

Лабораторная работа № 8

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА РТ-40

Цель работы. Изучить принцип действия и конструктивные особенности электромагнитных реле максимального тока РТ-40 и напряжения РН-50. Снять основные характеристики реле.

1 Предмет изучения

В устройствах релейной защиты и противоаварийной автоматики, в качестве органа, реагирующего на повышение тока в контролируемой цепи находят все большее применение электронные реле, в то же время эксплуатируются и продолжают выпускаться в большом количестве хорошо себя зарекомендовавшие на протяжении длительного времени электромеханические реле.

В реле РТ-40 (рис.1) использована одна из разновидностей электромагнитных систем, называемая системой с поперечным движением якоря.

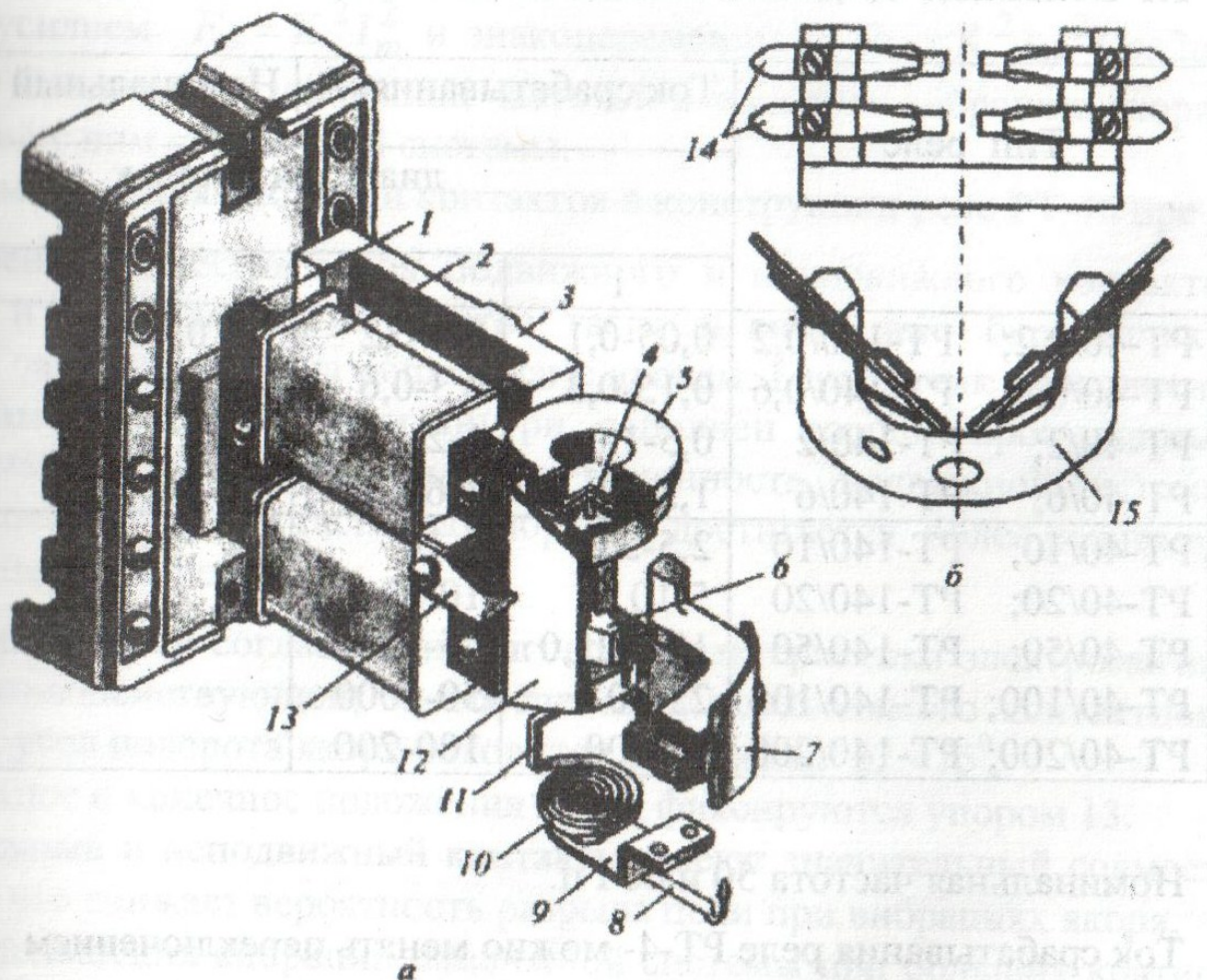
Магнитная система реле состоит из П-образного шихтованного магнитопровода 1 рис.1,а и Г-образного якоря 12, выполненного из тонкой сплошной пластины, вращающегося на двух полюсах. На рисунке видно только верхнюю полюсь 4. На магнитопроводе установлены две одинаковые катушки 2, которые можно соединить последовательно или параллельно. В выпускаемых реле они соединены последовательно. Якорь реле удерживается в начальном положении с помощью противодействующей спиральной пружины 10, один конец которой связан хвостовиком 11 с якорем, а другой с указателем уставки 8. Пружина крепится на держателе пружины 9.

