

2 УСТРОЙСТВА РЗА НА МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

2.1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИТ

Устройства релейной защиты, как правило, содержат три основных части измерительную, логическую и выходную. В измерительную часть входят измерительные и пусковые органы защиты, которые воздействуют на логическую часть при достижении контролируемыми электрическими параметрами (ток, напряжение, мощность, сопротивление) значений (уставок), предварительно заданных для защищаемого объекта.

Логическая часть состоит из отдельных переключающих элементов и органов выдержки времени, которые при определенном действии (срабатывании) измерительных и пусковых органов, в соответствии с заложенной в логическую часть программой, запускают выходную часть.

Выходная часть связывает релейную защиту с цепями управления коммутационными аппаратами (выключателями) и устройствами передачи команд по каналам связи и телемеханики. Выходные органы защиты имеют на выходе переключающие элементы достаточной мощности, обеспечивающие работу цепей управления.

До последнего времени все органы релейной защиты выполнялись только на базе электро-механических реле. Необходимые выдержки времени создавались в логической части защит такого исполнения посредством часовых механизмов, управляемых электромагнитными устройствами. Наряду с часовыми механизмами для той же цели применяются электромагнитные реле с магнитной задержкой отпадания и срабатывания якоря.

Для получения реле с зависимой характеристикой выдержки времени так же использовались механические системы с приводом, действующим на индукционном принципе. Скорость движения таких механизмов зависит от значения тока, протекающего по обмоткам реле..

Однако электро-механическая аппаратура морально и физически устарела, не позволяет добиться высокой точности, быстродействия, выполнить сложные характеристики, и поэтому, нуждается в замене. Для поддержания рабочего состояния защиты требуются значительные трудозатраты на техническое обслуживание. Электро-механическая аппаратура занимает много места и требует большого количества электротехнических материалов. Значительное потребление энергии требует мощных источников питания оперативным током, а также большой мощности измерительных трансформаторов тока и напряжения. Нередко новые требования к релейной защите не могут быть удовлетворены из-за несовершенства аппаратуры, содержащей электро-механические устройства. Стало очевидным, что использование электро-механических устройств в релейной аппаратуре задерживает дальнейшее развитие техники релейной защиты, как в качественном, так и в количественном отношении.

Один из возможных выходов из создавшегося положения открылся благодаря успехам современной полупроводниковой схемотехники, а в первую очередь – созданию интегральных микросхем, которые и стали основой для создания нового поколения релейной защиты.

Интегральные микросхемы относятся к категории электронных устройств средней степени интеграции, реализующих одну или несколько однородных функций. В последние годы электронная промышленность начала выпускать многоцелевые, так называемые большие интегральные схемы (БИС) универсального назначения. В настоящее время разработано и выпускается значительное количество приборов средней степени интеграции, на которых построены современные микроэлектронные устройства защиты. Эти устройства ориентированы на выполнение сразу нескольких функций, что упрощает и удешевляет монтаж, экономит место на панелях и в шкафах РЗА. Второе направление развития РЗА – микропроцессорные устройства, обладающие еще более высокой эффективностью, однако стоимость их значительно превышает стоимость микроэлектронных. Поэтому последние находят спрос в случаях, когда к устройствам не предъявляются высокие требования в точности и многофункциональности. Микропроцессорные устройства будут рассмотрены в главе 3.

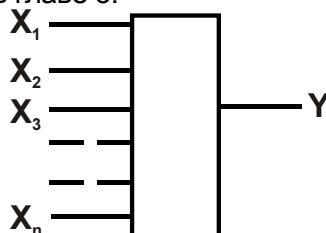


Рис. 2.1. Общее условное изображение логического элемента

Требуемые функции микроэлектронных устройств РЗА реализуются при помощи так называемых логических элементов. Представим себе такой идеальный логический элемент (рис.2.1) в виде некоторого переключающего устройства, обладающего несколькими входными зажимами $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ и одним выходным зажимом Y .

За исходное состояние элемента примем такое, когда на его входные зажимы поданы нулевые сигналы и когда его переключение происходит после поступления на его входы некоторого сочетания единичных сигналов. Такие элементы зовутся элементами "единичной", или "положительной", логики. Если в исходном состоянии к элементам подводятся единичные сигналы, то их называют элементами "нулевой", или "отрицательной" логики. В наших примерах рассматриваются элементы "положительной" логики.

Операции **ИЛИ**. У идеального элемента, обеспечивающего выполнение операции **ИЛИ** при нулевых сигналах на всех его выходах, выходной сигнал имеет тоже нулевое значение. Если хотя бы на один из входных зажимов подается единичный сигнал, элемент немедленно подействует, и на его выходе установится единичный сигнал. Единичный сигнал на выходе сохранится при любом числе сигналов 1, поданных на его входы. Когда со всех входных зажимов сигналы 1 снимаются, выходной сигнал **ИЛИ** опять становится нулевым. На структурных схемах элемент **ИЛИ** принято изображать так, как показано на рис. 2.2, а.

Операции **И**. Элемент, осуществляющий операцию **И**, при нулевых сигналах на всех его входных зажимах имеет на выходном зажиме сигнал 0. Но в отличие от элемента **ИЛИ** этот элемент переключится только тогда, когда единичные сигналы поступят на все его входы. Только при этом условии на его выходном зажиме образуется сигнал 1. В случаях, когда единичные сигналы поступят только на часть входных зажимов, на выходе элемента **И** будет оставаться нулевой сигнал. После срабатывания элемента **И** сигнал 1 на его выходе будет сохраняться до тех пор, пока не снимается единичный сигнал хотя бы с одного из его входных зажимов.

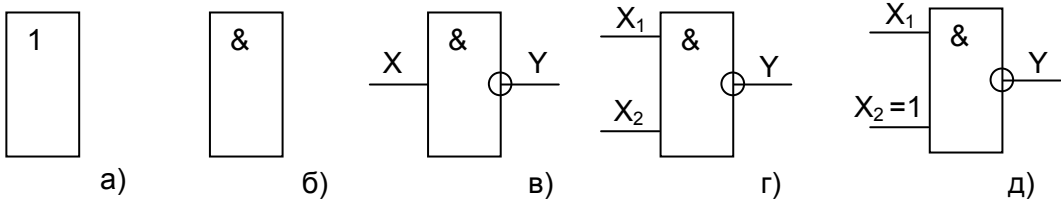


Рис. 2.2. Условные изображения логических элементов:
а – элемент **ИЛИ**; б – элемент **И**; в – элемент **НЕ**; г – элемент **И-НЕ**; д – элемент **ЗАПРЕТ**

На структурных схемах элемент **И** изображается так, как дано на рис.2.2, б. Операция **НЕ** или **ИНВЕРСИЯ**. В исходном положении элемента **НЕ** принято, что на его единственном входном зажиме X имеется нулевой сигнал, при этом на его выходном зажиме Y держится единичный сигнал. В случае появления на входном зажиме единичного сигнала сигнал на выходе элемента **НЕ** принимает нулевое значение. Действие элемента **НЕ** называют в математической логике инвертированием сигнала или инверсией, а сам элемент – инвертором. Для его изображения применяется прямоугольник с небольшим кружочком, нанесенным посередине правой или левой его стороны (рис. 2, в).

Для промышленной автоматики изготавливают серийные логические микросхемы, представляющие собой набор из сложных элементов и предназначенные для одновременного выполнения операций **И** и **НЕ**. Такой элемент сокращенно записывается так: элемент **И-НЕ**. Изображение элемента И-НЕ приведено на рис. 2, г. Ниже дана таблица переключений для элемента И-НЕ; в целях упрощения принято, что элемент имеет всего два входа X_1 и X_2 :

Состояние элемента:	X_1	X_2	Y
исходное	0	0	1
поданы сигналы	1	0	1
	0	1	1
	1	1	0

Как видно, мы приняли за исходное состояние такое, когда на входы элемента поданы нулевые сигналы, что соответствует "положительной" логике, применяемой в промышленной автоматике. Если представить себе, что в исходном положении на оба входа поданы сигналы 1, то на выходе установится сигнал 0 (нижняя строка таблицы). И тогда достаточно заменить

хотя бы один из входных сигналов нулевым, чтобы на выходе появился сигнал 1. А такое действие элемента представляет собой уже операцию **ИЛИ-НЕ**, но при единичных сигналах в исходном состоянии элемента. Она часто применяется на практике.

Операция **ЗАПРЕТ**. В элементе, служащем для операции **ЗАПРЕТ**, на выходном зажиме Y будет сохраняться нулевой сигнал, если на отдельном, так называемом запрещающем зажиме X_2 имеется единичный сигнал. При наличии этого запрещающего сигнала независимо от того, какой сигнал появится на единственном входном зажиме элемента X_1 , на выходном зажиме Y будет оставаться сигнал 0. После снятия запрещающего сигнала - замены сигнала 1 на запрещающем входе сигналом 0 – изменение выходного сигнала произойдет тогда, когда на входном зажиме X_1 возникнет сигнал 1. Таким образом, для действия элемента **ЗАПРЕТ** нужно выполнить два условия: снять запрещающий сигнал и подать на вход X_1 сигнал 1. Операция **ЗАПРЕТ** может быть также представлена как операция **И** с одним инвертированным входным сигналом, являющимся запрещающим. Применяемое изображение элемента **ЗАПРЕТ** показано на рис. 2, д.

Для применения в устройствах РЗА применяются специальные микросхемы, называемые высокопороговыми. Из микросхем отечественного производства применяется серия К511 с добавлением в конце двух букв и цифры, относящихся к конкретным типам микросхем этой серии. Она предназначена для работы в условиях повышенных электромагнитных помех. В качестве переключающих электронных приборов в микросхемах этой серии используются биполярные транзисторы. По принципу исполнения серия входит в число микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Для отстройки от помех в серии К511 принята относительно большая разница между уровнями нулевого и единичного сигналов, и поэтому она и считается высокопороговой.

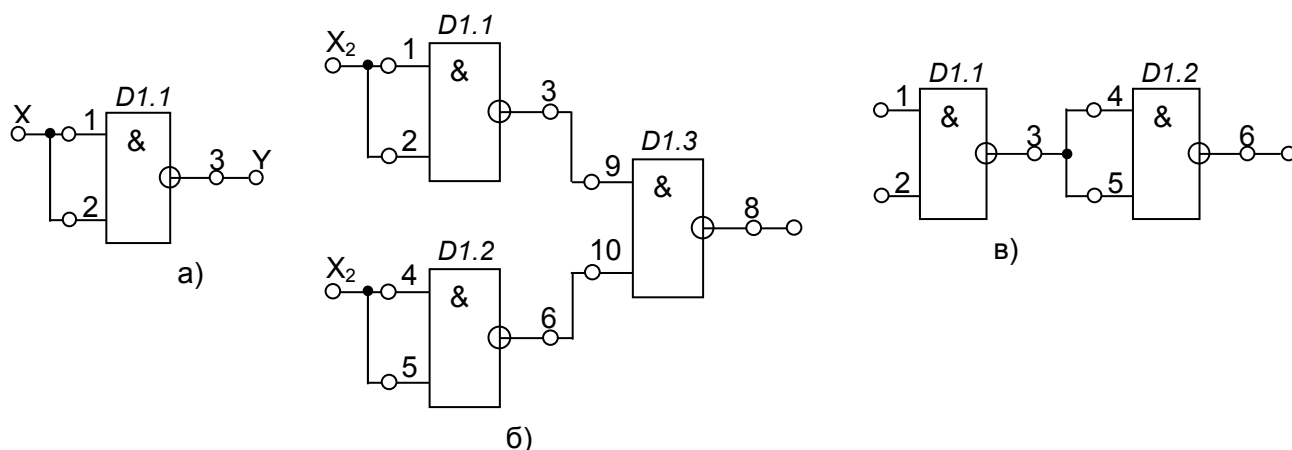


Рис. 2.3. Выполнение логических операций **НЕ** (а), **ИЛИ** (б), **И** (в) на микросхеме **И-НЕ**

Все основные логические операции, описанные выше, могут быть осуществлены с помощью только элементов **И-НЕ**. Эти элементы исполнены для выполнения операции **И-НЕ** при нулевых входных сигналах в исходном состоянии. Без всяких дополнений они могут быть использованы для реализации операции **ИЛИ-НЕ**, если в исходном режиме подавать на их входы единичные сигналы, а управление работой осуществлять с помощью нулевых сигналов. На рис. 2.3 показано в качестве примера, как выполняются операции **И**, **ИЛИ**, **НЕ** и **ИЛИ-НЕ** для единичных управляющих сигналов с помощью микросхемы типа К511ЛА1, содержащей четыре двухвходовых элемента **И-НЕ**. Так, операция **НЕ** обеспечивается при подаче единичного сигнала на объединенные входы элемента, что видно из рис. 2.3, а. На рис. 2.3, б изображено исполнение операции **ИЛИ**, а на рис. 2.3, в – операции **И**. Работа схем понятна из рисунков. Элементы **И-НЕ** серии К511 могут присоединяться к выходу операционных усилителей через ограничивающий резистор, имеющий сопротивление порядка 30 кОм.

В качестве реагирующего органа микроэлектронных устройств используются операционные усилители.

Отметим основные свойства ОУ:

- очень большой коэффициент усиления по напряжению, превышающий 10^4 и доходящий до $5 \cdot 10^5$;
- малое потребление по входу, измеряемое долями микроампер и меньше;

– небольшое выходное сопротивление, измеряемое десятками или сотнями Ом, что позволяет не учитывать его при выборе нагрузки, которая ограничивается допустимым током выхода ОУ, составляющим примерно 5 мА.

Питание операционных усилителей, применяемых при изготовлении реле защиты, осуществляется от двух разнополярных источников напряжения постоянного тока с общей нулевой точкой. Значения питающих напряжений выбираются в диапазоне от ± 5 до ± 15 В, в зависимости от конструкции ОУ. Операционный усилитель имеет два независимых входа и один общий выход. Он является усилителем дифференциального типа и реагирует на знак напряжения, определяемого разностью двух напряжений, поданных на его входы. Тот из входов, при преобладании напряжения на котором знак выходного напряжения совпадает с поданным на этот вход, называется неинвертирующим, или сокращенно **Н-входом**. До последнего времени этот вход обозначался на схемах усилителей условным знаком плюс. Другой вход, преобладание напряжения на котором приводит к изменению знака выходного напряжения на противоположный по сравнению со знаком напряжения на этом же входе, называется инвертирующим, или сокращенно **И-входом**. Ему присваивался условный знак минус.

Значения подаваемых на ОУ входных напряжений не должны превышать напряжения пита-

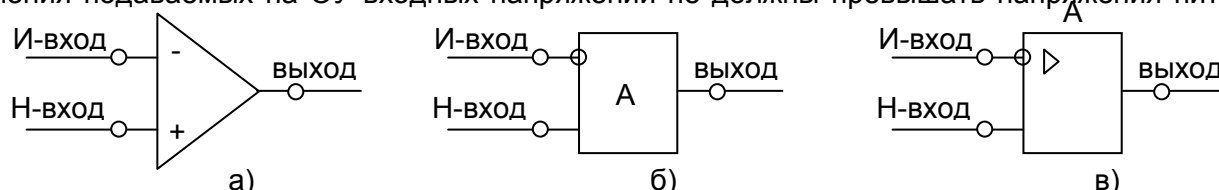


Рис.2.4. Условные изображения операционных усилителей: а – старое; б – допускаемое; в – новое

Если на оба входа ОУ подать одинаковые по значению и знаку напряжения, называемые синфазными, то выходное напряжение будет практически оставаться близким к нулю. Значения синфазных напряжений, подаваемых на входы ОУ, не должны быть выше напряжения питания.

На схемах, содержащих ОУ, встречаются три основных условных изображения операционных усилителей: старое (рис. 4, а), которое продолжают и поныне применять во многих информационных и проектных материалах, допускаемое (рис. 4, б), широко используемое в настоящее время в технической литературе, и новое (рис. 4, в), принятое совсем недавно. На всех изображениях не показаны источники питания и другие внешние выводы.

Операционные усилители обладают общим недостатком, заключающимся в том, что даже при полном отсутствии внешних входных сигналов, через входы усилителя протекают небольшие так называемые нулевые токи, и может возникать некоторое напряжение между входами, которое называют напряжением сдвига нуля. Их появление обусловливается несбалансированностью входного каскада, которая зависит как от технологических отклонений параметров входных транзисторов, так и от внешних условий, в первую очередь от температуры окружающей среды и изменения напряжений питания. Напряжение сдвига нуля создает на выходе ОУ выходное напряжение соответствующего значения.

Этот недостаток оказывает существенное влияние на выбор параметров резисторов в схемах применения ОУ.

По техническим условиям на ОУ появляющееся выходное напряжение сдвига должно сводиться к нулю, если приложить между входами ОУ так называемое напряжение смещения соответствующего знака, значение которого не должно превосходить 7,5 мВ. Поэтому при расчете схем применения ОУ начальный уровень управляющего сигнала берется порядка 10 мВ. Это в свою очередь определяет нижний расчетный уровень выходного напряжения ОУ. Верхний расчетный уровень выходного напряжения ОУ определяется его напряжением насыщения, которое обычно меньше напряжения питания на 1-2 В.

Благодаря своим свойствам, операционный усилитель может быть с достаточной степенью точности представлен в виде идеального усилителя. Такой идеальный усилитель имеет коэффициент усиления дифференциального сигнала, близкий к бесконечности ($A_D \rightarrow \infty$), и коэффициент усиления синфазных сигналов, равный нулю ($A_{сф} \rightarrow 0$). Входные токи идеального усилителя близки к нулю ($I_{вх} \rightarrow 0$), а выходное внутреннее сопротивление приближается к нулевому значению ($Z_{вых} \rightarrow 0$). Для облегчения анализа схем, в которых используются реаль-

ные операционные усилители, рассмотрим основные схемы их применения на примере идеальных усилителей дифференциального типа.

Идеальный усилитель обеспечивает максимальное значение выходного напряжения, ограниченное лишь уровнями напряжений питания, при очень малой разности напряжений между его входами. Эта разность не соизмерима со значениями напряжений во внешней части схемы. Получающаяся при этом разность потенциалов на входных зажимах называют напряжением суммирующей точки. Его значение близко к нулю. Токи, поступающие на входы идеального усилителя, также весьма малы и при рассмотрении схем не учитываются.

Основные схемы применения ОУ строятся на использовании различных вариантов обратных связей между выходом ОУ и его входами. Обратная связь в таких схемах осуществляется через соответственно подобранные линейные и нелинейные сопротивления в зависимости от характера операций, выполняемых с помощью данной схемы. Связь между выходом ОУ и Н-входом называется положительной обратной связью (ПОС), связь между выходом ОУ и инвертирующим входом – отрицательной обратной связью (ООС). Перейдем к описанию основных типовых схем применения ОУ.

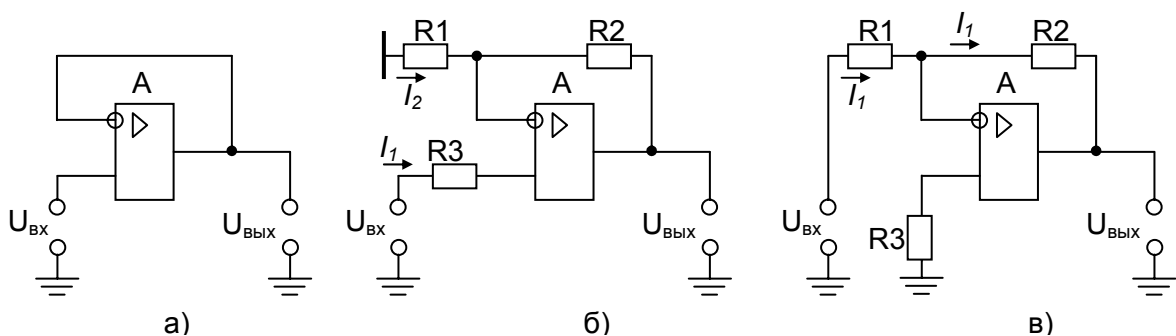


Рис.2.5. Основные схемы применения операционных усилителей:

а – повторитель напряжения; б – неинвертирующий усилитель; в – инвертирующий усилитель

Повторитель напряжения — схема, в которой выход ОУ соединен непосредственно с инвертирующим входом через сопротивление, равное нулю. Управляющий сигнал подается прямо на неинвертирующий вход (рис. 2.5, а). Подобный вид обратной связи называют 100%-ной отрицательной обратной связью (100 % ООС). При $U_{вх} = 0$ напряжение на выходе тоже будет оставаться равным нулю, так как на непосредственно связанном с ним инвертирующем входе не возникает разности напряжений по отношению к неинвертирующему входу. В случае изменения входного напряжения на неинвертирующем входе, между входами будет поддерживаться ничтожно малая разность напряжений, определяемая значением напряжения суммирующей точки. Напряжение на выходе ОУ практически сравняется с поступающим сигналом и, по мере его изменения, будет совпадать с меняющимися значениями входного сигнала. Таким образом, рассматриваемая схема является следящей, повторяющей на выходе входной сигнал. Отсюда ее название. Коэффициент усиления повторителя напряжения:

$$K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = 1.$$

Неинвертирующий усилитель

Показанная на рис. 2.5, б схема применяется для усиления сигналов, подаваемых на неинвертирующий вход. В данной схеме ОУ охвачен отрицательной обратной связью через резистор $R2$, а резистор $R1$ соединяет инвертирующий вход с нулевой шинкой. Ток I_2 , проходящий по цепи обратной связи, определяется значением $U_{вых}$. Резисторы $R1$ и $R2$ представляют собой делитель напряжения. Так как входные токи ОУ можно не учитывать, то напряжение на инвертирующем входе будет равно $U_{вых} \cdot \frac{R1}{R1 + R2}$. Учитывая, что значение напряжения в суммирующей точке несравнимо меньше $U_{вх}$, можно считать, что напряжение на инвертирующем входе имеет то же значение, что и поступающий на неинвертирующий вход сигнал. Отсюда $U_{вх} = U_{вых} = \frac{R1}{R1 + R2}$. Коэффициент усиления такого усилителя

$K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{R1 + R2}{R1}$. Чтобы не нагружать выход ОУ, резисторы **R1** и **R2** в реальных схемах

принимают порядка десятков и сотен кОм. Из схемы видно, что неинвертирующий усилитель имеет большое входное сопротивление, которое зависит только от входного тока ОУ i_1 , приближающегося к нулю. На линейном участке характеристики коэффициент усиления такого усилителя может быть весьма большим (достигать нескольких сотен). О назначении резистора **R3** сказано ниже.

