

Министерство образования Российской Федерации
Уральский государственный лесотехнический университет

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

И. Н. Кручинин
Ю. Н. Дрон

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
РЕЛЕ**

Методические указания к лабораторной работе по курсу
«Системы автоматизации и управления»
для специальности 2102

Екатеринбург 2003

Электронный архив УГЛТУ

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией лесоинженерного факультета. Протокол № 16 от 29 марта 1993 г.

Рецензент А. С. Еремян

Редактор РИО Р.В. Сайгина

Подписано в печать 23.04.03 Формат 60x84
Плоская печать Объем 1,16 п.л. Тираж 50 экз.
Заказ 405 Бесплатно

Редакционно-издательский отдел УЛТИ

Ротапринт УЛТИ

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

1. Цель работы

Цель работы – изучение конструкции и принципа действия электромагнитного реле и определение его параметров.

2. Теоретическая часть работы

2.1. Устройство и принцип действия реле.

Наиболее широко применяемым элементом автоматики является электромагнитное реле.

Электромагнитное реле – типовой элемент автоматики, который управляет подачей значительной мощности источника питания в нагрузку, переключая контакты реле за счет использования небольшой мощности в цепи управления.

Электромагнитные реле классифицируют в зависимости от вида напряжения (тока) управления на реле постоянного и переменного тока. Электромагнитные реле постоянного тока по функциональному признаку подразделяются на нейтральные и поляризованные.

Конструкция нейтрального электромагнитного реле показана на рис.1. На сердечнике 1 размещена обмотка 2. Сердечник соединен с магнитопроводом 3, на котором шарнирно укреплен якорь 4 с изолационным упором 5. Рабочие контакты 6 укреплены на изолационной колодке 7. Якорь в нерабочем положении удерживается возвратной пружиной 8. Между якорем и сердечником имеется воздушный зазор.

Принцип работы нейтрального электромагнитного реле постоянного тока заключается в следующем. При протекании тока по обмотке реле в нем возникает магнитное поле. Тяговое усилие катушки определяется следующим выражением :

$$F_t = \frac{1}{2} \cdot \frac{i^2 \cdot \omega^2 \cdot \mu \cdot S}{\delta^2}, \quad (1)$$

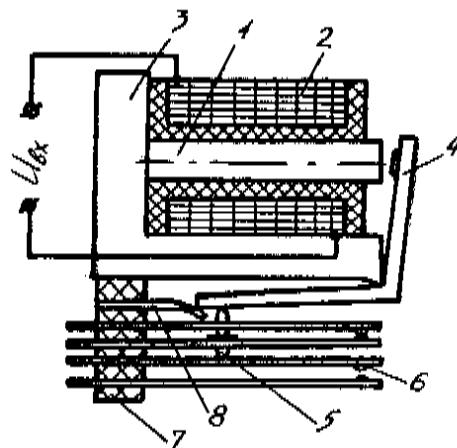


Рис.1. Нейтральное электромагнитное реле

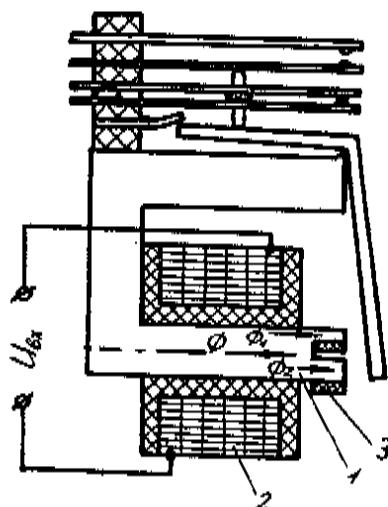


Рис.2. Электромагнитное реле на переменном токе с короткозамкнутым витком

где i – сила тока, протекающего по катушке;
 ω – число витков обмотки;
 μ_0 – магнитная проницаемость воздуха;
 S – площадь воздушного зазора;
 δ – воздушный зазор между сердечником и якорем.

