

Л. С. ЖДАНОВ
В. В. ОВЧИННИКОВ

**ЭЛЕКТРО-
МАГНИТНЫЕ
РЕЛЕ ТОКА
И НАПРЯЖЕНИЯ
РТ и РН**



31470466

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 325

Л. С. ЖДАНОВ, В. В. ОВЧИННИКОВ

ЭЛЕКТРО- МАГНИТНЫЕ РЕЛЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ РТ и РН



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1971

6П2.1

Ж 42

УДК 621.316.925.42/43

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Каминский Е. А., Мандрыкин С. А., Розанов С. П.,
Синьчугов Ф. И., Соколов Б. А., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

Жданов Л. С., Овчинников В. В.

Ж 42 Электромагнитные реле тока и напряжения РТ
и РН, М., «Энергия», 1971.

72 с. с ил. (Б-ка электромонтера Вып. 325).

В брошюре рассматриваются принцип действия и конструкция
электромагнитных реле серий РТ и РН, выпускаемых в настоящее
время промышленностью взамен реле ЭТ-500 и ЭН-500.

Приводятся основные характеристики реле и их технические дан-
ные. Даны рекомендации по регулировке и наладке реле.

Брошюра рассчитана на электромонтеров и мастеров, обслуживаю-
щих устройства релейной защиты и автоматики электроустановок.

3-3-9

111-70

6П2.1

Леонид Сергеевич Жданов,
Владимир Васильевич Овчинников
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ ТОКА
И НАПРЯЖЕНИЯ РТ И РН

Редактор И. П. Березина
Обложка художника П. П. Перевалова
Технический редактор В. В. Зеркаленкова
Корректор И. А. Володяева

с. 1479466

Сдано в набор 20/XI 1970 г.
Подписано к печати 21/V 1971 г. Т-06287
Формат 84×108^{1/2} Бумага типографская № 1
Усл. печ. л. 3,78 Уч.-изд. л. 3,9
Тираж 15 000 экз. Цена 16 коп. Зак. 1465

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.

Шлюзовая наб. 10.

Государственная
публичная библиотека
им. В. Г. Белинского
г. Свердловск

1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЯКОРЯ

Устройство электромагнитных реле основано на взаимодействии магнитного поля обмотки, по которой проходит ток, с подвижным стальным якорем.

В реле РТ40 и РН50 использована одна из разновидностей электромагнитных систем, называемая системой с поперечным движением якоря (рис. 1). Конструкция состоит из сердечника 1 с двумя полуобмотками 2, расположенными на его верхнем и нижнем полюсах. Перед полюсами помещен жестко укрепленный на оси 10 легкий Г-образный стальной якорь 3. На оси якоря укреплены также возвратная (противодействующая) пружина 4 и изолированный от оси контактный мостик 5.

Начальное положение якоря, отведенного от полюсов сердечника возвратной пружиной, ограничивается левым упором 6, конечное положение повернутого к полюсам сердечника — правым упором 7.

В обесточенном состоянии реле контактный мостик замыкает правую пару неподвижных размыкающих контактов 8, при перемещении якоря в сторону полюсов мостик замыкает левую пару неподвижных замыкающих контактов 9.

При прохождении по обмотке реле тока *I* создается магнитный поток Φ , замыкающийся через сердечник и якорь. Поток, пронизывая якорь, намагничивает его. На рис. 1 видно, что силовые линии выходят из верхнего (северного) полюса сердечника и входят в верхнюю часть полки Г-образного якоря и соответственно выходят из нижней части полки якоря и входят в нижний (южный) полюс сердечника. Таким образом, сердечник и якорь оказываются обращенными друг к дру-

гу разноименными полюсами. Возникающая в результате этого электромагнитная сила $F_{эл}$ притягивает якорь к полюсам сердечника.

При изменении направления тока в обмотке изменяется полярность как сердечника, так и якоря. Поэтому сердечник и края якоря всегда оказываются обращенными друг к другу разноименными полюсами.

Из сказанного следует, что направление электромагнитной силы притяжения не зависит от направления тока в обмотке, и якорь, притягиваясь к полюсам сердечника, будет поворачиваться вокруг оси в направлении, указанном стрелкой, независимо от того, какой ток проходит по обмотке — постоянный или переменный.

Таким образом, электромагнитные реле могут быть использованы как на постоянном, так и на переменном токе.

Электромагнитная сила, с которой якорь притягивается к сердечнику, пропорциональна квадрату магнитного потока Φ :

$$F_{эл} = k_1 \Phi^2. \quad (1)$$

Поток Φ и создающий его ток I находятся в следующей зависимости:

$$\Phi = k_2 \frac{Iw}{l}, \quad (2)$$

Где ω — число витков обмотки; l — расстояние от якоря до сердечника.

Заменив Φ в формуле (1) на его выражение (2), получим:

$$F_{\text{эл}} = k_3 \frac{I^2 \omega^2}{l^2}. \quad (3)$$

В системах с поперечным движением якоря электромагнитная сила образует относительно оси якоря врашающий момент

$$M_{\text{эл}} = k_4 F_{\text{эл}}, \quad (4)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 — коэффициенты пропорциональности.

Раскрывая физический смысл выражений (1) — (4), необходимо сделать следующие практические выводы:

1. Электромагнитная сила притяжения якоря $F_{\text{эл}}$ возрастает с увеличением тока I , причем нарастание силы $F_{\text{эл}}$ происходит в большей степени, чем увеличение тока I , так как сила $F_{\text{эл}}$ прямо пропорциональна квадрату тока I .

2. При неизменном значении тока I увеличение числа витков ω обмотки приводит к возрастанию, а уменьшение числа витков ω — к снижению электромагнитной силы, причем сила $F_{\text{эл}}$ прямо пропорциональна квадрату числа витков ω .

Иначе говоря, для получения одной и той же величины $F_{\text{эл}}$ нужно: при меньшем количестве витков ω — подать в катушку больший ток I , при большем количестве витков ω — подать в катушку меньший ток I .

3. Величина электромагнитной силы $F_{\text{эл}}$ обратно пропорциональна квадрату расстояния l между сердечником и якорем (l — воздушный зазор). Практически это означает, что даже при незначительном увеличении воздушного зазора сила притяжения якоря уменьшается довольно резко и, наоборот, при уменьшении воздушного зазора сила притяжения возрастает.

Основная часть магнитного сопротивления контура, по которому замыкается магнитный поток, сосредоточена в воздушном зазоре, так как сталь сердечника и якоря, будучи ферромагнитным материалом, обладает в сотни раз меньшим магнитным сопротивлением по сравнению с магнитным сопротивлением воздуха, не обладающего магнитными свойствами. Поэтому с умень-

шением воздушного зазора l уменьшается магнитное сопротивление системы, увеличивается поток Φ и, следовательно, возрастает электромагнитная сила $F_{\text{эл}}$.

Однако для реле тока и напряжения, используемых в схемах релейной защиты и автоматики в качестве пусковых органов, сильная зависимость $F_{\text{эл}}$ и $M_{\text{эл}}$ от величины воздушного зазора неблагоприятно сказывалась бы на некоторых их характеристиках, о чём подробнее будет сказано ниже.

Именно поэтому принятая для реле тока и напряжения конструкция с поперечным движением якоря имеет Г-образный профиль якоря, при котором величины воздушного зазора в различных положениях якоря изменяются сравнительно мало (рис. 2).

Особых пояснений требует зависимость между электромагнитным моментом $M_{\text{эл}}$ и электромагнитной силой $F_{\text{эл}}$.

Коэффициент пропорциональности k_4 в формуле (4) изменяется по сложному закону в зависимости от угла между якорем и сердечником.

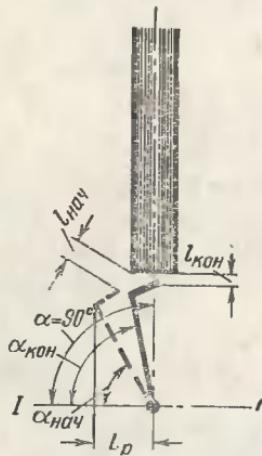
Если у реле убрать правый упор 7 (см. рис. 1) и дать возможность якорю реле свободно перемещаться в направлении полюсов под действием электромагнитного момента, то якорь встанет в одной плоскости с полюсами сердечника, т. е. займет

Рис. 2. Изменение зазора между якорем и полюсами при срабатывании реле.

$l_{\text{нач}}$ — длина воздушного зазора при начальном положении якоря; $l_{\text{кон}}$ — длина воздушного зазора при конечном положении якоря; L_p — плечо электромагнитного момента.

положение, соответствующее наибольшему значению потока Φ в воздушном зазоре. На рис. 2 это положение отмечено углом $\alpha \approx 90^\circ$. Однако при этом электромагнитный момент равен нулю.

Равенство электромагнитного момента нулю наиболее просто уяснить, представив момент как произведение силы $F_{\text{эл}}$ на плечо L_p (рис. 2). При угле $\alpha = 90^\circ$ якорь занимает положение, при котором направление силы $F_{\text{эл}}$ совпадает с плоскостью якоря и, следовательно, плечо момента L_p равно нулю. Поэтому и момент равен нулю.



Для обеспечения необходимого нажатия на контакты работа реле должна осуществляться в определенных пределах углов поворота якоря. Эти пределы устанавливаются упорами 6 и 7.

Поскольку первоисточником возникновения электромагнитного момента является ток, выражение (4) с учетом зависимости (3) можно записать следующим образом:

$$M_{\text{эл}} = k_5 I^2, \quad (5)$$

где k_5 — коэффициент пропорциональности, зависящий от изменения угла α и в некоторой степени от величины воздушного зазора.

Вращательному движению якоря, стремящегося под действием $M_{\text{эл}}$ притянуться к полюсам, противодействует возвратная пружина 4 (см. рис. 1). Пружина создает противодействующий механический момент $M_{\text{пр}}$.

При отсутствии тока в обмотке реле, а значит, и при отсутствии $M_{\text{эл}}$ противодействующий момент имеет некоторую величину, определяемую начальной затяжкой пружины. Засчет начального противодействующего момента $M_{\text{пр. нач}}$ контактный мостик 5 с достаточным усилием замыкает правую пару неподвижных контактов (размыкающий контакт реле). Левый упор 6 фиксирует начальное положение якоря реле и связанного жестко с ним подвижного контактного мостика.

Если теперь плавно от нуля увеличивать ток в обмотке реле, будет постепенно нарастать электромагнитный момент, по направлению противоположный моменту противодействующей пружины.

Условие, когда электромагнитный момент при увеличении тока окажется равным противодействующему механическому моменту, и подвижная система реле — якорь с контактным мостиком — начнет свое вращение в направлении полюсов сердечника, можно записать равенством

$$M_{\text{эл}} = M_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Состояние реле, когда электромагнитный момент равен противодействующему моменту, принято называть срабатыванием реле.

Наименьший ток, при котором реле срабатывает, называется током срабатывания и обозначается $I_{\text{ср}}$.

При малейшем превышении $M_{\text{эл}}$ над $M_{\text{пр}}$ подвижная система реле начинает движение к полюсам сердечника. Теперь к противодействующему усилию пружины прибавляется сила трения осей в подшипниках реле. По мере вращения подвижной системы в сторону полюсов сердечника механический момент пружины возвращает пропорционально углу закручивания пружины.

Для того чтобы подвижная система при подаче в обмотку реле тока срабатывания не остановилась в промежуточном положении, электромагнитный момент должен при повороте якоря нарастать быстрее механического противодействующего момента.

В рассматриваемой конструкции реле преимущественное нарастание $M_{\text{эл}}$ по сравнению с $M_{\text{пр}}$ при движении якоря к полюсам сердечника достигается специальным согласованием момента пружины (сечение пружины, количество и диаметры витков, сорт сплава) с электромагнитным моментом реле. Примерный характер изменения $M_{\text{эл}}$ и $M_{\text{пр}}$ от угла поворота якоря показан на рис. 3.

В преимущественном нарастании $M_{\text{эл}}$ по сравнению с $M_{\text{пр}}$ существенную роль играет и некоторое уменьшение воздушного зазора.

Избыточный момент

$$M_{\text{изб}} = M_{\text{эл}} - M_{\text{пр}}$$

(на графике — отрезки $b—v$ или $b'—v'$) должен преодолеть нарастание момента пружины, возникающее за счет ее закручивания, а также преодолеть трение в подшипниках реле.

В конце хода якоря избыточный момент должен обеспечить необходимое для надежного замыкания цепи давление контактного мостика на левую пару неподвижных контактов.

Возврат притянутого якоря в первоначальное положение происходит под действием противодействующей пружины, причем для этого нужно избыточный момент свести к нулю путем снижения тока в обмотках. На рис. 3 условию возврата соответствует точка v или v' .

Наибольший ток в реле, при котором подвижная система реле возвращается в исходное положение, называется током возврата I_v .

Онтиошение тока возврата к току срабатывания $I_v/I_{ср}$ называется коэффициентом возврата и обозначается k_v .

Чем больше разница между током возврата и током срабатывания, тем меньше коэффициент возврата реле.

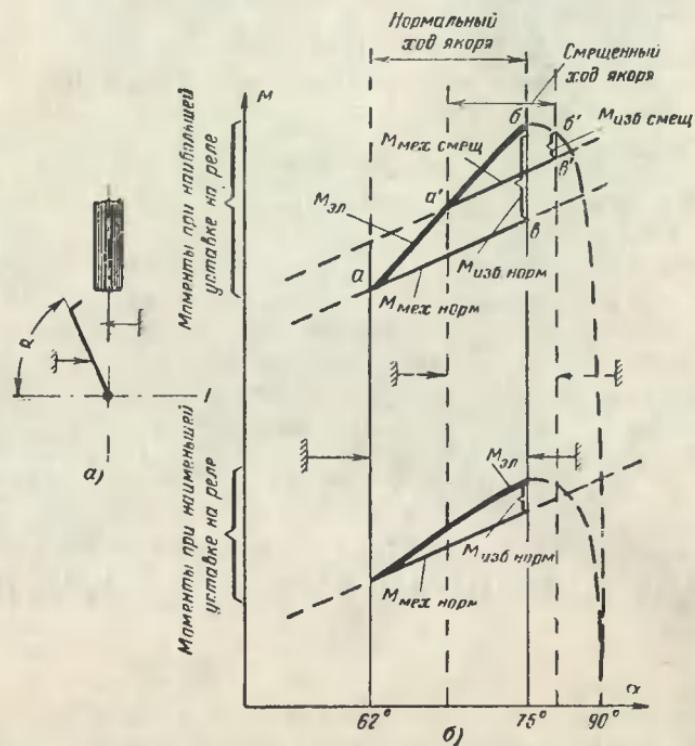


Рис. 3. Зависимость величин электромагнитного и механического моментов, действующих на подвижную систему реле РТ40 и РН50, от угла поворота якоря.

a — начальное положение якоря относительно магнитопровода; *b* — характеристики зависимости электромагнитного и механического моментов реле от угла поворота якоря.

Следовательно, чрезмерно большой избыточный момент хотя и увеличивает давление на контакты, с другой стороны, приводит к нежелательному снижению коэффициента возврата.

Чтобы избыточный момент не был слишком велик и, следовательно, коэффициент возврата не был слишком мал, у реле РТ и РН выбираются такие пределы углов поворота якоря, при которых получается наибольшее

сближение характеристик электромагнитного и противодействующего ему механического момента.

При этом соотношение между $M_{\text{эл}}$ и $M_{\text{пр}}$ должно быть таким, чтобы обеспечивалось необходимое нажатие на контакты. Пределы углов поворота якоря устанавливаются упорами.

Для реле РТ40 и РН50 зависимость $M_{\text{эл}}$ от угла α имеет наилучшее совпадение с характеристикой $M_{\text{пр}}$ при ходе якоря от 62° (начальное положение) до 75° (конечное положение).

Изменение конечного положения якоря в сторону увеличения α резко снижает избыточный момент $M_{\text{изб}}$, что уменьшает давление на контакты.

Если же увеличить ход якоря, сделав начальный угол меньше 62° и оставив конечный угол равным 75° , то резко упадет коэффициент возврата k_v . В указанном снижении коэффициента возврата решающую роль играет увеличение воздушного зазора при начальном положении якоря, так как за счет повышения магнитного сопротивления возрастает ток срабатывания (при неизменном токе возврата).

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РЕЛЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ. РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

В практике релейной защиты используются реле, реагирующие как на изменение тока в цепи защищаемого элемента (токовые реле), так и на изменения напряжения на вводах или сборных шинах электроустановки (реле напряжения).

Включение обмоток токовых реле последовательно в фазы сети (или во вторичные токовые цепи) не может повлиять на величину тока сети, поскольку сопротивление обмоток реле ничтожно мало по сравнению с общим сопротивлением тех цепей, в которые они включены.

Термическая устойчивость обмоток рассчитана на длительное прохождение токов нагрузки и на кратковременное прохождение тока короткого замыкания (в заводских параметрах дается односекундный ток, допустимый по термической устойчивости).

Основное принципиальное отличие реле напряжения от токовых реле заключается в выполнении обмоток, которые у реле напряжения включаются не последова-

тельно в цепь, а на междуфазное или фазное напряжение сети (параллельное включение).

Чтобы подключение обмоток реле напряжения не влияло на величину подведенного напряжения U_p , сопротивление обмотки должно быть значительно больше общего сопротивления сети, в которую реле включается. Поэтому обмотки реле напряжения имеют большое число витков из провода значительно меньшего диаметра по сравнению с обмотками токовых реле.

Величина тока в обмотке реле зависит от напряжения U_p и сопротивления обмотки z_p :

$$I_p = \frac{U_p}{z_p},$$

где z_p — полное сопротивление обмотки реле, состоящее из индуктивной части x_p и активной части R_p .

При подведении переменного напряжения в сопротивлении катушки z_p с большим числом витков преобладает индуктивное сопротивление

$$x_p = \omega L,$$

где $\omega = 2\pi f$ — угловая частота переменного тока сети; L — индуктивность катушки.

Если бы у реле напряжения цепь обмотки состояла только из многовитковых катушек, насаженных на полюса сердечника, то его поведение в условиях срабатывания характеризовалось бы следующими явлениями.

В момент срабатывания из-за уменьшения воздушного зазора l и соответствующего уменьшения магнитного сопротивления реле увеличивалось бы индуктивное сопротивление обмотки x_p . Это приводило бы к снижению тока I_p при неизменном напряжении U_p и, как следствие, к уменьшению $M_{\text{эл}}$.