Инвертирующий усилитель

Схема его (рис.2.5, в) отличается от предыдущей тем, что управляющий сигнал подается на инвертирующий вход через резистор **R1**, а неинвертирующий вход соединяется с нулевой шинкой через резистор **R3**, поэтому потенциал суммирующей точки в рассматриваемой схеме примерно равен потенциалу нулевой шинки. Резисторы **R1** и **R2**, образующие делитель напряжения, имеют нулевой потенциал в точке их соединения на инвертирующем входе. При подаче сигнала на инвертирующий вход при заземленном неинвертирующем входе на выходе ОУ получается усиленный сигнал противоположного знака, так как в суммирующей точке происходит переход через нулевое значение. Так как собственный входной ток ОУ можно не

учитывать, принимаем, что по цепи из **R1** и **R2** течет один ток $i_1 = \frac{U_{вх}}{R1} = -\frac{U_{вых}}{R2}$. Знаком ми-

нус учитываются противоположные знаки ($U_{вх}$ и $U_{вых}$). Отсюда можно получить выражение

для коэффициента усиления инвертирующего усилителя $K_u = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = -\frac{R2}{R1}$.

Входное сопротивление инвертирующего усилителя значительно меньше, чем у неинвертирующего, так как равно сопротивлению резистора **R1**, которое берется в тех же пределах, что и для неинвертирующего усилителя.

Из рассмотренных схем усилителей видно, что их коэффициент усиления определяется только соотношением сопротивлений в цепи входов и обратной связи. И хотя эти данные получены для схем с идеальными ОУ, они с достаточной степенью точности могут быть применены и к реальным ОУ. Благодаря этому, ОУ имеют универсальное применение, взаимозаменяемы и не требуют подбора, как это часто бывает в схемах, содержащих обычные транзисторы. Для понимания свойств реальных операционных усилителей, отличающих их от идеальных, ознакомимся с устройством применяемых ОУ.

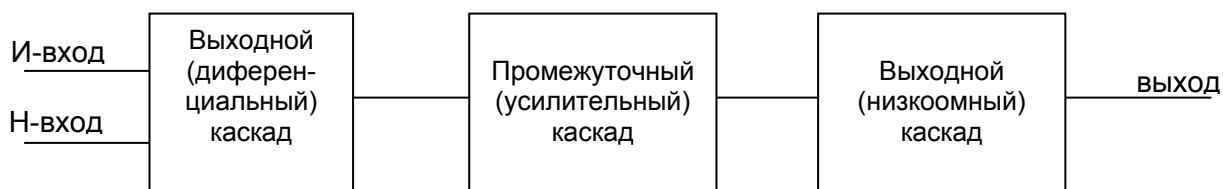


Рис.2.6. Структурная схема операционного усилителя

Схемы таких ОУ содержат, как правило, три основных усилительных каскада (рис. 2.6): входной (дифференциальный), промежуточный (усилительный) и выходной (низкоомный).

Входной каскад является основной частью ОУ, определяющей его качество. В этом каскаде формируется дифференциальный сигнал, строго пропорциональный разности напряжений, подаваемых на входы ОУ. Дифференциальный коэффициент усиления входного каскада серийных ОУ может достигать значения 500 и более, при этом должна поддерживаться линейная зависимость между входным разностным сигналом и сигналом, поступающим из входного каскада в следующий, промежуточный каскад.

Промежуточный каскад является чисто усилительным, и предназначен для связи между входным и выходным каскадами. Его коэффициент усиления у большинства серийных ОУ имеет такое же значение, как и у входного.

Входной каскад не должен реагировать на синфазные входные сигналы. Это очень важно с позиций нечувствительности ОУ к помехам. Ведь, как правило, помехи являются сигналами одинаково воздействующими на оба входа ОУ. Включение входного каскада ОУ по дифференциальной схеме само по себе делает его малочувствительным к синфазным входным напряжениям. Такое включение снижает также влияние температурных изменений отдельных

параметров транзисторов и сопротивлений, входящих в плечи дифференциального каскада. В схеме они оказываются включенными навстречу друг другу, благодаря чему однозначные температурные изменения отдельных параметров взаимно компенсируются.

Однако простого включения входных транзисторов по дифференциальной схеме недостаточно, чтобы обеспечить требуемую нечувствительность ОУ к синфазным напряжениям. Она достигается за счет ряда дополнительных мер, применяемых в схемах входных каскадов. Благодаря им также сводится к минимуму напряжение сдвига нуля. Выходной каскад является в основном усилителем мощности, и поэтому его коэффициент усиления по напряжению невелик и приближается к единице.

Остановимся на основных параметрах указанных выше ОУ.

Коэффициент усиления дифференциального сигнала A_d (В/мВ) равен приращению выходного напряжения к вызвавшему это приращение входному напряжению.

Входное сопротивление ОУ $R_{вх}$ (кОм) равно отношению приращения его входного напряжения к приращению активной составляющей входного тока.

Напряжение смещения ОУ $U_{см}$ (мВ) определяется значением постоянного входного напряжения, при котором выходное напряжение равно нулю.

Максимальное выходное напряжение ОУ $U_{вых max}$ (В) определяется предельным значением выходного напряжения при номинальном напряжении питания.

Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений дифференциального ОУ $K_{с,с}$ (дБ) равен отношению приращения синфазных входных напряжений к входному дифференциальному напряжению, вызывающих одно и то же приращение выходного напряжения.

Предельный выходной ток ОУ $I_{вых}$ (мА) равен максимальному значению выходного тока при оговоренном входном напряжении. Иногда вместо него приводится допустимое минимальное сопротивление нагрузки R_n (кОм).

2.2 ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ

В данном параграфе описывается работа отдельных элементарных звеньев, из которых собираются основные узлы реле защиты. Каждое звено предназначается для осуществления одной из частных операций, присущих данному узлу. В схеме звена может содержаться одна или несколько микросхем, благодаря которым такие звенья относят к активным и называют функциональными элементами.

Наряду с функциональными элементами в схемах реле защиты применяют также звенья, не содержащие интегральных микросхем. В отличие от функциональных элементов такие звенья называют пассивными.

Остановимся на типовых схемах функциональных элементов, используемых в серийных реле защиты. Большинство из них заимствовано из схем, используемых в измерительной технике и промышленной автоматике.

К числу наиболее часто применяемых функциональных элементов следует в первую очередь отнести **схемы усилителей**, содержащих ОУ. Среди них можно указать уже известные из предыдущего параграфа схемы неинвертирующего и инвертирующего усилителей, изображенные на рис. 2.5, б, в. Широко применяют также повторители напряжения, показанные на рис. 2.5, а.

Наряду с ними в реле защиты довольно часто применяют усилители с ограничением уровня выходного напряжения, называемые сокращенно **усилителями-ограничителями**. Ограничения достигают за счет включения параллельно сопротивлению обратной связи двух встречно включенных стабилитронов (рис. 2.7, а). При подъеме выходного напряжения более $U_{см} + 0,7$ В сопротивление обратной связи шунтируется и рост $U_{вых}$ прекращается. Здесь $U_{см}$ – напряжение пробоя стабилитрона, а 0,7 В – падение напряжения на стабилитроне в прямом, диодном направлении.

Часто используют **схемы сумматоров** напряжения на ОУ. Один из вариантов схемы сумматора с тремя входами, выполненный на основе инвертирующего усилителя, показан на рис. 2.7, б. На инвертирующий вход подаются складываемые напряжения через индивидуальные

резисторы $R1-R3$. По этим резисторам протекают токи $i_1 = \frac{U_{ax}}{R1}$; $i_2 = \frac{U_{ax}}{R2}$ и $i_3 = \frac{U_{ax}}{R3}$. По

резистору обратной связи R_4 проходит ток i_4 , равный сумме этих токов. Полагая, что напряжение в суммирующей точке равно нулю, получаем, что выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = i_4 R_4 = - \left(\frac{U_{\text{вх}_1}}{R_1} + \frac{U_{\text{вх}_2}}{R_2} + \frac{U_{\text{вх}_3}}{R_3} \right) R_4 \quad (2.1)$$

При $R_1 = R_2 = R_3$ выходное напряжение будет пропорционально сумме входных напряжений. Сумматоры обладают малым собственным потреблением и позволяют поднять значение суммы напряжений до желаемого уровня. Они успешно используются в схемах формирователей сигналов, фильтров симметричных составляющих и для сравнения мгновенных или средних значений подаваемых напряжений.

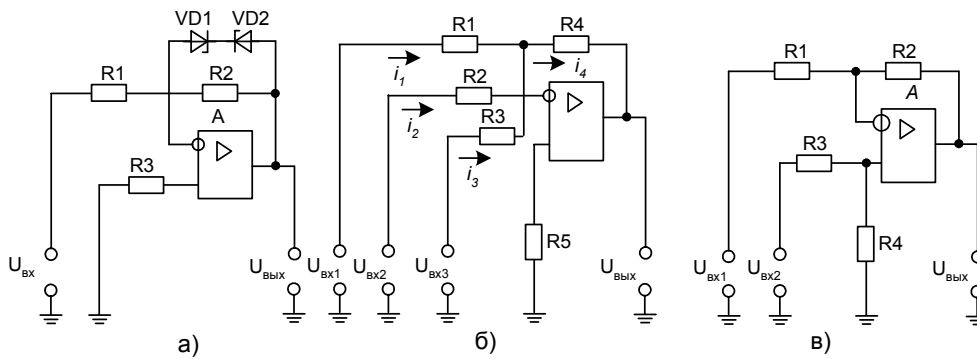


Рис. 2.7. Отдельные типовые схемы усилителей на реальных ОУ:

а – усилитель-ограничитель; б – сумматор на базе инвертирующего усилителя; в – дифференциальный усилитель.

К числу типовых относится также схема **дифференциального усилителя**, показанная на рис. 2.7, в. Для того чтобы эта схема осуществляла функцию усилителя разности входных напряжений $U_{\text{вх}_2} - U_{\text{вх}_1}$, нужно, чтобы $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$. Действительно, если $U_{\text{вх}_2} = 0$, то схема работает как обычный инвертирующий усилитель, если $U_{\text{вх}_1} = 0$, то при напряжении на

неинвертирующем входе $U_+ = U_{\text{вх}_2} \frac{R_4}{R_3 + R_4}$ для **НЕИНВЕРТИРУЮЩЕГО** усилителя имеем:

$$U_{\text{вых}} = U_+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = U_{\text{вх}_2} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (2.2)$$

Но, как следует из сказанного выше, $\frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$. И тогда:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}_2} \left(\frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2}}{\frac{R_1}{R_1 + R_2}} \right) = U_{\text{вх}_2} \frac{R_2}{R_1} \quad (2.3)$$

Если на схему подать одновременно $U_{\text{вх}_1}$ и $U_{\text{вх}_2}$, то получим выходное напряжение:

$$U_{\text{вых}} = -U_{\text{вх}_1} \frac{R_2}{R_1} + U_{\text{вх}_2} \frac{R_2}{R_1} = (U_{\text{вх}_2} - U_{\text{вх}_1}) \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (2.4)$$

Таким образом, данная схема обеспечивает усиление разности входных напряжений. Дифференциальный усилитель применяется также в качестве основы для получения схем различных сумматоров-вычитателей.

Рассмотрим еще несколько схем применения серийных ОУ. **Компараторы** представляют собой схемы, обеспечивающие сравнение двух входных напряжений. Напряжение на выходе компаратора скачкообразно изменяется, когда одна из сравниваемых величин становится больше другой.

В реле защиты широко используются компараторы, в которых одной входной величиной является опорное напряжение заданного значения, а другой – напряжение, пропорциональное измеряемому напряжению или току, которое поступает от соответствующих датчиков. Ком-

параторы используются также в качестве **нуль-индикаторов**. У них один из входов компаратора заземляется и скачкообразное изменение выходного напряжения происходит при переходе измеряемого сигнала через нулевое значение. Одна из типовых схем компаратора показана на рис. 2.8, а. На вход 7 подается измеряемый сигнал, а на вход 2 — опорное напряжение. Пока измеряемое напряжение меньше опорного, на выходе ОУ держится максимальное выходное напряжение, совпадающее по знаку с опорным. Как только измеряемое напряжение станет больше опорного примерно на величину, равную свойственному данному ОУ напряжению суммирующей точки, выходное напряжение немедленно изменит свой знак на противоположный, сохранив максимальное значение. Диоды **VD1** и **VD2** защищают входы ОУ от повышенных значений дифференциального напряжения.

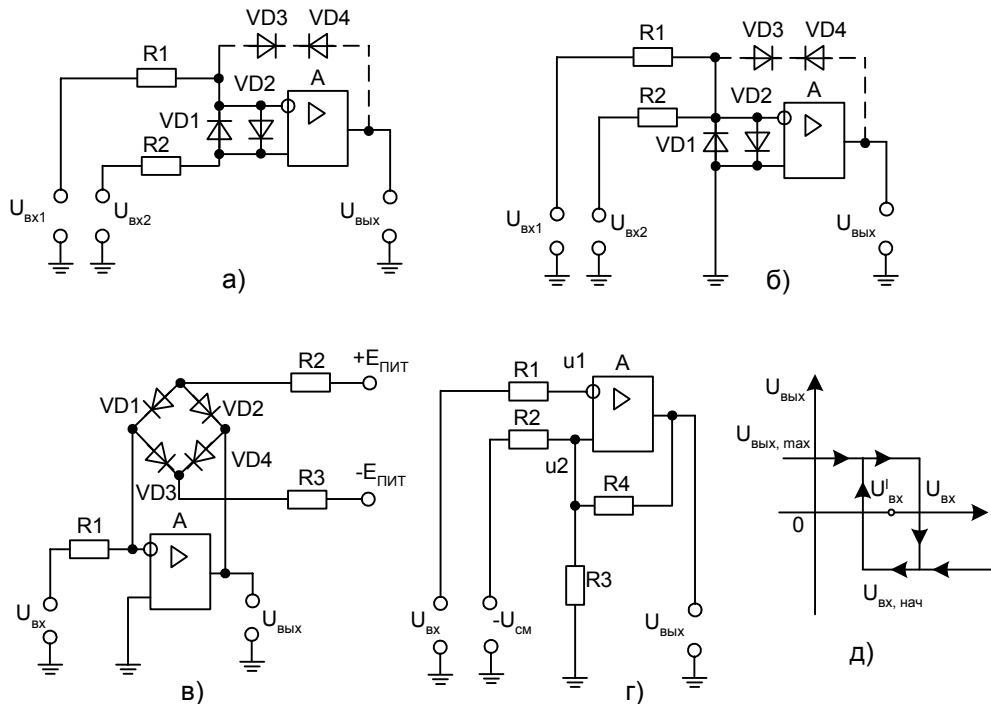


Рис. 2.8 Компаратор на реальных ОУ:

а – однопороговый для однополярных сигналов; б – однопороговый для разнополярных сигналов; в – двухпороговый компаратор; г – инвертирующий триггер Шмитта; д – передаточная характеристика триггера Шмитта

Если нужно ограничить выходное напряжение определенным уровнем, то в цепи обратной связи устанавливают два стабилитрона, включенных встречно.

Другая типовая схема компаратора, называемого еще суммирующим, показана на рис. 2.8, б. Компаратор применяется для сравнения разнополярных напряжений, подаваемых на его входы. При этом входные напряжения могут быть весьма большими. Изменение знака выходного напряжения происходит при переходе напряжения, приходящего на инвертирующий вход, через нулевое значение. Описанные компараторы получили наименование **однопороговых**.

Схема **двухпорогового компаратора** показана на рис. 2.8, в. При отсутствии входного сигнала диоды **VD1—VD4** открыты за счет протекания по ним тока от источников питания ± 15 В. Потенциалы узлов моста, примыкающих к инвертирующему входу и выходу ОУ, одинаковы. При этом сопротивление в цепи отрицательной обратной связи настолько мало, что коэффициент усиления схемы близок к нулю. Выходное напряжение держится на уровне прямого падения напряжения на диодах **VD1—VD4**. При появлении входного сигнала по диодам **VD1—VD4** начинают протекать дополнительные токи. Если $U_{вх}$ положительно, то эти токи, проходя по диодам **VD1** и **VD4**, будут направлены навстречу току, идущему от источника питания, и будут вычитаться из него, а при протекании этих токов через диоды **VD2** и **VD3** их направление будет совпадать с током от источника питания, и эти токи сложатся.

При некотором значении напряжения, называемого пороговым, диоды **VD1** и **VD4** закроются. Это приведет к резкому возрастанию сопротивления обратной связи и соответственно к появлению максимального значения $U_{вых}$. При отрицательном входном напряжении схема рабо-

тает аналогично, только знак выходного напряжения будет противоположным. Подбором сопротивлений $R2-R3$ можно регулировать уровень порогового напряжения. Рассмотренная схема обладает повышенной помехоустойчивостью.

Триггер Шмитта представляет собой компаратор с одним заземленным входом, заданным опорным напряжением и положительной обратной связью. Благодаря ей, изменение знака выходного напряжения и обратный переход в начальное состояние происходит при разных уровнях входного напряжения.

Зависимость $U_{вых}$ от $U_{вх}$ приобретает форму прямоугольной петли гистерезиса. Рассмотрим, как работает одна из распространенных схем – инвертирующий триггер Шмитта со смещенной характеристикой, изображенный на рис. 2.8, г. Для того чтобы срабатывание и возврат триггера происходили при изменениях входного напряжения одного знака, на его инвертирующий вход подается отрицательное напряжение смещения $-U_{см}$. При отсутствии $U_{вх}$ на инвертирующий вход ОУ поступает отрицательное напряжение, равное

$u_1 = -U_{см} \frac{R1}{R1 + R2}$ при этом выходное напряжение имеет максимальное положительное значение, а на неинвертирующем входе держится положительный потенциал

$u_2 = U_{вых max} \frac{R3}{R3 + R4}$. Для переключения схемы нужно повысить входное напряжение до положительного значения, обеспечивающего превышение потенциала u_1 над u_2 . Это выходное напряжение можно представить в виде суммы двух слагающих. Одна из них – это входное напряжение, при котором u_1 становится равным нулю: $U_{вх нач} = U_{см} \frac{R1}{R2}$;

вторая – это часть входного напряжения, на которую его нужно поднять дополнительно, чтобы потенциал u_2 достиг имеющегося на неинвертирующем входе потенциала u_2 :

$$U'_{вх} = u_2 \frac{R1 + R2}{R2} = U_{вых max} \cdot \frac{R3}{R3 + R4} \cdot \frac{R1 + R2}{R2} \quad (2.5)$$

Отсюда следует, что для действия триггера Шмитта входное напряжение должно стать больше:

$$U_{вх ср} = U_{вх нач} + U'_{вх} = U_{см} \frac{R1}{R2} + U_{вых max} \cdot \frac{R3}{R3 + R4} \cdot \frac{R1 + R2}{R2} \quad (2.6)$$

Для возврата триггера в исходное состояние входное напряжение нужно снизить до значения $U_{вх нач} - U'_{вх}$. На рис. 2.8, д приведена передаточная характеристика такого триггера Шмитта.

Она имеет четко выраженный "релейный" характер. Поэтому такие триггеры часто используют в исполнительной части реле. Применяют их также для преобразования синусоидальных напряжений в прямоугольные, особенно при искаженной форме кривой напряжения.

Измерительные преобразователи тока и напряжения, называемые сокращенно датчиками, являются основной частью узла измерения. Наряду с основными функциями, они решают задачу защиты полупроводниковой части реле от высокочастотных наводок, могущих проникать в цепи вторичной коммутации. Для защиты служит специальный экран, помещаемый между первичной и вторичной обмотками входного трансформатора датчика. Экран представляет собой однослойную обмотку, соединенную с нулевой шинкой реле.

Нагрузкой измерительных преобразователей служат соответственно подобранные резисторы. Падение напряжения, снимаемое с резистора, используется в качестве управляющего для узла формирования. Примеры исполнения датчиков тока показаны на рис. 2.9.

В простейшем случае в качестве нагрузки датчика тока используют резистор, включенный через двухполупериодный выпрямитель (рис. 2.9, а).

Для сложных реле применяют датчики тока с несколькими степенями регулировки с помощью резисторов, подсоединяемых через переключатели (рис. 2.9, б) ко вторичной обмотке датчика. Выходное напряжение такого датчика снимается с делителя напряжения на резисторах. Средняя точка делителя связана с нулевой шинкой, что позволяет получать напряжения разного знака относительно нуля реле. Еще один вариант датчика тока, обеспечивающий возможность регулировки снимаемого с него напряжения с помощью отпаяек, показан на рис. 2.9, в.

Схема датчика тока для реле дифференциальной защиты трансформаторов и двигателей, в котором применен трансреактор, показана на рис. 2.9, г. Выходное напряжение трансреакто-

ра пропорционально первой производной входного тока. За счет этого обеспечивается исключение медленно затухающей апериодической слагающей и усиление составляющих высших гармоник в получаемом выходном напряжении. Конденсатор **С1** поставлен для подавления помех, имеющих частоту 500 Гц и выше.

В составе датчика напряжения имеется промежуточный трансформатор, ко вторичной обмотке которого подсоединяется схема преобразования входного напряжения, требующаяся для данного исполнения реле. В серийных реле напряжения применяется датчик, подобный показанному на рис. 2.9, а, но только с одной первичной обмоткой, последовательно с которой включается добавочное сопротивление. У сложных реле во вторичную цепь датчика напряжения при необходимости может включаться фазоповоротная схема (рис. 2.9, д).

Там, где требуется осуществить регулировку выходного напряжения датчика в широких пределах, вторичная обмотка промежуточного трансформатора выполняется с отпайками и соответствующим переключателем для грубого подбора ступеней регулировки. Кроме того, для плавного изменения напряжения на выходе датчика ставится делитель напряжения на резисторах. Один из резисторов снабжается движком для точной установки требуемого напряжения (рис. 2.9, е).