Из формулы следует, что тяговое усилие нейтрального реле пропорционально квадрату тока, протекающего по обмотке, и обратнопропорционально квадрату величины зазора, причем направление усилия, действующего на якорь, не зависит от направления тока через обмотку, в связи с чем реле называется нейтральным.

При увеличении тока через обмотку до определенной величины, называемой током срабатывания, тяговое усилие становится больше противодействующей силы возвратной пружины и деформации контактных пружин, якорь притягивается, и изолационный упор, нажимая на контактные пружины, замыкает или размыкает контакты.

Особенность реле состоит в том, что его статическая характеристика, т.е. зависимость между входным напряжением на обмотке U_{ex} и выходным напряжением U_{ex} , является разрывной функцией, для которой можно записать (при срабатывании реле):

$$\begin{cases} U_{ex}=0 & \text{при } |U_{ex}| < U_{cr} \\ U_{ex}=U_H & \text{при } |U_{ex}| > U_{cr} \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, реле является нелинейным элементом автоматики.

Реле переменного тока (рис.2) имеет специальный короткозамкнутый виток 3, охватывающий часть полюса сердечника I. Переменный магнитный поток Φ , протекающий по сердечнику I, у полюса разветвляется на Φ_1 и Φ_2 . Поток Φ_2 проходит через экранированную короткозамкнутой обмоткой 3 половину полюса, другая часть (поток Φ_1) проходит через свободную по-

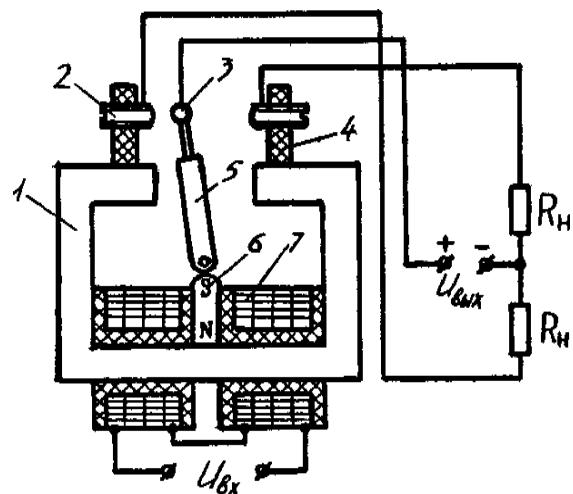


Рис.3. Поляризованное электромагнитное реле

лонину полюса. Эти потоки сдвинуты относительно друг друга на угол около 60-70 электрических градусов. Благодаря наличию двух магнитных потоков, сдвинутых друг относительно друга по фазе и проходящих через один общий якорь реле, результирующая сила притяжения никогда не доходит до нуля, так как в тот момент, когда один из этих потоков проходит через нулевое значение, другой имеет некоторое конечное значение и поддерживает якорь в притянутом положении.

Поляризованное электромагнитное реле постоянного тока (рис.3) изменяет направление тока, протекающего через нагрузку, при изменении знака входного управляющего сигнала, оно отличается от неполяризованных (нейтральных) тем, что имеет два независимых друг от друга магнитных потока: поляризующий и рабочий (управляющий). Поляризующий магнитный поток создается обычно постоянными магнитами.

Рабочий (управляющий) магнитный поток создается обмотками по которым протекает рабочий ток. Величина и направление тока зависит от состояния схемы, в которую включены эти обмотки. При отсутствии рабочего тока в обмотках реле на якорь действуют тяговые усилия, создаваемые потоками постоянного магнита. Поляризованное электромагнитное реле состоит из основного магнитопровода 1, неподвижных контактов 2, подвижных контактов 3, клеммной колодки 4, якоря 5, поляризующего элемента (постоянного магнита) 6, обмотки управления 7.