В результате при втягивании якоря не получалось бы достаточного для надежного замыкания контактов избыточного момента, вследствие чего в условиях срабатывания и возврата подвижная система реле начала бы «плавать».

Поэтому для получения необходимого избыточного момента в реле напряжения последовательно с обмоткой включается добавочное активное сопротивление R_d , величина которого в несколько раз больше сопротивления обмотки. При этом изменение индуктивного сопро-

Тивлений x_p уже не оказывает заметного влияния на I_p в момент срабатывания или возврата реле.

Кроме обеспечения нарастания $M_{эл}$ при ходе якоря R_d исключает влияние на уставку реле изменений температуры обмотки и частоты ω .

Таким образом, электромагнитный момент $M_{эл}$, пропорциональный в электромагнитном реле квадрату тока, применительно к реле напряжения можно записать:

$$M_{эл} = k_5 I_p^2 = k_5 \frac{U_p^2}{z_p^2},$$

где k_5 — коэффициент пропорциональности [см. выражение (5)].

Но так как z_p при наличии R_d мало изменяется при движении якоря, то электромагнитный момент зависит только от подведенного к зажимам реле напряжения U_p . При снижении U_p уменьшается I_p и наоборот, так что изменение $M_{эл}$ у реле напряжения аналогично изменению $M_{эл}$ у токовых реле (рис. 3).

Конструктивно R_d выполняется в виде отдельного сопротивления, установленного внутри реле.

Рассмотренные в § 1 реле действуют при возрастании тока в их обмотке и поэтому называются максимальными реле.

В практике используются также минимальные реле, действующие при уменьшении тока в обмотке. В нормальных условиях якорь минимального реле находится в притянутом положении. Условием срабатывания минимальных реле принято считать отпадание якоря при уменьшении тока в обмотке.

Поэтому током срабатывания $I_{ср}$ минимального реле называют наибольший ток, при котором якорь возвращается в положение, соответствующее обеспеченным обмоткам реле, а током возврата I_b — наименьший ток, при котором якорь реле притягивается к полюсам.

Как и у максимальных реле, коэффициент возврата минимальных реле равен отношению I_b к $I_{ср}$.

У максимальных реле I_b меньше $I_{ср}$, поэтому k_b меньше единицы, у минимальных реле I_b больше $I_{ср}$, поэтому k_b больше единицы.

Реле напряжения также могут использоваться для действия как при повышении напряжения, так и при

понижении напряжения. Особенностью реле минимального напряжения, так же как и токовых реле, является срабатывание при возврате якоря в начальное положение из конечного, в котором реле находится при нормальной работе электроустановки под воздействием $U_p = U_{\text{раб}}$.

У реле максимального напряжения коэффициент возврата $k_b = U_b/U_{\text{ср}}$ — меньше единицы, у реле минимального напряжения $k_b = U_b/U_{\text{ср}}$ — больше единицы.

3. ВИБРАЦИЯ ПОДВИЖНОЙ СИСТЕМЫ РЕЛЕ РТ И РН И СПОСОБЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Контакты реле должны четко работать на замыкание и размыкание цепи в схеме защиты или автоматики, обеспечивая надежность цепи и отсутствие дуги между подвижным мостиком и неподвижными контактами. Надежность работы контактов определяется четким однократным срабатыванием и возвратом промежуточного реле или реле времени, на которое действуют эти контакты в схеме.

У реле РТ, обмотки которого включаются непосредственно в цепь переменного тока, электромагнитная сила притяжения якоря имеет по величине переменный характер. В то же время противодействующая сила пружины имеет неизменное значение.

Из рис. 4 видно, что в течение одного периода якорь стремится 2 раза притянуться и 2 раза отпасть, т. е. при 50-периодном токе якорь может иметь 100 колебаний в секунду. Эти колебания, если не принять специальных мер, приводили бы к вибрации контактной системы реле, применяют

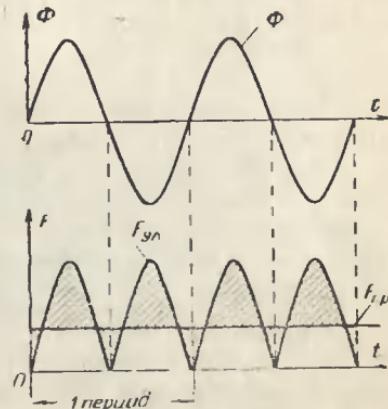


Рис. 4. Кривые изменения магнитного потока и силы притяжения якоря при включении обмотки реле в цепь переменного тока.

$F_{\text{пр}}$ — противодействующее усилие пружины при втянутом под полюсы якоре; $F_{\text{эл}}$ — электромагнитная сила; t — время.

различные механические демпферы или выпрямители переменного тока.

Так, в реле РТ40 применено механическое демпферное устройство (гаситель колебаний), состоящее из пластмассового барабанчика с алюминиевой крышкой. Барабанчик разделен на шесть секций. Секции заполнены чистым просеянным песком. Действие этого устройства основано на поглощении энергии колебаний,

которая переходит в работу трения песчинок.

Вибрация подвижной системы реле в значительной степени зависит от жесткости упора конечного положения якоря, поэтому этот упор должен быть достаточно надежно укреплен в стойке реле.

Опыт эксплуатации реле максимального тока показал, что несмотря на наличие демпферного устройства

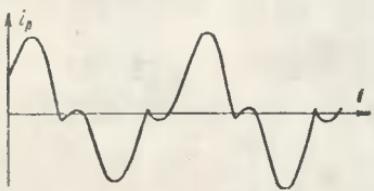
Рис. 5. Форма кривой тока в обмотке реле РТ40 при значительных перегрузках трансформаторов тока.

они подвержены вибрации при работе на несинусоидальном токе, появляющемся в обмотках реле из-за значительного искажения формы кривой вторичного тока трансформаторов тока. Это случается при перегрузках трансформаторов тока, когда токи короткого замыкания достигают значительных величин.

При сильном искажении формы кривой тока (рис. 5) длительность бестоковой паузы в течение значительной части каждого полупериода увеличивается. Инерция подвижной системы вместе с демпфером становится недостаточной, чтобы удерживать якорь в подтянутом положении, и вследствие этого появляется вибрация.

Для уменьшения вибрации подвижной системы в таких случаях увеличивают совместный ход замыкающих контактов до 2 мм. Проведенные в ОРГРЭС и в ЦЛЭМ Мосэнерго испытания показали, что увеличенный совместный ход контактов уменьшает возможность размыкания замкнувшихся контактов при сравнительно большой амплитуде колебаний подвижной системы.

Так, при совместном ходе контактов 2 мм, при кратностях тока в реле, равных 20—25 $I_{ср}$, и сильно искаженной форме кривой тока (рис. 5) наблюдалась такая вибрация подвижной системы, которая не приводи-



зала, что несмотря на наличие демпферного устройства они подвержены вибрации при работе на несинусоидальном токе, появляющемся в обмотках реле из-за значительного искажения формы кривой вторичного тока трансформаторов тока. Это случается при перегрузках трансформаторов тока, когда токи короткого замыкания достигают значительных величин.

При сильном искажении формы кривой тока (рис. 5) длительность бестоковой паузы в течение значительной части каждого полупериода увеличивается. Инерция подвижной системы вместе с демпфером становится недостаточной, чтобы удерживать якорь в подтянутом положении, и вследствие этого появляется вибрация.

Для уменьшения вибрации подвижной системы в таких случаях увеличивают совместный ход замыкающих контактов до 2 мм. Проведенные в ОРГРЭС и в ЦЛЭМ Мосэнерго испытания показали, что увеличенный совместный ход контактов уменьшает возможность размыкания замкнувшихся контактов при сравнительно большой амплитуде колебаний подвижной системы.

Так, при совместном ходе контактов 2 мм, при кратностях тока в реле, равных 20—25 $I_{ср}$, и сильно искаженной форме кривой тока (рис. 5) наблюдалась такая вибрация подвижной системы, которая не приводи-

ла к разрыву цепи промежуточного реле, включенного через контакты испытуемого реле.

Кроме вибрации подвижной системы, обусловленной различиями в форме кривой электромагнитной силы притяжения якоря и характеристики противодействующей силы пружины, на электромагнитных реле с поворотным якорем наблюдается еще вибрация контактов.

Подвижный контакт, имеющий некоторую массу, к моменту касания подходит к неподвижному с определенной скоростью и, таким образом, обладает кинетической энергией. В момент касания возникает отскок неподвижных контактов, что приводит к неоднократному замыканию цепи.

При вибрации контактов вследствие многократно повторяющихся разрывов цепи происходит подгорание контактов, а из-за того что не фиксируется четко первый момент срабатывания, возможен сбой в работе схемы.

Устранение этого явления достигается тщательной регулировкой контактной системы (см. § 6,в).

У реле РН и тех реле РТ, исполнительные органы которых включаются в цепь через промежуточные насыщающиеся трансформаторы, ток через обмотки реле во всех возможных режимах работы относительно невелик, и для предотвращения вибрации применяется выпрямительная схема.

Принципиальная схема реле РН50 с двухполупериодной мостовой схемой выпрямления приведена на рис. 6. В схему входит добавочное сопротивление R_d и четыре диода $D_1—D_4$, включенных по схеме моста. К одной диагонали моста через сопротивление R_d подается переменное напряжение U_p , в другую диагональ включена обмотка реле z_p .

В один из полупериодов, когда потенциал точки 1 положителен, а потенциал точки 2 отрицателен, ток проходит от точки 1 через сопротивление R_d , диод D_1 , обмотку реле z_p и диод D_3 к точке 2. В следующий по-

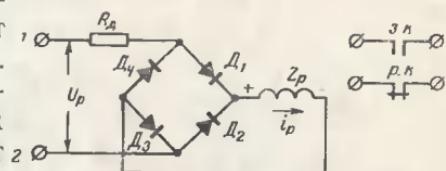


Рис. 6. Принципиальная схема выполнения реле РН50.

z_p — обмотка реле; $D_1—D_4$ — диоды кремниевые; R_d — сопротивление добавочное; з.к. — замыкающий контакт; р.к. — размыкающий контакт.

лупериод, когда полярность концов 1 и 2 поменяется, ток пройдет от точки 2 через диод D_2 , обмотку реле z_p , диод D_4 и сопротивление R_d к точке 1. Направление тока через обмотку z_p в течение обоих полупериодов остается неизменным. Иначе говоря, в рассматриваемой

схеме имеет место двухполупериодное выпрямление.

Если бы обмотка реле имела чисто активное сопротивление, то процесс образования электромагнитной силы $F_{эл}$ и соответственно электромагнитного момента $M_{эл}$ протекал бы следующим образом.

Под воздействием переменного синусоидального напряжения U_p в работу поочередно включаются диоды D_1 , D_3 и D_2 , D_4 .

Форма токов, проходящих через эти диоды, показана на рис. 7, б и в.

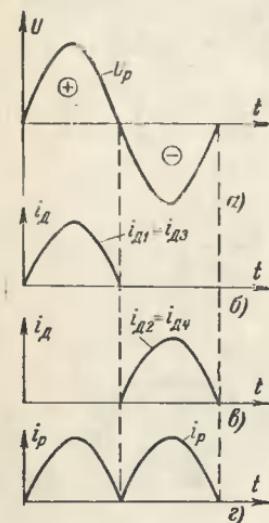
В результате через обмотку реле проходил бы пульсирующий ток (рис. 7, г), и электромагнитные силы $F_{эл}$ и момент $M_{эл}$ также получались бы пульсирующими.

В действительности же при работе выпрямителя D_1-D_4 на смешанную нагрузку z_p , в которой преобладает индуктивная составляющая, происходит сглаживание пульсаций выпрямленного тока.

U_p — переменное напряжение на входе схемы; i_{D_1} — токи через диоды D_1-D_4 ; i_p — ток в нагрузке.

Процесс удобно пояснить на схеме с однополупериодным выпрямлением (рис. 8, а). В течение положительного полупериода напряжения в цепи существует ток, который не прекращается в конце полупериода, так как э. д. с. самоиндукции продолжает его поддерживать (рис. 8, б). Ток поддерживается до тех пор, пока возрастающее напряжение отрицательного полупериода не окажется больше э. д. с. самоиндукции. Тогда ток прекращается и остается равным нулю до начала следующего положительного полупериода.

При двухполупериодной схеме график выпрямленного тока в обоих полупериодах должен иметь одинаковую форму.



ковый вид. Результирующая кривая тока в схеме двухполупериодного выпрямления (ток в обмотке реле i_p) имеет вид, показанный на рис. 8,в.

Таким образом, индуктивность катушки реле резко уменьшает



Рис. 8. Кривые изменения напряжения и токов в схемах напряжения с активно-индуктивной нагрузкой.

а — схема однополупериодного выпрямителя; б — кривые напряжения и токов в схеме однополупериодного выпрямителя; в — кривые напряжения и токов в схеме двухполупериодного выпрямителя; i'' — периодическая составляющая тока, обусловленная э. д. с. самоиндукции индуктивности L .

пульсации выпрямленного тока, что в свою очередь приводит к аналогичному снижению пульсаций электромагнитного момента и практически к предотвращению вибрации контактов реле.

4. КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ РЕЛЕ РТ И РН

Токовые реле РТ40 и реле напряжения РН50 по конструкции мало отличаются друг от друга. На рис. 9,а показан общий вид реле РТ40. Реле состоит из следующих основных элементов: П-образного стального сердечника 1 с установленными на нем катушками тока (или напряжения для РН 50) 2; подвижной системы, состоящей из якоря 3, подвижного контакта 5 и гасителя колебаний 22 (для РТ40); алюминиевой стойки 23, упоров левого 6 и правого (на рис. 9,а не показан); изоля-

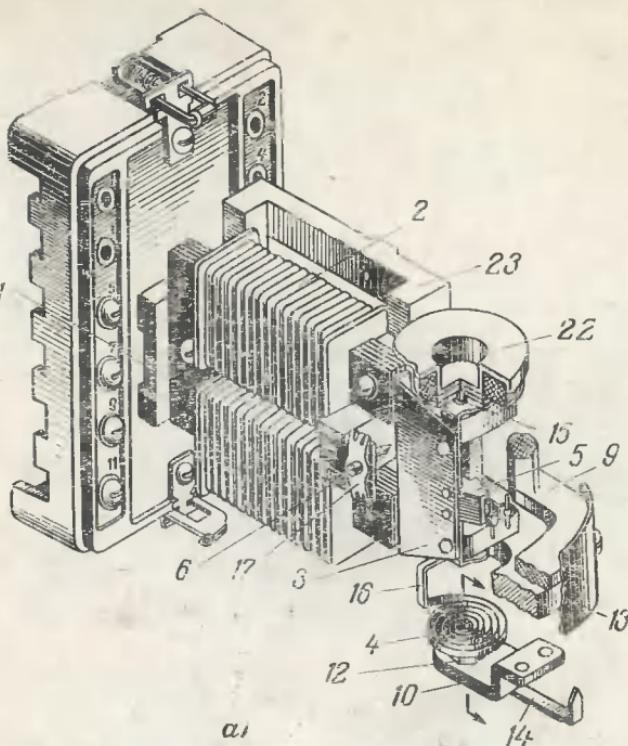


Рис. 9. Конструктивное выполнение реле РТ40 (РН50).

a — конструкция реле РТ40; *б* — изоляционная колодка с неподвижными контактами; *в* — регулировочный узел; *г* — контактный узел; 1 — сердечник; 2 — каркас катушки с обмоткой; 3 — якорь; 4 — спиральная пружина; 5 — подвижной контакт; 6 — левый упор; 7 — правая пара контактов; 8 — левая пара контактов; 9 — изоляционная колодка; 10 — пружинодержатель; 11 — фасонный винт; 12 — шестигранная втулка; 13 — шкала установок; 14 — указатель установки; 15 — верхняя полусось; 16 — хвостовик; 17 — фасонная пластинка; 18 — пружинящая шайба; 19 — бронзовая пластина с серебряной полоской; 20 — передний упор; 21 — задний гибкий упор; 22 — гаситель колебаний; 23 — алюминиевая стойка.

ционной колодки 9 с расположенными на ней двумя парами неподвижных контактов (рис. 9,б): левыми 8 и правыми 7; регулировочного узла (рис. 9,в), состоящего из пружинодержателя 10, фасонного винта 11 с насаженной на него разрезной шестигранной втулкой 12 и противодействующей спиральной пружиной 4; шкалы уставок 13 и указателя уставки 14.

Реле смонтировано в корпусе, состоящем из пластмассового цоколя и кожуха из прозрачного материала.

Алюминиевая стойка 23 крепится к пластмассовому цоколю двумя винтами М4. Пластмассовый цоколь имеет восемь зажимов — по четыре с каждой стороны. На левую сторону (вид спереди) выводятся замыкающие контакты (зажимы 5—7) и размыкающие контакты (зажимы 9—11), на правую сторону цоколя выводятся обмотки каждой катушки: на зажимы 6—10 верхняя обмотка, на зажимы 8—12 нижняя.

На алюминиевой стойке с помощью трех винтов М3 укреплен П-образный сердечник 1. Для снижения потерь в стали, возникающих из-за вихревых токов, сердечник набирается из пластины электротехнической стали, изолированных друг от друга. Отверстия в сердечнике под крепящие винты имеют диаметр несколько больший, чем диаметр винтов, что позволяет перемещать сердечник на 1—1,2 мм, приближая, либо удаляя его от якоря. На сердечнике располагаются пластмассовые каркасы, заполненные обмоточным проводом.

Спереди на алюминиевой стойке расположена пластмассовая колодка 9, несущая на себе одну пару замыкающих и одну пару размыкающих контактов (рис. 9,б). Колодка имеет возможность перемещаться в горизонтальной плоскости в пределах 2 мм. Это перемещение позволяет изменять в сравнительно небольших пределах расстояние между контактами, совместный ход (провал) контактов, а также угол подхода подвижного контакта по отношению к неподвижным.

Каждый неподвижный контакт вместе с передним и задним упорами представляет собой контактный узел (рис. 9,г), собранный воедино. Неподвижный контакт представляет собой бронзовую пружинящую пластинку 19, на одном из концов которой приварена серебряная полоска длиной 6 и шириной 2,2 мм.

Передний упор 20 необходим для предупреждения раскачивания контактной пластины при вибрации пан-

ли или щита, на котором установлено данное реле. Задний гибкий упор 21 служит для увеличения жесткости контактной пластиинки в конце совместного хода подвижного и неподвижных контактов.

