая на якорь, равна нулю. Однако равновесие якоря в среднем положении неустойчиво. При незначительном смещении якоря в сторону одного из полюсов увеличивается сила притяжения к этому полюсу, а в сторону другого — уменьшается, в результате чего смещение якоря возрастает, и он перебросится к одному из полюсов, например к правому.

После включения обмоток появляется дополнительная МДС, которая создает управляющий поток, проходящий последовательно через оба зазора. При определенном значении тока в обмотках реле, равном току срабатывания, результирующий поток в левом зазоре станет больше потока в правом зазоре и якорь реле перебросится к левому полюсу.

Процессы, происходящие при включении и выключении реле, можно проследить на изменениях тока в обмотке. Примерный характер изменения тока в обмотке реле при его срабатывании и отпуске показан на рис. 2, а. На рис. 2, б показано изменение величины рабочего зазора δ между якорем и сердечником электромагнита. При подключении обмотки реле к источнику постоянного напряжения переходный процесс будет определяться уравнением

$$U = IR + \frac{d\psi}{dt}.$$

Полагая, что расстояние мало ($\psi = N\Phi$), получим

$$U = IR + N \frac{d\Phi}{dt}. \quad (1)$$

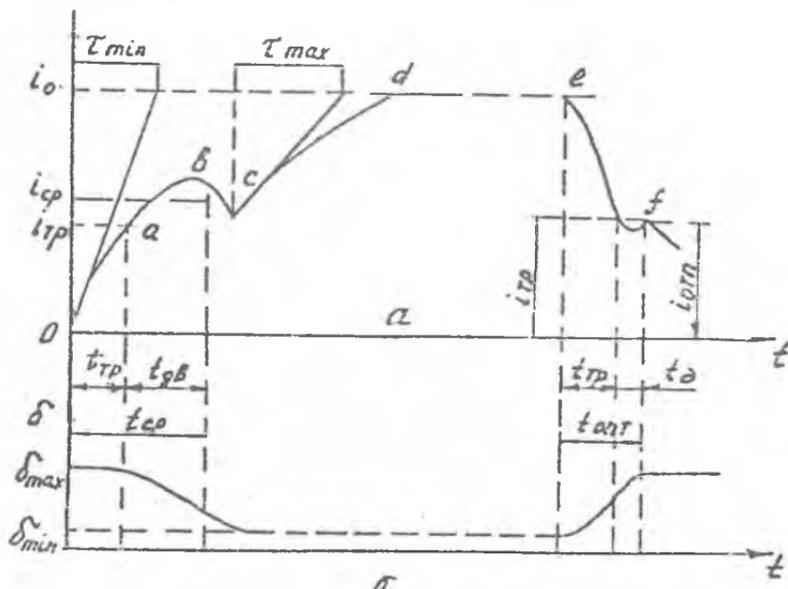
До момента трогания якоря индуктивность его обмотки можно считать постоянной величиной (полагая, что $L \neq \Phi/I$).

В этом случае уравнение (1) можно представить выражением

$$U = IR + L \frac{dI}{dt}.$$

Решение этого уравнения имеет следующий вид:

$$I = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_{min}}}), \quad (2)$$



Р и с. 2. Временная зависимость тока (а) и рабочего зазора (б) реле

где U — напряжение источника питания;
 R — активное сопротивление обмотки;
 L_{min} — индуктивность обмотки при максимальном воздушном зазоре;
 $\tau_{min} = \frac{L_{min}}{R}$ — постоянная времени обмотки.

Следовательно, ток в обмотке реле будет изменяться по экспоненциальному закону (участок кривой с—а). Когда ток в обмотке реле достигает значения тока срабатывания $I = I_{ср\text{аб}}$, сила притяжения электромагнита становится равной противодействующей силе возвратной пружины. После этого момента якорь начинает перемещаться. Промежуток времени от момента включения напряжения до момента трогания якоря называется моментом трогания. Время трогания можно определить из уравнения (2)

$$t_{mp} = \tau_{min} \ln \frac{I_0}{I_0 - I_{cp}} \quad (3)$$

где I_0 — установившееся значение тока.