Поляризованное реле может быть отрегулировано нейтрально или с преобладанием к одному из контактов.

2.2. Характеристика реле

Механическая характеристика реле - это зависимость силы сопротивления F_A контактных пружин от величины зазора δ

$$F_A = F_0 - K\delta, \quad (3)$$

где F_0 - начальная сила сопротивления движению якоря;

K – коэффициент пропорциональности, зависящий от упругости пружин, их конструкций и количества.

На рис. 4 приведена механическая характеристика $F_A = f(\delta)$ реле с двумя контактами, работающими на замыкание. Отрезок 1-2 характеризует изменение силы сопротивления возвратной пружины. Точка 2 соответствует моменту начала замыкания контактов, после чего при дальнейшем уменьшении зазора сила сопротивления обусловлена контактной и возвратной пружинами (отрезок 2-3).

Тяговая характеристика $F_T = f(\delta)$ реле – это зависимость усилия притяжения F_T от величины зазора δ

$$F_T = f(\delta) ,$$

где F_T – определяется по формуле (1).

Примерный вид тяговой характеристики показан на рис. 4. Очевидно, что для надежного срабатывания реле тяговая характеристика должна проходить выше механической.

2.3. Параметры реле

Мощность срабатывания P_{cp} – это мощность, которую необходимо подвести к обмотке реле для его надежного срабатывания. Она определяется по выражению

$$P_{cp} = U_{cp} \cdot I_{cp} , \quad (4)$$

где U_{cp} – напряжение срабатывания;
 I_{cp} – ток срабатывания.

Мощность цепи управления P_y – это максимальная мощность, которую могут коммутировать релейные контакты.

Коэффициент управления K_y – характеризует усиительные свойства реле

$$K_y = \frac{P_y}{P_{cp}} . \quad (5)$$

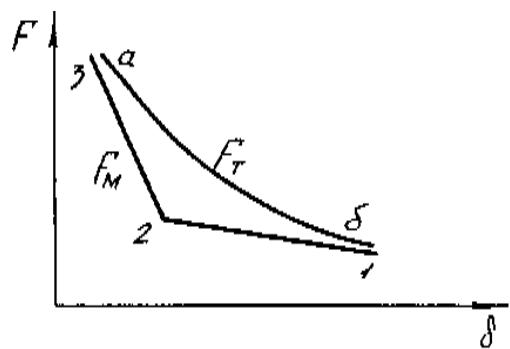


Рис. 4. Тяговая и механическая характеристики электромагнитного реле

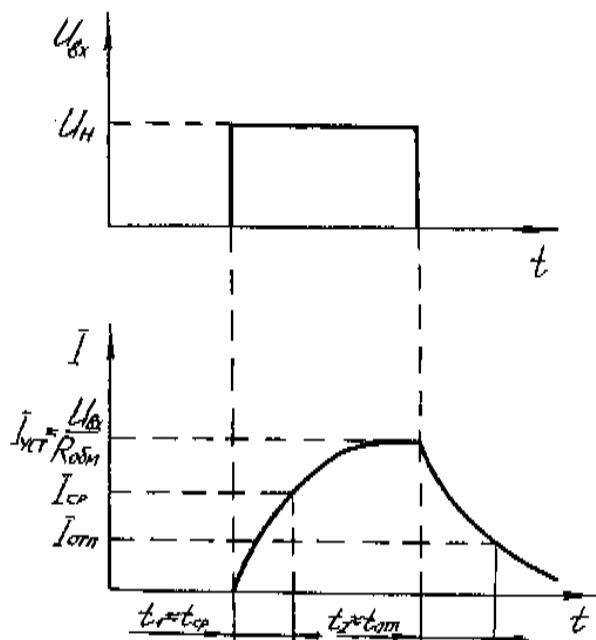


Рис. 5. Временные диаграммы срабатывания и отпускания реле

коэффициент возврата реле K_ℓ

$$K_\ell = \frac{I_{отп}}{I_{ср}}, \quad (6)$$

где $I_{отп}$ - ток, при котором происходит отпускание якоря;
 $I_{ср}$ - ток срабатывания реле.