При необходимости контактный узел может перемещаться в пазу пластмассовой колодки на величину порядка 1,5 мм.

Подвижная система реле опирается на верхнюю полуось 15, нижняя полуось является направляющей. Обе полуоси крепятся стопорными винтами в алюминиевой стойке. Полуось представляет собой латунный цилиндр высотой 9 и диаметром 3 мм, в который запрессована стальная шпилька диаметром 1 мм. Конец стальной шпильки заправлен на полусферу, боковая поверхность ее отполирована.

Якорь 3 подвижной системы представляет собой Г-образную стальную пластиинку, укрепленную на П-образной скобе.

К верхней части П-образной скобы, являющейся верхним под пятником подвижной системы, приклепан пластмассовый барабанчик 22 с алюминиевой крышкой. Нижняя часть П-образной скобы имеет отверстие под нижнюю полуось и хвостовик 16, к которому припаивается наружный конец спиральной пружины 4. Пластмассовый барабанчик, наполненный чистым просеянным песком, является гасителем колебаний (вибрации) подвижной системы.

К якорю жестко прикреплена изоляционная фасонная колодочка с подвижными контактами 5 мостиковового типа.

Серебряные мостики свободно поворачиваются вокруг своей оси на угол 5—8°. Угол поворота серебряного мостика определяется упорами, имеющимися на подвижном контакте, и может изменяться посредством отгибания упоров.

Осевой люфт мостика составляет 0,1—0,15 мм.

Поворот якоря ограничивается упорами: левым упором 6 определяется начальное положение якоря,, правым — конечное. Упор представляет собой латунную шпильку диаметром 3 мм, конец которой заправлен на конус.

Для фиксации левого упора используется пружиняющее свойство бронзовой фасонной пластиинки 17. Правый упор, определяющий конечное положение якоря,

фиксируется гайкой М3, так как он воспринимает усилия вибрирующего под действием электромагнитного момента якоря.

Противодействующая спиральная пружина 4 своим внутренним концом закреплена в шестигранной разрезной втулке 12, которая с достаточным трением посажена на фасонный винт 11 диаметром М5 (рис. 9,в). На фасонном винте между пружинящей шайбой и гайкой крепится указатель уставки 14. Пружинящая шайба 18 обеспечивает перемещение указателя по шкале с достаточным трением.

В отличие от реле РТ40 в конструкции реле РН50 отсутствует механический гаситель вибрации подвижной системы.

Соединенные последовательно катушки реле выводятся на зажимы 6, 8, 12 через выпрямительный мост, состоящий из диодов типа Д-226, и добавочные сопротивления. Изоляционная пластина с диодами и сопротивлениями крепится с правой стороны стойки 23.

В реле РН50 правый и левый упоры фиксируются бронзовыми фасонными пластинками.

Шкалы реле, кроме величин уставок, содержат обозначения типов реле. Число, находящееся под дробью в обозначении типа реле, указывает на максимально возможный ток срабатывания при параллельно соединенных катушках реле РТ40. Максимально возможное напряжение срабатывания для реле РН50 можно определить по числу у правой крайней отметки на шкале уставок.

Номинальный ток реле РТ40 или номинальное напряжение реле РН50, указанные на шкале, соответствуют току (напряжению), длительно допустимому для данного реле.

На шкале нанесена принципиальная схема реле и уставки, соответствующие току (напряжению) срабатывания, указанному возле каждой уставки. Шкала реле РТ40 проградуирована при последовательно соединенных катушках. Шкала реле РН50 проградуирована при включении в цепь катушек только одного добавочного сопротивления (при подаче напряжения на зажимы 8, 12).

Для того чтобы получить шкалу уставок, увеличенную вдвое, необходимо установить перемычки на зажимах реле РТ40 так, как это указано справа на шкале

Таблица 1

Исполнение реле	Пределы уставок	Последовательное соединение катушек		Параллельное соединение катушек		Номинальная рабочая напряженность при работе в сухом воздухе, а	Номинальная рабочая напряженность при работе в влажном воздухе, а	Вид изоляции			
		Термическая устойчивость, а		Термическая устойчивость, а							
		Ток срабаты- вания, а	Ток срабаты- вания, а	Ток сраба- тывания, а	Ток сраба- тывания, а						
РТ40/0,2	0,05—0,2 0,15—0,6	0,05—0,1 0,15—0,3	0,55 1,75	15 50	0,1—0,2 0,3—0,6	1,1 3,5	30 100	0,2 0,2			
РТ40/0,6											
РТ40/2	0,5—2	0,5—1	4,15	100	1—2	8,3	200	0,2			
РТ40/6	1,5—6	1,5—3	11	300	3—6	22	600	0,5			
РТ40/10	2,5—10	2,5—5	17	400	5—10	34	800	0,5			
РТ40/20	5—20	5—10	19	400	10—20	38	800	0,5			
РТ40/50	12,5—50	12,5—25	27	500	25—50	54	1 000	0,8			
РТ40/100	25—100	25—50	27	500	50—100	54	1 000	1,8			
РТ40/200	50—200	50—100	27	500	100—200	54	1 000	8			

Два слоя высокопроч-
ной эмали

Таблица 2

Тип реле	Номинальное напряжение, в		Пределы уставок шкалы	1-й диапазон уставок		2-й диапазон уставок		Коэффициент возврата реле	Годительное допустимое напряжение, в	Напряжение срабатывания, в	Длительное допустимое напряжение, в	Напряжение срабатывания, в	Длительное допустимое напряжение, в	Напряжение срабатывания, в	Длительное допустимое напряжение, в	Коэффициент возврата реле	Годительное допустимое напряжение, в
	1-й диапазон	2-й диапазон		Напряжение срабатывания, в	Длительное допустимое напряжение, в	Напряжение срабатывания, в	Длительное допустимое напряжение, в										
RH53/60	30	60	15—60	15—30	33	30—60	66	Не менее 0,8 на любой уставке шкалы	Около 1 вА при напряжении на минимальной уставке	Не менее 0,8 на любой уставке шкалы	1,25 на любой уставке	Не более 1,25 на любой уставке шкалы	66	220	440	220	440
RH53/200	100	200	50—200	50—100	110	100—200	220										
RH53/400	200	400	100—400	100—200	220	200—400	440										
RH54/48	30	60	12—48	12—24	33	24—48	66	Не более 1,25 на любой уставке	1 вА при напряжении на минимальной уставке	Не менее 0,8 на любой уставке шкалы	1,25 на любой уставке	220	440	220	440	220	440
RH54/160	100	200	40—160	40—80	110	80—160	220										
RH54/320	200	400	80—320	80—160	220	160—320	440										
RH53/60Д	100	200	15—60	15—30	110	30—60	220	Не менее 0,8 на любой уставке	Не более 5 вА при U_n на 1 диапазоне	Не менее 0,8 на любой уставке	1,25 на любой уставке	220	440	220	440	220	440

а для реле РН50 необходимо напряжение подвести к зажимам 6, 12.

Одним из показателей правильной настройки реле является соответствие намагничивающей силы срабатывания $I_{ср\phi}$ заводским данным.

Таблица 3

Тип реле	Обмоточные данные катушек ¹		Величина добавочного сопротивления в цепи обмоток реле, ом	
	Число витков на каждой катушке	Диаметр \varnothing провода по меди, мм	1-й диапазон уставок	2-й диапазон уставок
РН53/60 РН54/48 РН51/М56	2 000	0,25	560	1 380
РН53/200 РН54/160 РН53/60Д	6 500	0,13	6 800 1 300	15 900 4 600
РН53/400 РН54/320	1 400	0,09	24 000	57 000

¹ Вид изоляции для всех типов реле — два слоя высокопрочной эмали.

Реле серии РТ40/0,2—РТ40/50 при нормальной регулировке срабатывают при 150 ав на конечной уставке по шкале. Реле РТ40/100 и РТ40/200 на конечной уставке срабатывают при 200 ав, что определяется большими воздушными зазорами.

Разрывная мощность контактов реле РТ и РН всех типов в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой, постоянная времени которой не более 0,005 сек, — 60 вт при напряжении до 220 в и токе до 2 а.

В цепи переменного тока разрывная мощность контактов до 300 вт при напряжении до 220 в и токе до 2 а.

В таблицах 1—3 указаны выпускаемые в настоящее время типы реле серии РТ и РН и их технические данные.

Схемы внутренних соединений реле РТ40 и РН50 показаны на рис. 10, а, б. На рис. 11, а, б приведены размеры, на рис. 12, а, б — разметка отверстий для установки и крепления реле типов РТ40 и РН50.

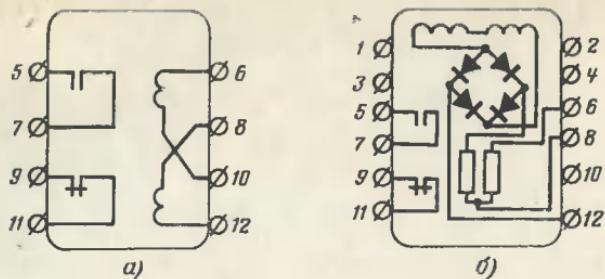


Рис. 10. Схемы внутренних соединений реле РТ40 и РН50 (вид спереди).

a — реле РТ40; *б* — реле РН53, РН54, РН53/60Д

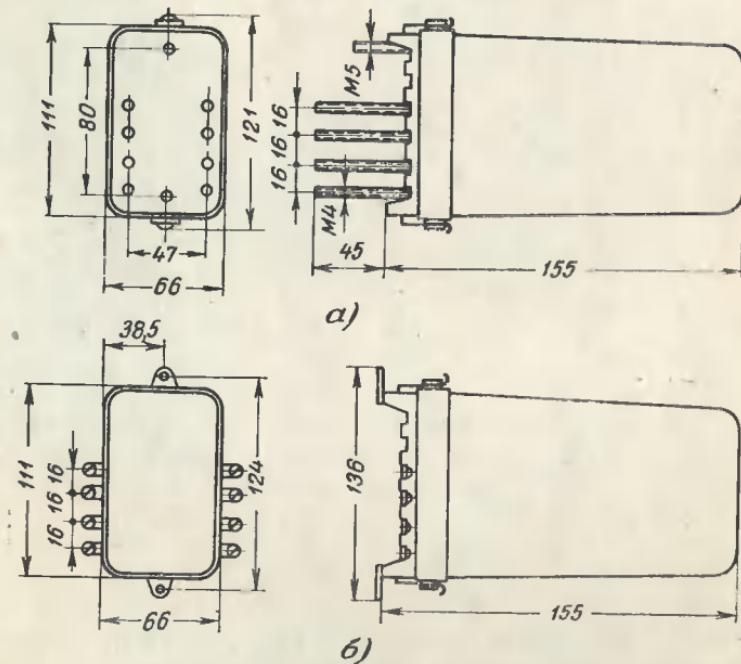


Рис. 11. Размеры реле РТ40, РН51М, РН53, РН54, РН53/60Д.
а — заднее присоединение; *б* — переднее присоединение.

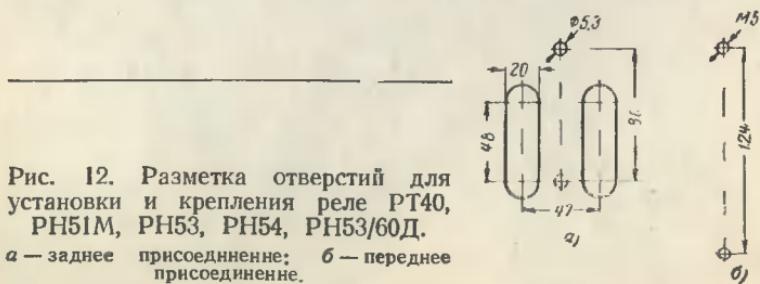


Рис. 12. Разметка отверстий для установки и крепления реле РТ40, РН51М, РН53, РН54, РН53/60Д.

а — заднее присоединение; *б* — переднее присоединение.

5. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ДРУГИХ ТИПОВ РЕЛЕ СЕРИИ РТ И РН

а) РЕЛЕ ТОКА ТИПА РТ40/1Д

Реле РТ40/1Д применяется в тех случаях, когда через реле может длительно проходить ток, многократно превышающий уставку срабатывания. Применение обычных реле РТ40 в указанных случаях невозможно по условиям термической устойчивости обмоток.

Реле состоит из исполнительного органа, включаемого в цепь через промежуточный насыщающийся трансформатор и выпрямительный мост (рис. 13). Исполнительный орган, промежуточный трансформатор и выпрямительный мост смонтированы в общем кожухе.

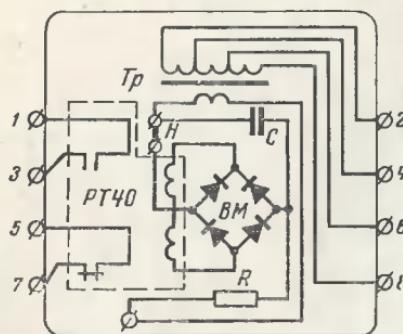
Параметры трансформатора выбраны так, что при токах в его первичной обмотке, превышающих ток срабатывания реле и опасных для обмотки исполнительного органа по термической устойчивости, сердечник трансформатора насыщается. Благодаря этому ток в обмотке РТ остается неизменным, несмотря на возрастание тока в первичной обмотке трансформатора. При величинах тока, находящихся в пределах уставок по шкале, насыщения промежуточного трансформатора не происходит, и вторичный ток (ток в РТ) пропорционален току в первичной обмотке трансформатора.

Для защиты диодов выпрямительного моста от импульсов перенапряжений, которые могут возникнуть во вторичной обмотке трансформатора при токах значительной кратности, в реле установлен *RC*-фильтр.

Номинальный ток реле равен 6 а.

Термическая устойчивость реле: длительно допустимый ток 6,6 а, односекундный ток 180 а.

Грубое изменение уставок производится переключением отпаек на первичной обмотке трансформатора, плавное — поводком реле.



Пределы регулирования уставок и величины сопротивления реле РТ40/1Д приведены в табл. 4.

Таблица 4

Зажимы первичной обмотки насыщающегося трансформатора реле	Пределы уставок $I_{ср}$, а	Полное сопротивление реле, ом, при токе		
		$I_{ср.мин}$	5 а	30 а
2—8	0,15—0,3	7	1	0,4
2—6	0,3—0,6	1,7	0,6	0,25
2—4	0,5—1	0,7	0,4	0,07

Номинальный коэффициент возврата реле 0,7.

Обмоточные данные и параметры элементов схемы реле РТ40/1Д приведены в табл. 5.

Таблица 5

Обмотка	Число витков	Диаметр провода, мм	Вид изоляции	Данные емкости фильтра	Данные сопротивления фильтра	Тип диодов выпрямительного моста
Первичная обмотка трансформатора	Выводы 2—4 Выводы 2—6 Выводы 2—8	30 50 100	1,95	Два слоя хлопчатобумажной пряжи		
Вторичная обмотка трансформатора	470	0,31	Два слоя стекловолокна с пропиткой лаком	Тип МБГЧ, 4 мкФ, 250 в	Тип МЛТ-2, 100 ом	Д226
Обмотка реле	2 000	0,25	Два слоя высокопрочной эмали			

б) РЕЛЕ ТОКА ТИПА РТ40/Ф

В практике часто форма кривой тока отличается от синусоиды.

Отклонение формы кривой переменного тока от синусоидальной может происходить по следующим причинам:

- 1) из-за искажения синусоидальной формы кривой э. д. с. генераторов, обусловленного формой полюсных

наконечников или расположением проводов в роторе и статоре;

2) из-за наличия в цепях переменного тока нелинейных элементов, т. е. элементов, величины индуктивности или емкости которых зависят от величины тока или напряжения. Известно, например, что если на трансформатор подано синусоидальное напряжение такой величины, что его магнитопровод работает за коленом кривой намагничивания, трансформируемый ток является несинусоидальным.

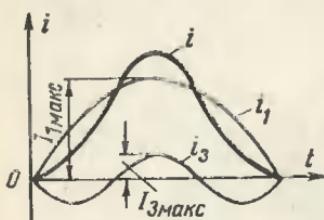


Рис. 14. Вид кривой, состоящей из основной синусоиды i_1 и третьей гармоники i_3 .

Примерная форма кривой такого тока показана на рис. 14, из которого нетрудно сделать вывод, что кривую тока i можно получить путем сложения в каждый момент времени синусоидальных кривых i_1 и i_3 . В электротехнике кривые i_1 и i_3 называются соответственно первой и третьей гармониками. В рассматриваемом случае положительный максимум третьей гармоники $I_3\text{ макс}$ совпадает по времени с положительным максимумом первой гармоники $I_1\text{ макс}$.

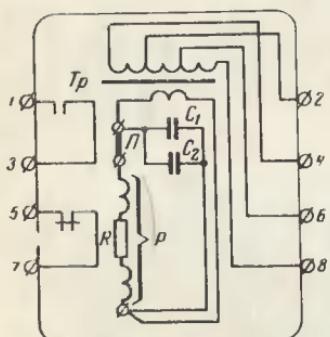


Рис. 15. Схема внутренних соединений реле тока РТ40/Ф (вид спереди).

гармоники, например в реле защиты генератора, применяются реле типа РТ40/Ф, содержащие специальный фильтр, не пропускающий в обмотку реле ток третьей гармоники.

Схема реле показана на рис. 15. В реле имеется трансформатор T_p , первичная обмотка которого включается в токовую цепь защиты (зажимы 2, 4, 6, 8), а во вторичной обмотке подключаются конденсаторы C_1 , C_2 емкостью 4 и 2 μF и реле РТ40 с последовательно соединенными катушками и сопротивлением R .

В схемах защиты, где требуется отстройка реле от токов третьей и кратной ей)

поперечной дифференциальной

Сопротивления обмотки реле и конденсаторов С подобраны так, что большая часть токов высших гармоник замыкается через конденсаторы С; благодаря этому ток срабатывания реле при частоте 150 гц (третья гармоника) сильно возрастает.

Таблица 6

Питание подведено к зажимам трансформатора	Пределы уставок, а	z_p , ом, при токе, а		
		1,75	5	20
4 и 8	1,75—3,5	0,086	0,090	0,090
6 и 8	2,9—5,8	0,035	0,036	0,036
4 и 6	4,4—8,8	0,019	0,019	0,020
2 и 4	8,8—17,6	0,008	0,008	0,008

Заводские технические данные реле. 1. Пределы регулирования уставок и величины сопротивления реле РТ40/Ф (при частоте 50 гц) приведены в табл. 6.

При частоте 150 гц токи срабатывания возрастают примерно в 8 раз.

