



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0653.1

(22) 18.10.2022

(45) 02.02.2024, бюл. №5

(72) Машрапов Бауыржан Ерболович

(73) Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет»

(56) Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для студентов электротехнических и электромеханических специальностей транспортных и других вузов – К.: Транспорт Украины, 2004;

RU 2550084 C1, 10.05.2015;

RU 2228570 C1, 10.05.2004;

KZ 30165 A4, 15.07.2015.

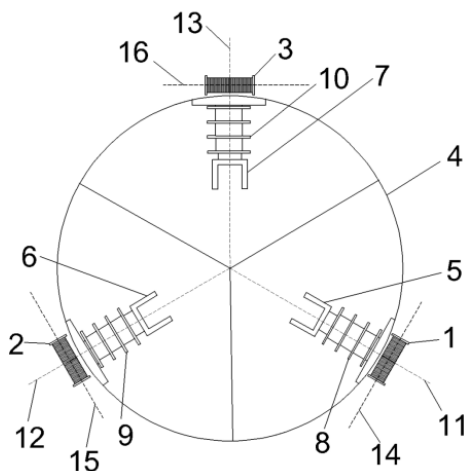
(54) **ТОКОВАЯ ЗАЩИТА КОМПЛЕКТНОГО ТОКОПРОВОДА ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ**

(57) Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты электроустановок от коротких замыканий.

Технический результат изобретения – повышение чувствительности к двухфазным коротким замыканиям и надежности защиты, а также расширение арсенала технических средств аналогичного назначения.

Токковая защита комплектного токопровода от коротких замыканий, содержащая три преобразователя тока, выполненные в виде катушек индуктивности, измерительный орган, реализованный на тринадцати усилителях и схемах сравнения, трех вычитателях и шести делителях, блок логики, состоящий из шести элементов И, элемента ИЛИ и реле времени, исполнительный орган, и блок тестовой диагностики, состоящий из источника переменного напряжения, промежуточного реле, четырех кнопок и восьми сигнальных ламп, при этом входы усилителей являются входами измерительного блока, а выходы схем сравнения – его выходами, входы элементов И являются входами блока логики, а выход реле времени – его выходом.

Экономический эффект – уменьшение затрат на реализацию защиты электроустановок с токопроводами за счет замены трансформаторов тока на катушки индуктивности, а также последствий от неправильных действий защиты за счет своевременного выявления повреждений ее элементов.



Фиг. 1.

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты электроустановок от коротких замыканий.

Известна токовая защита комплектного токопровода от коротких замыканий [Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения – М.: Высш. Шк., 2008. – С. 328-331], содержащая два преобразователя тока, измерительный блок с реагирующими реле, подключенный к измерительным преобразователям, блок логики, подключенный к измерительному блоку.

Известна токовая защита комплектного токопровода от коротких замыканий [Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для студентов электротехнических и электромеханических специальностей транспортных и других вузов – К.: Транспорт Украины, 2004. – с.: ил.], содержащая три преобразователя тока, измерительный блок, блок логики, подключенный к измерительному блоку, исполнительный орган, подключенный к блоку логики.

Недостатками этих устройств являются низкая чувствительность при двухфазных коротких замыканиях и надежность (возможны несрабатывания или ложные срабатывания из-за неисправностей элементов устройства защиты), а также получение информации от громоздких и металлоемких преобразователей тока – трансформаторов тока.

Технический результат изобретения – повышение чувствительности к двухфазным коротким замыканиям и надежности защиты, а также расширение арсенала технических средств аналогичного назначения.

Технический результат достигается за счет того, что в токовой защите комплектного токопровода от коротких замыканий, содержащей три преобразователя тока, измерительный блок, блок логики, выполненный в виде реле времени и подключенный к измерительному блоку, исполнительный орган, подключенный к выходу реле времени, дополнительно преобразователи тока выполнены в виде катушек индуктивности, каждая из которых установлена на оболочке токопровода напротив одной из фаз таким образом, что центр тяжести катушки индуктивности лежит на прямой, пересекающей продольные оси шины и оболочки токопровода под прямым углом, а продольная ось катушки индуктивности перпендикулярна этой прямой, измерительный блок выполнен в виде первого, второго, третьего, четвертого и пятого усилителей напряжения, входами подключенных к выводам первого преобразователя тока, шестого, седьмого, восьмого и девятого усилителей напряжения, входами подключенных к выводам второго преобразователя тока, десятого, одиннадцатого, двенадцатого и тринадцатого усилителей напряжения, входами подключенных к выводам третьего преобразователя тока, первого вычитателя, подключенного входами к третьему и седьмому усилителям напряжения, а выходом к