Ток отпускания всегда меньше тока срабатывания, так как для удержания якоря в притянутом состоянии требуется меньшее усилие по сравнению с усилием, требуемым для срабатывания.

Коэффициент запаса реле K_3 - это отношение номинального напряжения, подаваемого на обмотку, к напряжению срабатывания

$$K_3 = \frac{U_n}{U_{ср}}. \quad (7)$$

Для надежной работы реле коэффициент запаса должен быть больше единицы.

Время срабатывания реле - это промежуток времени между подачей напряжения на обмотку реле и срабатыванием его контактов.

Известно, что при включении реле на постоянное напряжение ток в его обмотке будет изменяться в соответствии с уравнением:

$$I(t) = \frac{U_{ср}}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \quad (8)$$

где $U_{ср}$ - напряжение на обмотке;

R - активное сопротивление обмотки;

$T = \frac{L}{R}$ - постоянная времени обмотки;

L - индуктивность обмотки.

При достижении током величины тока срабатывания через время t_r (рис.5) якорь притягивается.

Время срабатывания складывается из времени движения якоря t_{g6} и из времени t_r :

$$t_{ср} = t_{g6} + t_r \quad (9)$$

причем основная составляющая времени t_{cp} – это время t_1 , т.е. $t_{cp} \approx t_1$.

Если отключить напряжение от обмотки реле, то ток в обмотке будет уменьшаться по экспоненциальному закону и в момент достижения током величины I_{om} якорь отпускается.

2.4. Способы убыстрения и замедления срабатывания реле

В релейных схемах управления часто требуется изменить время срабатывания реле в сторону замедления или убыстрения с целью обеспечения нормального функционирования схемы. Наиболее распространенными способами изменения времени срабатывания являются следующие.

Убыстрение срабатывания.

Включение последовательно с обмоткой добавочного сопротивления R_g (рис.6,а) при одновременном увеличении пит员щего напряжения. Постоянная времени будет определяться при этом следующей формулой :

$$T_1' = \frac{L}{R + R_g} . \quad (10)$$

Включение R_g приводит к уменьшению постоянной времени и, следовательно, к уменьшению времени срабатывания t_{cp} (рис. 7). Недостаток этого способа заключается в необходимости увеличения пит员щего напряжения, что приводит к увеличению мощности управления.

От недостатков предыдущего способа убыстрения срабатывания можно частично избавиться включением параллельно добавочному сопротивлению R_g конденсатора C (рис.6,б). Постоянная времени определяется как :

$$T_2' = \frac{L}{R + \frac{R_g \cdot R_c}{R_g + R_c}} , \quad (11)$$

где R_c – емкостное сопротивление конденсатора.

В первый момент времени после подачи управ员щего напряжения U_{ex} конденсатор начинает заряжаться вследствие