2. Номинальный ток реле $I_n = 6$ а.

3. Термическая устойчивость первичной обмотки трансформатора:

длительный ток $I_{дл} = 1,1 I_n$;

односекундный ток I_1 сек = 30 I_n .

Таблица 7

Обмотка	Число витков	Диаметр провода, ми	Вид изоляции	Данные емкости	Данные сопротивления, ом
Первичная обмотка трансформатора	Выводы 4—8	25	Два слоя хлопчатобумажной пряжи 2,26	6 мкф, тип МБГЧ, 250 в	270 ом, тип МЛТ-2
	Выходы 6—8	15			
	Выходы 4—6	10			
	Выходы 2—4	5			
Вторичная обмотка трансформатора	3 050	0,2	Два слоя высокопрочной эмали		
Обмотка реле	2 000	0,25			

Мощность, потребляемая реле при токе минимальной уставки каждого предела, не превышает 1 вт.

4. Коэффициент возврата не менее 0,8.

5. Время срабатывания не более 0,25 сек при токе $1,2 I_{ср}$ и 0,04 сек при токе $4 I_{ср}$.

Обмоточные данные и параметры элементов схемы реле РТ40/Ф приведены в табл. 7.

в) РЕЛЕ ТОКА ТИПА РТ40/Р

В электроустановках напряжением 35—750 кв широко применяются устройства резервирования отказа выключателей УРОВ. Назначение УРОВ — ликвидация коротких замыканий при отказе в отключении одной, двух или трех фаз выключателя поврежденного элемента путем отключения присоединений, смежных с поврежденным. Для выявления неотключившихся от релейной защиты фаз выключателя в схемах УРОВ применяют токовые трехфазные реле типа РТ40/Р.

Благодаря наличию суммирующего трансформатора тока для контроля положения трех фаз выключателя одно реле РТ40/Р заменяет три однофазных реле.

Кроме УРОВ, реле РТ40/Р применяется и в других схемах релейной защиты и автоматики, где требуется контроль наличия или отсутствия тока.

Реле РТ40/Р по принципу выполнения аналогично реле РТ40/1Д, обладает повышенной чувствительностью и сравнительно небольшим потреблением при больших кратностях тока.

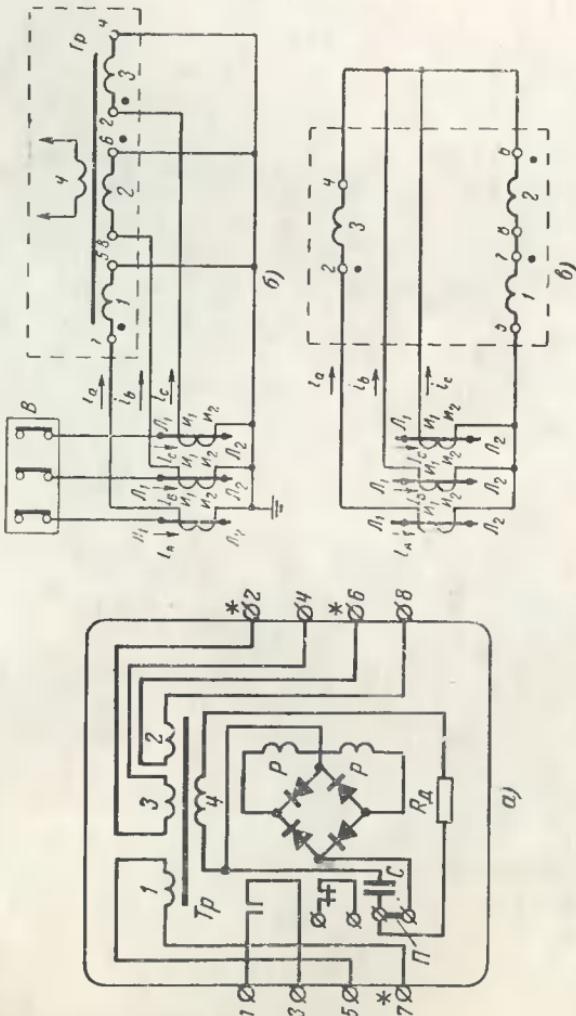
Реле, схема внутренних соединений которого показана на рис. 16, состоит из насыщающегося трансформатора тока с тремя первичными и одной вторичной обмотками, от последней через выпрямительный мост питается обмотка исполнительного органа — реле РТ40. Емкость C и сопротивление R_d , так же как и в реле РТ40/1Д, служат для защиты диодов выпрямленного моста от импульсов перенапряжений, возможных при зондировании кратностях токов в первичных обмотках трансформатора.

Две первичные обмотки имеют одинаковое количество витков, третья — в 2 раза больше.

Включение реле в токовые цепи защиты или автоматики производится с учетом полярности первичных обмоток суммирующего трансформатора реле (полярные

Рис. 16. Реле РТ40/Р.

a — схема внутренних соединений (вид спереди); *b*, *c* — приводы включения реле РТ40/Р в цепь трансформаторов тока.
*7*5* — первичная обмотка с большим числом витков; *2*4*, *6*8* — первичные обмотки с малым числом витков; *B* — выключатель.



концы обозначены точками). На рис. 16, б, в приведены примеры включения реле РТ40/Р.

Ток срабатывания $I_{ср}$ при определенных схеме включения реле и уставке на шкале меняется в зависимости от того, через какие фазы проходит ток и какой вид короткого замыкания произошел в сети.

Так, например, при включении реле РТ40/Р по схеме на рис. 16, б при отказе трех фаз выключателя в усло-

виях трехфазного короткого замыкания суммарная намагничивающая сила (н. с.) от токов трех первичных обмоток трансформатора T_p будет численно равна, как показано на рис. 17, а, н. с. одной обмотки с малым числом витков.

Если же в условиях трехфазного короткого замыкания фазы В и С выключателя В нормально отключаются под действием релейной защиты, а фаза А останется включенной, поведение реле РТ40/Р будет определяться н. с. обмотки 7-5 с большим числом витков. В этом случае чувствительность реле в 2 раза выше

Рис. 17. Векторные диаграммы н. с. реле РТ40/Р.

а — при трехфазном коротком замыкании и при симметричной нагрузке; б — при отказе в отключении фазы выключателя, в цепь которой включена обмотка 7-5 (с большим числом витков).

по сравнению с чувствительностью того же реле, все три первичные обмотки которого обтекаются током симметричного короткого замыкания (рис. 17, б).

Если для схемы включения реле РТ40/Р по рис. 16, б принять условно $I_{ср}$ при прохождении тока по одной из первичных обмоток с малым количеством витков за единицу, то при различных видах короткого замыкания в сети ток срабатывания будет меняться в пределах от 1 до 1/3.

Реле выпускаются на номинальные токи 5 а — РТ40/Р-5 и 1 а — РТ40/Р-1. Пределы уставок тока срабатывания приведены в табл. 8, обмоточные данные и параметры элементов схемы реле РТ40/Р-1 и РТ40/Р-5 — в табл. 9.

Коэффициент возврата реле на любой уставке — не менее 0,7.

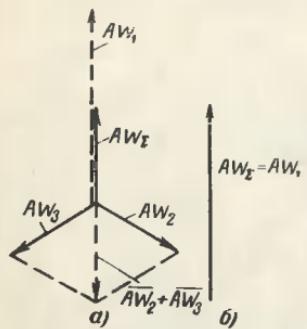


Таблица 8

Питание под- ведено к за- жимам транс- форматора	Уставки на шкале при токах срабатывания, а						РТ40/Р-5
	1	2	3	4	5	6	
2—4	0,13	0,15	0,18	0,2	0,23	0,26	0,65
6—8	0,13	0,15	0,18	0,2	0,23	0,26	0,75
7—5	0,065	0,075	0,09	0,1	0,115	0,13	0,325
					0,375		0,575
						0,45	0,65

Таблица 9

Исполнение реле	Обмотка	Число витков	Диаметр провода	Вид изоляции	Данные емкости фильтра	Данные сопротив- ления фильтров	Данные диодов выпрями- тельного моста
РТ40/Р-1	Первичная обмотка трансформатора	Выходы 2—4 Выходы 6—8 Выходы 5—7	115 115 230	115 115 230	0,93 0,31	Два слоя высокопрочной эма- ли	Д226
	Вторичная обмотка трансформатора		470				
РТ40/Р-5	Первичная обмотка трансформатора	Выходы 2—4 Выходы 6—8 Выходы 5—7	23 23 46	23 23 46	1,81 0,31	Два слоя хлопчатобумажной пряжи	4 мкф, МБГ4, 250 в
	Вторичная обмотка трансформатора		470				Два слоя бесшнекового стек- ловолокна с пропиткой теплостойким лаком
РТ40/Р-5	Обмотка реле		2 000	0,25		Два слоя высокопрочной эмали	100 ом, тип МЛТ-2

На рис. 18, а, б приведены размеры реле, а на рис. 19 — разметка отверстий для установки и крепления реле типов РТ40/1Д, РТ40/Ф, РТ40/Р.

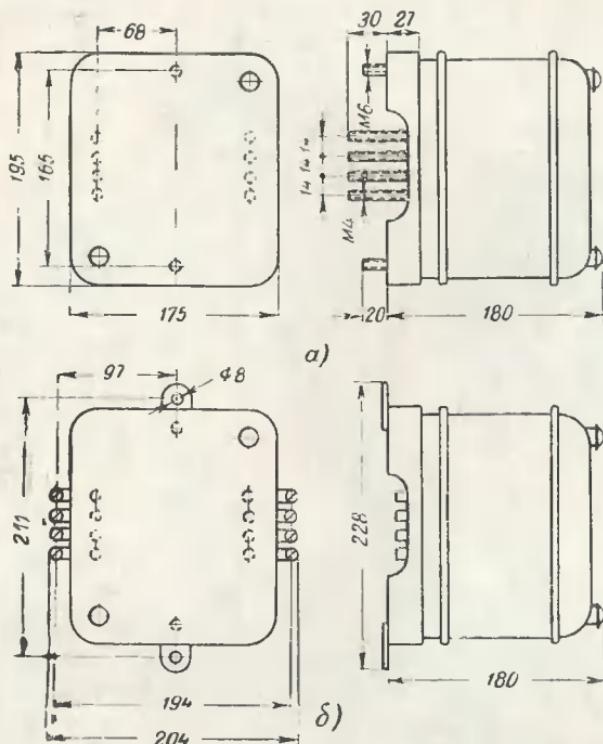


Рис. 18. Размеры реле РТ40/1Д, РТ40/Ф, РТ40/Р.
а — заднее присоединение; б — переднее присоединение.

г) РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА РН53/60Д

В тех случаях, когда требуются реле напряжения с относительно малой уставкой срабатывания (до 60 в), по которым могут длительно находиться под напряжением 110—220 в, применяются реле типа РН53/60Д.

Реле имеют два диапазона уставок срабатывания:

1-й диапазон — 15—30 в;

2-й диапазон — 30—60 в.

Номинальное напряжение реле U_n при включении его на 1-й диапазон 100 в, при включении на 2-й диапазон — 200 в. Переход с одного диапазона уставок на

другой осуществляется переключением дополнительных сопротивлений R_d , встроенных в кожух реле.

При использовании реле на уставках 1-го диапазона в цепь обмоток реле включается $R_d = 1\ 300\ \text{ом}$, при использовании на уставках 2-го диапазона — $R_d = 4\ 600\ \text{ом}$.

Длительно допустимое напряжение составляет 110% U_n .

В остальном параметры реле РН53/60Д не отличаются от реле РН53/60 без индекса «Д».

д) РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА РН51/М (РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА)

Реле реагирует на появление или повышение напряжения постоянного тока. Используется, в частности, в схемах контроля изоляции цепей постоянного тока.

Основные технические данные реле РН51/М приведены в табл. 10.

На рис. 20, а, б показаны схемы реле.

Переключение реле с одного диапазона уставок на другой осуществляется последовательным или параллельным включением катушек реле. Потребляемая мощность реле при напряжении уставки не превышает 0,15 вт. Коэффициент возврата реле не менее 0,5. Собственное время срабатывания реле при напряжении $1,2U_{ср}$ равно 0,25 сек. Катушки реле длительно выдерживают напряжение $1,1U_{ном}$. Реле типа РН51/М имеет один замыкающий контакт.

На шкале реле имеет только одну уставку напряжения срабатывания, но при необходимости можно пово-

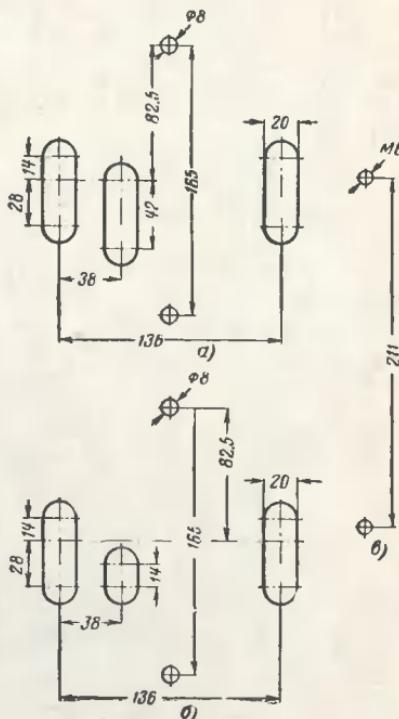


Рис. 19. Разметка отверстий для установки и крепления реле РТ40/1Д, РТ40/Ф, РТ40/Р.
а — заднее присоединение реле РТ40/1Д, РТ40/Ф; б — заднее присоединение реле РТ40/Р; в — переднее присоединение реле РТ40/1Д, РТ40/Ф, РТ40/Р.

не превышает 0,15 вт. Коэффициент возврата реле не менее 0,5. Собственное время срабатывания реле при напряжении $1,2U_{ср}$ равно 0,25 сек. Катушки реле длительно выдерживают напряжение $1,1U_{ном}$. Реле типа РН51/М имеет один замыкающий контакт.

На шкале реле имеет только одну уставку напряжения срабатывания, но при необходимости можно пово-

Таблица 10

Тип реле	Обмоточные данные катушек ¹		Соединение катушек					
	Число витков ¹	Диаметр проводка	Последовательное			Параллельное		
			U_{H^*} , в	U_{cp} , в	Сопротив- ление об- мотки, ом	U_{H^*} , в	U_{cp} , в	Сопротив- ление об- мотки, ом
РН51/М34	9 500	0,11	60	6,4	2 400	30	3,2	600
РН51/М56	2 000	0,25	8	1,4	94	4	0,7	23,5
РН51/М78	1 400	0,09	100	32	15 400*	50	16	3 850*

¹ Вид изоляции для всех типов реле — два слоя высокопрочной эмали.

* Сопротивление указано с учетом последовательно включенного с каждой катушкой реле добавочного сопротивления, равного 5 100 ом.

ротом стрелки указателя изменять уставку в небольших пределах.

Напряжение срабатывания реле типа РН51/М несколько зависит от полярности включения его обмоток.

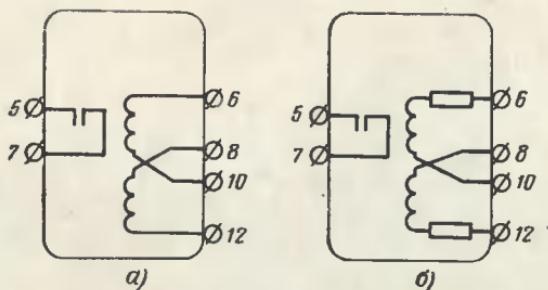


Рис. 20. Схемы внутренних соединений реле РН51/М (вид спереди).

a — реле РН51/М34, РН51/М56; *b* — реле РН51/М78.

Поэтому при монтаже и наладке рекомендуется соблюдать полярность, маркованную у зажимов реле.

Размеры РН51/М не отличаются от размеров РН53, РН54.

е) РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА РНН57

В тех случаях, когда требуется реле, реагирующее на малые значения напряжения частотой 50 гц, применяется реле типа РНН57.

Чтобы на обмотку исполнительного органа поступало напряжение только с частотой 50 гц, на входе реле установлен фильтр из параллельно включенных между

собой емкости C и дросселя D (рис. 21). Благодаря наличию такого фильтра происходит автоматическое загрубление реле при наличии в кривой напряжения третьей грамоники, имеющей частоту 150 гц.

При питании реле напряжением с частотой 150 гц (третья гармоника) $U_{ср}$ повышается примерно в 8 раз по сравнению с уставкой, соответствующей напряжению на частоте 50 гц.

Реле имеет шкалу, на которой нанесены деления, соответствующие уставкам срабатывания 4, 5, 6, 7 и 8 в.

Коэффициент возврата не менее 0,8. Собственное время срабатывания реле составляет 0,04 сек при $2U_{ср}$. Потребляемая мощность реле при напряжении 100 в составляет не более 30 вт.

Термическая устойчивость — 115 в в течение 6 сек, из чего следует, что реле РНН57 нельзя применять в схемах, где на обмотку реле может длительно подаваться напряжение, превышающее уставку срабатывания в 2—3 раза.

Обмоточные данные и параметры элементов схемы реле РНН57 приведены в табл. 11.

Таблица 11

Назначение катушки	Обмоточные данные катушек*		Тип и величина емкости
	Число витков	Диаметр провода	
Катушка дросселя	1 220	0,31	МЕГЧ, 2 мкф, 200 в
Катушка реле	5 600	0,14	

* Вид изоляции для всех катушек — два слоя высокопрочной эмали.

ж) РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА РН58

Реле типа РН58 предназначено для применения в схемах релейной защиты и электроавтоматики в качестве органа, реагирующего на повышение переменного

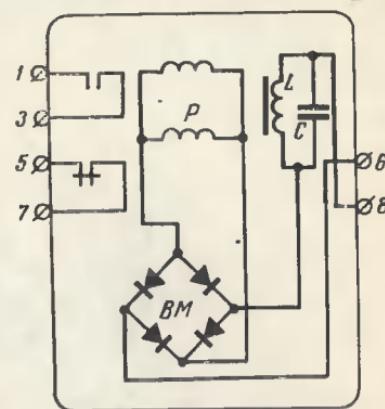


Рис. 21. Схема внутренних соединений реле РНН57 (вид спереди).

напряжения, когда требуется повышенный коэффициент возврата реле. Схема реле показана на рис. 22.