В следующем параграфе, в качестве примеров, приводятся описания некоторых реле производства фирмы «Энергомашвин».

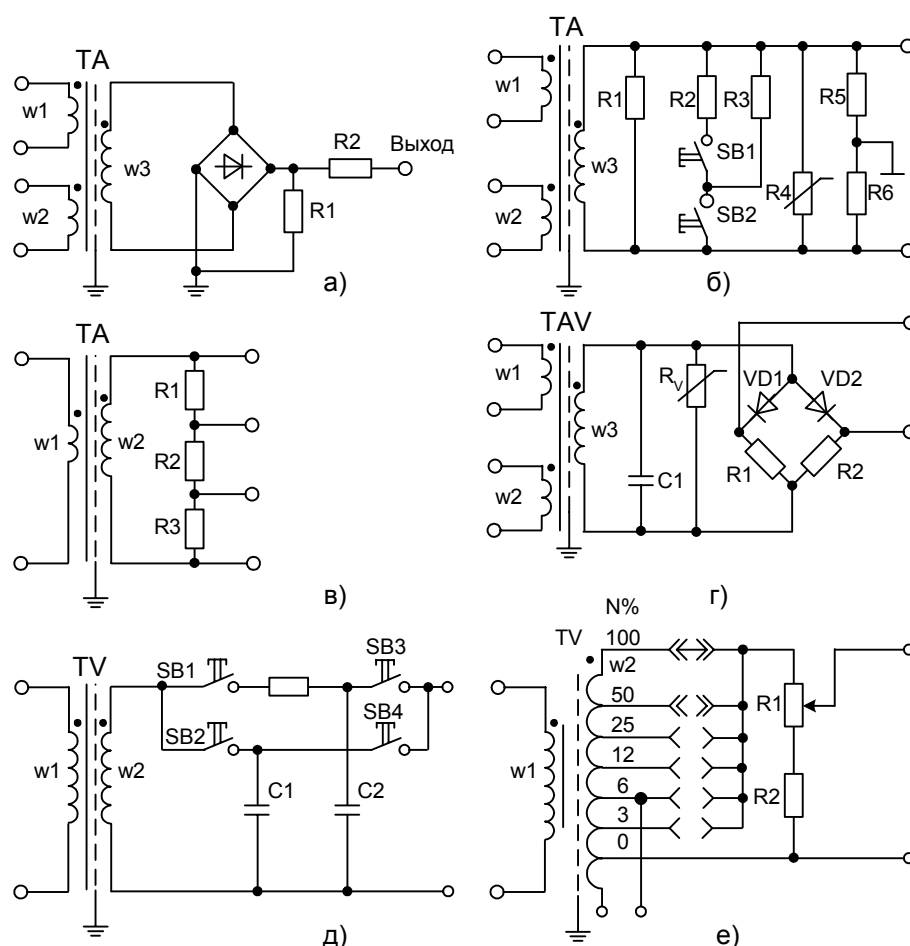


Рис. 2.9 Датчики тока и напряжения:

а – датчик тока с выпрямителем; б – датчик тока со ступенчатой регулировкой выходного сигнала;

в – датчик тока с делителем выходного сигнала; г – датчик тока с трансреактором и выпрямителем;

д – датчик напряжения с фазоповоротной схемой; е – датчик напряжения со ступенчатой и плавной регулировкой выходного напряжения.

2.3 ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

2.3.1 Реле РС40М

Реле предназначены для использования в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики и являются статическими реле без дополнительного источника питания.

Питание элементов схемы осуществляется от измеряемого сигнала.

Реле – РС40М – однофазное реле, а РС40М2 – двухфазное реле максимального тока без дополнительной выдержки времени; РС40М1 – однофазное реле с дополнительной выдержкой времени. Уставки реле регулируются дискретно.

Реле имеют один переключающий выходной контакт.

Коэффициент возврата реле не меньше – 0,85:

Разброс тока срабатывания не больше плюс-минус 1,5

Относительная погрешность тока срабатывания при изменении температуры окружающего воздуха от минус 40°С до плюс 50°С не более чем:

- плюс-минус 5,0 % - для РС40М, РС40М1, РС40М21.
- плюс-минус 10 % - для РС40М2.

Относительная погрешность выдержки времени при изменении температуры окружающего воздуха от минус 40°С до плюс 50°С не более плюс-минус 10 % (только для РС40М1).

Время замыкания замыкающего контакта для РС40М, РС40М2 не более чем:

- 0,1с - при отношении входного тока к току срабатывания, равном 1,2;
- 0,03с - при отношении входного тока к току срабатывания, равном 3.

Время размыкания замыкающего контакта при уменьшении тока с 1,2–20 тока срабатывания до нуля – не более 0,020 с.

Диапазоны уставок в зависимости от модификации реле, приведены в таблице 2.1

Реле РС40М, РС40М1, РС40М2 имеют один переключающий выходной контакт, реле РС40М21(i) – один замыкающий выходной контакт.

Таблица 2.1

Модификация	Количество дискретных уставок	Последовательное соединение обмоток			Параллельное соединение обмоток		
		Диап. изм-я уставок, А	Дискрет. изменения уставок, А	Номинальный ток, А	Диап. изм-я уставок, А	Дискрет. изменения уставок, А	Номинальный ток, А
РС40М-0,05/0,4 РС40М1-0,05/0,4 РС40М2-0,05/0,4 РС40М21-0,05/0,4	64	0,05-0,2075	0,0025	0,25	0,1-0,415	0,005	0,5
РС40М-0,15/1,2 РС40М1-0,15/1,2 РС40М2-0,15/1,2 РС40М21-0,15/1,2	64	0,15-0,6225	0,0075	0,75	0,3-1,245	0,015	1,5
РС40М-0,5/4 РС40М1-0,5/4 РС40М2-0,5/4 РС40М21-0,5/4	64	0,5-2,075	0,025	2,5	1,0-4,15	0,05	5,0
РС40М-1/8 РС40М1-1/8 РС40М2-1/8 РС40М21- 1/8	64	1,0-4,15	0,05	5,0	2,0-8,3	0,1	5,0
РС40М-5/40 РС40М1-5/40 РС40М2-5/40 РС40М21-5/40	64	5,0-20,75	0,25	10,0	10,0-41,5	0,5	25,0
РС40М-15/120 РС40М1-15/120 РС40М2-15/120 РС40М21-15/120	64	15,0-62,25	0,75	25,0	30,0-124,5	1,5	25,0
РС40М2-25/200	64	25-103,75	1,25	25,0	50-207,5	2,5	25,0

Модификация	К-во дискретных уставок	Последовательное соединение обмоток			Параллельное соединение Обмоток		
		Диапазон изменения уставок, А	Дискрет. изменения уставок, А	Номинальный ток, А	Диапазон изменения уставок, А	Дискрет. изменения уставок, А	Номинальный ток, А
РС 40М–0,05/0,4	64	0,05–0,2075	0,0025	0,25	0,1–0,415	0,005	0,5

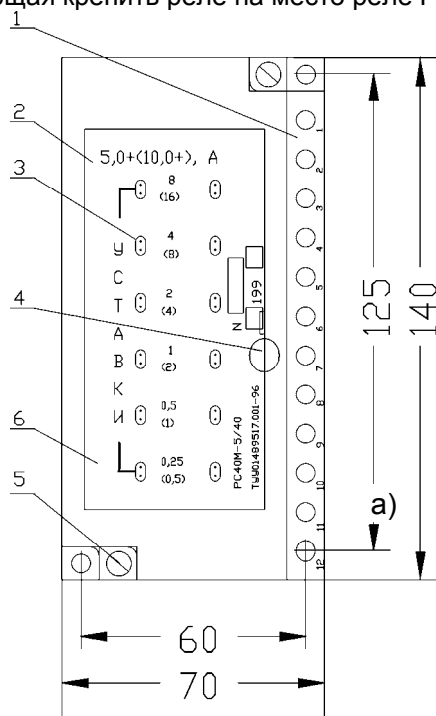
PC 40M1-0,05/0,4 PC 40M2-0,05/0,4							
PC 40M-0,15/1,2 PC 40M1-0,15/1,2 PC 40M2-0,15/1,2	64	0,15-0,6225	0,0075	0,75	0,3-1,245	0,015	1,5
PC 40M-0,5/4 PC 40M1-0,5/4 PC 40M2-0,5/4	64	0,5-2,075	0,025	2,5	1,0-4,15	0,05	5,0
PC 40M-1/8 PC 40M1-1/8 PC 40M2-1/8	64	1,0-4,15	0,05	5,0	2,0-8,3	0,1	5,0
PC 40M-5/40 PC 40M1-5/40 PC 40M2-5/40	64	5,0-20,75	0,25	10,0	10,0-41,5	0,5	25,0
PC 40M-15/120 PC 40M1-15/120 PC 40M2-15/120	64	15,0-62,25	0,75	25,0	30,0-124,5	1,5	25,0

Описание конструкции и работы реле

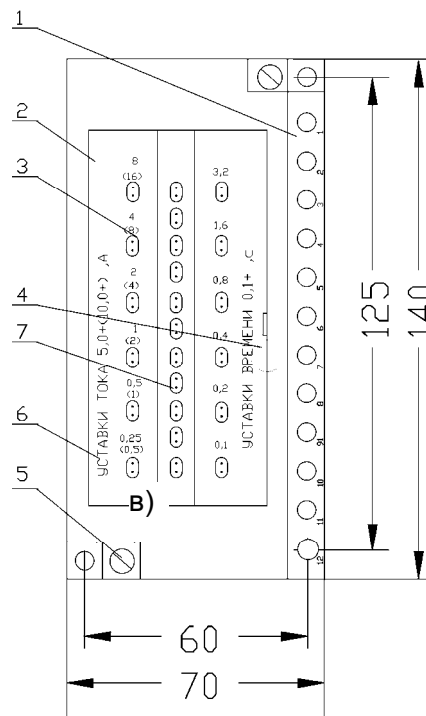
Реле изготовлено в прямоугольном пластмассовом корпусе 70 X 140 X 136 мм, который состоит из основы и крышки. На верхней поверхности основы закреплены при помощи угольников плата реле A1 и плата уставок A2.

Платы соединены между собой перемычками. На плате уставок реле PC40M, PC40M2 размещены гнезда для задания уставок тока срабатывания. На плате уставок реле PC40M1, кроме этого, находятся гнезда для задания уставок времени и для незадействованных в задании уставок перемычек.

Над платой уставок размещена панель с маркировкой и отверстиями для установки перемычек в гнезда при задании уставок. Трансформатор Т (Т1, Т2 - для PC40M2) закреплен на угольнике при помощи пластины. Снизу, на основании корпуса, размещена скоба (поставляется по отдельному по заказу), позволяющая крепить реле на место реле РТ40



Внешний вид реле PC 40M и PC 40M2



Внешний вид реле PC 40M1

Рис. 2.20. Внешний вид реле: 1- защитная крышка зажимов; 2 - панель с маркировкой и отверстиями для установки перемычек; 3 - гнездо для установки перемычек; 4 - место для пломбировки; 5 - винт крепления крышки и основания; 6 - прозрачная панель; 7 - гнезда для установки незадействованных перемычек

Крышка корпуса крепится к основанию двумя винтами, один из которых пломбируется мастикой. На верхней стенке крышки размещена прозрачная панель, позволяющая визуально определять расположение перемычек в гнездах платы уставок. Панель съемная, что позволяет изменять уставки без снятия крышки.

На основании корпуса размещен ряд контактных клемм с зажимами для подключения проводников. С внешней стороны корпуса клеммы закрыты защитной крышкой с отверстиями для отвертки. Защитная крышка вставлена в направляющие и фиксируется защелками. Конструкция клемм позволяет подключать проводники как с внешней стороны корпуса, так и с внутренней.

Принцип действия реле РС40М

Функциональная схема реле приведена на рис.2.21.

Входной ток в зависимости от схемы соединения первичных обмоток трансформатора (последовательная или параллельная) поступает на выводы первичной обмотки трансформатора тока ТТ. Выпрямитель ВП преобразует переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц. При достижении входным током значения (0,1-0,2) тока минимальной уставки, на выходе источника питания ИП появляется достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. При этом на выходе ИОН появится опорное напряжение –2 В.

Резистор R преобразует пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителем УН и преобразуется фильтром ФНЧ в постоянное напряжение, пропорциональное входному току.

С выхода ФНЧ напряжение поступает на первый вход компаратора напряжения К_н. На второй вход компаратора поступает выходное напряжение с формирователя уставок ФУ. При достижении входным током значения уставки, выходное напряжение ФНЧ будет равно выходному напряжению ФУ. Компаратор К_н сработает, замкнет ключ S2, что приведет к срабатыванию исполнительного реле К.

Компаратор К_и и ключ S1 служат для исключения ложных срабатываний реле, вызванных выходом из строя элементов схемы при входных токах $I < 0,5I_y$.

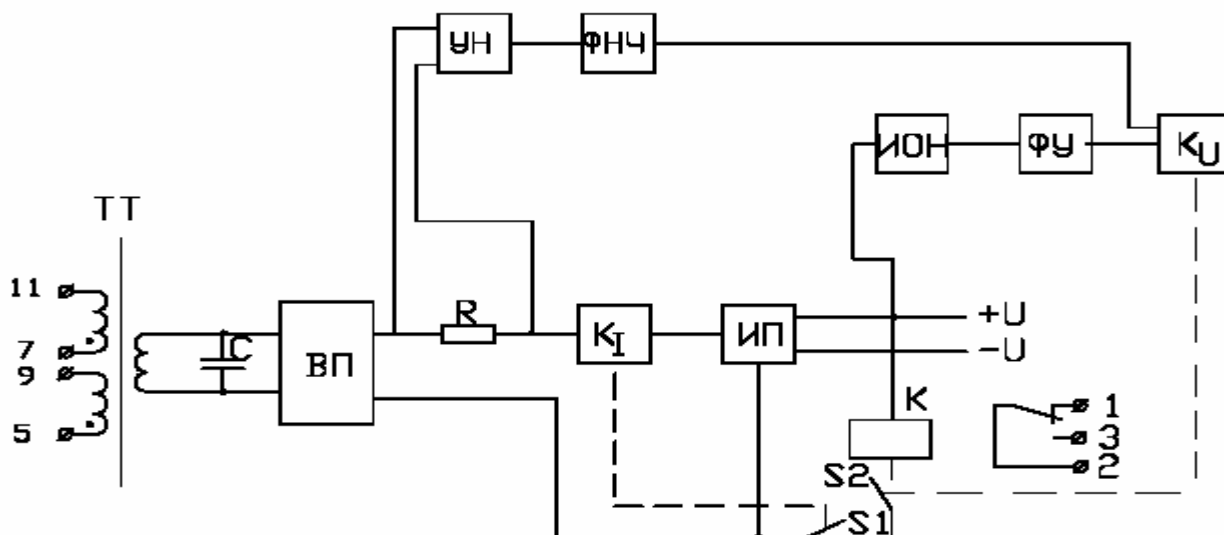


Рис. 2.21 Функциональная схема реле РС-40М

ТТ – трансформатор тока; С – конденсатор; ВП – выпрямитель; R – резистор; УН – усилитель напряжения; ФНЧ – фильтр нижних частот; К_и, К_н – компараторы тока и напряжения; ИП – источник питания; ИОН – источник опорного напряжения; ФУ – формирователь уставок; К – исполнительное реле; S1, S2 – ключи; 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11 – присоединительные клеммы.

Принцип действия реле РС40М1

Функциональная схема реле приведена на рис.2.22.

До момента срабатывания компаратора К_н принцип действия реле РС40М1 идентичен принципу действия реле РС40М.

Сработав, компаратор К_н запустит схему выдержки времени СЗ. Схема выдержки времени СЗ через интервал времени, равный значению уставки времени, замкнет ключ S2, что приведет к срабатыванию исполнительного реле К.

ФНЧ1, ФНЧ2 в постоянное напряжение, пропорциональное входному току. С выходов ФНЧ1, ФНЧ2 напряжения поступают на переключающий компаратор ПК, который подключает на первый вход компаратора напряжения К_н большее из входных напряжений. На другой вход компаратора поступает выходное напряжение с формирователя уставок ФУ. При достижении входным током значения уставки выходное напряжение ФНЧ будет равно выходному напряжению ФУ. Компаратор К_н сработает, замкнет ключ S2, что вызовет срабатывание исполнительного реле К.

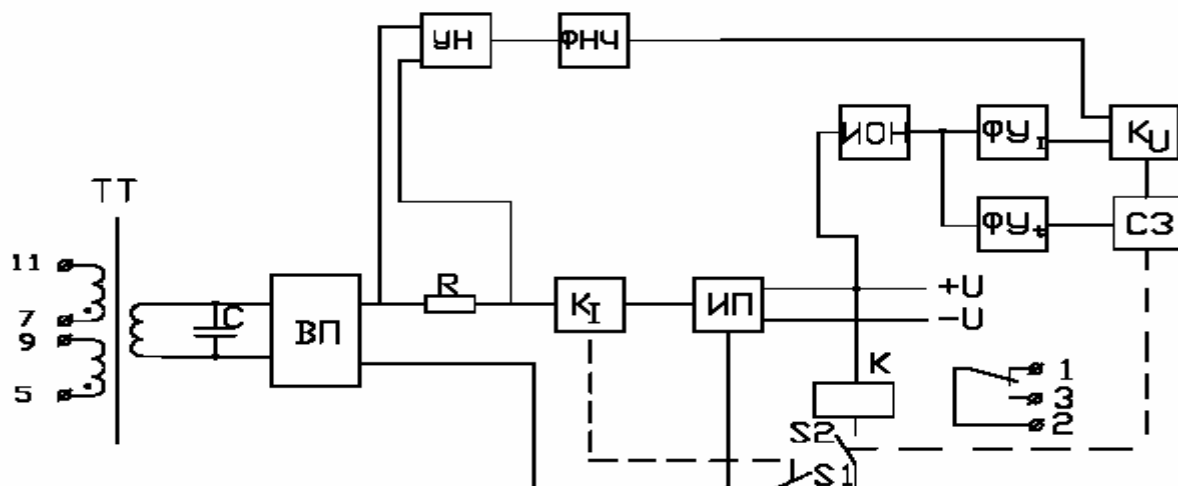


Рис. 2.22 Функциональная схема реле PC40M1:

ТТ – трансформатор тока; С – конденсатор; ВП – выпрямитель; R – резистор; УН – усилитель напряжения; ФНЧ – фильтр нижних частот; K_I , K_U – компараторы тока и напряжения; ИП – источник питания; ИОН – источник опорного напряжения; ФУ, ФУ_У – формирователи уставок тока и времени; СЗ – схема временной задержки; К – исполнительное реле; S1, S2 – ключи; 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11 – присоединительные клеммы.

Принцип действия реле PC40M2

Функциональная схема реле приведена на рис 2.22.

Входной ток в зависимости от схемы подключения первичных обмоток трансформаторов (последовательная или параллельная) поступает на соответствующие выводы первичной обмотки трансформаторов тока ТТ1, ТТ2. Выпрямители ВП1, ВП2 преобразуют переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц. При достижении входным током значения (0,1-0,2) тока минимальной уставки на выходе источника питания ИП появляется достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. При этом на выходе ИОН появляется опорное напряжение –2В. Резисторы R1, R2 преобразуют пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителями УН1, УН2 и преобразуется фильтрами.

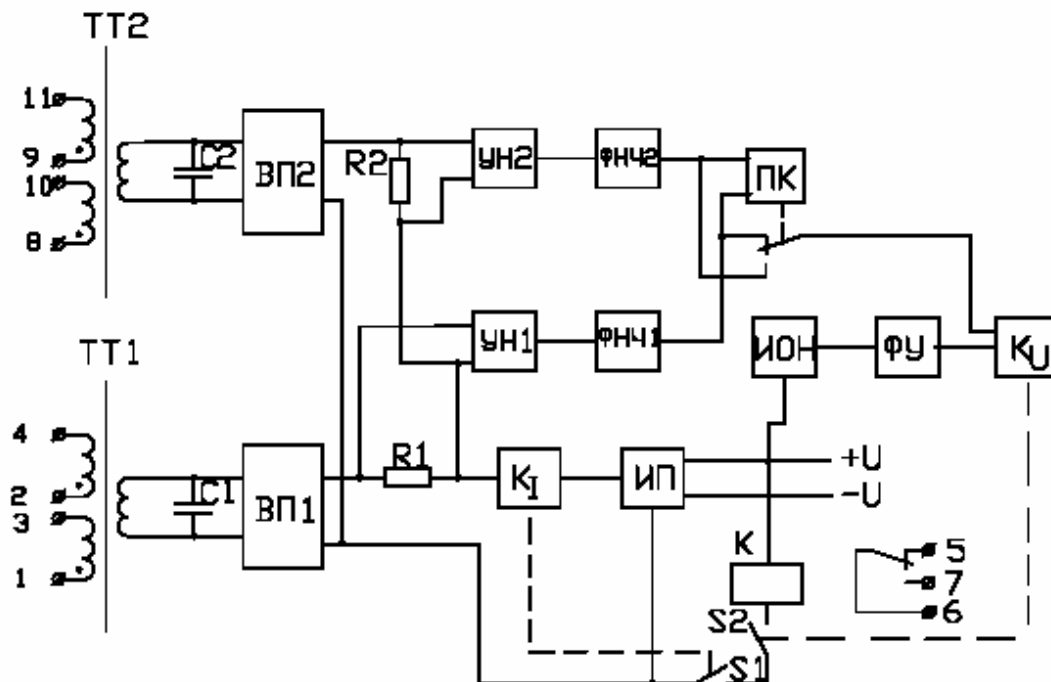


Рис. 2.23 Функциональная схема реле PC40M2.

ТТ1, ТТ2 – трансформаторы тока; С1, С2 – конденсаторы; ВП1, ВП2 – выпрямители; R1, R2 – резисторы; УН1, УН2 – усилители напряжения; ФНЧ1, ФНЧ2 – фильтры нижних частот; K_I , K_U – компараторы тока и напряжения, соответственно; ПК – переключающий компаратор; ИП – источник питания; ИОН – источник опорного напряжения; ФУ – формирователь уставок; К – исполнительное реле; S1, S2 – ключи; 1...3, 5...12 – присоединительные клеммы.