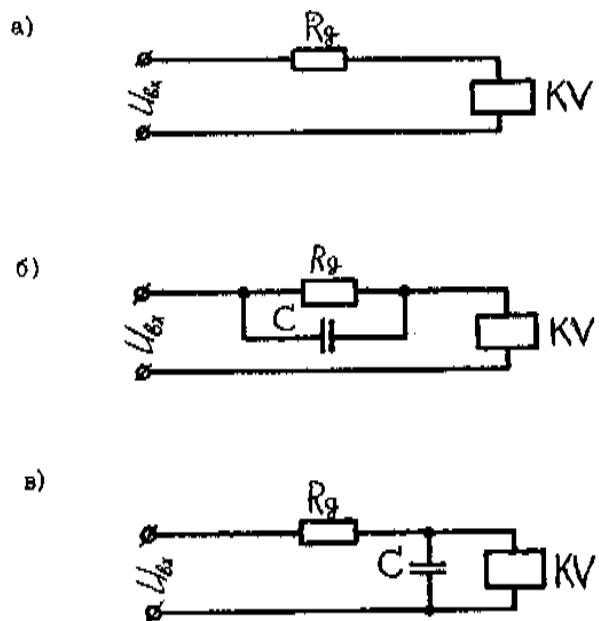


Рис.6. Схемы изменения времени срабатывания реле

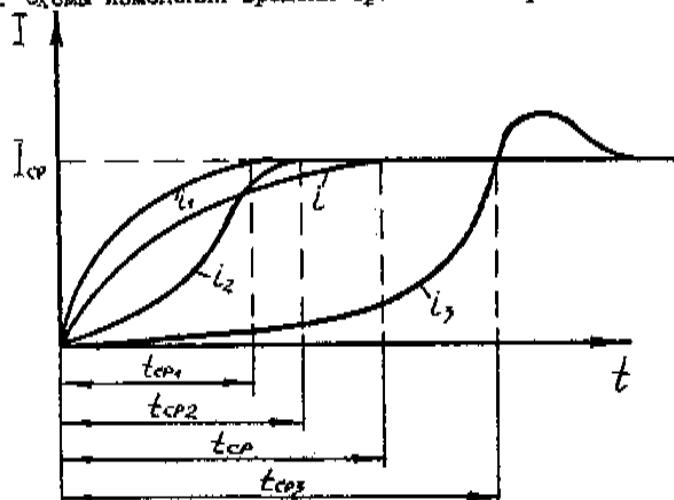


Рис.7. Временные диаграммы изменения времени срабатывания реле

чего его сопротивление для постоянного тока оказывается малым. По мере заряда конденсатора его сопротивление растет. Это приводит к ускорению постоянного тока в обмотке реле (кривая i_2 на рис.7) и, как результат - к уменьшению времени срабатывания $t_{ср2}$. При этом способе также требуется увеличение питающего напряжения, но на меньшую величину по сравнению с предыдущим способом.

Замедление срабатывания.

Включение между обмоткой реле и источником управляющего напряжения RC -цепи (рис.6,в) с одновременным увеличением управляющего напряжения.

В первый момент времени после включения управляющего напряжения происходит заряд конденсатора, его сопротивление постоянному току оказывается малым, в результате чего напряжение на катушке возрастает плавно и замедляется нарастание тока в обмотке реле (кривая i_3 на рис.7). Это приводит к увеличению времени срабатывания $t_{ср3}$. Постоянная времени определяется как

$$T_3 = \frac{L}{R_g + \frac{R \cdot R_c}{R + R_c}} \quad (12)$$

3. Экспериментальная часть работы.

Порядок выполнения работы

3.1. Собрать схему, приведенную на рис.8. В качестве источника постоянного напряжения ± 127 В использовать выпрямитель, установленный на стенде.

Перемещая движок реостата R , определить следующие параметры реле KV :

- ток срабатывания $I_{ср}$,
- напряжение срабатывания $U_{ср}$,
- ток отпускания $I_{отп}$,
- коэффициент возврата K_f .

При определении K_f принять $P_y = 400$ Вт.