Обмотки исполнительного органа — реле типа РН50, присоединены к вторичной обмотке трансформатора T_p через выпрямительный мост $D_1—D_4$ и стабилитроны Ct . Трансформатор T_p в данной схеме нужен для получения двух диапазонов уставок. Плавное изменение уставок в каждом диапазоне производится потенциометром P .

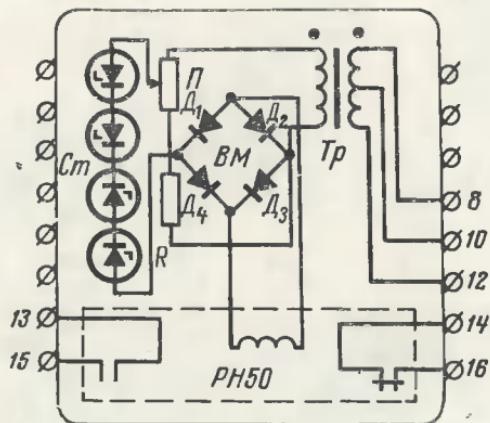


Рис. 22. Схема внутренних соединений реле РН58 (вид спереди).

Стабилитроны (опорные диоды) Ct используются для повышения коэффициентов возврата реле. В отличие от обычных диодов нормальным режимом для стабилитронов является работа при обратном напряжении. Примерная вольт-амперная характеристика кремниевого стабилитрона показана на рис. 23,а.

При определенной величине обратного напряжения U_{ct} резко снижается обратное сопротивление стабилитрона и происходит быстрый рост тока через электронно-дырочный переход ($p-n$ переход) без его разрушения. Эта начальная стадия пробоя, не сопровождающаяся разрушением $p-n$ перехода, называется обратимым пробоем. Вольт-амперная характеристика в этом случае имеет вид прямой линии, проходящей почти параллельно оси токов.

При снижении напряжения до величины несколько меньшей U_{ct} обратное сопротивление стабилитрона вос-

становится (резко возрастает), и ток в цепи стабилитрона прекращается.

Обратимый пробой наступает при сравнительно низком напряжении ($U_{ст} \approx 8$ в), поэтому мощность, выделяющаяся в $p-n$ переходе при прохождении допустимого обратного тока недостаточна для необратимого теплового пробоя. Превышение предельно допустимого обратного тока стабилитрона приводит, как и в обычных диодах, к выходу его из строя.

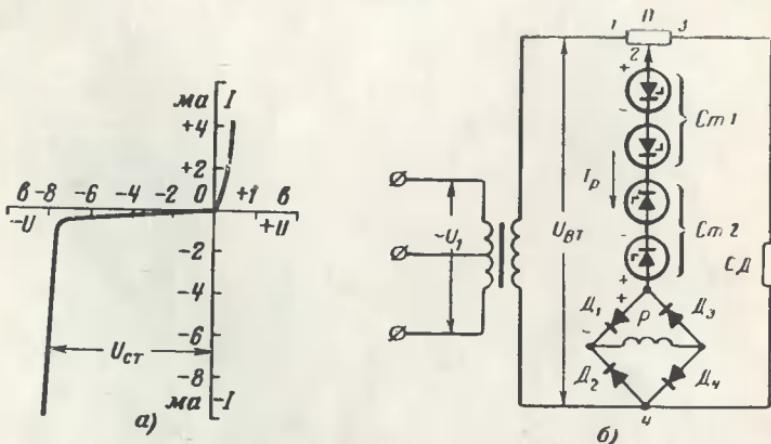


Рис. 23. Принцип действия реле РН58.

a — вольт-амперная характеристика стабилитрона; *б* — принципиальная схема выполнения реле РН58.

При подаче на стабилитрон прямого напряжения он проводит ток как обычный диод.

Основными параметрами кремниевых стабилитронов являются: напряжение стабилизации $U_{ст}$, максимальный ток стабилизации $I_{ст, макс}$ и максимальная мощность, рассеиваемая диодом, $P_{макс}$.

Указанные выше свойства стабилитронов использованы в схеме реле РН58 следующим образом (рис. 23, б). Пока напряжение между точками 2 и 4 не достигло величины, достаточной для обратимого пробоя $Cт$, весь ток, обусловленный $U_{вт}$, проходит через P и $СД$; ток I_p при этом равен нулю. При достижении между точками 2 и 4 величины напряжения, достаточной для обратимого пробоя $Cт$, в ветви 2—4 появляется ток I_p , обеспечивающий четкое срабатывание реле P .

Поскольку реле РН58 работает на переменном токе, в его схеме применен диодный мост D_1 — D_4 для двухполупериодного выпрямления тока I_p . Две группы стабилитронов $St1$ и $St2$, включенных встречно-последовательно, оказываются в рабочем режиме поочередно: в положительную полуволну подводимого напряжения работает одна группа St , в отрицательную полуволну — другая группа.

При положительной полуволне переменного напряжения стабилитроны $St1$ проводят ток в прямом направлении от «плюса» к «минусу» как обычные диоды, стабилитроны $St2$ проводят ток от «минуса» к «плюсу», работая в режиме обратимого пробоя. Ток I_p проходит через диод D_1 , обмотку реле P , диод D_4 . При отрицательной полуволне в режиме обратимого пробоя оказываются стабилитроны $St1$, а ток I_p проходит через ди-

Таблица 12

Уставки на шкале реле, в k_B	k_B на любой уставке	Потребляемая мощность, вт		Термическая устой- чивость при $U_p=2U_{cr}$
		на первой уставке	на последней уставке	
50, 60, 70, 80, 90, 100	Не ниже 0,95	Не более 1,5	Не более 4,0	Не более 5 сек

од D_3 , обмотку реле P , диод D_2 . При снижении напряжения между точками 2—4 до величины, при которой напряжение на стабилитронах оказывается меньше U_{cr} , ток I_p прекращается.

Таким образом, коэффициент возврата реле РН58 определяется, в конечном итоге, крутизной вольт-амперной характеристики стабилитронов.

Таблица 13

Первичная обмотка			Вторичная обмотка	
Диаметр проводка, мм	Число витков		Диаметр проводка, мм	Число витков
	выводы 8—10	выводы 10—12		
0,19	1 700	1 700	0,21	1 000

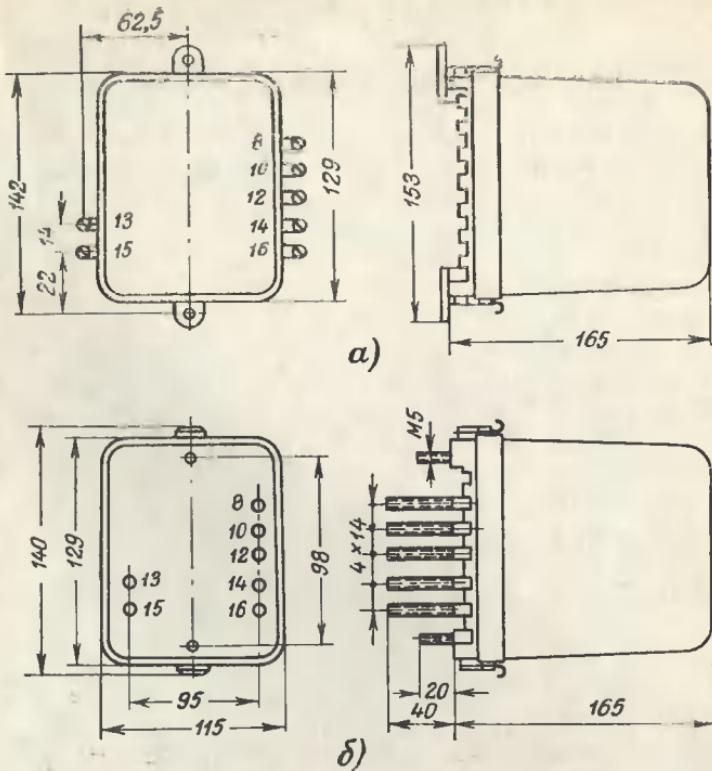


Рис. 24. Размеры реле РН57, РН58.

Основные параметры реле РН58 приведены в табл. 12, обмоточные данные трансформатора — в табл. 13.

Каждая обмотка реле имеет 5 600 витков провода диаметром 0,14 мм. Изоляция обмоток трансформатора и реле представляет собой два слоя высокопрочной эмали.

Величина нерегулируемого сопротивления $CД$ 560 ом, полное сопротивление потенциометра $П$ 1 000 ом.

Размеры реле РН57 и РН58 приведены на рис. 24, а, б; разметка отверстий для установки и крепления — на рис. 25, а, б.

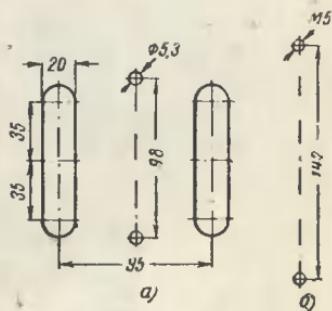


Рис. 25. Разметка отверстий для установки и крепления реле РН57, РН58.
а — заднее присоединение; б — переднее присоединение.

6. НАЛАДКА И ПРОВЕРКА РЕЛЕ

а) НАЗНАЧЕНИЕ, ВИДЫ И ОБЪЕМ ПРОВЕРОК РЕЛЕ

Для надежной работы устройств релейной защиты и электроавтоматики требуется тщательная регулировка реле как при новом включении устройств, так и периодически, в процессе эксплуатации.

Механическое состояние и основные электрические характеристики реле, выпускаемых заводом-изготовителем, находятся, как правило, в соответствии с техническими условиями, однако при транспортировке новых реле, последующем хранении на складе, а также при монтаже, реле могут быть повреждены, загрязнены, а изоляция токоведущих частей нарушена за счет ее увлажнения.

В ряде случаев требуется регулировка реле, отличная от заводской. Например, рекомендуемый заводом для реле максимального действия РТ40 коэффициент возврата $k_B=0,8$ не удовлетворяет условиям их эксплуатации в схемах защиты от перегрузки и других устройствах, что приводит к необходимости при соблюдении прочих условий надежной и правильной работы схемы прибегать к специальной регулировке, обеспечивающей повышенный коэффициент возврата ($k_B=0,85 \div 0,87$).

В отдельных, хотя и редких случаях приходится на крайних точках шкалы настраивать уставки, незначительно отличающиеся от заводских.

При устранении вибрации контактов токовых реле может потребоваться изменение совместного хода и угла встречи подвижных и неподвижных контактов.

В процессе эксплуатации происходит износ контактов и подпятников и их загрязнение. Пластмассовые детали реле со временем усыхают, отчего возможны нарушения контакта между токоведущими частями.

Таким образом, новое реле, прежде чем оно будет введено в эксплуатацию, требует проверки исправного состояния и настройки на заданные параметры.

Реле, находящиеся в эксплуатации, требуют периодической проверки.

Проверки подразделяются на три категории [Л. 9]: проверки при новом включении; периодические плановые проверки; дополнительные (внеочередные, аварийные) проверки.

Объем проверки во всех случаях определяется фактическим состоянием реле, а при периодических и дополнительных проверках — также условиями работы реле в процессе эксплуатации: степенью загрязненности и увлажненности окружающей среды, вибрации панели, на которой установлены реле, частотой срабатывания реле и воздействия на них больших кратностей тока.

Если наладка при новом включении выполнена с высоким качеством, то объем периодических плановых и дополнительных проверок, как правило, значительно меньше, чем при новом включении, и в конечном счете определяет длительную безаварийную эксплуатацию устройства.

Конкретные рекомендации по объему проверок реле изложены в п. «в» настоящего параграфа.

б) ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ОЦЕНКА ОБЩЕГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЕ

1. Перед вскрытием реле проверяются: наличие пломб, целость кожуха, плотность прилегания кожуха к цоколю реле, состояние уплотнений, обеспечивающих пыленепроницаемость реле.

2. Производится очистка от пыли и грязи кожухов и цоколей реле, шпилек и пластин, посредством которых реле подключено к внешним цепям, наружного монтажа схемы, сборки контактных зажимов.

3. Проверяется надежность крепления реле и изоляции его выводов от панели.

При заднем присоединении на шпильки реле рекомендуется надевать изолирующие хлорвиниловые трубки. Ширина отверстий в панели должна быть минимум на 4—5 мм больше диаметра шпилек.

При переднем монтаже на металлической панели под выводы реле должны быть подложены изолирующие прокладки.

Зазор между металлической панелью и неизолированными токоведущими деталями должен быть не меньше 3—5 мм.

4. При плановых, внеочередных и аварийных проверках для предварительной оценки общего состояния реле до его вскрытия и проверки наружных контактных соединений проверяется ток (напряжение) срабатывания и возврата реле в соответствии с указаниями п. «е» настоящего параграфа.

У реле, в обмотки которого ток поступает через выпрямительный мостик, существенное снижение коэффициента возврата (по сравнению с предыдущей проверкой) может указывать на остаточное намагничивание магнитопровода и якоря реле. При обнаружении указанного необходимо руководствоваться рекомендациями § 7.

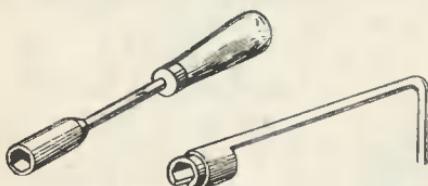


Рис. 26. Торцовые ключи для крепления гаек на шпильках реле заднего присоединения.

снятом со схемы напряжении проверяется надежность всех наружных контактных соединений, в том числе затяжка контргаек, фиксирующих шпильки заднего присоединения на цоколе реле. На рис. 26 показаны конструкции специальных торцовых ключей, посредством которых производится затяжка контргаек без отключения наружного монтажа и снятия реле с панели.

Для затяжки винтов, крепящих пластины переднего присоединения к цоколю с тыльной стороны, реле необходимо снимать с панели.

Затяжку и ослабление гаек, крепящих проводники наружного монтажа, следует производить двумя ключами — торцовым и плоским, как показано на рис. 27. Такой способ крепления монтажных проводов исключает опасность повреждения шпилек и ослабления контргаек, фиксирующих шпильки на цоколе реле.

В ряде случаев, несмотря на хорошую затяжку контргаек, которыми осуществляется надежный контакт шпи-

Для одновременной проверки исправности внешнего монтажа включение проверочного устройства следует производить на сборке зажимов панели.

5. При полностью

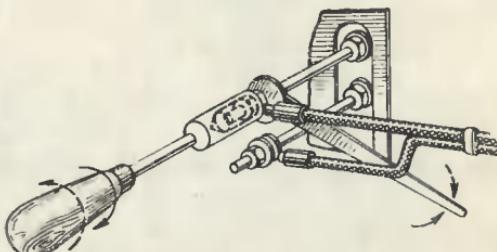


Рис. 27. Затяжка и ослабление гаек, крепящих монтажные провода к шпилькам реле заднего присоединения двумя ключами.

лек с проходными контактными втулками, наблюдается покачивание и незначительное проворачивание шпилек из-за слабой запрессовки контактных втулок в пластмассе цоколя. Чтобы в таких случаях проверить надежность контакта между шпильками и втулками, необходимо вскрыть кожух реле и убедиться в том, что шпилька покачивается и проворачивается вместе с втулкой.

в) ВНУТРЕННИЙ ОСМОТР, ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РЕЛЕ

Тщательная проверка и регулировка реле в значительной мере определяют устойчивость их характеристик, сокращают общее время, затрачиваемое на наладку, повышают надежность работы и удлиняют срок службы реле.

Как при новом включении, так и при плановых и дополнительных проверках объем проверки механической части реле устанавливается по результатам внешнего осмотра и предварительного измерения тока (напряжения) срабатывания и возврата, отклонение которых от заданных величин указывает на наличие неисправностей в реле. Одновременно проверяется соответствие положения движка на шкале заданному току (напряжению) срабатывания.

Если токи (напряжения) срабатывания и возврата реле отличаются от результатов предыдущей проверки или нового включения не более чем на $\pm 5\%$ и при осмотре реле не обнаружено явных неисправностей, то проверка и регулировка механической части производятся без разборки реле. При регулировке необходимо соблюдать осторожность, чтобы не сбить поводок с заданного положения на шкале.

Проверка механической части без разборки реле. Проверка производится в следующем порядке и объеме. Все детали тщательно очищаются от пыли и грязи с помощью жестких щеточек и мягкой чистой ткани.

Проверяется надежность затяжки винтов и гаек, крепящих проводники, спиральную пружину, контактный мостик, неподвижные контакты, подпятники и т. д. Тщательно осматриваются все пайки, проверяется их надежность.

Необходимо обязательно проверить надежность контактов между проводниками внутреннего монтажа и про-

ходными втулками. Если шпильки для заднего присоединения (или винты, крепящие пластины переднего присоединения) ввернуты слишком глубоко, то винты, крепящие проводники с внутренней стороны реле, могут упираться в торцы этих шпилек или винтов. При этом надежного контакта между внутренними проводниками и наружным монтажом не будет, хотя винты с внутренней стороны цоколя подтяжке уже не поддаются (рис. 28, а).

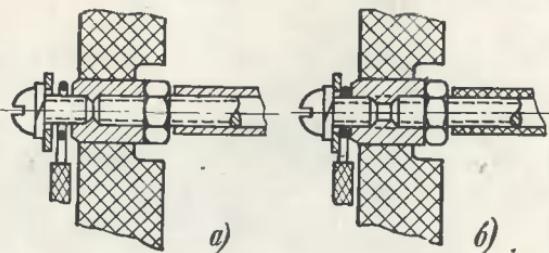


Рис. 28. Установка на реле шпилек заднего присоединения.
а — неправильно; б — правильно.

Установка шпилек должна производиться на снятом с панели реле в следующей последовательности. С внутренней стороны цоколя под винты устанавливаются кольца или наконечники проводников внутреннего монтажа с необходимыми плоскими и пружинящими шайбами. Винты до предела ввинчиваются в проходные втулки цоколя. Затем с наружной стороны цоколя до упора ввинчиваются шпильки с ослабленными контргайками, делается 1,5—2 оборота назад и в этом положении шпильки закрепляются контргайками (рис. 28, б).

Проверяется надежность паяк проводников к неподвижным контактам и наконечникам. Проверяется надежное крепление упоров в стойке. Для определения надежной фиксации левого упора запоминают положение шлица, после чего, медленно вращая винт по часовой стрелке на 1—2 оборота, а затем против часовой стрелки, определяют достаточность трения, с которым упор поворачивается в резьбе. После такой проверки упор устанавливается в прежнее положение. В случае свободного вращения в резьбе (без трения) упор вывертывается, снижается бронзовая пружинящая пластинка. Придав необходимый изгиб бронзовой пластинке и прижав ее к

своему основанию так, чтобы она прогнулась, ввертывают упор. Правильную установку левого упора определяют по току срабатывания на конечной уставке реле при электрической проверке.