Обозначив $\frac{I_0}{I_{cp}} = K_I$ — коэффициент запаса по току (для электромагнитных реле $K_I = 1,2-1,4$), получим

$$t_{mp} = \tau_{min} \ln \frac{K_I}{K_I - 1}.$$

Величина тока трогания характеризует порог чувствительности реле (точка а на кривой рис.2). По истечении времени трогания уравнение для цепи обмотки можно записать в таком виде:

$$t_{mp} = \tau_{min} \ln \frac{K_I}{K_I - 1}. \quad (4)$$

Индуктивность обмотки зависит от величины зазора между якорем и сердечником, а также от значения тока (ввиду нелинейной зависимости φ от J). Из-за сложности и громоздкости решения уравнения (4) рассмотрим физическую сторону явления с некоторыми упрощениями.

В процессе движения якоря индуктивность обмотки увеличивается и $dL/dt > 0$, поэтому ЭДС самоиндукции, равная $\mathcal{E} = L J \frac{dI}{dt}$, имеет знак, противоположный знаку напряжения источника питания. Если время движения якоря вызывает уменьшение тока в обмотке (участок кривой от точки б до точки с на рис.2), то справедливо соотношение

$$LJ = \int_0^{t_{\beta\delta}} (U - JR) dt + C, \quad (5)$$

где C - некоторая постоянная.

В быстродействующих реле время движения якоря очень мало. При $t_{\beta\delta} \rightarrow 0$ первый член правой части уравнения обращается в нуль, и ток изменяется обратно пропорционально индуктивности. Следовательно, за время движения якоря ток в обмотке уменьшается от значения $J = \frac{C}{L_{min}}$ в момент трогания до $J = \frac{C}{L_{max}}$ в конце движения.

Это изменение тока показано на рис.2 (участок в-с). Таким образом, время срабатывания реле можно представить как сумму времени трогания и движения якоря.

$$t_{cp} = t_{mp} + t_{\beta\delta}. \quad (6)$$

После остановки якоря уравнение цепи запишем в виде

$$U = JR + L_{max} \frac{dJ}{dt}. \quad (7)$$

Пренебрегая насыщением магнитопровода, можно считать $L_{max} = const$ и решение уравнения в этом случае представить выражением

$$J = J_0 \left(1 - e^{-\frac{t-t_{mp}}{\tau_{max}}} \right) + J_{mp} e^{-\frac{t-t_{mp}}{\tau_{max}}} \quad (8)$$

Таким образом, ток в обмотке реле после остановки якоря будет нарастать до значения $J = J_0$ по экспоненциальному закону, но с большей постоянной времени $\tau_{max} = \frac{L_{max}}{JR}$ (участок кривой с-л).

Участок кривой д-е является рабочим этапом реле, когда его контакты находятся в замкнутом состоянии, а ток в обмотке реле имеет установившееся значение $J = J_0$.

Характер изменения тока в обмотке реле при отсутствии якоря может быть проведен аналогично. При отключении напряжения ток в обмотке уменьшается по закону близкого к экспоненциальному

$$J = J_0 e^{-\frac{t}{\tau_{max}}} \quad (9)$$

При некотором значении тока в обмотке якорь начинает двигаться. Это значение тока называется током трогания при отпускании, а отрезок времени с момента отключения напряжения до момента трогания называется временем трогания при отпускании t_{mp} (участок e-f).