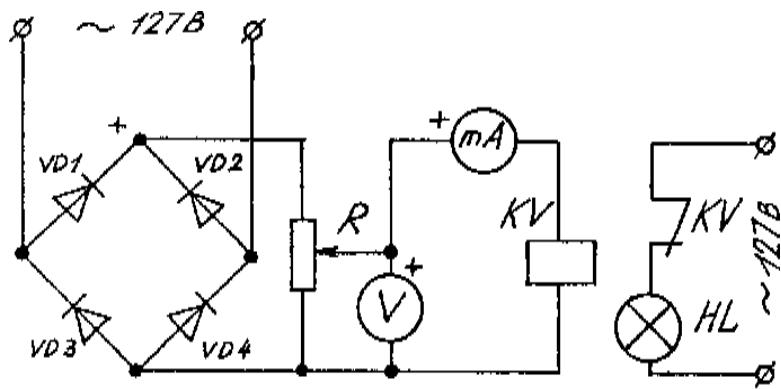


Рис.8. Электрическая схема для определения параметров реле

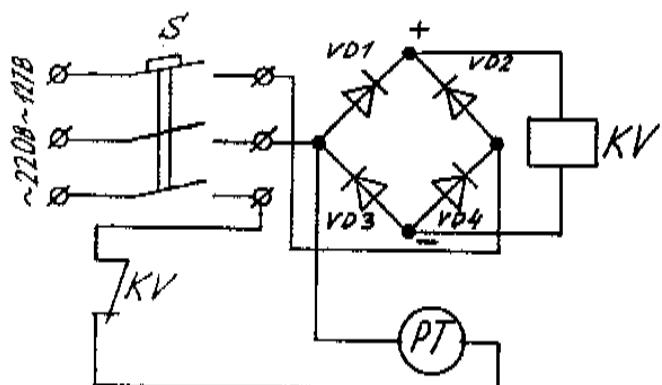


Рис.9. Электрическая схема для определения времени срабатывания реле

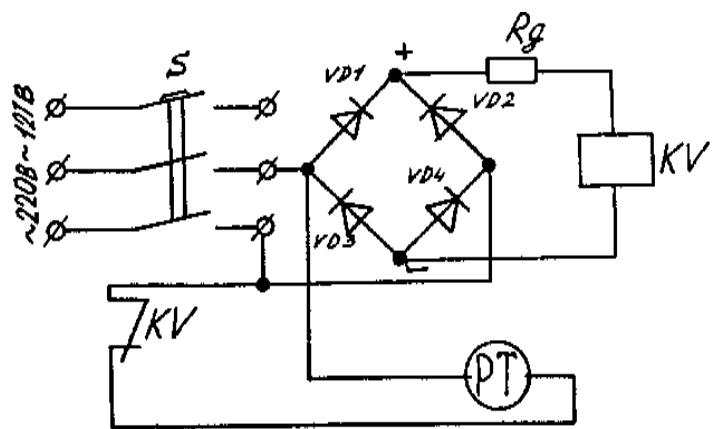


Рис.10. Электрическая схема для ускорения срабатывания реле

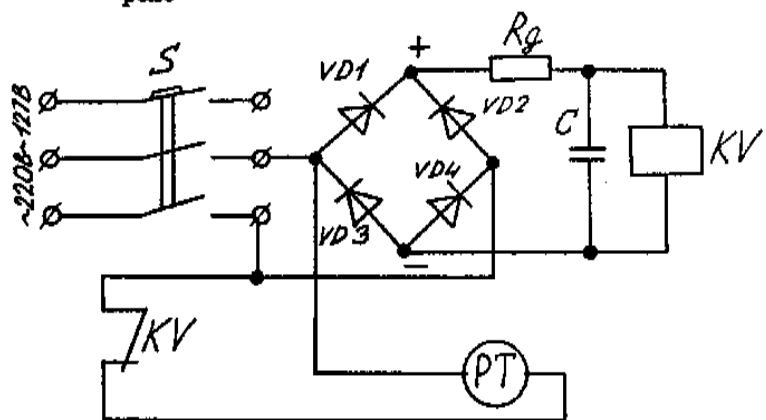


Рис.11. Электрическая схема для замедления срабатывания реле

3.2. Определить время срабатывания реле, для чего собрать схему, приведенную на рис. 9. Изучить возможность изменения времени срабатывания реле, для чего собрать схемы, приведенные на рис. I0, II.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- цель и программу работы;
- краткое описание электромагнитного реле;
- схемы для снятия характеристик реле и определение времени срабатывания;
- результаты измерений параметров реле;
- выводы.