2.3.2. Реле максимальной защиты с зависимой и независимой выдержкой времени и токовой отсечки PC 80M



Рис.2.24.

Назначение
Реле предназначены для применения в схемах релейной защиты и автоматики, являются функциональными аналогами электро-механических реле РТ 80, 90, рассчитано для работы при температуре окружающей среды от -40°С до +50°С, не требуют оперативного питания и удовлетворяет требованиям ГОСТ 3698-82.

- Обеспечивает:**
- токовую отсечку с выдержкой времени 70-100 мс или 150-200 мс по выбору с передней панели;
 - возможность блокировки токовой отсечки с передней панели или дистанционно;
 - МТЗ (характеристики срабатывания приведены на рис.2.25);
 - бесконтактное шунтирование-дешунтирование управляемой цепи с токами до 200 А..

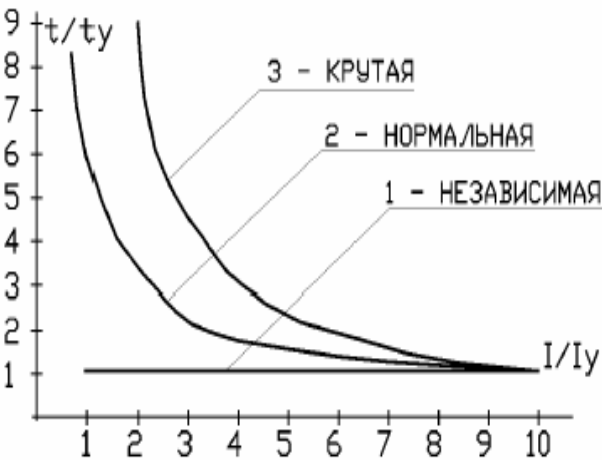
Диапазоны уставок реле показаны в таблице 2.2, модификации реле приведены в таблице 2.3.

Характеристики

Таблица 2.2.

Модификация	Уставки тока срабатывания			Номинальный ток, А	Уставки выдержки времени			Уставки кратности тока отсечки		
	Диапазон, А	Количество	Дискретность, А		Диапазон, с	Количество	Дискретность, с	Диапазон, крат	Количество	Дискретность, крат
PC80M	1 - 2,28	128	0,01	2,5	0,3 - 25,6	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	2 - 4.56	128	0,02	5,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	4 - 9.12	128	0,04	10,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	8 - 18.2	128	0,08	16,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25

* - PC80M-1-1 – версия с дешунтированием.



ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ. Внешний вид реле показан на рис.2.24. Реле изготовлено в прямоугольном пластмассовом корпусе (рис. 2.25). Установочные размеры при поставке с переходными кронштейнами совпадают с установочными размерами реле РТ 80, 90. Внутри корпуса размещены две платы с элементами: плата реле - вертикально; плата уставок - горизонтально. Над платой уставок размещена верхняя панель с маркировкой и отверстиями для установки перемычек при выставлении уставок. На панели крепится винтами сменная планка шкалы уставок тока. На плате уставок, также, установлен разъем для незадействованных перемычек.

Рис.2.25. Характеристики реле PC-80M

ПРИНЦИП РАБОТЫ. Функциональная схема реле приведена на рис.2.26.

- индикацию (до сброса) срабатывания МТЗ и (или) ТО (только при наличии постоянного или переменного напряжения значением 220 В на клеммах 17, 18);
- индикацию готовности АПВ;
- сигнализацию работы АПВ;
- возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) или внешнего пуска АПВ;
- возможность внешнего сброса готовности АПВ;
- возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) пуска АПВ при пропадании напряжения питания 220 В, если:
 - на момент пропадания напряжения 220 В светился светодиод ГОТОВ АПВ;
 - с момента пропадания напряжения 220 В прошло не более 5 секунд.

После прохождения внутренней команды пуска АПВ схема АПВ "останавливается" до возобновления подачи напряжения питания, после чего схема АПВ продолжает работу согласно описанному в п. 4.2.2. При этом следует иметь в виду, что внешний пуск АПВ при отсутствии напряжения питания 220 В не обеспечивается.

Диапазоны уставок приведены в таблице 2.4.

Диапазоны уставок реле.

Таблица 2.4.

Модификация	Уставки тока срабатывания			Номинальный ток, А	Уставки выдержки времени			Уставки кратности тока отсечки		
	Диапазон, А	Количество	Дискретность, А		Диапазон, с	Количество	Дискретность, с	Диапазон, крат	Количество	Дискретность, крат
PC80M2-1÷4	0,4 - 0,91	128	0,004	1,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	0,8 - 1,82	128	0,008	1,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	1,8 - 3,64	128	0,016	2,5	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	3,2 - 7,28	128	0,032	5,0	0,3 - 26,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
PC80M2-5÷21	1 - 2,28	128	0,01	2,5	0,3 - 25,6	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	2 - 4,56	128	0,02	5,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	4 - 9,12	128	0,04	10,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	8 - 18,2	128	0,08	16,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25

Коэффициент возврата реле, не менее 0.85.

Реле обеспечивают следующие характеристики зависимости времени срабатывания реле от кратности тока срабатывания (выбором с передней панели) в диапазоне входных токов $2I_y \leq I \leq 10I_y$:

а) независимая

$$t = t_y, \quad (1)$$

б) зависимая нормальная

$$0,14 \times K$$

$$t = \frac{0,14 \times K}{(I / I_y)^{0,02} - 1} \times t_y,$$

в) зависимая крутая

$$13,5 \times K$$

$$t = \frac{13,5 \times K}{(I / I_y) - 1} \times t_y, \quad (3)$$

где: t - теоретическое время срабатывания, с;

t_y - уставка времени срабатывания, т.е. теоретическое время срабатывания для $I = 10I_y$, с;

I - входной ток реле, А;

I_y - уставка тока срабатывания, А;

K - коэффициент, значение которого зависит от отношения I/I_y , для которого нормируется t_y , для $I/I_y = 10$ характеристики (2) $K = 0,3366$, а для характеристики (3) - $K = 0,6667$.

Модификация реле PC80M2-20 вместо зависимой нормальной имеет характеристику, аналогичную реле РТ-85.

Конкретный перечень выполняемых функций определяется модификацией реле см. таблицу 2.5.

Реле изготовлено в прямоугольном пластмассовом корпусе размерами $125 \times 195 \times 127 \text{ мм}^3$, На верхней внутренней панели реле имеются гнезда в которые устанавливаются съемные перемычки в соответствии с заданными уставками.

Внешний вид реле показан на рис 2.27. Функциональная схема реле приведена на рис. 2.28.

Модификации реле PC80M2

Таблица 2.5.

Модификация	Функция выходных контактов			Наличие дист. блокировки отсечки	АПВ
	ВЫХОД 1	ВЫХОД 2	ВЫХОД 3		
PC80M2 - 1,5	ТО + МТЗ	ТО + МТЗ	нет	нет	нет
PC80M2 - 2,6	ТО + МТЗ	ТО	нет	нет	нет
PC80M2 - 3,7	ТО + МТЗ	МТЗ	нет	нет	нет
PC80M2 - 4,8	то	МТЗ	нет	нет	нет
PC80M2 - 9	МТЗ мгн.	ТО + МТЗ	ТО + МТЗ	нет	нет
PC80M2 - 10	нет	ТО + МТЗ	ТО + МТЗ	есть	нет
PC80M2 - 11	нет	Дешунтирование до 250 А	ТО + МТЗ	нет	нет
PC80M2 - 12	МТЗ мгн.		ТО + МТЗ	нет	нет
PC80M2 - 13	нет		ТО + МТЗ	есть	нет
PC80M2 - 14	МТЗ мгн.		ТО + МТЗ	есть	нет
PC80M2 - 19	МТЗ	ТО	ТО + МТЗ	есть	есть
PC80M2 - 20	МТЗ мгн.	ТО + МТЗ	ТО + МТЗ	есть	есть
PC80M2 - 21	МТЗ мгн.	ТО + МТЗ	ТО + МТЗ	есть	есть

Имеется модификация со встроенными индикаторами протекания тока в контролируемой цепи.

Принцип действия МТЗ и ТО

Для функционирования МТЗ и ТО оперативное питание не требуется. Питание элементов схемы МТЗ и ТО осуществляется от входного тока.

Входной ток, в зависимости от выбранного диапазона, поступает на соответствующие выводы первичной обмотки трансформаторов тока ТТ1, ТТ2. Выпрямители ВП1, ВП2 преобразуют переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц. При достижении входным током любой фазы значения (0,2-0,3) тока минимальной уставки на выходе источника питания ИП1 появляется достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. При этом на выходе ИОН1 появляются опорные напряжения -2 В и +2 В и загорается светодиод "Ivx".

Резисторы R1, R2 преобразуют пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителями УН1, УН2 и преобразуется фильтрами ФНЧ1, ФНЧ2 в постоянное напряжение, пропорциональное входному току "своей" фазы.

Варианты съемных планок (3)

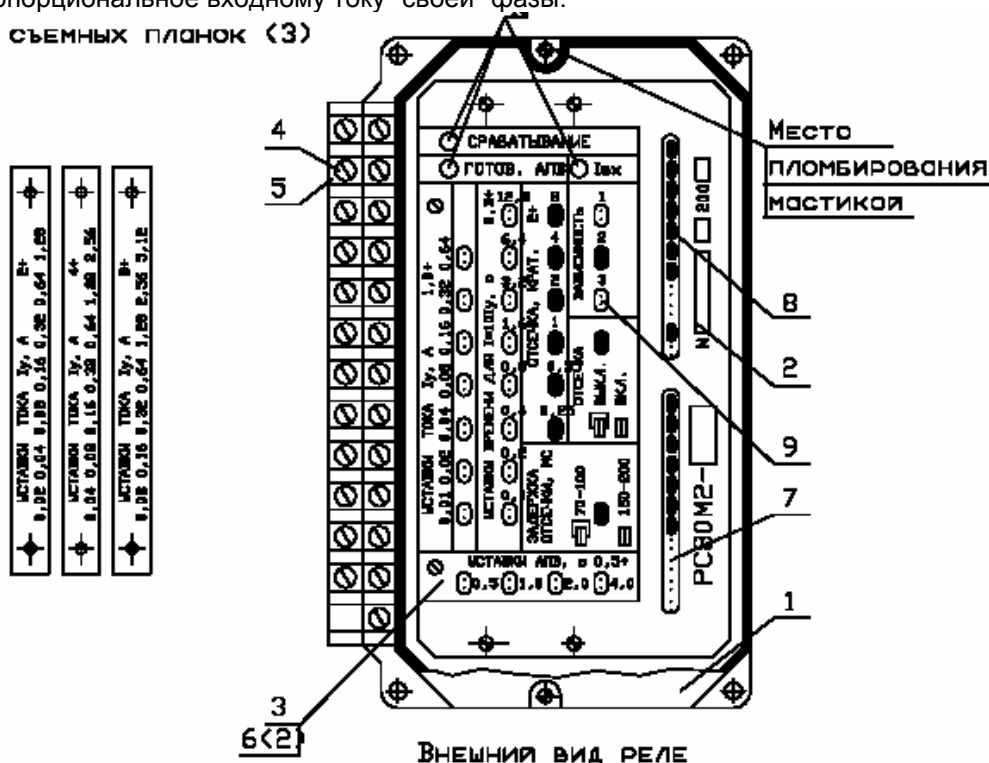
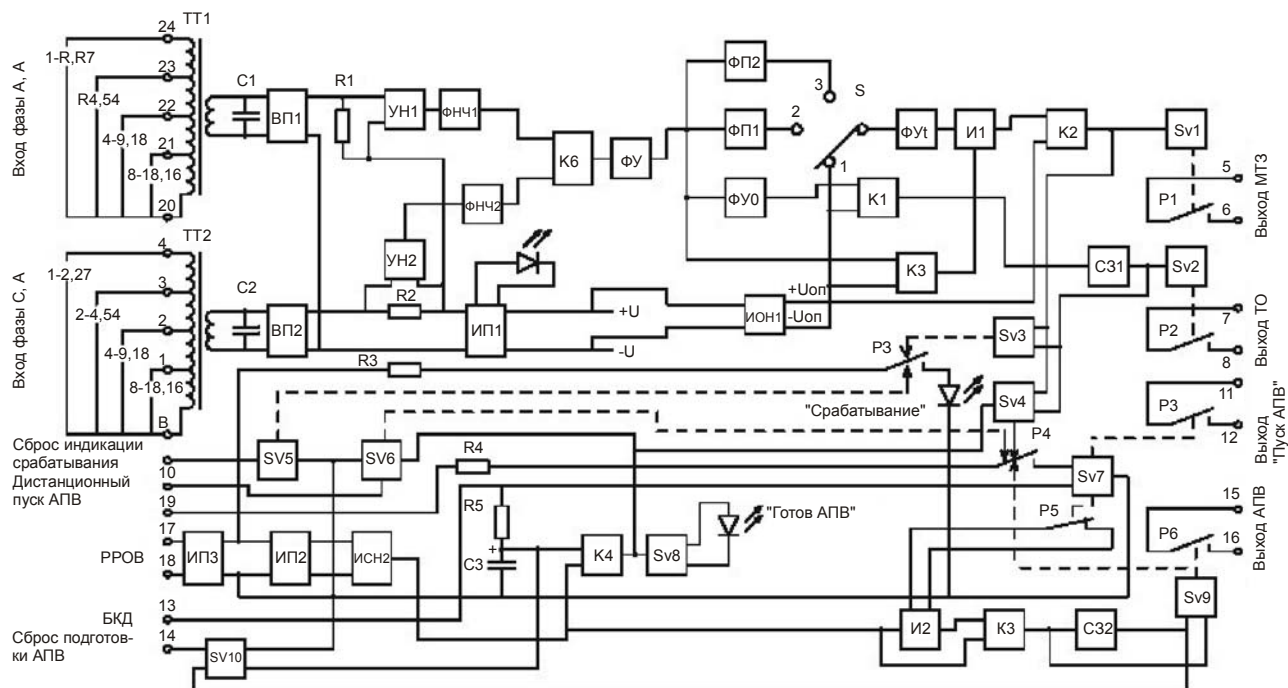


Рис.2.27. Внешний вид реле PC80-M2

1-крышка, 2-верхняя панель, 3-съемная планка, 4-винт с пружинной шайбой, 5-прижим, 6-винт, 7-гнезда для неиспользуемых перемычек, 8-съемная перемычка, 9-разъем(гнездо), 10-светодиоды.



ТТ1, ТТ2 - трансформаторы тока, С1...С3 - конденсаторы, ВП1, ВП2 - выпрямители, УН1, УН2 - усилители напряжения, ИП1, ИП2 - источники питания, ФУ1, ФУ0, ФУт - формирователи уставок тока, отсечки, времени соответственно, ФНЧ1, ФНЧ2 - фильтры низких частот, ФП1, ФП2 - функциональные преобразователи, S - переключатель характеристик, ИОН1, ИОН2 - источники опорного напряжения, К1... К3 - компараторы напряжения, К6 - переключающий компаратор, И1, И2 - интеграторы, R1...R5, резисторы, Sv1...Sv10 - ключи напряжения, P1, P2, P5, P6 - выходные реле, P3, P4 - двухпозиционные реле, C31, C32 - схемы задержки, B, 1...24 - выходные клеммы.

Рис.2.28. Функциональная схема реле РС80-М2-19

С выходов ФНЧ1, ФНЧ2 напряжения поступают на переключающий компаратор К6, который подключает на вход формирователя уставок тока ФУи большее из входных напряжений.

С выхода ФУи напряжение поступает на схему токовой отсечки (ФУо, К1) и схему МТЗ с тремя характеристиками срабатывания (ФП1, ФП2, S, ФУт, К3, И1, К2).

ФУо масштабирует выходной сигнал ФУи таким образом, что при достижении входным током значения уставки отсечки напряжение на выходе ФУо сравнивается с напряжением ИОН1 -Uоп. Это приведет к срабатыванию компаратора К1. Выходной сигнал К1 запустит схему задержки С31. Значение времени задержки С31 задается оператором с передней панели и составляет (70-100) мс или (150-200) мс, по истечении которого С31 откроет ключ Sv2, что приведет к срабатыванию выходного реле Р2 (ВЫХОД ТО). Одновременно, выходной сигнал С31 поступает на ключи Sv3, Sv4. Ключ Sv3 открывается и замыкает контакт двухстабильного реле Р3, что вызывает загорание светодиода СРАБАТЫВАНИЕ (при наличии на клеммах 17, 18 напряжения оперативного питания 220 В). Для возврата контакта двухстабильного реле Р3 в исходное состояние (т.е. для гашения светодиода СРАБАТЫВАНИЕ) необходимо кратковременно замкнуть накоротко клеммы 9 и 19 реле (приложение 2). Ключ Sv4, при наличии разрешающего сигнала с компаратора К4, замыкает контакт двухстабильного реле Р4 схемы АПВ.

При достижении входным током значения уставки тока срабатывания МТЗ напряжение на выходе ФУи сравнивается с напряжением ИОН1 -Uоп. Компаратор К3 срабатывает и включает интегратор И1. Напряжение на выходе И1 будет возрастать. Скорость возрастания зависит:

- для характеристики (1) - от заданной уставки времени ФУт;
- для характеристик (2), (3) - от заданной уставки времени ФУт и значения входного тока.

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения +Uоп (ИОН1) сработает компаратор К2. Выходной сигнал К2 откроет ключ Sv1, что приведет к срабатыванию выходного реле Р1 (ВЫХОД МТЗ). Одновременно выходной сигнал К2 поступает на ключи Sv3, Sv4. Ключ Sv3 открывается и замыкает контакт двухстабильного реле Р3, что вызывает загорание светодиода СРАБАТЫВАНИЕ (при наличии на клеммах 17, 18 напряжения оперативного питания 220 В). Для возврата контакта двухстабильного реле Р3 в исходное состояние (т.е. для гашения светодиода СРАБАТЫВАНИЕ) необходимо кратковременно замкнуть накоротко клеммы 9 и 19 реле (приложение 2). Ключ Sv4, при наличии разрешающего сигнала с компаратора К4, замыкает контакт двухстабильного реле Р4 схемы АПВ. Преобразователи ФП1, ФП2 обеспечивают зависимые характеристики срабатывания, а переключатель S - возможность выбора нужной характеристики.

Принцип действия АПВ

Питание схемы АПВ обеспечивают выпрямитель ВП3 и источник питания ИП2, на выходе которого формируются напряжения +7 В и -7 В. Положительный полюс выходного сигнала ВП3 подается на клемму 19 реле.

После включения высоковольтного выключателя (замкнется контакт БКВ, приложение 2) на клемме 13 реле появится положительное напряжение +250 В. Через резистор R5 начнется заряд конденсатора С3. Напряжение конденсатора С3 поступает на один из входов компаратора К4. На другой вход К4 по-

ступает опорное напряжение с ИОН2. Примерно через 30 секунд после начала заряда С3 напряжение на нем сравнивается с опорным напряжением ИОН2, компаратор К4 сработает. Выходной сигнал К4 открывает ключ Sv8 и на передней панели реле загорится светодиод ГОТОВ АПВ. Одновременно, выходной сигнал К4 снимет запрет на открывание ключей Sv4, Sv6.

В случае срабатывания МТЗ или ТО, на ключ Sv4 поступит открывающий сигнал с К2 или С31. Если светодиод ГОТОВ АПВ не светится, ключ Sv4 не откроется и АПВ работать не будет. Если же светодиод ГОТОВ АПВ светится, ключ Sv4 откроется и замкнет контакт двухстабильного реле Р4. В результате, на ключ Sv7 через резистор R4 будет подано положительное напряжение, ключ Sv7 откроется и сработает реле Р5. Реле Р5 имеет два контакта - замыкающий и размыкающий. Замыкающий контакт реле Р5 выведен на клеммы 11, 12 и обеспечивает сигнализацию пуска АПВ.

Размыкающий контакт Р5 включит интегратор И2. Напряжение на выходе И2 начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной оператором на передней панели уставки АПВ. Выходное напряжение интегратора И2 поступает на один из входов компаратора К5, на другой вход которого поступает опорное напряжение с ИОН2. В момент равенства напряжений на входах, К5 сработает, откроет ключ Sv9, который, в свою очередь, замкнет контакты выходного реле Р6. Одновременно, выходной сигнал К5 включит схему задержки С32. Через (0,25-0,4) секунды после включения на выходе С32 появится сигнал, закрывающий ключ Sv9, размыкающий выходной контакт Р6 и кратковременно открывающий ключ Sv10, который разряжает конденсатор С3. В результате разряда С3, изменяется выходной сигнал компаратора К4, который гасит светодиод ГОТОВ АПВ и формирует сигнал запрета на открывание ключей Sv4, Sv6. Размыкается контакт двухстабильного реле Р4, закрывается ключ Sv7, контакты реле Р5 возвращаются в исходное состояние. Цикл работы схемы АПВ завершен.

Пуск АПВ возможен, также, от внешних защит. Для этого выходной замыкающий контакт внешней защиты следует подключить к клеммам 10, 19 реле РС80М2-19, 20. В момент замыкания выходного контакта внешней защиты на клемме 10 реле РС80М2-19, 20 появится напряжение +250В. Если светодиод ГОТОВ АПВ не светится, ключ Sv6 не откроется (из-за действия запрета с компаратора К4) и схема АПВ работать не будет. Если же светодиод ГОТОВ АПВ светится, ключ Sv6 откроется и замкнет контакты двухстабильного реле Р4. В дальнейшем, работа схемы АПВ аналогична описанному выше.

Для снятия извне сигнала подготовки АПВ (гашения светодиода ГОТОВ АПВ) необходимо кратковременно закоротить между собой клеммы 14, 19 реле РС80М2-19, 20. В этом случае, откроется ключ Sv10 и разрядит конденсатор С3.