При проверке фиксации правого упора подтяжку контргайки производят с одновременным придерживанием упора отверткой.

Проверяют осевой люфт подвижной системы, который должен быть в пределах 0,2—0,3 мм. Якорь должен поворачиваться на верхней полуоси без трения. При необходимости подрегулировки продольного люфта ослабляют винт, крепящий верхнюю полуось, и аккуратно пинцетом поднимают ее, при этом люфт уменьшается, либо опускают — люфт увеличивается.

При опускании верхней полуоси необходимо следить за зазором между стойкой и П-образной скобой. Этот зазор не должен быть меньше 1 мм. Поперечный люфт подвижной системы не регулируется и составляет 0,1—0,15 мм.

Проверяется наличие равномерного зазора между плоскостью полки якоря и полюсов магнитопровода.

При втянутом якоре зазор должен быть в пределах 0,6—0,7 мм.

Равномерность зазора определяется положением магнитопровода и правильным изгибом полки якоря.

Проверяется состояние спиральной пружины. Пружина не должна иметь следов окисления, плоскость пружины должна быть параллельна плоскости стойки, между витками должен сохраняться равномерный зазор при изменении уставки от начальной до конечной.

Параллельность плоскостей пружины и стойки достигается правильной припайкой внешнего конца пружины к хвостовику якоря. Равномерность зазора между витками достигается изгибом внешнего конца пружины у места его крепления к хвостовику. Регулировку пружины нужно делать осторожно, с помощью пинцета.

Проверяется надежность затяжки гайки, обеспечивающей необходимое трение при перемещении указателя по шкале.

Производится осмотр и подрегулировка контактов. Неподвижные контакты должны быть закреплены в контактной колодочке таким образом, чтобы бронзовая контактная пластинка с наваренной серебряной полоской касалась переднего упора. Передний жесткий упор,

ограничивающий вибрацию неподвижного контакта, не должен создавать предварительного натяжения контактной пластиинки.

При разомкнутых контактах, когда подвижной мостик не создает давления на неподвижные контакты, контактные пластины должны касаться передних упоров без давления.

Отсутствие давления проверяется незначительным отводом на 1—2 мм переднего упора от контактной пластиинки, которая должна остаться неподвижной. В случае давления контактной пластины на упор ее следует исправить изгибом в месте обжимки всего контактного узла.

Зазор между контактной пластиинкой и задним гибким упором должен составлять 0,2—0,3 мм. Неподвижные контакты должны лежать в одной плоскости.

Если серебряные полоски неподвижных контактов покрыты незначительным налетом окисла и не имеют подгаров и выбоин, то их достаточно почистить плоской деревянной чуркой из хвойных пород, придерживая контактную пластиинку с тыльной стороны лезвием часовей отвертки.

Подгоревшие и имеющие выбоины контакты зачищаются и полируются воронилом. Воронило представляет собой стальную пластиинку со слаборифленой, почти гладкой поверхностью. Пользоваться для чистки контактов надфилями нельзя, так как от них на поверхности серебряных полосок остаются глубокие царапины.

Промывка контактов бензином, ацетоном недопустима, так как от них образуется плохо проводящий налет.

Пластмассовая контактная колодочка должна быть установлена так, чтобы зазор в замыкающих контактах составлял 1,8—2 мм, а прогиб в размыкающих контактах был бы не менее 0,5 мм на начальной уставке шкалы.

Расстояние между замыкающими контактами, совместный ход контактов, прогиб размыкающих контактов определяется упорами начального и конечного положения якоря и положением неподвижных контактов. При использовании начальной уставки во избежание отброса подвижной системы при возврате реле положение якоря должно определяться только правыми неподвижными контактами, т. е. между якорем и левым упором оставляют зазор, равный 0,2—0,3 мм.

Угол поворота якоря должен быть таким, чтобы полка якоря заходила под полюса магнитопровода примерно на 2/3 их ширины для реле РН50 и до начала пластины, стягивающей сердечник, для реле РТ40, что соответствует $\alpha_{\text{кон}} = 70 \div 75^\circ$ (см. рис. 2).

Несмотря на наличие гасителя колебаний, при значительных токах в обмотке реле (кратность тока более 8) и сильно искаженной форме кривой тока вибрация подвижной системы реле все-таки имеет место.

Для обеспечения надежной работы замыкающих контактов необходимо их совместный ход устанавливать не менее 1,8 — 2 мм.

Необходимо обращать внимание на недопустимость одновременного замыкания замыкающих и размыкающих контактов при втягивании якоря.

Во избежание заскакивания подвижного контактного мостика за серебряные полоски контактной пластиинки скольжение подвижного контакта допускается в пределах центральной ее части так, чтобы от начала и конца ее оставалось расстояние не менее 1 мм. Достигается это смещением неподвижных контактов в пазах контактной колодки.

Поверхность серебряного мостика подвижного контакта зачищается и полируется воронилом.

Серебряный мостик должен свободно поворачиваться на своей оси на угол 5—8°. Осевой люфт мостика должен быть в пределах 0,10—0,15 мм. Если нет осевого люфта, то при токах, незначительно превышающих ток срабатывания, и разной упругости пружин неподвижных контактов мостик может остановиться, коснувшись только одной пружины неподвижного контакта. Замыкания цепи на контактах реле при этом не произойдет.

Если при предварительной проверке тока срабатывания и возврата обнаружены недопустимые отклонения от заданных уставок, необходимо разобрать реле и произвести ревизию подвижной системы.

Разборка реле производится в следующей последовательности:

1. Отсоединяют от зажимов на цоколе реле монтажные провода, идущие к неподвижным контактам.

2. Отвертывают два винта и снимают шкалу и подшкольник.

3. Отвернув винт, крепящий пластмассовую колодочку, снимают последнюю со стойки. Для того чтобы снять

со стойки подвижную систему, необходимо отпаять наружный конец спиральной пружины от хвостовика.

4. Ослабляют стопорные винты, крепящие верхнюю и нижнюю полуось; верхнюю полуось опускают, нижнюю — поднимают, после чего легко вынимают подвижную систему.

5. Для осмотра спиральной пружины и ревизии регулировочного узла отвертывают два винта и снимают стальную пластинку (пружинодержатель) с укрепленными на ней указателем и пружиной. Отвернув гайку М5, снимают указатель шкалы и вынимают из отверстия в пружинодержателе фасонный винт с шестигранной втулкой и укрепленной в ней спиральной пружиной.

После разборки производят ревизию отдельных элементов реле. Осматривают полуоси реле. Стальную запрессованную в латунный цилиндр шпильку очищают от грязи деревянной чуркой и полируют воронилом.

Поверхность стальной шпильки не должна иметь следов ржавчины, царапин или выбоин.

Проверяют соосность латунного цилиндра и стальной шпильки, для этого латунный цилиндр зажимают в цанге часового токарного станка либо в патроне ручной дреши и при вращении наблюдают за биением стальной шпильки.

Деревянной чуркой очищают отверстия для полуосей в латунной П-образной скобе. Полочка якоря должна быть параллельна П-образной скобе и иметь ровный изгиб на всем своем протяжении.

Проверяют надежность крепления гасителя колебаний к латунной скобе и изоляционной колодки с подвижным контактом — к якорю.

Проверяют надежность закрепления внутреннего конца спиральной пружины в шестигранной втулке. Проверяют, с достаточным ли трением поворачивается шестигранная втулка на фасонном винте.

Ревизию контактной системы производят описанным выше методом.

После ревизии производят сборку реле в следующей последовательности.

1. Устанавливают полуоси на место и слегка прижимают их стопорными винтами.

2. Устанавливают на место подвижную систему реле. Положение ее по отношению к стойке определяется верхней полуосью. Устанавливают подвижную систему таким

образом, чтобы воздушный зазор между П-образной скобой и алюминиевой стойкой был одинаковым сверху и снизу и находился бы в пределах 1 мм.

3. Закрепляют нижнюю полуось в таком положении, чтобы осевой люфт подвижной системы составлял 0,2—0,3 мм.

4. Устанавливают на место пластмассовую колодочку с неподвижными контактами. Регулировку контактной системы производят методом, описанным выше.

5. Собирают регулировочный узел: фасонный винт с шестигранной втулкой и спиральной пружиной устанавливают на пружинодержатель, снизу на винт надевают бронзовую пружинящую шайбу, указатель шкалы; затем фасонный винт закрепляют гайкой на пружинодержателе. Гайка должна быть завернута до отказа, при этом указатель шкалы вместе с фасонным винтом и шестигранной втулкой должен с достаточным трением поворачиваться в отверстии пружинодержателя.

6. Регулировочный узел устанавливают на алюминиевую стойку.

7. Устанавливают на место шкалу. Положение шестигранной втулки на фасонном винте устанавливается таким образом, чтобы наружный конец спиральной пружины свободно, без натяжки, плотную подходит к хвостовику якоря. При необходимости хвостовик якоря может быть изогнут.

8. Наружный конец спиральной пружины припаивают к хвостовику таким образом, чтобы сохранилось горизонтальное положение плоскости спиральной пружины.

9. Устанавливают начальную затяжку пружины в пределах 25—30°. Для этого указатель шкалы отводят влево от конца шкалы на расстояние 5—6 мм идерживают в этом положении. Шестигранную втулку спиральной пружины плоским ключом поворачивают так, чтобы подвижные контакты заняли нейтральное положение, после чего указатель возвращают на первую уставку шкалы. Уточнение начальной величины закручивания пружины производится по величине срабатывания на первой уставке при электрической проверке реле. Витки спиральной пружины не должны касаться друг друга при любом положении указателя на шкале. При необходимости можно изгибать наружный конец спиральной пружины. Поправлять положение пружины надо осторожно, с помощью пинцета.

10. Проверяют правильность сборки подвижной системы и отсутствие затирания, для этого указатель шкалы выводят влево до полного раскручивания спиральной пружины. Дальнейший поворот указателя влево или вправо на небольшой угол ($2-3^\circ$) повлечет за собой свободный поворот подвижной системы на тот же угол в направлении движения указателя. Вялое или резкое движение подвижной системы указывает на неправильную сборку подвижной системы либо на плохую ревизию полуосей и отверстий под них в П-образной латунной скобе.

Проверяют положение указателя по отношению к шкале — расстояние между стрелкой и шкалой должно быть по всей шкале примерно одинаковым. Необходимую подрегулировку осуществляют изменением положения пружинодержателя за счет люфта в отверстиях либо подгибанием указателя в месте изгиба.

г) ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

Проверка изоляции включает в себя: измерение сопротивления изоляции, испытание электрической прочности изоляции повышенным напряжением.

Сопротивление изоляции обмоток, неподвижных и подвижных контактов измеряется относительно сердечника и между собой мегомметром на 500 и 1 000 в при новом включении и при всех эксплуатационных проверках. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 100 Мом.

Испытание электрической прочности изоляции производится подачей переменного напряжения 1 000 в относительно «земли» в течение 1 мин на общую схему устройства, в котором установлено реле. Испытание изоляции переменным напряжением 1 000 в может быть заменено испытанием мегомметром на 2 500 в в течение 1 мин.

Электрическая прочность изоляции испытывается повышенным напряжением, как правило, только при новом включении.

Во избежание пробоя диодов на реле с выпрямительными мостиками и стабилитронами в результате ошибки при подключении измерительных концов мегомметра во время измерения сопротивления изоляции между обмотками рекомендуется диоды шунтировать тонкими (диаметром 0,1—0,15 мм) проводниками.

д) РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА И СХЕМЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ РЕЛЕ. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Регулировочные устройства и схемы для настройки реле. Для настройки реле РТ40 и РН50 за исключением реле типа РТ40/Ф, можно применять любые регулировочные устройства: реостаты, потенциометры, автотрансформаторы с регулировкой на питающей стороне. Пределы регулирования тока при настройке реле должны меняться от 50% уставки срабатывания до максимальных значений, соответствующих токам коротких замыканий в сети. Наиболее удобны для этой цели секционные реостаты с параллельным соединением секций (рис. 29).

Наименьшее значение тока, которое можно отрегулировать в схеме на рис. 29, получается при отключенных рубильниках реостата P_1 , P_2 , P_3 и при установке ползунка на реостате $R_{\text{пер}}$ в крайнее правое положение. Величина тока равна:

$$I_p = \frac{U_{\text{пит}}}{R_{\text{пер}} + R_d + z_p},$$

где $U_{\text{пит}}$ — напряжение источника питания; $R_{\text{пер}}$ — сопротивление реостата с ползунком, установленным в положении 1; R_d — добавочное сопротивление, предотвращающее короткое замыкание в испытательной схеме при установке ползунка реостата плавной регулировки в положение 2; z_p — сопротивление реле.

При поочередном включении рубильников P_1 , P_2 , P_3 ступенями уменьшается общее сопротивление секционного реостата и соответственно увеличивается регулируемый ток.

Сопротивление ползункового реостата $R_{\text{пер}}$ обеспечивает плавную регулировку тока.

Применяемые на практике секционные реостаты

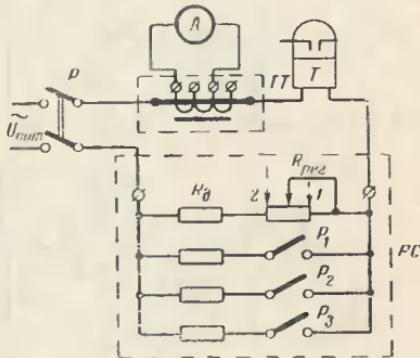


Рис. 29. Схема с реостатом для настройки токовых реле.

P — рубильник для включения схемы; T — испытуемое токовое реле; TT — лабораторный трансформатор тока; A — амперметр; PC — реостат секционный.

ЦЛЭМ Мосэнерго позволяют регулировать токи в пределах от 0,4—0,5 до 50—70 а. Для изготовления секционных реостатов требуется значительное количество никрома, поэтому для регулирования тока широко применяются схемы с нагрузочными трансформаторами (рис. 30).

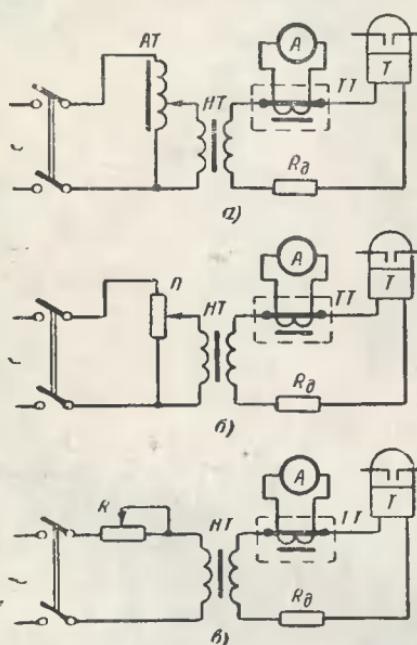


Рис. 30. Схемы регулирования тока в реле с нагрузочным трансформатором.

a — схема с автотрансформатором; *б* — схема с потенциометром; *в* — схема с реостатом; R_d — добавочное сопротивление.

Регулирование тока в реле по схемам рис. 30,*а*,*б* получается более плавным и в более широких пределах, так как напряжение на первичной обмотке нагрузочного трансформатора изменяется от нуля до полного напряжения источника питания.

В схеме по рис. 30,*в* первичный ток имеет довольно большое значение даже при полностью введенном реостате, поэтому получить нужный минимальный ток в цепи реле не всегда возможно.

Пределы изменения токов при настройке реле, как правило, не укладываются в пределы измерений амперметров, применяемых на практике. Поэтому амперметр

Обмотка нагрузочного трансформатора с большим числом витков подключается к источнику питания, обмотка с малым числом витков подключается к реле. Изменением сравнительно небольших токов в первичной обмотке нагрузочного трансформатора регулируются в широких пределах токи в реле.

Чтобы форма кривой тока в реле была синусоидальной, т. е. такой же, как при коротких замыканиях в сети (при условии работы трансформаторов тока, от которых питается защита, в пределах 10%-ной погрешности), последовательно с реле включается добавочное сопротивление R_d .

должен включаться в цепь реле через лабораторный измерительный многопредельный трансформатор тока.

Наиболее распространены трансформаторы тока:

1) типа И-54 с коэффициентами трансформации: 0,5/5; 1/5; 2/5; 5/5; 10/5; 20/5; 50/5;

2) типа УТТ-5, который имеет отпайку от первичной обмотки, обеспечивающую коэффициент трансформации 15/5 и 50/5. Кроме того, имеется возможность наматывать наружную первичную обмотку, при помощи которой можно получить различные коэффициенты трансформации от 100/5 до 600/5.

В настоящее время освоено производство много предельных измерительных трансформаторов тока типа И-515 и И-55/1.

Для настройки реле на малые токи срабатывания целесообразно использовать схемы автотрансформатора или потенциометра (рис. 31, а, б). В этих схемах последовательно с обмоткой реле необходимо включить добавочное сопротивление $R_d \approx 10z_p$. При отсутствии R_d изменение воздушного зазора при перемещении якоря приводит к значительному изменению тока в цепи реле (из-за изменения сопротивления реле).

Для регулирования напряжения при настройке реле РН50 применяются схемы с потенциометром и автотрансформатором (рис. 32, а, б). Пригодны потенциометры, обеспечивающие плавную регулировку через 0,5—1 в. Поскольку потребляемая мощность у реле РН50 незначительная (см. табл. 2), при выборе потенциометра необходимо руководствоваться только величиной его собственного потребления, т. е. следить, чтобы ток через потенциометр

$$I_u = \frac{U_{\text{пит}}}{R_u},$$

не был больше допустимого тока, указанного на паспорте потенциометра.

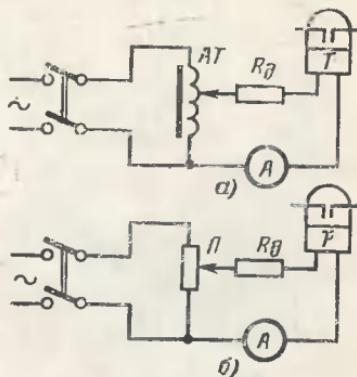


Рис. 31. Схемы для настройки токовых реле с малыми токами срабатывания.

а — с автотрансформатором; б — с потенциометром.