Следовательно,

$$J_{omn} = J_0 e^{-\frac{t_{mp \cdot omn}}{\tau_{max}}} \quad (10)$$

а время трогания при отпускании

$$t_{mp \cdot omn} = \tau_{max} \ln \frac{J_0}{J_{omn}} \quad (11)$$

После момента трогания движение якоря совершается под действием пружины и уравнение для обмотки имеет вид

$$JR + L \frac{dJ}{dt} + J \frac{dL}{dt} \quad (12)$$

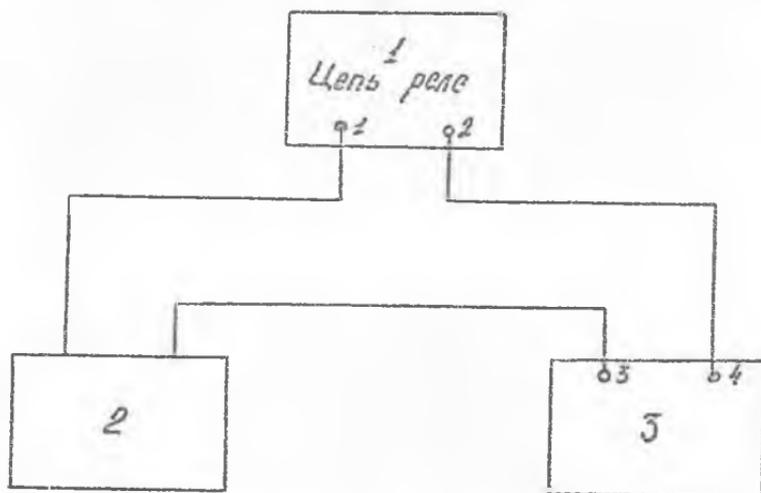
Поскольку индуктивность обмотки в этом случае уменьшается, то ЭДС самоиндукции, равная $e = J \frac{dL}{dt}$, будет положительна, что приведет к некоторому увеличению тока в цепи обмотки (участок кривой g-k).

Через некоторое время после начала движения контакты размыкаются. Значение тока в обмотке реле, при котором происходит размыкание контактов, называется током отпущания. Время с момента отключения обмотки до момента размыкания контактов называется временем отпущания. Время отпущания может быть представлено как сумма времени трогания и времени движения

$$t_{отп} = t_{тр} + t_{дв}.$$

СХЕМА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Структурная схема установки для измерения временных параметров реле приведена на рис.3. Установка содержит прибор Ф 291, измеряющий временные параметры, источник питания обмотки проверяемого реле 2 и проверяемое реле 3. Точки 3,4 предназначены для подключения обмотки проверяемого реле.



Р и с. 3. Структурная схема лабораторной установки:
 1 - измеритель временных параметров; 2 - источник питания; 3 - исследуемое реле

ВНИМАНИЕ ! При работе с поляризованным реле внимательно следите за полярностью полюсов источника питания, подключаемого к обмоткам реле. Обмотки реле РП 5 следует подключать к источнику питания согласно таблице.

Передняя панель прибора Ф 291 приведена на рис.4.

В работе анализируются временные параметры реле двух типов РЭС 22 и РП 5. Реле РЭС 22 – нейтральное, двухпозиционное, одностабильное, с четырьмя переключающими контактами.

Конструктивные данные реле приведены на рис.5,а, принципиальная электрическая схема – на рис.5,б.

Реле РП 5 – поляризованное, с одним элементом на переключение, предназначено для коммутации электрических цепей постоянного тока, трехпозиционное, одностабильное. Паспортные данные реле РП-5 исполнения РС 4522006 приведены в табл.

номер	Обмотка		Ток, мА		Время срабатывания, мс, не более	Подключение обмоток	
	сопротивление, Ом	срабатывания не более	рабочий	начало		конец	
I	6000±1500	0,058...0,24	0,84±0,36	II,5 при $I = 1,2$ мА	I	2	
II	-	-	-		3	4	

При подключении положительного полюса источника питания к началу обмотки, а отрицательного – к концу обмотки якорь замыкается с правым контактом, обозначенным на соединительной колодке реле П, а при обратном подключении – с левым, обозначенным Л.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

I. Измерение времени срабатывания нейтрального реле с замыкающим контактом (по первому замыканию):

I.1. Подключить контактную пару проверяемого реле к клеммам 3,4 измерителя параметров реле Ф291.