При перемещении якоря перемещается и контактный мостик с подвижными контактами 6, жестко связанный с полюсью 4.

На рис. 1б пояснено выполнение крепления контактных пружин (неподвижных контактов) к держателю (изоляционной колодке) 9.

При прохождении тока по обмотке реле магнитный поток, создаваемый этим током, намагничивает якорь, возникающая при этом электромагнитная сила будет создавать вращающий момент, поворачивающий подвижную систему по часовой стрелке. Этому перемещению препятствует спиральная пружина, создающая противодействующий момент.

Для надежного срабатывания реле необходимо, чтобы вращающий момент был больше момента сопротивления пружины, сил инерции



1-электромагнит; 2-катушка обмотки; 3-стойка; 4-верхняя полуось; 5-барабанчик; 6-контактный мостик с подвижными контактами; 7-шкала уставок; 8-указатель; 9-держатель пружины; 10-спиральная пружина; 11-хвостовик; 12-якорь; 13-упор; 14-неподвижные контакты; 15-изоляционная колодка

Рис.1. Конструктивное исполнение реле РТ-40

а – общий вид и элементы конструкции

б – крепление неподвижных контактов

при движении (трение, масса). Равенство моментов определяет граничное условие, т.е. условие срабатывания реле.

Отсюда следует, что для реле подобного типа наиболее простым способом регулирования тока срабатывания является изменение натяжения пружины. Если ослабить противодействующее усилие пружины 10, т.е. сдвинуть указатель 8 влево по шкале, то ток срабатывания уменьшится. У реле РТ-40 при перемещении указателя от крайнего левого в крайнее правое положение ток срабатывания увеличивается в 2 раза.

1.1 Основные сведения об изделии и технические данные

Тип реле	Ток срабатывания, А		Номинальный ток, А	
	диапазон уставок			
	1	2	1	2
РТ-40/0,2; РТ-140/0,2	0,05-0,1	0,1-0,2	0,4	1,0
РТ-40/0,6; РТ-140/0,6	0,15-0,3	0,3-0,6	1,6	2,5
РТ-40/2; РТ-140/2	0,5-1,0	1-2	2,5	6,3
РТ-40/6; РТ-140/6	1,5-3,0	3-6	10	16
РТ-40/10; РТ-140/10	2,5-5,0	5-10	16	
РТ-40/20; РТ-140/20	5-10	10-20		
РТ-40/50; РТ-140/50	12,5-25,0	25-50		
РТ-40/100; РТ-140/100	25-50	50-1000		
РТ-40/200; РТ-140/200	50-100	100-200		

Номинальная частота 50 и 60 Гц.

Ток срабатывания реле РТ-4- можно менять переключением обмоток катушек с последовательного соединения на параллельное, в последнем случае ток, проходящий по каждой из катушек, уменьшается в 2 раза и соответственно уменьшается намагничивающая сила. Так как шкала реле при изготовлении градуируется для последовательного соединения секций обмотки, то при параллельном включении катушек реле ток надо увеличить в 2 раза.

При прохождении по обмотке реле переменного тока якорь притягивается по закону Максвелла с электромагнитной силой

$$F = \frac{\Phi_m^2 \sin^2 \omega t}{2\mu_0 S_\delta}$$

где Φ_m - амплитуда магнитного потока;

ω - угловая частота;

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{\Gamma_n}{м}$ - магнитная проницаемость вакуума;

S_δ - площадь рабочего зазора.

Так как $\sin^2 \omega t = 0,5(1 - \cos 2\omega t)$, то усилие можно записать

$$F = K^2 I_m^2 \cos 2\omega t.$$

Из этого выражения видно, что притяжение якоря обусловлено постоянным усилием $F_{\sim} = K^2 I_m^2$ и знакопеременным $F_{\sim} = K^2 I_m^2 \cos 2\omega t$, которое изменяется с удвоенной частотой и вызывает вибрацию якоря и связанной с ним контактной системы.