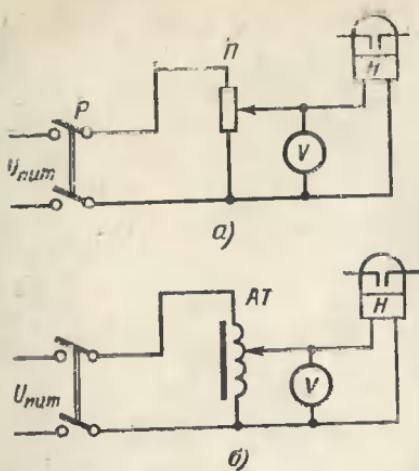


Рис. 32. Схемы регулирования напряжения.
а — с потенциометром; б — с автотрансформатором.

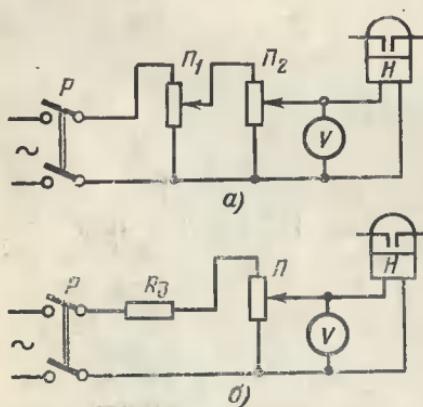


Рис. 33. Схемы для настройки реле РН с малыми пределами установок.
а — с двумя потенциометрами; б — с потенциометром и добавочным сопротивлением.

Например, через ползунковый реостат типа РПР-8, имеющий сопротивление 500 ом, при включении его по схеме потенциометра на напряжение питания 240 в (случай повышенного на 10% $U_h = 220$ в) пойдет ток

$$I_h = \frac{240}{500} = 0,48 \text{ а.}$$

Допустимый для реостата РПР-8 ток $I_{\text{доп}} = 0,6$ а, следовательно, данный реостат пригоден для настройки реле РН50 по схеме с потенциометром при принятом напряжении питания 220 в.

Для схем с автотрансформатором широко применяется лабораторный автотрансформатор типов ЛАТР-2 на ток до 2 а и ЛАТР-1 на ток до 9 а.

При настройке реле с малыми пределами установок (например, РН53/60Д, РНН57 и др.) требуется плавное регулирование напряжения небольшой величины. В этих случаях следует применять схемы с двумя потенциометрами (рис. 33, а) или с потенциометром и добавочным сопротивлением (рис. 33, б).

Измерительные приборы. В схемах настройки реле серий РТ и РН необходимо применять измерительные приборы электромагнитной системы, так как эти

Приборы реагируют на те же значения, что и проверяемые реле, независимо от степени искажения формы тока и напряжения. Класс точности приборов 0,5—1.

При выборе пределов измерений следует стремиться к тому, чтобы измерения производить во второй половине шкалы прибора. Этим обеспечивается работа прибора с наименьшими абсолютными погрешностями.

е) ПРОВЕРКА И НАСТРОЙКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЕ

Изменения тока и напряжения в сети при возникновении внезапного короткого замыкания происходят не плавно, а скачком. Однако при настройке реле изменение тока (напряжения) производится плавно.

Разница в величинах срабатывания и возврата при подаче и снятии тока (напряжения) толчком или плавно у исправного реле незначительная, и ею можно пренебречь. В то же время плавное изменение обеспечивает более точную настройку уставок, а наблюдение за характером движения якоря помогает оценить механическое состояние реле. У исправного реле якорь, начав движение, должен четко доходить до конечного положения при неизменной величине тока в реле.

Измерение тока (напряжения) срабатывания и возврата на каждой проверяемой уставке должно повторяться не менее 3 раз. Разброс параметров срабатывания и возврата у исправного реле не должен превышать 5% заданного значения.

Для предотвращения подгорания контактов настройка реле производится при отключенном оперативном токе.

Проверка и регулировка размаха шкалы. Настройка реле начинается с регулировки размаха шкалы, т. е. с проверки тока (напряжения) срабатывания при положении указателя на крайних уставках шкалы.

Размах шкалы должен быть двукратным, т. е. ток (напряжение) срабатывания в начале шкалы должен быть в 2 раза меньше, чем в конце шкалы. Двукратный размах шкалы и совпадение фактического тока (напряжения) срабатывания с уставками по шкале достигаются, во-первых, правильной регулировкой начального положения якоря и, во-вторых, соответствующей затяжкой пружины.

При правильной регулировке реле конечная уставка шкалы соответствует повороту поводка на 90° относи-

тельно начальной. Затяжка пружины при положении указателя на начальной уставке должна равняться примерно $25-30^\circ$ и на конечной—соответственно $115-120^\circ$.

Если при конечном положении указателя ток (напряжение) срабатывания совпадает с уставкой по шкале, а при начальном оказывается меньше уставки (кратность шкалы больше двух, то, следовательно, пружина ослаблена и ее нужно затянуть. Затяжка пружины производится поворотом шестигранной втулки посредством плоского ключа. Указатель шкалы при этом удерживается в неподвижном положении.

Если же при начальном положении указателя ток (напряжение) срабатывания оказывается больше уставки (кратность меньше двух), то, следовательно, пружина чрезмерно затянута и ее нужно ослабить. В случае несовпадения тока (напряжения) срабатывания с уставкой в конце шкалы необходимо подрегулировать начальное положение якоря.

При токе (напряжении) срабатывания больше уставки необходимо ввести якорь под полюса, ввернув для этого левый упор на один—два оборота. В противном случае якорь выводится из-под полюсов вывертыванием левого упора.

Начальное положение якоря у реле РТ40 и РН50 определяется левым упором. Но ток (напряжение) срабатывания зависит еще и от величины прогиба правых пружин неподвижных контактов.

Увеличенный прогиб в размыкающих контактах уменьшает ток (напряжение) срабатывания, а слишком малый прогиб—увеличивает при неизменном положении левого упора.

После проверки размаха шкалы регулируется совпадение тока (напряжения) срабатывания с уставками на конечной и начальной точках шкалы.

Регулировку реле следует производить в следующей последовательности:

1. Указатель устанавливается на конечную уставку по шкале, и подается ток (напряжение). При несовпадении тока (напряжения) срабатывания с уставкой регулируется начальное положение якоря.

2. Указатель устанавливается на начальную уставку по шкале и изменением затяжки спиральной пружины или положением правых пружин неподвижных контактов

регулируется соответствующий ток (напряжение) срабатывания.

Одновременно регулируется коэффициент возврата реле, который должен находиться в пределах 0,92 и 0,85 на начальной и конечной уставках соответственно (методика регулировки k_v рассмотрена ниже).

3. После того как начальная уставка отрегулирована, необходимо подтянуть все винты и еще раз проверить ток (напряжение) срабатывания на начальной и конечной уставках шкалы.

Как правило, после регулировки начальной уставки пружиной конечная уставка остается почти без изменения и возможные расхождения не превышают пределов точности измерительных приборов.

4. Проверяются величины срабатывания на промежуточных уставках шкалы.

Если регулировка реле на крайних уставках выполнена правильно, то на всех средних точках шкалы ток или напряжение срабатывания должны примерно совпадать.

Настройка реле на заданную уставку. Проверка размаха шкалы и соответствия уставок шкалы действительному току (напряжению) срабатывания, а также проверка и регулировка коэффициента возврата на крайних и промежуточных точках шкалы являются предварительной регулировкой реле, облегчающей выполнение основной операции — настройку реле на заданную уставку.

При плановых и дополнительных проверках, когда разборка механизма реле не производилась, предварительная проверка шкалы не требуется.

Перед настройкой заданной уставки обмотки реле соединяются между собой последовательно или параллельно (в зависимости от уставки).

Затем указатель устанавливается на точку шкалы, соответствующую заданному току (напряжению) срабатывания, и плавно регулируется ток (напряжение) до срабатывания реле.

Замечается разница между током (напряжением) срабатывания и уставкой на шкале. Далее для определения коэффициента возврата измеряется ток (напряжение) возврата реле.

Если коэффициент возврата в норме, а ток (напряжение) срабатывания немного не совпадает с уставкой по

шкале, то соответствие между током (напряжением) срабатывания и шкалой достигается незначительным смещением указателя в нужную сторону.

Для совпадения тока (напряжения) срабатывания с соответствующей уставкой шкалы можно изменить на нужную величину затяжку спиральной пружины.

В случаях, когда коэффициент возврата отличается от нормы, его необходимо отрегулировать, руководствуясь указаниями, приведенными ниже, и после этого положением указателя или затяжкой пружины установить заданный ток (напряжение) срабатывания.

Регулировка коэффициента возврата. Номинальный коэффициент возврата k_v , регулируемый заводом-изготовителем, для реле РТ40 равен 0,86 на первой уставке и не должен быть ниже 0,82 на конечной уставке. Для максимальных реле типа РН53 коэффициент возврата должен быть не ниже 0,82, а для минимальных реле — не выше 1,23. При таком коэффициенте возврата обеспечивается избыточный момент, достаточный для четкой, без искрения, работы контактной системы, надежного замыкания цепи и возврата реле после восстановления нормального режима в сети.

При действующих в настоящее время сроках между плановыми проверками постепенное загрязнение и подгорание контактов может привести к снижению k_v ниже нормы. Поэтому при наладке и плановых проверках следует настраивать k_v несколько выше номинального: у реле РТ40 — не ниже 0,85 на конечной уставке и не выше 0,92 на начальной; у максимальных реле напряжения — 0,86—0,92; соответственно у минимальных реле напряжения — 1,18—1,12.

Настраивать k_v выше рекомендованных цифр не следует, так как это обязательно приведет к ухудшению работы контактов. Исключение составляют отдельные случаи, касающиеся схем защиты и автоматики, в которых требуются высокие k_v .

Кроме трения в полуосях и механического состояния контактов k_v зависит от величины воздушного зазора между полюсами и полкой подтянутого к правому упору якоря, от начального и конечного положения якоря, от упругости и угла встречи пружин неподвижных контактов с контактным мостиком.

Возможно некоторое загрубление находящегося длительно под током реле из-за загрязнения упоров и якоря

йстарениями от смол, выделяющихся из изоляции паяемых катушек.

В тех случаях, когда у реле предварительно отрегулированы размах шкалы и уставки тока (напряжения) срабатывания по шкале и нарушение их регулировки недопустимо (например, в схемах, где требуется частая перестройка реле указателем), k_v рекомендуется регулировать изменением воздушного зазора путем перемещения сердечника, предварительно ослабив винты, крепящие сердечник к стойке.

В незначительных пределах k_v регулируется конечным положением якоря путем изменения положения правого упора и правых неподвижных контактов. Для повышения k_v воздушный зазор увеличивается, для снижения — уменьшается.

В большинстве случаев, когда не требуется частая перестройка реле указателем, k_v регулируется начальным положением якоря.

Если k_v ниже допустимого, нужно изменить начальное положение якоря, приблизив его упором к полюсам. Уменьшение воздушного зазора между полюсами и находящимся в начальном положении якорем приводит к довольно резкому уменьшению тока (напряжения) срабатывания. В то же время ток (напряжение) возврата не изменяется, так как он зависит от конечного положения втянутого под полюсы якоря.

Для снижения k_v якорь следует выводить из-под полюсов. Изменяя упорами начальное и конечное положение якоря, нужно для сохранения правильной регулировки контактов корректировать положение мостика. Кроме того, получив необходимый k_v , необходимо установить заданную уставку, переместив указатель по шкале.

Необходимо отметить, что при регулировке k_v начальным положением якоря размах шкалы, а также начальная и конечная уставка на шкале могут не сохранить свое первоначальное значение.

В ряде случаев на реле напряжения требуются повышенные коэффициенты возврата. При отсутствии реле РН58, имеющих номинальный коэффициент возврата $k_v=0,95$, или при затруднениях в их использовании, например, из-за больших, по сравнению с РН53, размеров, повышенный коэффициент возврата — до 0,92—0,93 у максимальных реле и до 1,07—1,09 у минимальных —

можно получить с помощью включения их по схеме, показанной на рис. 34.

Из схемы видно, что последовательно с обмоткой реле включено добавочное сопротивление, которое шунтируется размыкающим контактом.

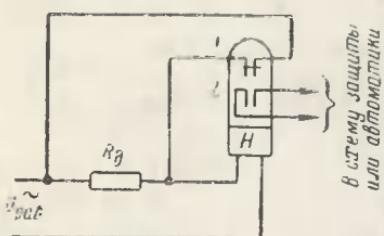


Рис. 34. Схема включения реле напряжения, обеспечивающая повышенный коэффициент возврата.

соответственно снижается и величина электромагнитного момента на реле. Теперь для возврата реле требуется меньшее снижение напряжения по сравнению с тем случаем, когда обмотка реле включена непосредственно на напряжение $U_{\text{раб}}$.

У минимальных реле, срабатывающих при снижении напряжения, для шунтирования R_d также используется контакт, замкнутый при обесточенной обмотке. В нормальном режиме к обмотке реле приложено напряжение $U_{\text{раб}} - I_p R_d$, так как контакт I у реле с притянутым якорем разомкнут. При снижении напряжения $U_{\text{раб}}$ до напряжения срабатывания якорь реле отпадает, контакт I , замыкаясь, шунтирует R_d .

Теперь для возврата реле требуется меньшее повышение напряжения по сравнению с тем случаем, когда обмотка реле включена непосредственно на напряжение $U_{\text{раб}}$.

Добавочные сопротивления R_d , нормально шунтированные контактом I , выбираются из условия получения необходимого напряжения возврата U_v .

Для максимального реле в условиях срабатывания ток в цепи

$$I_{\text{cp}} = \frac{U_{\text{cp}}}{z_p}; \quad (7)$$

в условиях возврата ток в цепи реле

$$I_{\text{в.р}} = \frac{U_{\text{в.р}}}{R_{\text{д}} + z_{\text{р}}}, \quad (8)$$

где $U_{\text{в.р}}$ — напряжение возврата при включенном добавочном сопротивлении $R_{\text{д}}$.

Поделив (8) на (7), получим:

$$\frac{I_{\text{в.р}}}{I_{\text{ср}}} = \frac{U_{\text{в.р}}}{R_{\text{д}} + z_{\text{р}}} \frac{z_{\text{р}}}{U_{\text{ср}}}. \quad (9)$$

Отношение $I_{\text{в.р}}/I_{\text{ср}}$, как известно, является коэффициентом возврата реле; номинальный коэффициент возврата $k_{\text{в}} = I_{\text{в.р}}/I_{\text{ср}} = 0,8$.

Отношение $U_{\text{в.р}}/U_{\text{ср}} = k'_{\text{в}}$ является желаемым повышенным коэффициентом возврата с учетом включения $R_{\text{д}}$.

Если мы хотим получить повышенный коэффициент возврата, например $k'_{\text{в}} = 0,93$, то, подставив в (9) численные значения $k_{\text{в}}$, $k'_{\text{в}}$ и $z_{\text{р}}$, можно рассчитать требуемую величину $R_{\text{д}}$:

$$k_{\text{в}} = k'_{\text{в}} \frac{z_{\text{р}}}{R_{\text{д}} + z_{\text{р}}};$$

преобразуя, получаем:

$$R_{\text{д}} = \frac{k'_{\text{в}} - k_{\text{в}}}{k_{\text{в}}} z_{\text{р}},$$

или

$$R_{\text{д}} = \frac{0,93 - 0,8}{0,8} z_{\text{р}} = 0,162 z_{\text{р}}.$$

Проверка работы контактов. Проверяется однократность замыкания и размыкания контактов, отсутствие вибрации и искрения при подаче в обмотку реле тока (напряжения).

На токовые реле подаются величины тока от 1,05 $I_{\text{ср}}$ до наибольшего возможного значения тока короткого замыкания, на реле напряжения — величины от 1,05 $U_{\text{ср}}$ до наибольшего рабочего напряжения.

Однократность работы контактов проверяется при подаче тока или напряжения толчком. Проверку отсутс-

вия вибрации у реле РТ следует производить двумя способами: плавным подъемом тока до максимально возможного значения; включением реле на ток толчком во всем указанном диапазоне с интервалами 0,1 максимального значения тока в реле.

При проверке надежности работы контактов после предварительной регулировки реле контакты реле должны замыкать и размыкать цепь нагрузки, на которую они нормально работают в схеме защиты или автоматики.

Наиболее «тяжелой» нагрузкой на контакты реле РТ, РН является реле времени серии ЭВ-100. При данной нагрузке и в случае нахождения рабочей уставки в первой половине шкалы требуется наиболее тщательная регулировка контактов реле.

В отличие от ранее выпускавшихся реле серии Э-500, расположение в вертикальной плоскости полусоев реле РТ40, РН50 исключило влияние веса якоря на работу контактов, а применение гасителя колебаний в реле РТ40 и выпрямительного моста в реле РН50 позволило получить четкую и надежную работу контактов реле в начальной части шкалы.

При сравнительно высоком k_b , равном 0,87—0,9, и указанной выше нагрузке на контакты часто наблюдается искрение на замыкающих контактах как при срабатывании, так и при возврате реле. Для уменьшения искрообразования на контактах в момент разрыва цепи применяют различные искусственные способы: шунтирование индуктивности разываемой цепи (катушки реле), или шунтирование контактов реле, замыкающих эту цепь.

В обоих случаях магнитная энергия индуктивности цепи расходуется в основном не на искрение, а в шунтирующем устройстве (рис. 35, а, б, в).

При шунтировании катушки реле диодом D (рис. 35, а) магнитная энергия катушки в момент разрыва контактов гасится через диод. В качестве диода могут быть использованы диоды Д226Б. Для исключения короткого замыкания при срабатывании реле диод необходимо включать, как показано на рис. 35, а.

Необходимо отметить, что при шунтировании катушки диодом время возврата зашунтированного реле значительно увеличивается (для реле времени ЭВ-100 с 15—20 мсек до 100—110 мсек).

При шунтировании катушки реле емкостью (рис. 35,б) магнитная энергия контура расходуется на заряд конденсатора. Для уменьшения броска тока через контакты при замыкании их последовательно с емкостью

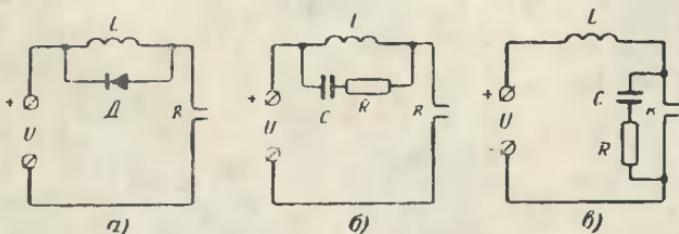


Рис. 35. Шунтирование индуктивности катушки искрогасительным контуром.