Схема АПВ обеспечивает возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) пуска АПВ при пропадании напряжения питания 220 В, если:

- на момент пропадания напряжения 220 В светился светодиод ГОТОВ АПВ;
- с момента пропадания напряжения 220 В прошло не более 5 секунд.

В этом случае, за счет источника питания ИП1 обеспечивается открывание ключа Sv4 и замыкание контакта двухстабильного реле Р4. Открывание ключа Sv7 без напряжения питания 220 В не возможно. Поэтому, далее без напряжения питания схема работать не будет. Но, как только напряжение питания восстановится, изложенный выше алгоритм будет выполнен до конца. В то же время, ключ Sv6 без напряжения 220 В не может быть открыт, из-за чего внешний пуск АПВ в этом случае невозможен.

2.3.4. Трехфазное устройство максимальной защиты с зависимой и независимой выдержкой времени и токовой отсечки РС 80МЗ

Предназначено для применения в устройствах защиты и автоматики. Устройство содержит трехфазную максимальную токовую защиту (МТЗ) с одной независимой и двумя зависимыми характеристиками срабатывания и трехфазную токовую отсечку.

Токовая отсечка имеет выдержку времени 70-100 мс или 150-200 мс по выбору с передней панели. Имеется возможность блокировки токовой отсечки с передней панели или дистанционно.

Диапазоны уставок приведены в таблице 2.6, а модификации в таблице 2.7. Внешний вид реле и функциональная схема аналогичны реле РС-80 М2.

Диапазоны уставок реле РС-80МЗ

Таблица 2.6

Модификация	Уставки тока срабатывания			Номинальный ток, А	Уставки выдержки времени			Уставки кратности тока отсечки		
	Диапазон, А	Количество	Дискретность, А		Диапазон, с	Количество	Дискретность, с	Диапазон, крат	Количество	Дискретность, крат
РС80МЗ-1÷4	1 - 2,28	128	0,01	2,5	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	2 - 4,56	128	0,02	5,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	4 - 9,12	128	0,04	10,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25
	8 - 18,2	128	0,08	16,0	0,3 - 25,8	256	0,1	2 - 17,7	64	0,25

Модификации реле РС-80МЗ

Таблица 2.7.

Модификация	Функция выхода	
	Выход 1: выв. 15, 16, 18 - перекл.	Выход 2: выв. 6, 7, 8 - перекл.;
РС80МЗ-1	Отсечка и выдержка времени	Отсечка и выдержка времени
РС80МЗ-2	Отсечка и выдержка времени	Отсечка
РС80МЗ-3	Отсечка и выдержка времени	Выдержка времени
РС80МЗ-4	Отсечка	Выдержка времени

2.3.5. Устройства защиты по току УЗА-АТ (УЗА-АТ-Т)

Устройства предназначены для использования в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики для защиты электрических машин, трансформаторов и линий электропередач при коротких замыканиях и перегрузках.

Устройства УЗА-АТ – это микроэлектронные реле без дополнительного источника питания. Питание элементов схемы осуществляется от входного тока. Дополнительное питание (постоянное или переменное напряжение значением 220 В) требуется только для обеспечения функции АПВ, индикации и дистанционной блокировки отсечки. Модификация УЗА-АТ-Т предназначена для использования в качестве трехступенчатой защиты понижающих трансформаторов 35 кВ – 1 ступень отключает СВ, вторая – ввод НН, третья – ввод ВН.

Устройства УЗА-АТ обеспечивают:

- максимальную токовую защиту (МТЗ) с независимой и двумя зависимыми характеристиками срабатывания (по выбору с передней панели);
- токовую отсечку (ТО) с временной задержкой (70-100) мс или (150-200) мс, которая задается с передней панели;
- ненаправленную или направленную защиту от замыканий на землю – ЗНЗ (кроме исполнений УЗА-АТ-Т). При этом, для ненаправленной ЗНЗ в заказе следует указать требуемый диапазон уставок тока срабатывания;
- защиту от перегрузки (кроме исполнений УЗА-АТ-Т);
- возможность задания общих для двух фаз входного тока уставок тока срабатывания МТЗ, тока срабатывания отсечки (в кратностях к току срабатывания МТЗ), времени срабатывания МТЗ;
- срабатывание МТЗ и (или) токовой отсечки по наибольшему из входных токов;
- возможность отключения токовой отсечки с передней панели или дистанционно замыканием внешнего замыкающего контакта. При этом, необходимо к клеммам питания устройства (приложение 2) подключить постоянное или переменное напряжение значением $220\text{ В} \pm 20\%$. В случае кратковременного (не более 1 минуты) пропадания напряжения 220 В и замыкания, в этот момент, внешнего замыкающего контакта, дистанционное отключение токовой отсечки обеспечивается на время не менее 3 секунд. Для исполнений УЗА-АТ-Т, кроме того, обеспечивается дистанционное отключение ТО без напряжения 220 В при наличии аварийного тока во входных цепях реле;
- возможность отключения МТЗ дистанционно замыканием внешнего замыкающего контакта (только для исполнений УЗА-АТ-Т). Для этого требуется наличие оперативного напряжения или аварийного тока на соответствующих клеммах реле;
- возможность работы в схемах с шунтированием-дешунтированием управляемой цепи. В качестве выходного силового ключа используется триак ТС 132 – 50 – 10. Для исполнений УЗА-АТ-Т предусмотрено дистанционное управление шунтированием-дешунтированием замыканием внешнего замыкающего контакта. Это может потребоваться для отключения трансформатора от дополнительных защит – например: дифзащиты трансформатора. Для этого требуется наличие аварийного тока на соответствующих клеммах реле.
- функцию однократного АПВ (кроме исполнений УЗА-АТ-Т);
- индикацию до сброса (с запоминанием) срабатывания МТЗ, ТО, АПВ, дискретного входа (только при наличии постоянного или переменного напряжения значением 220 В на клеммах питания устройства). Для функции МТЗ УЗА-АТ-Т индикация срабатывания с запоминанием обеспечивается для каждого выхода (ВЫХОД 1 МТЗ, ВЫХОД 2 МТЗ, ВЫХОД 3 МТЗ) отдельно;
- индикацию готовности АПВ (кроме исполнений УЗА-АТ-Т);
- индикацию срабатывания ЗНЗ и защиты от перегрузки (без запоминания);
- индикацию наличия тока во входных цепях устройства;
- возможность сброса индикации срабатывания с передней панели или дистанционно. Для исполнений УЗА-АТ-Т обеспечивается сброс индикации срабатывания только с передней панели;
- возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) или внешнего пуска АПВ (кроме исполнений УЗА-АТ-Т);
- возможность внешнего сброса готовности АПВ (кроме исполнений УЗА-АТ-Т);
- возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) пуска АПВ при пропадании напряжения питания 220 В, если:
 - на момент пропадания напряжения 220 В светился светодиод ГОТОВ АПВ;
 - с момента пропадания напряжения 220 В прошло не более 5 секунд.

После прохождения внутренней команды пуска АПВ схема АПВ "останавливается" до возобновления подачи напряжения питания, после чего схема АПВ продолжает работу. При этом следует иметь в виду, что внешний пуск АПВ при отсутствии напряжения питания 220 В не обеспечивается.

Устройства УЗА-АТ содержат дискретный вход, обеспечивающий индикацию срабатывания, размножение и распространение выходного сигнала внешней защиты (например, дуговой).

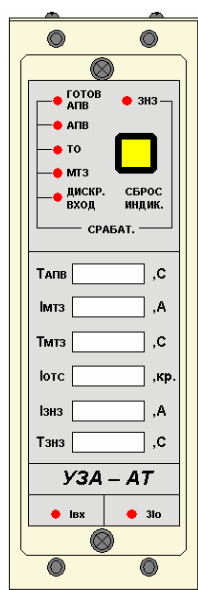
Значения уставок тока срабатывания МТЗ, выдержки времени МТЗ, кратности тока отсечки, выдержки времени АПВ их количество и дискретность приведены в табл.2.8.

Уставки тока срабатывания МТЗ, А					Уставки выдержки времени МТЗ, с			Уставки тока отсечки, крат.			Уставки АПВ, с		
Диапазон, А		Кол.	Дискр., А		Диап., с	Кол.	Дискр., с	Диап., крат.	Кол.	Дискр., крат.	Диап., с	Кол.	Дискр., с
$I_n=5A$	$I_n=1A$		$I_n=5A$	$I_n=1A$									
1-2,27	0,4-0,91	128	0,01	0,004	0,3-25,8	256	0,1	2-17,75	64	0,25	0,5-8	16	0,5
2-4,54	0,8-1,82	128	0,02	0,008									
4-9,08	1,6-3,63	128	0,04	0,016									
8-18,16	3,2-7,26	128	0,08	0,032									

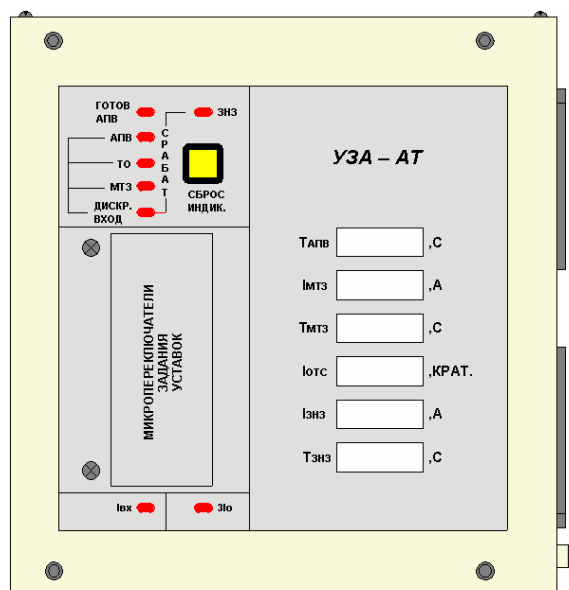
Выходной контакт АПВ является проскальзывающим. Время удержания его в замкнутом состоянии находится в пределах (0,25-0,4) с.

Таблица 2.8,б

Уставки тока срабатывания ненаправленной ЗНЗ							
Диапазон изменения уставок	Кол-во дискретных уставок	Подключение к клеммам 9,10			Подключение к клеммам 8,9		
		Диапазон изменения уставок	Дискретность изменения уставок	Номинальный ток, А	Диапазон изменения уставок	Дискретность изменения уставок	Номинальный ток, А
0,05-0,415	64	50-207,5 mA	2,5 mA	0,25	100-415 mA	5 mA	0,5
0,15-1,245	64	150-622,5 mA	7,5 mA	0,75	300-1245 mA	15 mA	1,5
0,5-4,15	64	0,5-2,075 A	0,025 A	2,5	1,0-4,15 A	0,05 A	5,0

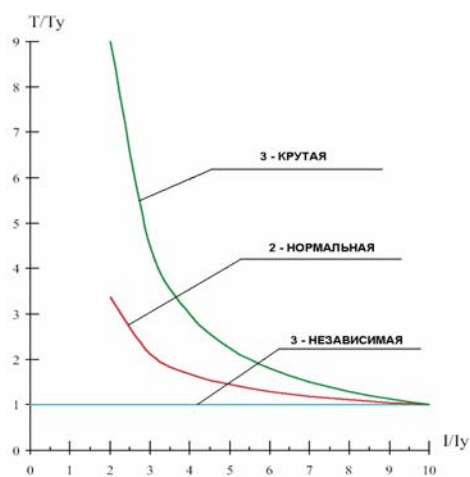


Лицевая панель устройства с креплением по узкой стороне



Лицевая панель устройства с креплением по широкой стороне

Рис. 2.29 Микроэлектронное устройство защиты УЗА-АТ. 2 варианта исполнения



Диапазон уставок выдержки времени ЗНЗ (0,1-6,4) с, дискретность – 0,1 с.

Диапазон уставок тока срабатывания защиты от перегрузки (1,0–7,3) А с дискретностью 0,1 А. Выдержка времени защиты от перегрузки фиксирована и находится в пределах (7–10) с.

Контакты выходных промежуточных реле имеют коммутационную способность 20 А на замыкание и 5 А длительно.

Устройства обеспечивают следующие характеристики зависимости времени срабатывания МТЗ от кратности тока срабатывания см. рис 2.30:

а) независимая

б) зависимая нормальная, соответствующая характеристикам электромеханических реле РТ-85 (РТВ-IV)

в) зависимая крутая

Принцип действия реле УЗА-АТ

Функциональная схема основных защит устройства приведена на рис. 2.31, 2.32.

Принцип действия МТЗ и ТО

Для функционирования МТЗ и ТО оперативное питание не требуется. Питание элементов схемы МТЗ и ТО осуществляется от входного тока.

Входной ток, в зависимости от выбранного диапазона, поступает на соответствующие выводы первичной обмотки трансформаторов тока ТТ1, ТТ2. Выпрямители ВП1, ВП2 преобразуют переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц.

Рис. 2.30. Характеристики реле УЗА-АТ При достижении входным током любой фазы значения (0,2–0,3) тока минимальной уставки на выходе источника питания ИП1 появляется

достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. При этом на выходе ИОН1 появляются опорные напряжения -2 В и +2 В и загорается светодиод "I_{вх}".

Резисторы R1, R2 преобразуют пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителями УН1, УН2 и преобразуется фильтрами ФНЧ1, ФНЧ2 в постоянное напряжение, пропорциональное входному току "своей" фазы.

С выходов ФНЧ1, ФНЧ2 напряжения поступают на переключающий компаратор К6, который подключает на вход формирователя уставок тока ФУи большее из входных напряжений.

С выхода ФУи напряжение поступает на схему токовой отсечки (ФУо, К1, С31) и схему МТЗ с тремя характеристиками срабатывания (ФП1, ФП2, S, ФУт, К3, И1, К2).

ФУо масштабирует выходной сигнал ФУи таким образом, что при достижении входным током значения уставки отсечки напряжение на выходе ФУо сравнивается с напряжением ИОН1 -U_{оп}. Это приведет к срабатыванию компаратора К1. Выходной сигнал К1 запустит схему задержки С31. Значение времени задержки С31 задается оператором с передней панели и составляет (70–100) мс или (150–200) мс, по истечении которого С31 откроет ключ SV1, что приведет к срабатыванию выходных реле Р1, Р2 (ВЫХОД ТО+МТЗ). Одновременно, выходной сигнал С31 поступает на ключи SV12, SV4. Ключ SV12 открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода СРАБАТ. ТО (при наличии оперативного питания 220 В). Ключ SV4, при наличии разрешающего сигнала с компаратора К4, замыкает контакт двухстабильного реле Р4 схемы АПВ.

При достижении входным током значения уставки тока срабатывания МТЗ напряжение на выходе ФУи сравнивается с напряжением ИОН1 -U_{оп}. Компаратор К3 срабатывает, открывает ключ SV2 и включает интегратор И1. Открытие ключа SV2 приведет к срабатыванию выходного реле Р3 (МТЗ мгновенный). Одновременно напряжение на выходе И1 начнет возрастать. Скорость возрастания зависит:

– для характеристики (1) – от заданной уставки времени ФУт;

– для характеристик (2), (3) – от заданной уставки времени ФУт и значения входного тока.

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения +U_{оп} (ИОН1) сработает компаратор К2. Выходной сигнал К2 откроет ключ SV1, что приведет к срабатыванию выходных реле Р1, Р2 (ВЫХОД ТО+МТЗ). Одновременно выходной сигнал К2 поступает на ключи SV11, SV4. Ключ SV11 открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода СРАБАТ. МТЗ (при наличии на клеммах напряжения оперативного питания 220 В).

Ключ SV4, при наличии разрешающего сигнала с компаратора К4, замыкает контакт двухстабильного реле Р4 схемы АПВ.

Преобразователи ФП1, ФП2 обеспечивают зависимые характеристики срабатывания, а переключатель S - возможность выбора нужной характеристики.

Принцип действия АПВ

Питание схемы АПВ обеспечивают выпрямитель ВП3 и источник питания ИП2, на выходе которого формируются напряжения +10 В и -10 В.

После включения высоковольтного выключателя (замкнется контакт БКВ, (рис. 2.31) на клемме БКВ устройства появится положительное напряжение +250 В. Через резистор R5 начнется заряд конденсатора С3. Напряжение конденсатора С3 поступает на один из входов компаратора К4. На другой вход К4 поступает опорное напряжение с ИОН2. Примерно через 30 секунд после начала заряда С3 напряжение на нем сравнивается с опорным напряжением ИОН2, компаратор К4 сработает. Выходной сигнал К4 откроет ключ SV8 и на передней панели устройства загорится светодиод ГОТОВ АПВ. Одновременно, выходной сигнал К4 снимет запрет на открывание ключей SV4, SV6.

В случае срабатывания МТЗ или ТО, на ключ SV4 поступит открывающий сигнал с К2 или С31. Если светодиод ГОТОВ АПВ не светится, ключ SV4 не откроется, и АПВ работать не будет. Если же светодиод ГОТОВ АПВ светится, ключ SV4 откроется и замкнет контакт двухстабильного реле Р4. В результате, на ключ SV7 через резистор R4 будет подано положительное напряжение, ключ SV7 откроется и сработает реле Р5.

Размыкающий контакт Р5 включит интегратор И2. Напряжение на выходе И2 начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной оператором на передней панели уставки АПВ. Выходное напряжение интегратора И2 поступает на один из входов компаратора К5, на другой вход которого поступает опорное напряжение с ИОН2. В момент равенства напряжений на входах К5 сработает, откроет ключ SV9, который, в свою очередь, подключит к обмотке выходного реле Р6 напряжение заряженного конденсатора С3. Реле Р6 сработает, а конденсатор С3 начнет разряжаться. Через (0,25–0,4) секунды после включения Р6 конденсатор С3 почти полностью разрядится, компаратор К4 вернется в исходное состояние. При этом, погаснет светодиод ГОТОВ АПВ и сформируется сигнал запрета на открывание ключей SV4, SV6. Размыкается контакт двухстабильного реле Р4, закрывается ключ SV7, контакты реле Р5 возвращаются в исходное состояние. Цикл работы схемы АПВ завершен.

Пуск АПВ возможен, также, от внешних защит. Для этого выходной замыкающий контакт внешней защиты следует подключить к клеммам **ПУСК АПВ** (рис.2.31) устройства. В момент замыкания выходного контакта внешней защиты на клемме **ПУСК АПВ** появится напряжение +250В. Если светодиод ГОТОВ АПВ не светится, ключ SV6 не откроется (из-за действия запрета с компаратора К4) и схема АПВ работать не будет. Если же светодиод ГОТОВ АПВ светится, ключ SV6 откроется и замкнет контакты двухстабильного реле Р4. В дальнейшем работа схемы АПВ аналогична описанному выше.

Для снятия извне сигнала подготовки АПВ (гашения светодиода ГОТОВ АПВ) необходимо кратковременно замкнуть между собой клеммы **СП**. В этом случае, откроется ключ SV10 и разрядит конденсатор С3.

Схема АПВ обеспечивает возможность внутреннего (при срабатывании МТЗ или ТО) пуска АПВ при пропадании напряжения питания 220 В, если:

- на момент пропадания напряжения 220 В светился светодиод ГОТОВ АПВ;
- с момента пропадания напряжения 220 В прошло не более 5 секунд.

В этом случае, за счет источника питания ИП1 обеспечивается открывание ключа SV4 и замыкание контакта двухстабильного реле Р4. Открывание ключа SV7 без напряжения питания 220 В невозможно. Поэтому далее без напряжения питания схема работать не будет. Но, как только напряжение питания восстановится, изложенный выше алгоритм будет выполнен до конца. В то же время, ключ SV6 без напряжения 220 В не может быть открыт, из-за чего внешний пуск АПВ в этом случае невозможен.

Функциональная схема варианта УЗА-АТ-Т показана на рис. 2.31,а. Она отличается выходными цепями, имеющими 3 ступени выдержки времени (токовая отсечка, на зажимы 7-8 подключаются контакты внешней защиты, действующей на пуск схемы дешунтирования (на схеме не показаны)).

Выходные контакты исполнений УЗА-АТ-Т ВЫХОД 1 МТЗ, ВЫХОД 2 МТЗ являются проскальзывающими. Время удержания в замкнутом состоянии контактов ВЫХОД 1 МТЗ, ВЫХОД 2 МТЗ составляет примерно 0,2-0,3 с.

Выходные контакты ВЫХОД 1 МТЗ, ВЫХОД 2 МТЗ, ВЫХОД 3 МТЗ исполнений УЗА-АТ-Т срабатывают в следующей последовательности:

- такт 1- после завершения выдержки времени МТЗ срабатывает ВЫХОД 1 МТЗ;
- такт 2 – через 0,2 с после срабатывания размыкается контакт ВЫХОД 1 МТЗ;
- такт 3 – через 0,2 с после размыкания контакта ВЫХОД 1 МТЗ срабатывает контакт ВЫХОД 2 МТЗ;
- такт 4 - через 0,2 с после срабатывания размыкается контакт ВЫХОД 2 МТЗ;
- такт 5 - через 0,2 с после размыкания контакта ВЫХОД 2 МТЗ срабатывает контакт ВЫХОД 3 МТЗ и удерживается в сработавшем состоянии до момента, когда значение входного тока устройства станет меньше значения уставки тока МТЗ.

Если во время такта 1 или 3 происходит уменьшение входного тока устройства ниже значения уставки тока МТЗ, последующие такты не выполняются.

Принцип действия ненаправленной ЗНЗ

Функциональная схема приведена на рис. 2.32.

Входной ток поступает на выводы первичной обмотки трансформатора тока ТТ. Выпрямитель ВП преобразует переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц. При достижении входным током значения (0,2-0,3) тока минимальной уставки на выходе источника питания ИП появляется достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. При этом на выходе ИОН появится опорное напряжение –2 В.

Резистор R преобразует пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителем УН и преобразуется фильтром ФНЧ в постоянное напряжение, пропорциональное входному току. С выхода ФНЧ напряжение поступает на первый вход компаратора напряжения К_и. На второй вход компаратора поступает выходное напряжение с формирователя уставок тока ФУ_и. При достижении входным током значения уставки выходное напряжение ФНЧ будет равно выходному напряжению ФУ_и, компаратора напряжения К_и сработает. Сработав, компаратор К_и запустит схему выдержки времени СЗ. Схема выдержки времени СЗ через интервал времени, равный значению уставки времени, замкнет ключ S2, что приведет к срабатыванию исполнительного реле К.