Для уменьшения вибрации контактов в конструкции реле РТ-40 предусмотрены совместный ход подвижного и неподвижного контактов (рис.1б) и специальное устройство: гаситель вибрации – барабанчик 5 (рис.1а), закрепленный на общей оси с якорем. Барабанчик выполнен с радиальными перегородками внутри, заполнен хорошо просушенным кварцевым песком, что повышает инерционность подвижной системы. За счет инерционности гасителя вибрации достигается более равномерный вращающий момент.

Для наилучшего согласования тяговой характеристики электромагнита с противодействующей, и обеспечения необходимого контактного нажатия, угол поворота якоря находится в пределах $62 - 75^\circ$.

Начальное и конечное положения якоря фиксируются упором 13.

Подвижный и неподвижный контакты имеют значительный совместный ход, что снижает вероятность разрыва цепи при вибрациях якоря.

Для уменьшения вибрации подвижной системы при больших кратностях тока и искажением формы кривой тока на сердечнике имеется участок с уменьшенным сечением (под катушками), якорь имеет сечение гораздо меньше сечения шихтованного магнитопровода.

При больших токах эти участки насыщаются и ограничивают величину магнитного потока, а следовательно и усилие.

Конструкция реле напряжения аналогична конструкции реле тока. Обмотка напряжения состоит из двух одинаковых секций, подключается параллельно сети через выпрямительный мост и добавочные резисторы. При питании обмоток постоянным током, вибрация якоря отсутствует, следовательно, нет необходимости в демпфирующих барабанчиках.

Реле напряжения можно использовать на увеличение напряжения - реле максимального напряжения, чаще используется на снижение напряжения - реле минимального напряжения.

2 Программа работы и порядок ее выполнения

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия электромеханических реле максимального тока и напряжения.

2. Подобрать аппаратуру по предлагаемому перечню. Собрать схему электрическую соединений.
3. Снять и построить зависимости тока срабатывания $I_{ср}$, тока возврата $I_{в}$ и коэффициента возврата $K_{в}$ от начального положения якоря.
4. Снять зависимости тока срабатывания, тока возврата, коэффициента возврата и мощности срабатывания реле от значения тока уставки. На каждой уставке произвести по пять измерений. Определить средние значения и разброс. Оценить погрешности измерений. Построить зависимости средних значений измеренных параметров от уставки. Коэффициент возврата электромагнитного реле определяется по формуле

$$K_{в} = \frac{I_{в}}{I_{ср}}$$

Переключение уставок реле, подключение и отключение измерительных приборов производить только при отключенном положении выключателя «СЕТЬ».

Среднее значение параметра вычисляется по формуле

$$X_{ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

где X_i - значение параметра, полученного при измерении;

n - количество измерений.

Разброс исследуемой величины, % определяется по формуле

$$\delta'_p = \frac{X_{i\max} - X_{ср}}{X_{ср}} 100, \quad \delta''_p = \frac{X_{i\min} - X_{ср}}{X_{ср}} 100$$

где $X_{i\max}$, $X_{i\min}$ - максимальное и минимальное значение измерительного параметра.