а — шунтирование выпрямителем; б — шунтирование катушки контуром RC ; в — шунтирование контактов контуром RC .

устанавливается сопротивление R . Величина емкости подбирается экспериментально и колеблется в пределах $0,5—2\text{ мкф}$.

Сопротивление R должно удовлетворять условию

$$R^2 > \frac{L}{C}.$$

Обычно искрогасительный контур при использовании реле ЭВ-100 имеет величины: $C=0,5\text{ мкф}$ и $R=1\text{ ком}$ типа МЛТ-2.

При шунтировании контактов, замыкающих цепь с индуктивностью, искрогасительным контуром RC (рис. 35,в) магнитная энергия расходуется также на заряд конденсатора.

Емкость подбирается экспериментально в пределах $0,5—2\text{ мкф}$, а сопротивление определяется по формуле

$$R = \frac{U^2}{a},$$

где U — напряжение на конденсаторе; a — постоянная, зависящая от материала контакта (для серебра $a=140$).

Все эти три способа дают примерно одинаковый эффект и использование того или иного способа зависит от наличия необходимых материалов.

Инструкции завода-изготовителя гарантируют надежную работу контактов реле при следующих условиях:

1. Замыкающие контакты реле типа РН53 при отсутствии внешних толчков и сотрясений должны замыкаться без вибрации при подаче «толчком» напряжения, равного или большего $U_{ср}$.

2. Размыкающие контакты реле типа РН53 при отсутствии внешних толчков и вибрации не должны размыкать цепь при подаче «толчком» напряжения, равного 0,9 $U_{ср}$ и ниже.

3. Замыкающие контакты реле типа РТ40 при отсутствии внешних толчков и сотрясений должны замыкаться без вибрации при токе от 1,1 $I_{ср}$ и выше.

4. Размыкающие контакты реле типа РТ40 при отсутствии внешних толчков и вибрации должны надежно замыкать цепь: при снижении тока в обмотке сработавшего реле — до 0,9 I_b ; при повышении тока — до 0,9 $I_{ср}$.

5. Размыкающие контакты реле типа РН54 при отсутствии внешних толчков и сотрясений должны замыкаться без вибрации при сбросе «толчком» напряжения от 1,1 U_n до напряжения срабатывания и ниже.

6. Замыкающие контакты реле минимального напряжения при отсутствии внешних толчков и сотрясений не должны размыкать цепь при сбросе «толчком» напряжения от 1,1 U_n до 1,1 $U_{ср}$.

ж) ПОВТОРНАЯ ПРОВЕРКА РЕЛЕ

После полного окончания наладки реле необходимо зачистить контакты и повторно проверить: затяжку всех гаек и винтов; начальное и конечное положение якоря и контактов; все зазоры и люфты; положение спиральной пружины.

По окончании повторного осмотра реле закрывается кожухом и производится контрольное измерение токов (напряжений) срабатывания и возврата.

7. ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ РЕЛЕ ТИПОВ РТ40/Ф, РТ40/Р, РТ40/1Д, РНН57, РН58

Реле РТ40/Ф. Исполнительный орган — реле РТ40 — налаживается и проверяется в соответствии с изложенной выше методикой. Схема проверки показана на рис. 36,а. Для проверки реле отключается от вторичной об-

мотки трансформатора I и от конденсаторов C_1 , C_2 с помощью перемычки P .

Дополнительная проверка, обусловленная особенностями схемы и конструкции реле, должна проводиться в следующей последовательности.

1) Проверяется прочность и сопротивление изоляции обмоток трансформатора относительно сердечника и между обмотками. По данным завода-изготовителя изоляция между обмотками трансформатора выдерживает в течение 1 мин испытательное напряжение 500 в частотой 50 гц. Сопротивление изоляции рекомендуется измерять с помощью мегомметра 500 в.

2) Проверяется исправность конденсаторов C_1 и C_2 : конденсаторы, отсоединенные от обмоток реле и трансформатора, заряжаются источником напряжения посто-

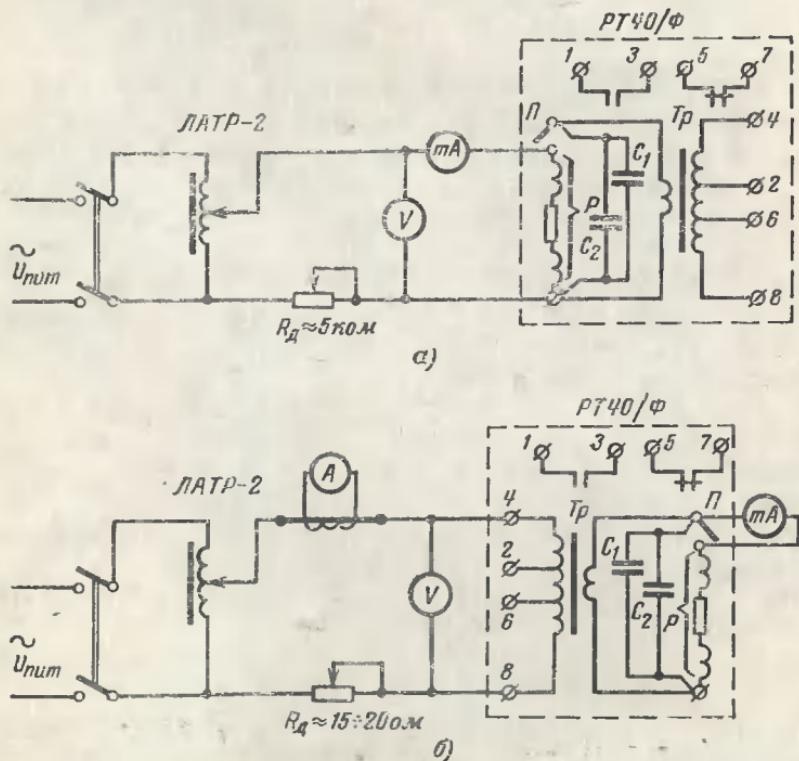


Рис. 36. Схемы для проверки и настройки реле PT40/Ф.

a — схема для проверки токов и напряжений срабатывания и возврата при подаче тока в обмотку реле; *б* — схема для проверки реле PT40/Ф при подаче питания в первичную обмотку трансформатора реле.

янного тока примерно до 100 в и по истечении нескольких минут разряжаются. Если конденсаторы исправны, то разряд сопровождается сухим щелчком и искрой.

3) При новом включении снимается зависимость тока в обмотке реле от тока в первичной обмотке трансформатора по схеме, приведенной на рис. 36,б.

Для этого на выводы 4 и 8 трансформатора подается напряжение 50 гц, величина тока изменяется в пределах 0—20 а через 1 а. Ток в первичной обмотке трансформатора должен иметь синусоидальную форму, что обеспечивается включением в первичную обмотку трансформатора регулируемого сопротивления $R_d = 15—20 \text{ ом}$.

Ток в обмотке реле рекомендуется измерять прибором с внутренним сопротивлением не более 15—20 ом.

4) По схеме на рис. 36,б проверяются токи срабатывания и возврата на крайних уставках шкалы при подаче питания на зажимы 4 и 8, 6 и 8, 2 и 8, измеряется мощность, потребляемая реле при срабатывании на начальной уставке.

5) Измеряются токи срабатывания и возврата на заданной уставке. Замеры производятся в первичной обмотке трансформатора и в обмотке реле. Допустимый коэффициент возврата $k_v = 0,8 \div 0,85$. Проверка должна производиться синусоидальным током 50 гц.

6) Проверяется работа контактов в полной схеме реле при токах от 1,05 до 10 I_{cp} .

7) Производится окончательный осмотр и проверяются токи срабатывания и возврата замерами в первичной обмотке трансформатора.

Реле РТ40/Р. 1) Исполнительный орган — реле РТ40, включенное через выпрямитель на вторичную обмотку трансформатора (см. рис. 16,а), налаживается и настраивается в соответствии с изложенной выше методикой. Посторонний источник тока включается на зажимы разомкнутой перемычки P . При этом все три первичные обмотки трансформатора T_p должны быть отключены от токовых цепей и разомкнуты.

2) Проверка изоляции и исправности конденсатора C выполняется аналогично тому, как это выполняется при проверке реле РТ40/Ф. Во избежание пробоя диодов при проверке конденсатора необходимо, кроме размыкания перемычки P , отпаять провод, соединяющий вывод конденсатора с диодами моста.

3) Снимаются характеристики намагничивания всех

трех первичных обмоток насыщающегося трансформатора (зависимость напряжения от тока в первичной обмотке при разомкнутой вторичной обмотке).

У обмотки с большим числом витков (зажимы реле 5—7) характеристика намагничивания должна быть в 2 раза выше, чем у обмоток с меньшим числом витков (зажимы 2—4, 6—8), т. е. при подаче в разные обмотки одинакового по величине тока на зажимах 5—7 напряжение должно быть примерно в 2 раза больше, чем на зажимах 2—4 и 6—8.

При снятии характеристик намагничивания следует делать по 6—7 замеров для каждой обмотки в пределах: от 0,05 до 3—4 а для РТ40/Р-1 и от 0,25 до 15—20 а для РТ40/Р-5.

4) На всех шести точках шкалы настраиваются и проверяются токи срабатывания реле при подаче тока поочередно в каждую из трех первичных обмоток насыщающегося трансформатора. Результаты замеров должны соответствовать величинам, указанным в табл. 6.

При увеличении токов срабатывания на 60—70% против значений, указанных в табл. 6, следует, что закорочен один из диодов моста (пробит).

При обрыве (разорвана цепь диода) токи срабатывания увеличиваются на 30—35% против нормы. Если нарушения в контактных соединениях схемы реле (пайки, винты) не обнаружено, необходимо проверить исправность диодов выпрямительного моста.

Для этого каждый диод поочередно выпаивается из схемы и с помощью прибора, имеющего шкалу сопротивлений, например Ц-315, определяются прямое и обратное сопротивления диода. Прямое сопротивление диода при напряжении на источнике питания 1—1,5 в должно быть равно 150—200 ом, при подключении же к источнику питания диода обратной полярностью показание прибора должно равняться бесконечности.

Сопротивление пробитого диода близко к нулю как в прямом, так и в обратном направлениях. При обрыве цепи в диоде прямое и обратное сопротивления равны бесконечности.

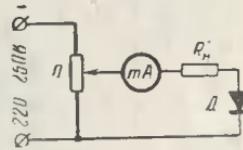


Рис. 37. Схема для измерения обратного тока диодов Д-226.

Кроме того, диоды могут иметь дефект, который обнаруживается только при приложении к нему напряжения, близкого к максимально допустимому. Поэтому если предварительная проверка заменяемого диода омметром показала, что диод исправен, следует сделать дополнительную проверку диода по замеру обратного тока. Проверка производится по схеме на рис. 37.

Проверяемый диод должен находиться под напряжением в течение 1 мин, при этом величина обратного тока должна быть стабильной и не превышать 500 Мка. Диод, выдержавший такую проверку, может быть использован в схеме выпрямительного моста.

Сопротивление R'_n порядка 5 ком необходимо для защиты измерительного прибора на случай, если диод окажется закороченным.

Дополнительную проверку диода допускается провести с помощью мегомметра на 500 в, однако после такой проверки исправность диода следует вновь проверить омметром.

5) Проверяется полярность первичных обмоток насыщающегося трансформатора в указанной ниже последовательности.

а) Замыкаются между собой зажимы 4—8, чем обеспечивается встречное последовательное включение двух обмоток с меньшими числами витков.

На зажимы 2—6 по схеме рис. 38,а подается ток, изменяемый от $I_{ср.м}$ до $3I_{ср.м}$, где $I_{ср.м}$ — ток срабатывания реле, полученный при подаче тока в одну обмотку с меньшим числом витков.

б) Замыкаются между собой зажимы 4—6 и 8—5, чем обеспечивается последовательное включение всех трех первичных обмоток насыщающегося трансформатора со следующим соблюдением полярности обмоток: обмотки с малым числом витков включены согласно, а обмотка с большим числом витков оказывается включенной встречно двум другим обмоткам.

На зажимы 2—7 по схеме на рис. 37,б подается ток, регулируемый в пределах, указанных в п. «а».

Если при проверках по п. «а» и «б» реле не срабатывает, то однополярными являются зажимы 2, 6 и 7.

6) Проверяется надежность работы контактов в полной схеме при подаче токов в каждую первичную обмотку до величин, равных утроенному максимальному току

короткого замыкания. Вибрация и искрение на контактах должны отсутствовать.

После окончательной проверки для снятия с магнитной системы реле остаточного намагничивания необходимо снова подать ток, равный (10—15) $I_{ср}$, и затем плавно снизить его до нуля.

Уставки, настраиваемые на реле РТ40/Р, обычно значительно меньше тока нагрузки присоединения, в цепи которого включено реле, поэтому подвижная система реле длительно находится в сработанном состоянии.

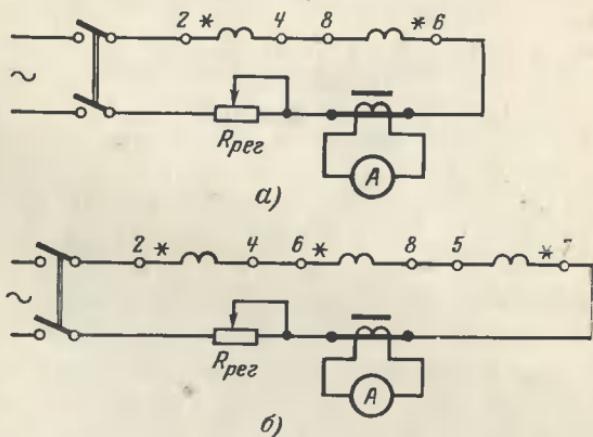


Рис. 38. Схемы для проверки полярностей первичных обмоток насыщающегося трансформатора реле РТ40/Р.

В эксплуатации неоднократно наблюдалась случай, когда подвижная система реле РТ40/Р оставалась в сработанном состоянии после полного снятия тока с его обмоток. До окончательного выяснения причин, способствующих проявлению указанного дефекта, и разработки методики его устранения рекомендуется учащенная — не реже 1 раза в полгода — проверка возврата в исходное положение подвижной системы реле при полном снятии тока. Указанную проверку целесообразно совмещать с отключениями присоединения, в токовые цепи которого включено реле.

В некоторых энергосистемах в схемах УРОВ применяют шунтирование вторичной обмотки суммирующего трансформатора РТ40/Р контактами реле, срабатывающими в момент запуска схемы. В таких схемах подвиж-

ная система РТ40/Р при прохождении по первичным обмоткам суммирующего трансформатора тока нагрузки, превышающего $I_{ср}$, остается в отпавшем положении, благодаря чему резко снижается возможность проявления рассматриваемого дефекта реле РТ40/Р.

Реле РТ40/1Д. При проверке элементов реле: трансформатора T_p , конденсатора C , а также при настройке исполнительного органа, следует руководствоваться рекомендациями пунктов «а», «б» настоящего параграфа.

Реле РНН57. Способы проверки конденсатора C и дросселя D не отличаются от изложенных выше.

Настройку заданной уставки можно вести при питании реле от любого постороннего источника переменного синусоидального напряжения 50 гц.

Для оценки загрубления реле при подаче на него напряжения с частотой 150 гц рекомендуется пользоваться генератором звуковой частоты любого типа, обеспечивающим выходную мощность (не менее 35—40 вт).

Реле настроенное от постороннего источника 50 гц на заданную уставку, подключается к выходным зажимам генератора звуковой частоты ЗГ. По встроенному или выносному высокоомному прибору проверяется $U_{ср}^{50}$ реле при частоте выходного сигнала ЗГ 50 гц. После этого ЗГ перестраивается на частоту 150 гц и по тому же прибору фиксируется напряжение срабатывания реле $U_{ср}^{150}$.

Если отношение $U_{ср}^{150}/U_{ср}^{50}$ оказалось равным или большим восьми, резонансный фильтр реле настроен правильно.

Реле РНН58. Особенностью данного реле является использование в его схеме стабилитронов. При существен-

ном отклонении коэффициента возврата от величины, гарантированной заводом-изготовителем ($k_b \geq 0,95$), целесообразно провести проверку стабилитронов.

Предварительная проверка состоит из замеров пря-

мого и обратного сопротивлений с помощью омметра (например, Ц-315).

Прямое сопротивление стабилитрона при этом должно быть равно 150—200 ом, обратное сопротивление должно равняться бесконечности.

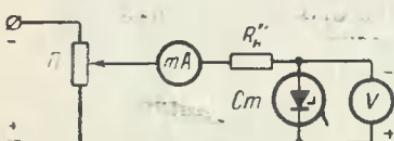


Рис. 39. Схема для проверки стабилитрона Д-808.

Последнее объясняется тем, что напряжение источника питания омметра ниже напряжения стабилизации $U_{ст}$ стабилитрона.

Если предварительная проверка стабилитрона показала его исправность, следует по схеме рис. 39 проверить эффективность стабилизации напряжения. Исправным считается стабилитрон, у которого при токах стабилизации в диапазоне от 1 до 25 мА $U_{ст}$ не изменяется более чем на 2—5%.

Обычно оказывается достаточной проверка $U_{ст}$ при токах порядка 5 и 10 мА, для чего в схеме на рис. 39 поочередно устанавливаются сопротивления R_h'' , равные 40 и 20 кОм.

Для измерения напряжений пригодны только высокомные вольтметры, такие, например, как Avomet II (60 ком/в) или Ц-52 (20 ком/в).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернобровов Н. В., Релейная защита, изд-во «Энергия», 1966.
2. Беркович М. А., Семенов В. А., Основы техники и эксплуатации релейной защиты, изд-во «Энергия», 1965.
3. Ступель Ф. А., Реле защиты и автоматики, Госэнергоиздат, 1948.
4. Какуевицкий Л. И., Крупицкий А. Ю., Саков А. Д., Смирнова Т. В., Справочник реле защиты и автоматики, изд-во «Энергия», 1968.
5. Овчинников В. В., Электромагнитные реле тока и напряжения, изд-во «Энергия», 1965.
6. Добродеев К. М., Вибрация токовых реле при несинусоидальном токе, «Электрические станции», 1968, № 5.
7. Сборник директивных материалов (электрическая часть), разд. 4, § 25, «Типовое положение о видах, объеме и сроках проверок устройств релейной защиты и электроавтоматики в энергосистемах», Госэнергоиздат, 1961.

Цена 16 коп.