Принцип действия защиты от перегрузки аналогичен принципу действия ненаправленной ЗНЗ.

Устройства с максимальным функциональным наполнением содержат девять замыкающих выходных контактов:

- два контакта МТЗ мгновенный;
- два контакта ТО+МТЗ;
- АПВ;
- ЗНЗ;
- защита от перегрузки;
- два выходных контакта, управляемых от дискретного входа.

Выходной контакт АПВ является проскальзывающим. Время удержания его в замкнутом состоянии находится в пределах (0,25-0,4) с.

По способу регулирования уставок устройства относятся к исполнению - с дискретным регулированием; уставки задаются с помощью **DIP** - переключателей находящихся под съемной передней панелью, согласно таблиц их положения,

Рычажки микропереключателей имеют два положения – **ON**(«Включено») и **OFF** («Отключено»). На самих микропереключателях промаркировано только положение **ON**. Следует понимать, что положение **OFF** – это положение рычажка, противоположное положению **ON**.

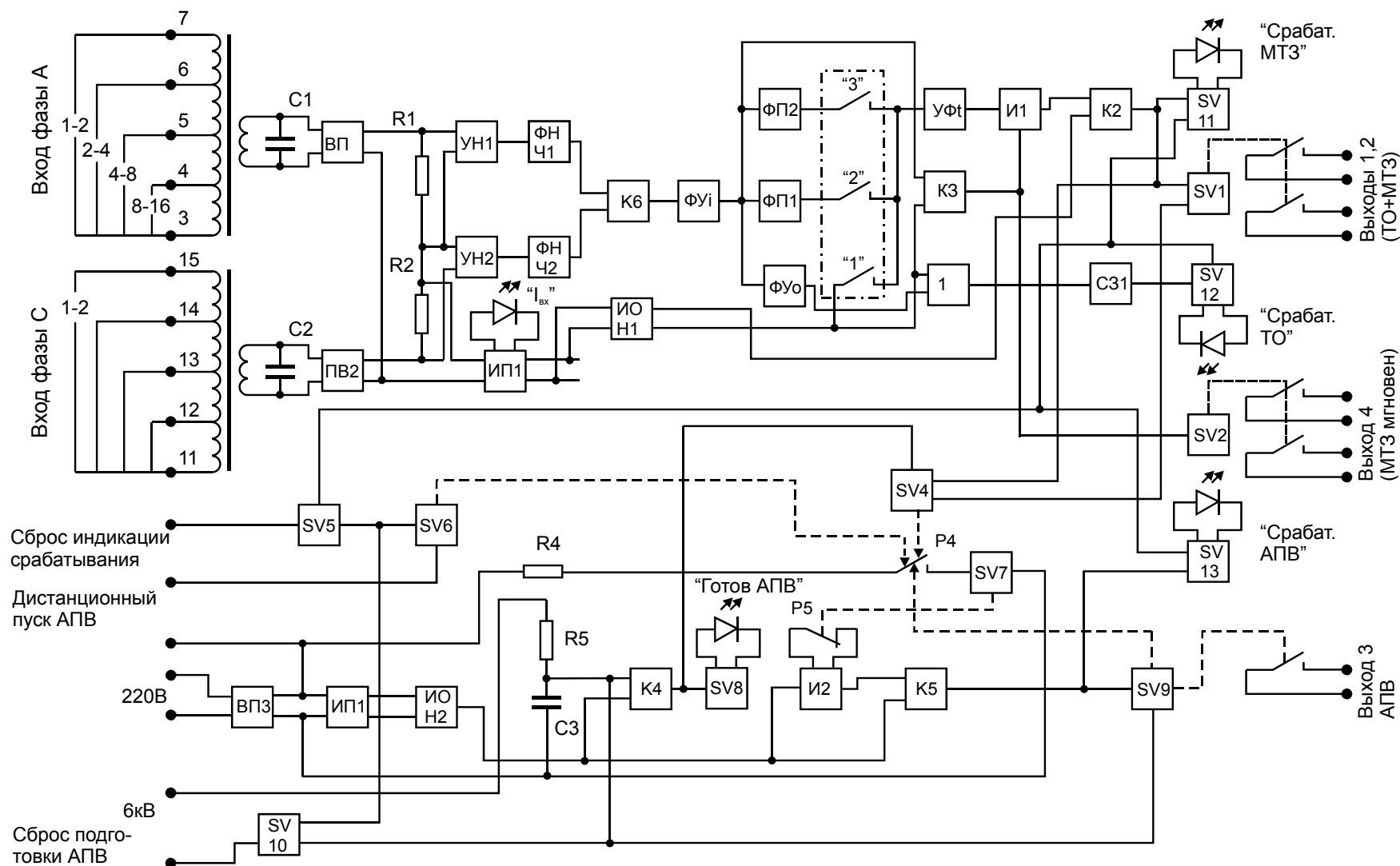


Рис. 2.31. Функциональная схема МТЗ, ТО, АПВ

ТТ1, ТТ2 – трансформаторы тока, С1...С3 – конденсаторы, ВП1...ВП3 – выпрямители, УН1, УН2 – усилители напряжения, ИП1, ИП2 – источники питания, ФУ1, ФУ2, ФУ3 – формирователи уставок тока, отсечки, времени соответственно, ФНЧ1, ФНЧ2 – фильтры нижних частот, ФП1, ФП2 – функциональные преобразователи, S – переключатель характеристик, ИОН1, ИОН2 – источники опорного напряжения, К1...К5 – компараторы, К6 – переключающий компаратор, И1, И2 – интеграторы, R1, R2, R4, R5 – резисторы, SV1...SV13 – ключи, P1...P3, P5, P6 – реле, P4 – двухпозиционное реле, C31, C32 – схемы задержки.

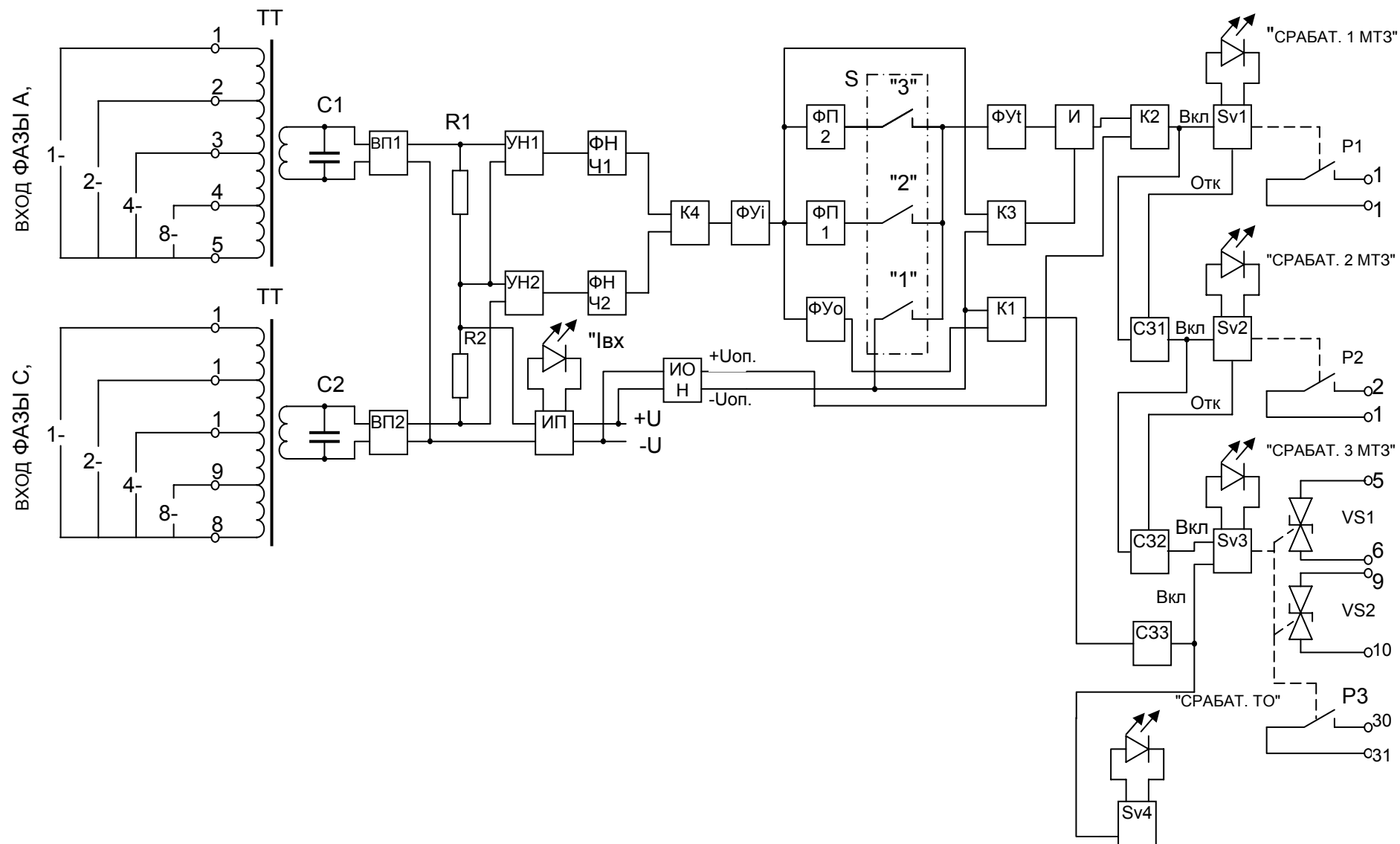


Рис. 2.31а. Функциональная схема УЗА – АТ – Т.

ТТ1,ТТ2-ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА, С1,С2-КОНДЕНСАТОРЫ, ВП1,ВП2-ВЫПРЯМИТЕЛИ, УН1,УН2-УСИЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ, ИП-ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ, ФУ1,ФУ0,ФУт-ФОРМИРОВАТЕЛИ УСТАВОК ТОКА, ОТСЕЧКИ, ВРЕМЕНИ СООТВЕТСТВЕННО, ФНЧ1,ФНЧ2-ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ, ФП1,ФП2-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, S-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК, ИОН-ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, К1...К3-КОМПАРАТОРЫ, К4-ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЙ КОМПАРАТОР, И-ИНТЕГРАТОР, R1,R2-РЕЗИСТОРЫ, Sv1...Sv4-КЛЮЧИ, P1...P3-РЕЛЕ, C31...C33-СХЕМЫ ЗАДЕРЖКИ, VS1,VS2-ТРИАКИ.

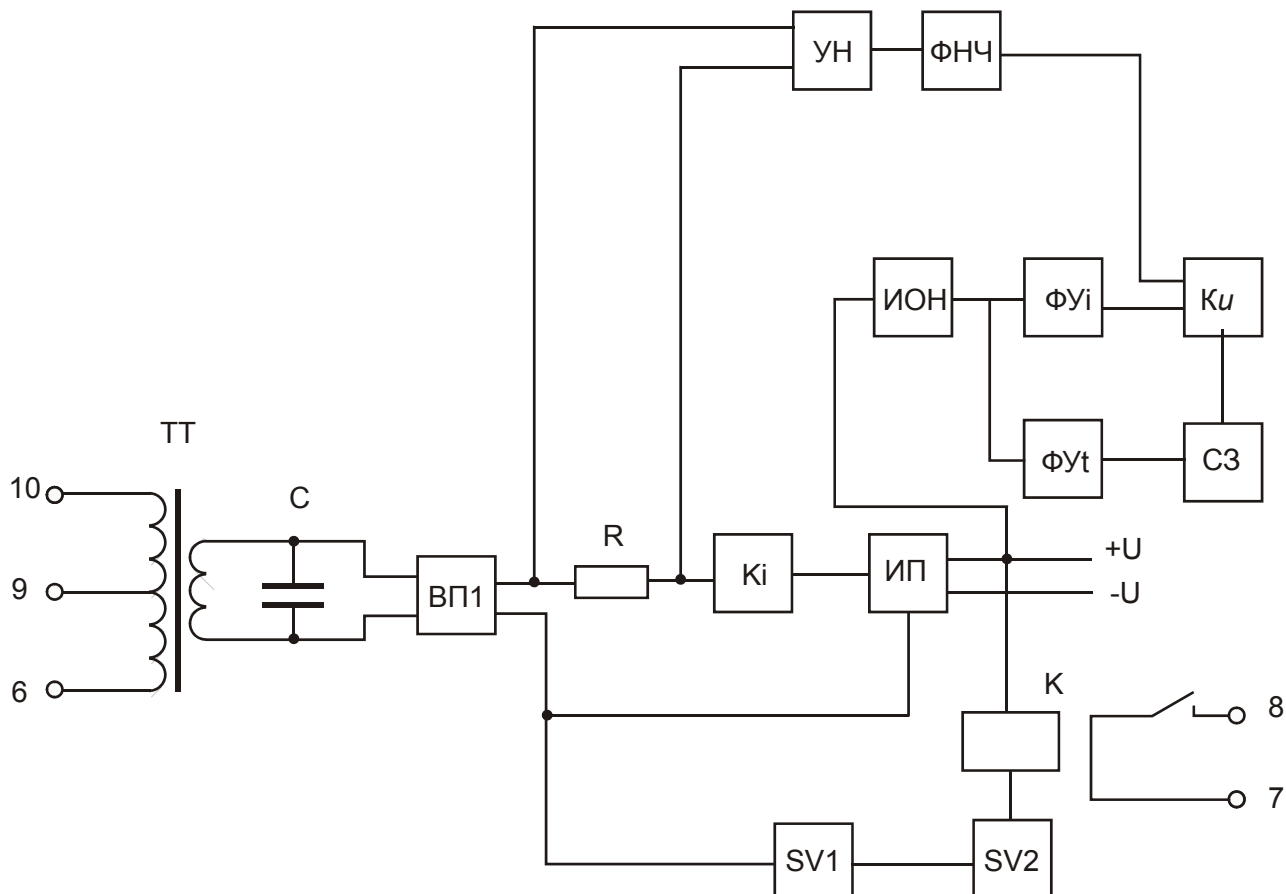


Рис. 2.32. Функциональная схема ненаправленной ЗНЗ

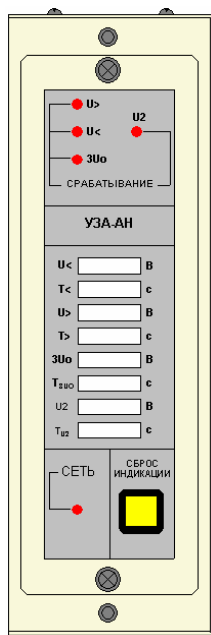
ТТ - трансформатор тока, С - конденсатор, ВП - выпрямитель, R - резистор, УН - усилитель напряжения, ФНЧ - фильтр нижних частот, Ki, Ku - компараторы тока и напряжения, ИП - источник питания, ИОН - источник опорного напряжения, ФУi, ФУt - формирователи уставок тока и времени, СЗ - схема задержки, К - выходное реле, SV1, SV2 - ключи

Конкретный перечень функций, который имеет данное реле, и количество выходных реле определяется заказом, в соответствии с опросным листом.

2.3.6. Устройства защиты по напряжению УЗА-АН

Устройства УЗА-АН – это статические устройства без дополнительного источника питания. Питание элементов схемы осуществляется от входного напряжения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



Устройства обеспечивают:

- блокировку по напряжению максимальной токовой защиты (МТЗ-Н);
- пуск АВР шин по снижению напряжения;
- контроль наличия напряжения на резервном источнике питания для АВР;
- трехфазную защиту от понижения напряжения, работающую по функции "ИЛИ" ($U<$);
- трехфазную защиту от понижения напряжения, работающую по функции "И" ($U<<$);
- двухфазную защиту от повышения напряжения;
- сигнализацию замыкания на землю по напряжению $3U_0$ для ТН, имеющих отдельную обмотку $3U_0$;
- защиту от повышения напряжения обратной последовательности.

- Все характеристики срабатывания устройства по времени – независимые.

По способу регулирования уставок устройства относятся к исполнению – с дискретным регулированием; уставки регулируются с помощью **DIP**- переключателей находящихся под съемной передней панелью.

Устройства обеспечивают следующие диапазоны уставок:

- Уставка защиты по минимальному напряжению (ЗМН) регулируется от 40 до 80% U_N , шаг 5 В.
- Уставка защиты по максимальному напряжению ($U>$) регулируется от 0,8 до 1,2% U_N , шаг 5 В.
- Уставки защиты по напряжению нулевой последовательности ($3U_0$) регулируется отдельно в диапазоне от 15 до 60 В, шаг 5 В.

- Уставка по максимальному напряжению обратной последовательности (U_2) регулируется в диапазоне от 5 до 12,5 В с шагом 0,5 В.
- Выдержки времени срабатывания всех защит регулируются отдельно в диапазоне от 0,2 до 6,4 с, шаг 0,1 с.
- Коэффициент возврата органа минимального напряжения – не более 1.15, максимального – не менее 0.85.

При наличии всех защит устройство содержит 7 выходных реле. Выход органа минимального напряжения состоит из 2 последовательно соединенных контактов реле: переключающего и замыкающего. С помощью этих реле организуется импульсное замыкание цепи (проскальзывающий контакт), нужное для некоторых схем АВР. Сначала замыкается контакт одного реле, затем размыкается контакт второго, переключающего реле и цепь вновь разрывается. Время замкнутого состояния цепи составляет 300-500 мсек. Если проскальзывающее действие контактов не нужно, то можно использовать на выходе один замыкающий контакт.

Остальные защиты содержат по одному замыкающему контакту.

Индикация срабатывания каждого органа фиксируется светодиодом, расположенным на передней панели. Сброс индикации осуществляется замыканием контактов «СИС» на клеммнике устройства (контакты 11-12) или с передней панели нажатием кнопки «СБРОС ИНДИКАЦИИ».

Принцип действия

Принцип действия защиты от повышения напряжения $U>$.

Функциональная схема защиты приведена на рис.2.33. Трехфазное входное напряжение через выпрямитель ВП1 поступает на источник питания ИП, который формирует питающие схему напряжения +10 В и -10 В. Источник ИОН формирует стабильное опорное напряжение -2 В.

Линейные напряжения U_{AB} , U_{BC} поступают на выпрямители ВП1, ВП2 соответственно, где преобразуются в пульсирующее переменное напряжение частотой 100 Гц. Эти напряжения фильтрами ФНЧ1, ФНЧ2 преобразуются в постоянные и нормируются усилителями НУ1, НУ2. Коэффициент передачи НУ1, НУ2 значительно меньше единицы. С выходов НУ1, НУ2 сигналы поступают на первые входы компараторов напряжения К1, К2. На вторые входы К1, К2 поступает выходной сигнал формирователя уставок напряжения $\Phi U_{U>}$. В момент, когда значение линейного напряжения U_{AB} (U_{BC}) превысит значение уставки напряжения, выходное напряжение НУ1 (НУ2) станет больше выходного напряжения $\Phi U_{U>}$. Сработает компаратор К1 (К2) и включит интегратор И. Напряжение на выходе И начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной уставки времени $\Phi U_{T>}$.

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения -2 В сработает компаратор К3. Выходной сигнал К3 откроет ключ SV2, что приведет к срабатыванию выходного реле Р. Одновременно выходной сигнал К3 поступает на ключ SV1, который открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода **СРАБАТЫВАНИЕ $U>$** .

Принцип действия защиты от снижения напряжения $U<$, $U<<$.

Функциональная схема защиты $U<$ приведена на рис.2.34.

Трехфазное входное напряжение через выпрямитель ВП1 поступает на источник питания ИП, который формирует питающие схему напряжения +10 В и -10 В. Источник ИОН формирует стабильное опорное напряжение -2 В. Одновременно, трехфазное входное напряжение через выпрямители ВП2...ВП4 поступает на фильтры нижних частот ФНЧ1...ФНЧ3, где преобразуется в постоянное и, далее, масштабируется нормирующими усилителями НУ1...НУ3.

С выхода НУ1...НУ3 сигналы поступают на первый вход компараторов напряжения К1...К3. На второй вход К1...К3 поступает выходной сигнал формирователя уставок напряжения $\Phi U_{U<}$. В момент, когда значение напряжения на любой из фаз (для $U<$) станет меньше значения уставки напряжения, выходное напряжение НУ соответствующей фазы станет меньше выходного напряжения $\Phi U_{U<}$. Сработает компаратор К1 (К2 или К3) и включит интегратор И. Напряжение на выходе И начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной уставки времени $\Phi U_{T<}$.

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения -2 В сработает компаратор К4. Выходной сигнал К4 откроет ключ Sv2, что приведет к срабатыванию выходного реле Р1. Одновременно выходной сигнал К2 поступает на ключ Sv1, и схему задержки СЗ. Ключ Sv1 открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода **СРАБАТЫВАНИЕ $U<$** . Примерно через (0,3-0,5) с после срабатывания К2, схема задержки СЗ откроет ключ Sv3, что приведет к срабатыванию выходного реле Р2.

Принцип действия защиты от повышения напряжения нулевой последовательности $3U_0$.

Функциональная схема защиты приведена на рис.2.35. Напряжение нулевой последовательности $3U_0$ поступает на выпрямитель ВП2, где преобразуются в пульсирующее переменное напряжение частотой 100 Гц. Это напряжение фильтром ФНЧ преобразуется в постоянное и нормируется усилителем НУ. Коэффициент передачи НУ значительно меньше единицы. С выхода НУ сигнал поступает на первый вход компаратора напряжения К1. На второй вход К1 поступает выходной сигнал формирователя уставок напряжения ΦU_{3U_0} . В момент, когда значение напряжения нулевой последовательности превысит значение уставки напряжения, выходное напряжение НУ станет больше выходного напряжения ΦU_{3U_0} . Сработает компаратор К1 и включит интегратор И. Напряжение на выходе И начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной уставки времени ΦU_{T3U_0} .

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения -2 В сработает компаратор K2. Выходной сигнал K2 откроет ключ SV2, что приведет к срабатыванию выходного реле Р. Одновременно выходной сигнал K2 поступает на ключ SV1, который открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода **СРАБАТЫВАНИЕ $3U_0$** .