I.2. Подключить обмотку и источник питания обмотки проверяемого реле к прибору Ф291 согласно рис.3.

I.3. Включить переключатель РЕЖИМ в положение I;

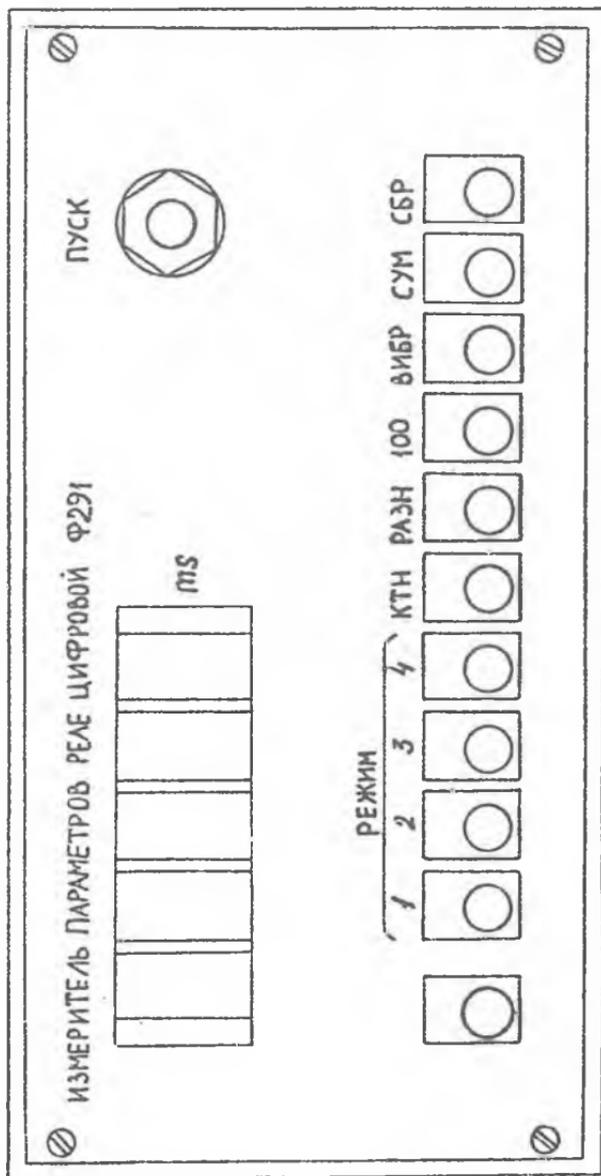
I.4. Включить источник питания обмотки проверяемого реле, предварительно выставив на шкале источника величину напряжения срабатывания реле.

Для РЭС22 это напряжение составляет 15 В.

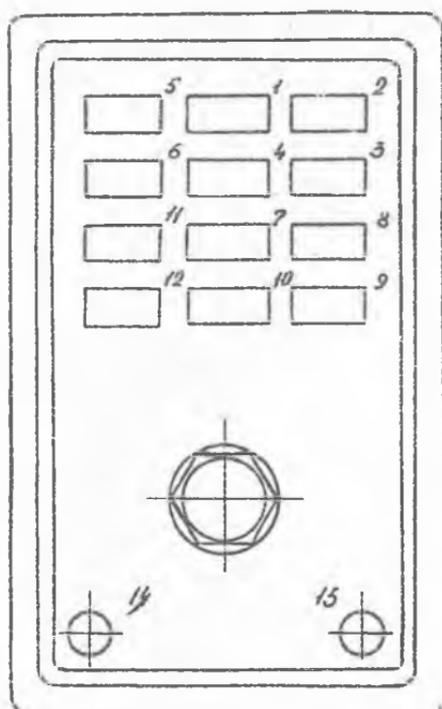
I.5. Сбросить показания.