Средняя основная погрешность по току срабатывания, % рассчитывается по формуле

$$\delta_I = \frac{I_{срср} - I_{уст}}{I_{уст}} 100,$$

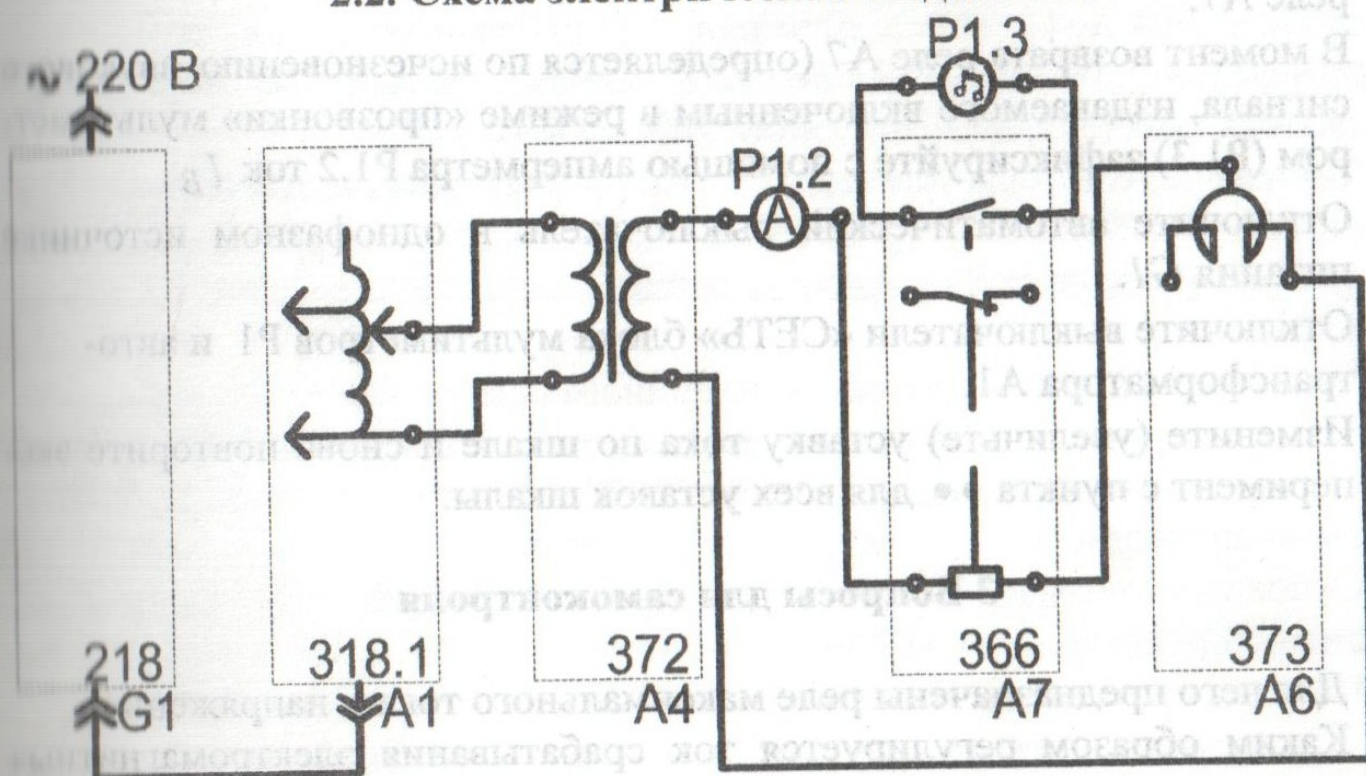
где $I_{срср}$, $I_{уст}$ - среднее значение тока срабатывания и уставки реле.

Аналогично рассчитывается погрешность по току возврата.


2.1 Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0...240 В/2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА 220/24 В
A6	Сдвоенный реактор	373	~220 В/2x5 А 0,005 Гн
A7	Реле максимального тока	366	Номинальный ток ~ 6,3 А Уставка реле ~ 1,0...2,0 А Коммутируемое напряжение 250 В Контакты 1з+1р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≅ 0...1000 В ≅ 0...10 А 0...20 МОм

2.2. Схема электрическая соединений



2.3 Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления «» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелке положение.
- Установите желаемую уставку реле тока А7, начиная с минимальной.
- Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания *G1*.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.
- Активизируйте используемые мультиметры Р1.2 и Р1.3.
- Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте ток, протекающий по обмотке реле А7.
- В момент срабатывания реле А7 (определяется по появлению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток $I_{ср}$.
- Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте ток, протекающий по обмотке реле А7.
- В момент возврата реле А7 (определяется по исчезновению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром (Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток I_B .
- Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания *G1*.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.
- Измените (увеличьте) уставку тока по шкале и снова повторите эксперимент с пункта •• для всех уставок шкалы.

3 Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначены реле максимального тока и напряжения.
2. Каким образом регулируется ток срабатывания электромагнитных реле.

3. Почему коэффициент возврата у реле меньше единицы.
4. С какой целью якорь электромагнита выполняется Г-образной формы.
5. Для чего в магнитопроводе имеются участки уменьшенного сечения.
6. С какой целью якорь реле выполняется сплошным и малого сечения.
7. Для чего в реле тока служит барабанчик и почему в реле напряжения он отсутствует.
8. Какую функцию выполняет спиральная пружина.
9. Каким образом можно изменить ток или напряжение срабатывания.
10. Какие факторы влияют на разброс токов срабатывания и возврата.
11. Каким образом можно устранить вибрацию контактов.
12. Какие факторы вызывают вибрацию контактов.
13. Каково влияние уставки, начального и конечного положений якоря, а также воздушного зазора между якорем и полюсами сердечника на ток срабатывания $I_{ср}$ и коэффициент возврата K_v .