Принцип действия защиты от повышения напряжения обратной последовательности U_2 .

Функциональная схема защиты приведена на рис.2.36. Трехфазное входное напряжение через выпрямитель ВП1 поступает на источник питания ИП, который формирует питающие схему напряжения $+10$ В и -10 В. Источник ИОН формирует стабильное опорное напряжение -2 В.

Одновременно, трехфазное входное напряжение поступает на фильтр обратной последовательности ФОП. Выходное напряжение ФОП поступает на выпрямитель ВП2, где преобразуются в пульсирующее переменное напряжение частотой 100 Гц. Это напряжение фильтром ФНЧ преобразуется в постоянное и нормируется усилителем НУ. Коэффициент передачи НУ несколько меньше единицы. С выхода НУ сигнал поступает на первый вход компаратора напряжения K1. На второй вход K1 поступает выходной сигнал формирователя уставок напряжения ΦU_{U_2} . В момент, когда значение напряжения обратной последовательности превысит значение уставки напряжения, выходное напряжение НУ станет больше выходного напряжения ΦU_{U_2} . Сработает компаратор K1 и включит интегратор И. Напряжение на выходе И начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от заданной уставки времени ΦU_{TU_2} .

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения -2 В сработает компаратор K2. Выходной сигнал K2 откроет ключ SV2, что приведет к срабатыванию выходного реле Р. Одновременно выходной сигнал K2 поступает на ключ SV1, который открывается и замыкает контакт двухстабильного реле, что вызывает загорание светодиода **СРАБАТЫВАНИЕ U_2** .

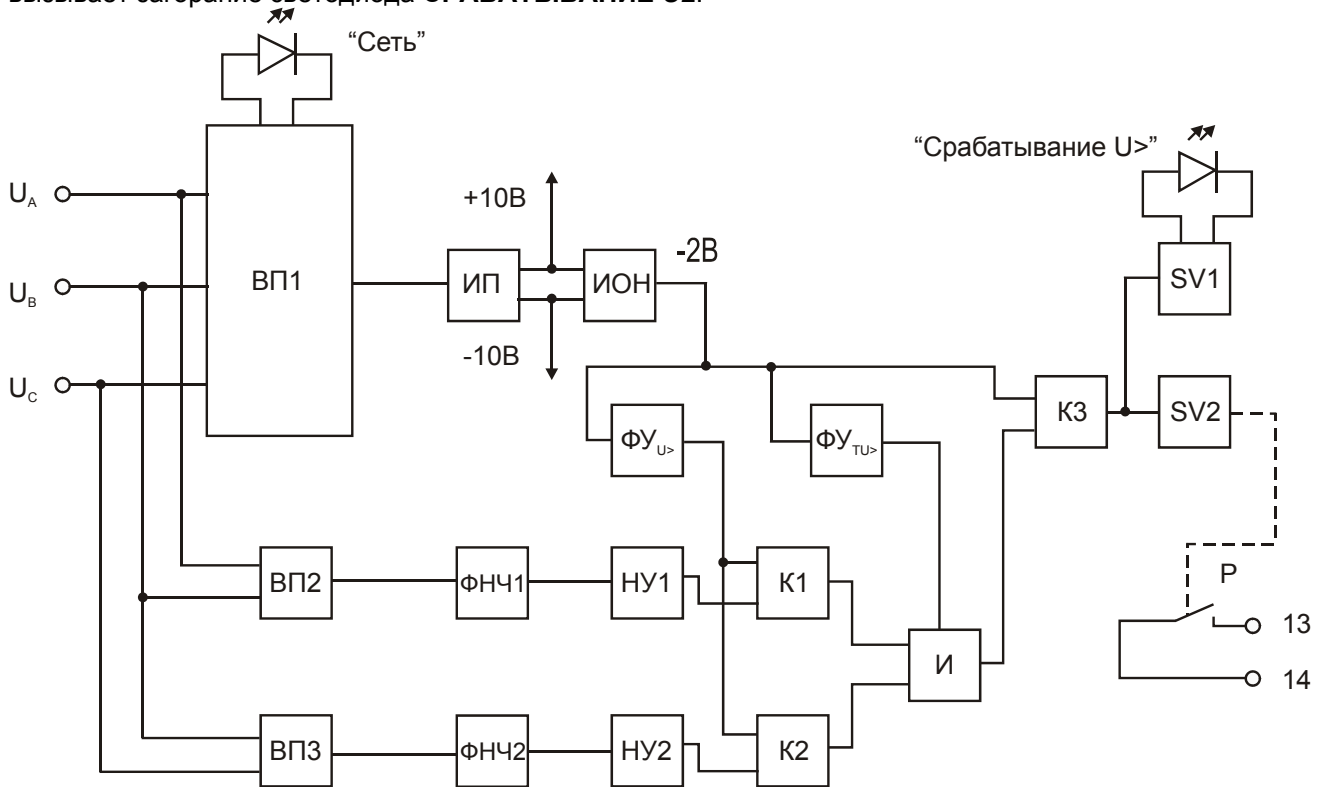


Рис 2.33. Структурная схема защиты от повышения напряжения $U_>$.

ВП1...ВП3 – выпрямители, ИП – источник питания, ИОН – источник опорного напряжения, ФНЧ1,ФНЧ2 – фильтры нижних частот, НУ1,НУ2 – нормирующие усилители напряжения, $\Phi U_{U_>}$, $\Phi U_{TU_>}$ – формирователи уставок напряжения и времени соответственно, K1...K3 – компараторы, И – интегратор, SV1 – запоминающий ключ, SV2 – ключ, Р – реле.

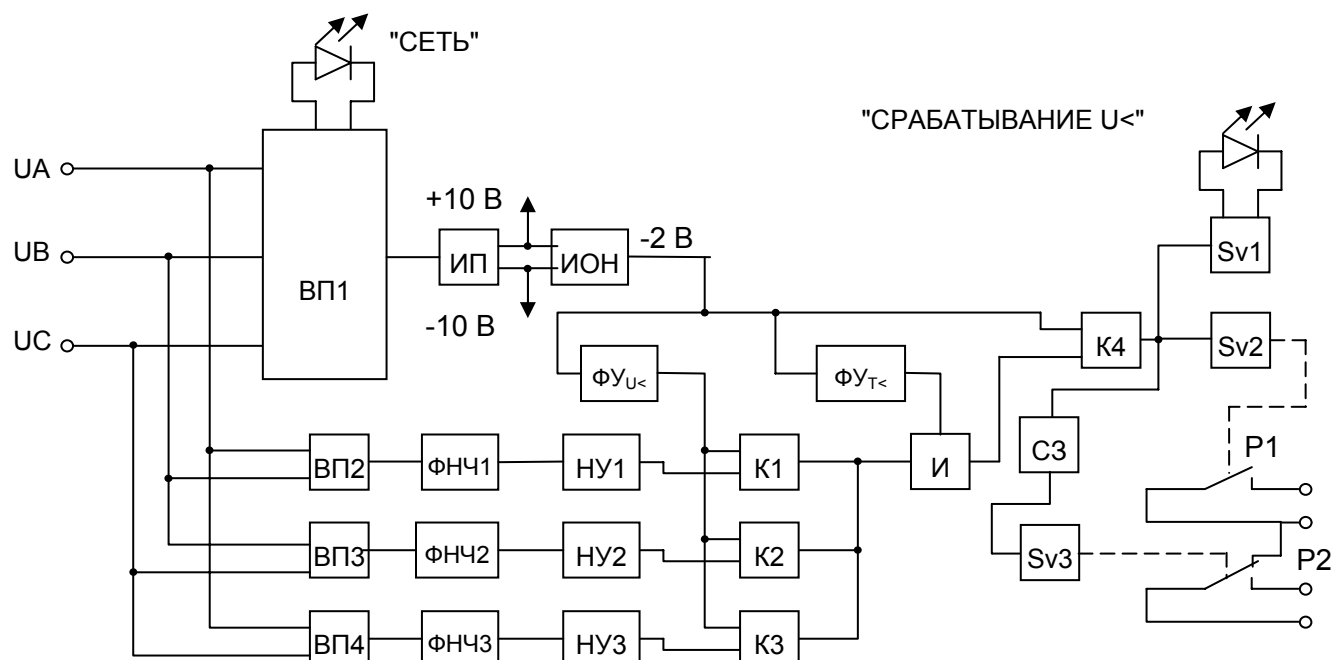


Рис 2.34 Структурная схема защиты от снижения напряжения $U <$
 ВП1...ВП4 – выпрямители, ИП – источник питания, ИОН – источник опорного напряжения, ФНЧ1...ФНЧ3 – фильтры нижних частот, НУ1...НУ3 – нормирующие усилители напряжения, $\Phi У_{U<}$, $\Phi У_{T<}$ – формирователи уставок напряжения и времени соответственно, К1...К4 – компараторы, И – интегратор, СЗ – схема задержки, Sv1 – запоминающий ключ, Sv2, Sv3 – ключи, P1, P2 – реле.

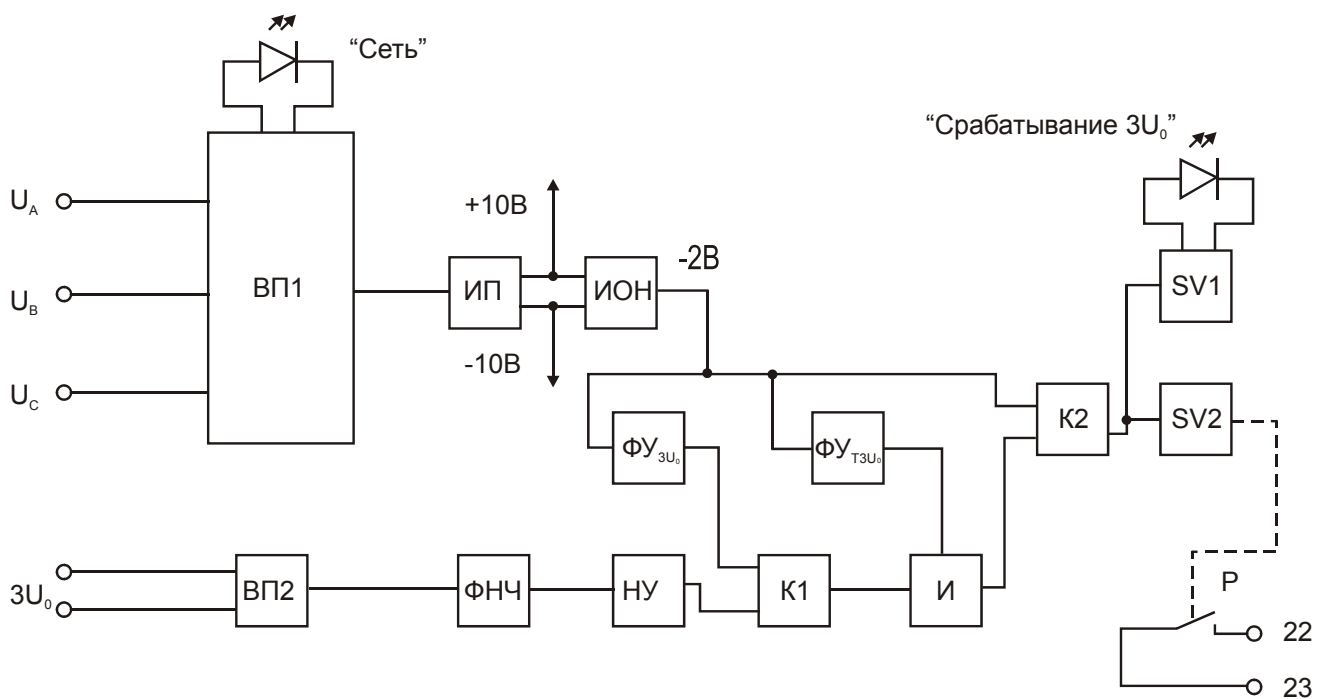


Рис 2.35. Структурная схема защиты от повышения напряжения нулевой последовательности $3U_0$
 ВП1, ВП2 – выпрямители, ИП – источник питания, ИОН – источник опорного напряжения, ФНЧ – фильтр нижних частот, НУ – нормирующий усилитель напряжения, $\Phi У_{3U_0}$, $\Phi У_{T3U_0}$ – формирователи уставок напряжения и времени соответственно, К1, К2 – компараторы, И – интегратор, SV1 – запоминающий ключ, SV2 – ключ, P – реле

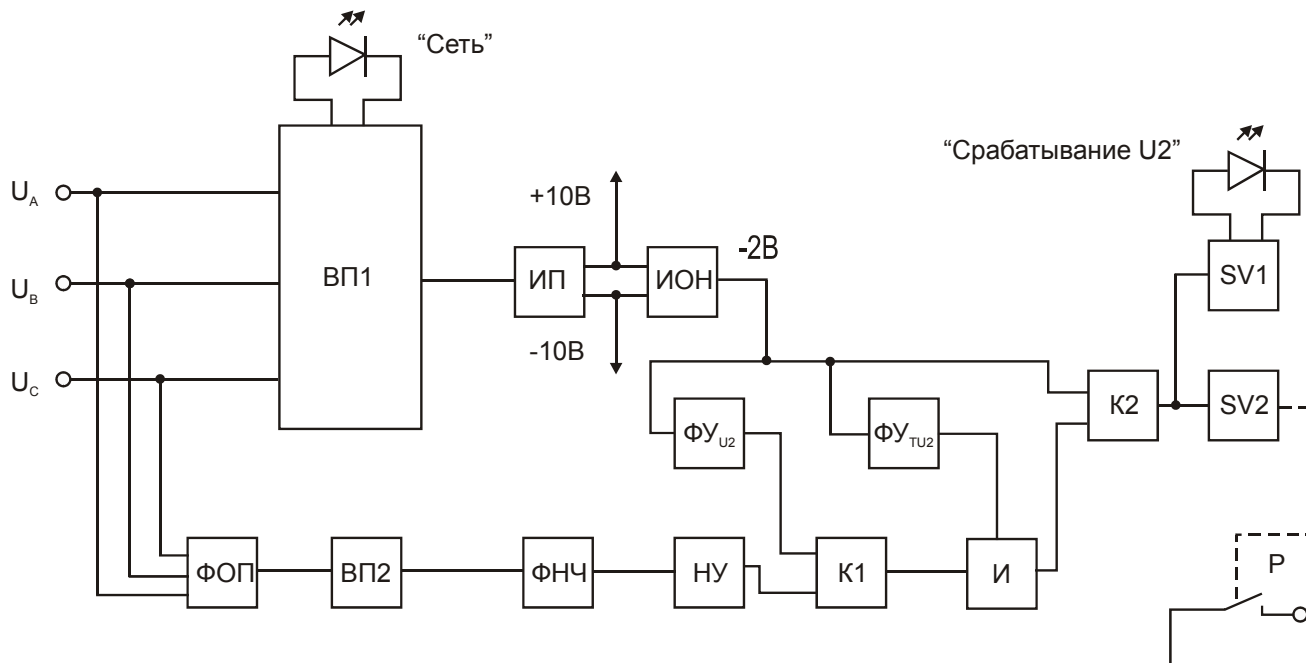


Рис 2.36. Структурная схема защиты от повышения напряжения обратной последовательности U_2 . ФОП – фильтр обратной последовательности, ВП1, ВП2 – выпрямители, ИП – источник питания, ИОН – источник опорного напряжения, ФНЧ – фильтр нижних частот, НУ – нормирующий усилитель напряжения, $\Phi Y_{U_2}, \Phi Y_{TU_2}$ – формирователи уставок напряжения и времени соответственно, K1, K2 – компараторы, И – интегратор, Sv1 – запоминающий ключ, Sv2 – ключ, P – реле.

2.3.7. Устройство резервной защиты трансформаторов РЗТ

Устройство резервной защиты трансформаторов (РЗТ), внешний вид которого представлен на рис. 2. 37, предназначено для отключения повреждения в трансформаторах при отказе устройств защиты или коммутационного аппарата со стороны ВН трансформатора, путем действия на отключение другого (при возможности) коммутационного аппарата.

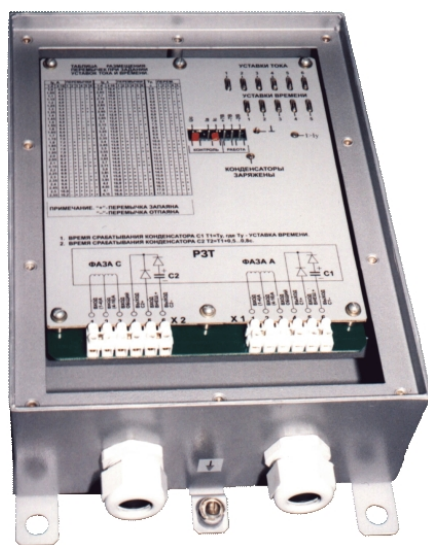


Рис.2.37. Устройство РЗТ

При этом допускается действие защиты на отделитель трансформатора, несмотря на то, что при этом он может быть поврежден токами КЗ. Возникшее после перекрытия отделителя КЗ будет отключено защитой питающей линии.

РЗТ имеет возможность действия с некоторым интервалом на два коммутационных аппарата: в наиболее распространенной схеме с короткозамыкателем и отделителем - сначала действует на короткозамыкатель, а затем, при его отказе, на отделитель; или на 2 выключателя. По заказу может быть выполнено действие защиты на 3 выключателя. Интервал времени между действиями на разные аппараты составляет 0.4 – 0.6 с. При наличии на ПС выключателей, устройство может действовать на них повторно или на отделитель (имеется на некоторых подстанциях). Направление действия определяется в каждом конкретном случае отдельно. Следует иметь в виду, что защита может действовать на электромагнит с током не более 1 А, при емкости конденсатора 100 мкФ. По заказу может быть установлен конденсатор емкостью 230 мкФ, который может быть применен для выключателя или трех пофазных отделителей (на 154 кВ) с током электромагнитов отключения до 4 А.

По возможности, РЗТ должно включаться на трансформаторы тока, отдельные от других устройств защиты. Желательно подключение на выносные трансформаторы тока. Схема соединения трансформаторов тока - треугольник. Для двухфазного устройства защиты схема соединения - треугольник обеспечивает равную чувствительность защиты ко всем видам двухфазного короткого замыкания на стороне НН трансформатора, обмотка которого соединена в треугольник. На трехобмоточных трансформаторах, при двухфазных коротких замыканиях на стороне СН, ток в двух фазах защиты будет равен 1/2 тока, как понижает чувствительность защиты в двухфазном исполнении, но поскольку ток КЗ стороны СН, как правило, больше, чем ток на НН, то потеря чувствительности может быть незначительная. При необходимости можно заказать трехфазное исполнение РЗТ. Защита РЗТ устанавливается на открытом воздухе возле агрегатного шкафа силового трансформатора.

Технические характеристики:

Резервная защита трансформаторов РЗТ обеспечивает:

- двухфазную максимальную токовую защиту (МТЗ) с независимой характеристикой срабатывания;
- возможность установки общих для двух фаз уставок тока и времени срабатывания максимальной токовой защиты;
- защита действует непрерывно до момента уменьшения входного тока ниже значения уставки тока, после срабатывания МТЗ по следующему циклу:
- такт 1 - подключение заряженного до напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$ конденсатора С1 на нагрузку, подсоединенную к клеммам 1А, 3А колодки Х1;
- такт 2 - отключение конденсатора С1 от нагрузки;
- такт 3 - подключение заряженного до напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$ конденсатора С2 на нагрузку, подсоединенную к клеммам 1А, 3А колодки Х2 (приложение 2);
- такт 4 - отключение конденсатора С2 от нагрузки;
- такт 5 – одновременный заряд конденсаторов С1, С2 до напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$;
- такт 1 и т. д.;
- индикацию заряда конденсаторов С1, С2. Светящийся индикатор КОНДЕНСАТОРЫ ЗАРЯЖЕНЫ означает, что напряжение на конденсаторах С1, С2 равно:
- (100-140) В – для рабочего (неаварийного) режима;
- $350 \text{ В} \pm 10\%$ – для аварийного режима.
- индикацию превышения входным током значения уставки тока (светодиод " $I > I_y$ ").

Диапазон уставок тока срабатывания МТЗ в зависимости от схемы подключения устройства 1...4,15 и 4...16,6 А.

Дискретность уставки тока – 0,05 А – для диапазона 1...4,15 А и 0,2 А – для диапазона 4...16,6 А.

– 0,2 А – для диапазона 4...16,6 А.

Диапазон уставок выдержки времени 2,0...17,5 с; дискретность выдержки времени 0,5 с.

Входное сопротивление при входном токе 5 А не более:

- 0,8 Ом - если происходит заряд конденсаторов С1, С2;
- 0,4 Ом - если конденсаторы заряжены.

Суммарная длительность тактов 1...4 (п. 3.1) - 0,5...0,9 с.

Длительность такта 5 (заряд конденсатора) зависит от значения входного тока и приведена в табл. 2.9. (для входных токов, значением до 5 А).

Таблица 2.9

Входной ток, А		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
Длительность такта, с.	1ф	20	8	5	4	3	2,5	2	1,6
	2ф	15	4	2,5	2	1,5	1,3	1	0,8

Примечание: 1ф - при однофазном входном токе; 2ф - при двухфазном входном токе.

Описание конструкции и работы

Защита РЗТ конструктивно выполнена в металлическом прямоугольном корпусе $220 \times 367 \times 100 \text{ мм}^3$ с герметичными сварными швами. Корпус закрывается крышкой с помощью винтов через резиновый уплотнитель. Под головки винтов подложены уплотнительные шайбы, которые предотвращают попадание воды через отверстия внутрь корпуса. Для защиты от прямого попадания капель на крышку устройство закрыто дополнительно защитным щитком.

Подвод внешних кабелей осуществляется через две втулки снизу корпуса.

Внешняя клемма заземления размещена на нижней стенке корпуса между втулками подвода кабелей.

Внутри корпуса размещена плата с радиоэлементами, которая закреплена на кронштейнах винтами. Внешняя поверхность платы защищена изоляционной панелью с надписями. В правом верхнем углу через пазы в изоляционной панели выведены колонки для подпайки объемных перемычек, которыми задаются уставки тока и выдержки времени.