I.6. Включить тумблер ПУСК.

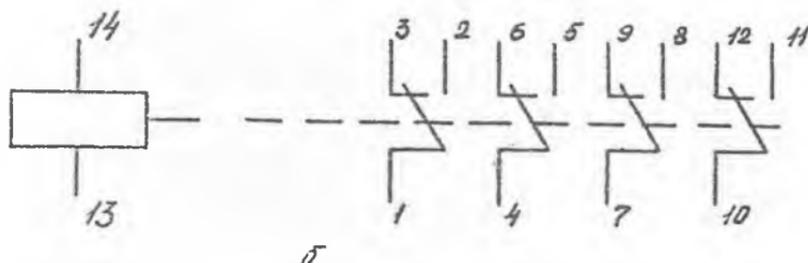
I.7. Снять показания прибора.



Р и с . 4. Передняя панель измерителя временных интервалов



а



б

Р и с. 5. Конструкция (а) и условное графическое обозначение (б) реле РЗС22

2. Измерение времени отпущения нейтрального реле с замыкающим контактом (по первому замыканию):

2.1. Подключить контактную пару проверяемого реле к клеммам 3,4 прибора.

- 2.2. Включить переключатель РЕЕИМ в положение 3.
- 2.3. Выполнить операции, указанные в п.п. I.2; I.4; I.6.
- 2.4. Произвести сброс показаний.
- 2.5. Включить тумблер ПУСК.
- 2.6. Снять показания прибора.
3. Измерение времени срабатывания (отпускания) реле с учетом вибрации контакта:
 - 3.1. Включить переключатель ВИБР.
 - 3.2. Выполнить операции, указанные в п.п. I,2.
4. Измерить время срабатывания поляризованного реле:
 - Повторить п.п. I.1-I.7.
5. Измерить время срабатывания (отпускания) поляризованного реле. Повторить п.п. 2.1-2.6.
6. Измерить время срабатывания (отпускания) поляризованного реле с учетом вибрации контакта. Повторить п.п. 3.1; 3.2.
7. Увеличить напряжение срабатывания реле на I В по шкале источника питания обмотки и повторить п.п. I-6.
8. Увеличить напряжение срабатывания еще на I В и повторить п.7.
9. Построить графики зависимости относительного изменения времени срабатывания в % от напряжения срабатывания для нейтрального и поляризованного реле.
10. Сделать выводы по работе.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Объясните принцип действия электромагнитных нейтральных и поляризованных реле. В чем сходство, отличие?
2. Сформулируйте достоинства и недостатки электромагнитных реле по сравнению с оптическими.
3. Объясните характер кривой тока и процессы, происходящие в реле при срабатывании и отпускании.
4. Что называют временем срабатывания и временем отпускания? Назовите факторы, влияющие на время срабатывания и время отпускания.
5. Почему нельзя бесконечно увеличивать ток срабатывания, уменьшать?
6. Как изменится характеристика срабатывания реле при пропускании по его обмотке импульсов линейно изменяющегося тока, квадратично изменяющегося тока прямоугольных импульсов тока? Как это скажется на долговечности реле?

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Схема передней панели прибора.
3. Таблицы с экспериментальными данными.
4. Временная диаграмма тока в обмотке.
5. Краткое описание реле.
6. Выводы.

Библиографический список

- Харазов К.И. Реле с магнитоуправляемыми контактами: М.: Энергия, 1971.
- Рычина Т.А. Электрорадиоэлементы. М.: Сов.радио, 1976.

Составители: Михаил Николаевич П и г а н о в,
Наталья Игоревна Л и м а н о в а

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн. редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Н.С.К у п р и я н о в а

Подписано в печать 15.12.88г. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 1,0. Т. 200 экз.
Заказ 235 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт им. академика С.П.Королева. 443001 Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.

Участок офсетной полиграфии КуАИ. 443001 Куйбышев, ул.Ульяновская, 18.