В исходном состоянии все перемычки, которыми производится изменение уставок запаены, что означает минимальную уставку по времени и максимальную по току. Для выполнения нужной уставки, часть перемычек нужно выпаять. Это производится согласно таблицы уставок, имеющейся в заводской документации. Отказ от применения переключателей диктуется требованиями надежности, т.к. устройство находится на открытом воздухе. Если потребуется изменение уставок, часть перемычек возможно придется перепаять снова.

Принцип действия

Функциональная схема РЗТ приведена на рис. 2.38.

Защита состоит из:

- двухфазной максимальной токовой защиты (МТЗ) с независимой выдержкой времени (Т1, Т2, СЗ, С4, ВП1, ВП2, R1, R2, УН1, УН2, ФНЧ1, ФНЧ2, ПК, ФУт, ФУi, И, К1, К2);
- двух накопительных конденсаторов (С1, С2);
- циклического устройства заряда-переключения конденсаторов С1, С2 (ТЗ, Т4, ВПЗ, ВП4, S1...S5, СУ, VD1, VD2);

- четырех переключающих (по два для каждого выключателя или отделителя) силовых диодов (VD5, VD7, VD9, VD10);
- четырех ограничительных диодов (VD3, VD4, VD6, VD8);
- источника питания ИП;
- источника опорного напряжения ИОН.

МТЗ обеспечивает выдачу на циклическое устройство заряда-переключения конденсаторов С1, С2 двух сигналов:

- мгновенного сигнала превышения входным током значения уставки тока (с выхода компаратора К1);
- задержанного на время, равное значению уставки времени, сигнала превышения входным током значения уставки тока (с выхода компаратора К2).

Входной ток, в зависимости от выбранного диапазона, поступает на соответствующие выводы первичной обмотки трансформаторов тока Т1, Т2. Выпрямители ВП1, ВП2 преобразуют переменный ток частотой 50 Гц в выпрямленный пульсирующий ток частотой 100 Гц.

Резисторы R1, R2 преобразуют пульсирующий ток в пульсирующее напряжение частотой 100 Гц, которое усиливается усилителями УН1, УН2 и преобразуется фильтрами ФНЧ1, ФНЧ2 в постоянное напряжение, пропорциональное входному току "своей" фазы.

С выходов ФНЧ1, ФНЧ2 напряжения поступают на переключающий компаратор ПК, который сравнивает входные напряжения и подает на вход формирователя уставок тока ФУі большее из входных напряжений.

Формирователь уставок тока ФУі масштабирует напряжение с ПК пропорционально выбранной уставке тока и подает его на один из входов компаратора напряжения К1. На другой вход компаратора К1 поступает опорное напряжение с ИОН (-Uоп).

При достижении входным током значения уставки тока срабатывания напряжение на выходе ФУі сравнивается с напряжением ИОН. Компаратор К1 мгновенно срабатывает, подает на первый вход схемы управления СУ мгновенный управляющий сигнал и запустит интегратор И. Напряжение на выходе интегратора И начнет возрастать. Скорость возрастания зависит от выбранной уставки времени ФУt. Когда напряжение на выходе интегратора достигнет значения – Uоп (ИОН) сработает компаратор К2 и подает на другой вход схемы управления СУ задержанный управляющий сигнал.

Накопительные конденсаторы С1, С2 предназначены для накопления достаточного количества электрической энергии, необходимой для надежного срабатывания исполнительных механизмов, подключаемых к РЗТ. Емкость каждого конденсатора равна 100 мкФ.

К моменту превышения входным током РЗТ значения уставки тока на конденсаторах поддерживается напряжение (100-140) В, что благоприятствует увеличению их срока службы.

В случае возникновения аварии после формирования компаратором К1 (п. 4.2.1) мгновенного сигнала конденсаторы дозаряжаются до напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$.

Защита РЗТ имеет светодиодный индикатор "КОНДЕНСАТОРЫ ЗАРЯЖЕНЫ" (приложение 4), который светится, если напряжение на конденсаторах С1, С2 соответствует необходимым значениям (100 - 140 В - для неаварийного режима; $350 \text{ В} \pm 10\%$ - для аварийного режима).

Циклическое устройство заряда-переключения конденсаторов С1, С2 обеспечивает:

а) в рабочем (неаварийном) режиме - поддержание на накопительных конденсаторах С1, С2 напряжения (100-140) Вольт;

б) в аварийном режиме после появления на входе СУ мгновенного сигнала от компаратора К1 - дозаряд конденсаторов С1, С2 до рабочего напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$;

в) в аварийном режиме, после появления на входе СУ задержанного сигнала от компаратора К2 до момента уменьшения входного тока ниже значения уставки тока, устройство непрерывно обеспечивает цикл работы, указанный выше.

В рабочем (неаварийном) режиме схема управления СУ непрерывно контролирует напряжение на конденсаторах С1, С2. Если напряжение становится меньше указанного в пп. а), СУ выдает сигнал на размыкание ключа S1. Открываются диоды VD1, VD2 и конденсаторы заряжаются. При возрастании напряжения на С1, С2 до значения 100-140 В СУ выдает сигнал на замыкание ключа S1. Диоды VD1, VD2 закрываются, заряд конденсаторов прекращается.

Аналогично устройство работает и в случае пп. б), с тем отличием, что конденсаторы заряжаются до напряжения $350 \text{ В} \pm 10\%$.

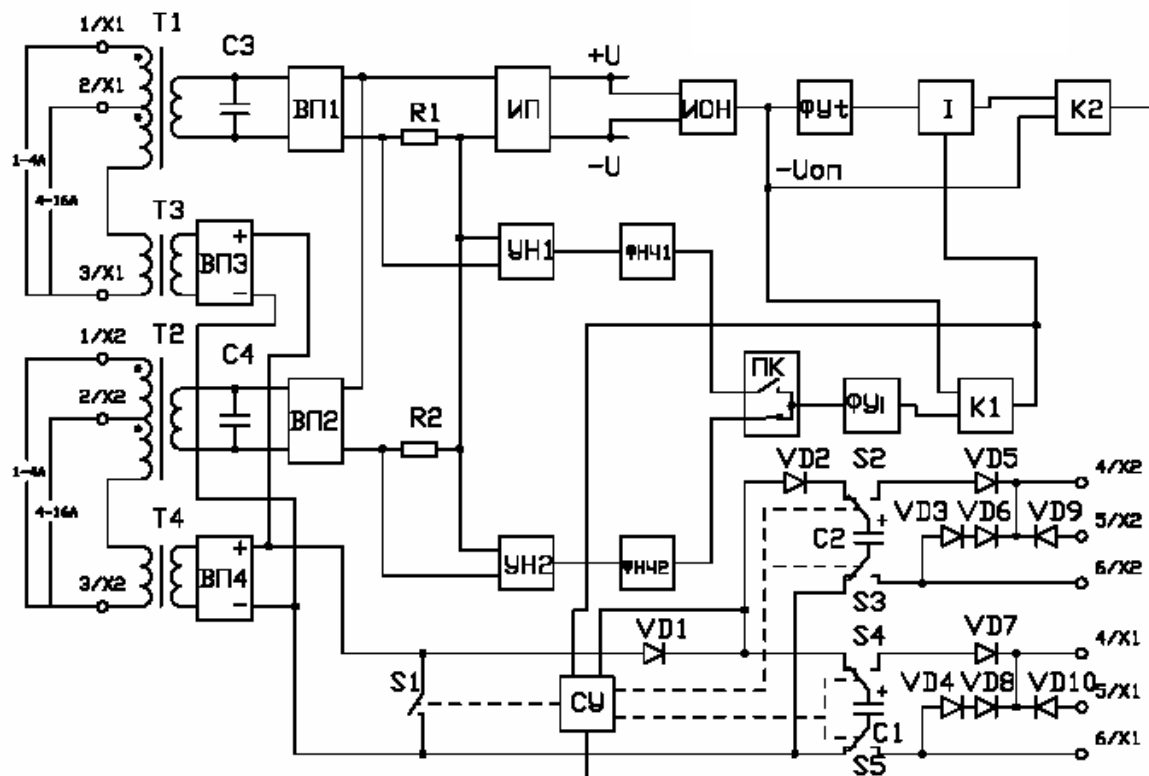
В аварийном режиме согласно пп. в):

- ключ S1 замкнут в течение тактов 1...4 и разомкнут в такте 5;
- ключи S2, S3 находятся в положении "на нагрузку" в такте 3 и в положении "на заряд" в тактах 1, 2, 4, 5;
- ключи S4, S5 находятся в положении "на нагрузку" в такте 1 и в положении "на заряд" в тактах 2...5.

Четыре силовых переключающих диода (КД 226Д) позволяют подавать в нагрузку как напряжение конденсаторов С1, С2 РЗТ, так и внешнее напряжение от других защит. Это может потребоваться в случае, если РЗТ действует на тот же соленоид отключения, что и другие защиты.

Источник питания ИП обеспечивает схему РЗТ двухполярным напряжением питания значением $\pm (7-8) \text{ В}$.

При достижении входным током значения (0,2–0,3) тока минимальной уставки на выходе источника питания ИП появляется достаточное для нормальной работы схемы напряжение питания. Источник опорного напряжения ИОН формирует стабильное напряжение значением примерно минус 2 В. Ограничительные диоды ограничивают выбросы напряжения во время тактов 2, 4.



T1...T4-ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА, C1,C2-НАКОПИТЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ, C3,C4-ФИЛЬТРУЮЩИЕ КОНДЕНСАТОРЫ, ВП1...ВП4-ВЫПРЯМИТЕЛИ, R1,R2-РЕЗИСТОРЫ, S1...S5-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ, ИП-ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ, УН1,УН2-УСИЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ, СУ-СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДОМ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ КОНДЕНСАТОРОВ C1,C2, ФНЧ1,ФНЧ2-ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ, VD1...VD10-ДИОДЫ КД226Д, ИОН-ИСТОЧНИК ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ПК-ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЙ КОМПАРАТОР, ФН1,ФН2-ФОРМИРОВАТЕЛИ УСТАВОК ТОКА И ВРЕМЕНИ СООТВЕТСТВЕННО, И-ИНТЕГРАТОР, К1,К2-КОМПАРАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ,

Рис. 2.38. Функциональная схема РЗТ.

Устройство дуговой защиты ПД –01

Устройство ПД-01, внешний вид которого приведен на рис.2.39, предназначено для ускоренного отключения шкафа комплектных распределительных устройств (КРУ) 6 - 10 кВ при возникновении в них электрического дугового замыкания, путем воздействия на вводные и секционные выключатели с запретом действия АПВ и АВР. Чувствительность к току дугового короткого замыкания волоконно-оптического датчика длиной (700±50) мм на расстоянии (500±50) мм от дуги – не менее 500 А.

Таблица.2.10.

Технические характеристики ПД-01

Характеристика	Значение	Допустимое отклонение
1. Напряжение питания, В	100 или 220	20%
2. Частота, Гц	50	2 Гц
3. Мощность потребления, ВА, не более	20	
4. Время срабатывания изделия, мс	40	10 мс
5. Время сохранения состояния срабатывания изделия, с, не менее	0,15	
6. Время сохранения возможности срабатывания после отключения электропитания изделия, с, не менее	3,0	

Устройство и принцип работы

Принцип действия устройства ПД-01 основан на одновременном воздействии двух внешних факторов:

- 1) воздействие светового потока, возникающего при появлении электрической дуги, вызванной токами КЗ внутри охраняемого объекта;
- 2) понижение питающего напряжения до значения 0,5 Uном.

Примечание. При замыкании между собой зажимов 6 и 7 клеммника, может быть обеспечено срабатывание изделия при отсутствии срабатывания узла слежения за напряжением.

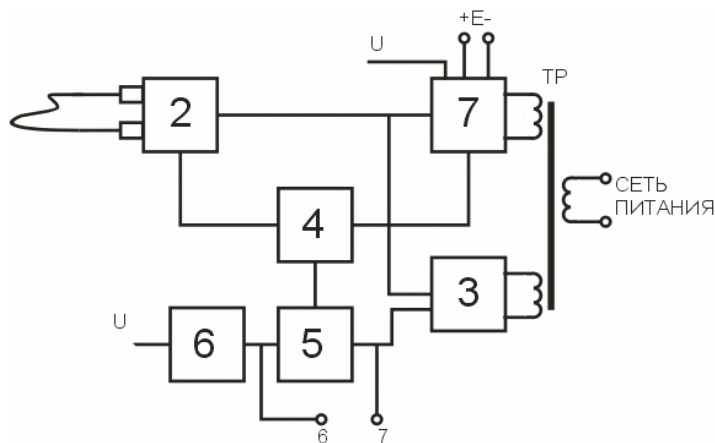
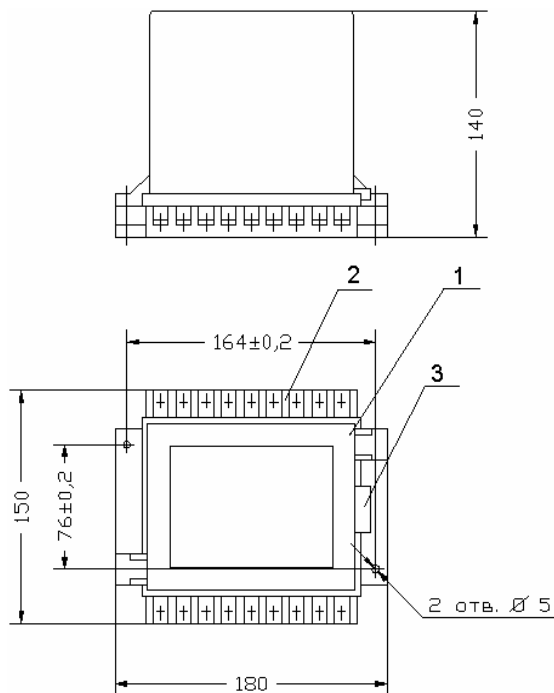


Рис. 2. 39. Внешний вид и габариты ПД-01 Рис. 2. 40. Структурная схема ПД-01

1 – крышка, 2 – основание, 3 – узел механического крепления волоконно-оптического датчика

Структурная схема устройства приведена на рис. 2. 40. Световой поток проникает через прозрачную оболочку волоконно-оптического датчика 1, достигает стеклянной светопроводящей жилы и воздействует на фотоприемный узел 2. Уровень питающего напряжения контролируется на вторичной обмотке трансформатора ТР узлом слежения за напряжением 3. Обмотка исполнительного реле 6 включена последовательно с выходными ключами 4 и 5, что обеспечивает включение реле при одновременном срабатывании обоих узлов устройства. Электропитание изделия осуществляется от стабилизированного блока питания 7, обеспечивающего сохранение работоспособности устройства на время не менее 3 с после отключения питающей сети.

2.3.9. УСТРОЙСТВО (НАПРАВЛЕННОЙ / НЕНАПРАВЛЕННОЙ) ЗАЩИТЫ ПРИ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ 6-10 кВ



Рис.2.41. Устройство 33Н1

Реле 33Н1 (рис.2.41) предназначены для использования в схемах релейной защиты в сетях с малыми емкостными токами замыкания на землю и использованием кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности (ТТНП) типов ТЗЛ, ТЗЛМ, ТЗ и др.

Технические характеристики

1. Реле содержит один переключающий выходной контакт.
2. Номинальная частота переменного тока - 50 Гц.
3. Диапазон уставок тока срабатывания нулевой последовательности (первичный ток ТТНП):
 - (0,2-0,8)А - при подключении к зажимам 9,11;
 - (0,6-2,5)А - при подключении к зажимам 9,10.
4. Дискретность изменения тока срабатывания:
 - 0,04 А - на диапазоне (0,2-0,8) А;
 - 0,13 А - на диапазоне (0,6-2,5) А;
5. Количество дискретных уставок тока срабатывания на каждом диапазоне - 16.
6. Относительная погрешность тока срабатывания нулевой последовательности с ТТНП типа ТЗЛМ в рабочем диапазоне температур - $\pm 25\%$.
7. Напряжение срабатывания нулевой последовательности - $20 \text{ В} \pm 15\%$. $50 \text{ В} \pm 10\%$,
8. Начальный угол сдвига фаз зоны действия - $10 \dots 40^\circ$.
9. Номинальное напряжение питания (указывается при заказе) - постоянное или переменное значением 110 В, 220 В. Допустимое отклонение напряжения питания - $\pm 20\%$.
10. Время срабатывания реле при номинальном напряжении питания, напряжении $3U_0 = 30 \text{ В}$ и двукратном по отношению к уставке токе нулевой последовательности - не более 0,5 с.
11. Коэффициент возврата по току $3I_0$, напряжению $3U_0$ и фазе - не менее 0,95.

Конструкция реле

Реле изготовлено в прямоугольном пластмассовом корпусе ($70 \times 140 \times 136 \text{ мм}^3$), который состоит из основы и крышки. На верхней поверхности основы закреплены при помощи угольников плата реле А1 и плата уставок. Над платой уставок размещена панель с маркировкой и отверстиями для установки перемычек в гнезда при задании уставок. Крышка корпуса крепится к основанию двумя винтами, один из которых пломбируется мастикой. На верхней стенке крышки размещена прозрачная панель, позволяющая визуально определять расположение перемычек в гнездах платы уставок. Панель съемная, что позволяет изменять уставки без снятия крышки.

Принцип действия реле

Функциональная схема приведена на рис.2.42.

На схему совпадения СС приходят сигналы с трех каналов реле: напряжения $3U_o$ (выходной компаратор К1), тока $3I_o$ (выходной компаратор К2) и канала сдвига фаз между сигналами $3U_o$ и $3I_o$ (выходной компаратор КФ). Схема СС обрабатывает входные сигналы согласно логической функции "И". При поступлении на входы СС трех сигналов высокого уровня, схема совпадения через ключ Sw переключит выходное исполнительное реле Р. Если хотя бы один (любой) из входных сигналов будет иметь низкий уровень, переключения реле Р не произойдет.

Напряжение $3U_o$ поступает на разделительный трансформатор ТН, выходное напряжение которого подается на канал $3U_o$ (ВП2) и канал сдвига фаз (ФИ1).

Входной ток $3I_o$, в зависимости от схемы подключения, поступает на соответствующие выводы трансформатора тока ТТ. Вторичный ток ТТ поступает на формирователь уставок ФУ, где преобразуется в переменное напряжение и масштабируется пропорционально заданной уставке тока. Выходное напряжение ФУ усиливается усилителем УН и, далее, подается на фильтр Ф. Фильтр Ф обеспечивает подавление третьей гармоники не менее, чем в 10 раз. Выходное напряжение Ф параллельно поступает в канал тока (ВП3) и канал сдвига фаз (ФИ2).

Каналы напряжения и тока построены идентично. Переменные входные напряжения ВП2, ВП3 выпрямляются и преобразуются фильтрами ФНЧ1, ФНЧ2 в постоянные напряжения, пропорциональные сигналам $3U_o$ и $3I_o$ соответственно. Выходные напряжения ФНЧ1 и ФНЧ2 сравниваются компараторами К1, К2 с напряжением источника ИОН. В момент превышения выходными напряжениями ФНЧ1 и (или) ФНЧ2 напряжения ИОН компараторы К1 и (или) К2 срабатывают и подают на вход схемы совпадения СС сигнал высокого уровня.

Канал сдвига фаз состоит из формирователей импульсов (меандра) ФИ1, ФИ2 и компаратора фазы КФ. Формирователь ФИ1 формирует из переменного напряжения $3U_o$ два сдвинутых друг от друга на 180° меандра. Формирователь ФИ2 формирует один меандр. Меандры поступают на компаратор фазы КФ, который выдает на схему СС сигнал высокого уровня в случае, если сдвиг фаз между $3U_o$ и $3I_o$ составляет $(10...40 - 190...220)^\circ$.

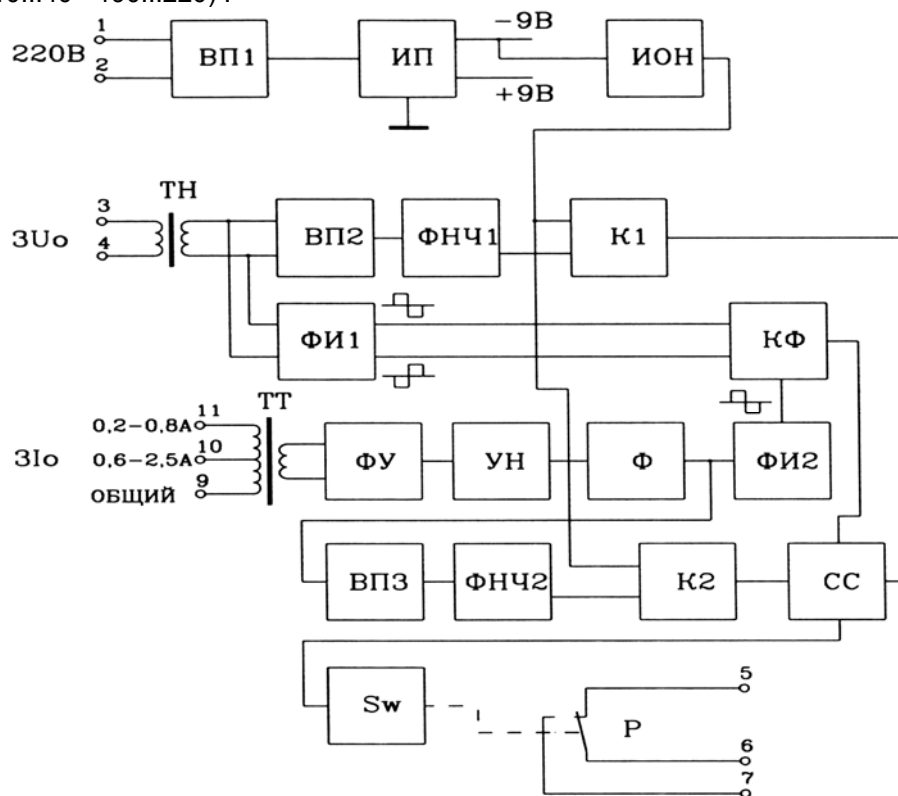


Рис.2. 42. Функциональная схема реле 3ЗН1.