первому и второму делителям, второго вычитателя, подключенного входами к пятому и одиннадцатому усилителям напряжения, а выходом к третьему и четвертому делителям, третьего вычитателя, подключенного входами к девятому и тринадцатому усилителям напряжения, а выходом к пятому и шестому делителям, первой и второй схем сравнения, входами подключенных к выходу первого делителя, третьей и четвертой схем сравнения, входами подключенных к выходу второго делителя, пятой и шестой схем сравнения, входами подключенных к выходу третьего делителя, седьмой и восьмой схем сравнения, входами подключенных к выходу четвертого делителя, девятой и десятой схем сравнения, входами подключенных к выходу пятого делителя, одиннадцатой и двенадцатой схем сравнения, входами подключенных к выходу шестого делителя, тринадцатая схема сравнения подключена к выходу первого усилителя, блок логики выполнен в виде первого элемента И, подключенного к выходам первой и второй схем сравнения, второго элемента И, подключенного к выходам третьей и четвертой схем сравнения, третьего элемента И, подключенного к выходам пятой и шестой схем сравнения, четвертого элемента И, подключенного к выходам седьмой и восьмой схем сравнения, пятого элемента И, подключенного к выходам девятой и десятой схем сравнения, шестого элемента И, подключенного к выходам одиннадцатой и двенадцатой схем сравнения, элемента ИЛИ, подключенного к выходам первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого элементов И и тринадцатой схемы сравнения, а выходом к реле времени, причем первая, вторая, третья, четвертая, пятая, шестая и седьмая сигнальные лампы подключены к выходам первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого элементов И и выходу исполнительного органа, выводы первого, второго и третьего преобразователей тока подключены через контакты первой, второй и третьей кнопок к выходам источника переменного напряжения, обмотка промежуточного реле одним выводом подключена к плюсу источника оперативного тока через контакты четвертой кнопки, имеющей самоподхват, а другим выводом – к минусу, восьмая сигнальная лампа подключена к плюсу оперативного тока через нормально разомкнутые контакты промежуточного реле, выход исполнительного органа подключен в цепь отключения выключателя через нормально замкнутые контакты промежуточного реле.

На фиг.1 представлена секция комплектного токопровода и расположение на оболочке катушек индуктивности.

На фиг.2 представлена схема токовой защиты комплектного токопровода от коротких замыканий.

Токовая защита содержит катушки индуктивности 1, 2, 3, установленные, например с помощью конструкции, представленной в [KZ 34767 МПК Н02Н 3/38, опубл. 11.12.2020], на оболочке 4 токопровода напротив шин 5, 6, 7, прикрепленных к оболочке 4 с помощью изоляторов 8, 9, 10. Центры

тяжести катушек индуктивности 1, 2, 3 принадлежат прямым 11, 12, 13, а продольные оси 14, 15, 16 катушек индуктивности 1, 2, 3 перпендикулярны прямым 11, 12, 13, соответственно. При этом прямая 11 пересекает продольные оси оболочки 4 и шины 5 под прямым углом, прямая 12 пересекает продольные оси оболочки 4 и шины 6 под прямым углом, и прямая 13 пересекает продольные оси оболочки 4 и шины 7 под прямым углом. Усилители 17, 18, 19, 20, 21 напряжения входами подключены к выводам катушки индуктивности 1. Усилители 22, 23, 24, 25 напряжения входами подключены к выводам катушки индуктивности 2. Усилители 26, 27, 28, 29 напряжения входами подключены к выводам катушки индуктивности 3. Вычитатель 30 подключен входами к усилителям 19 и 23 напряжения, а выходом к делителям 31 и 32. Вычитатель 33 подключен входами к усилителям 21 и 27 напряжения, а выходом к делителям 34 и 35. Вычитатель 36 подключен входами к усилителям 25 и 29 напряжения, а выходом к делителям 37 и 38. Схемы 39, 40 сравнения входами подключены к выходу делителя 31. Схемы 41, 42 сравнения входами подключены к выходу делителя 32. Схемы 43, 44 сравнения входами подключены к выходу делителя 34. Схемы 45, 46 сравнения входами подключены к выходу делителя 35. Схемы 47, 48 сравнения входами подключены к выходу делителя 37. Схемы 49, 50 сравнения входами подключены к выходу делителя 38. Схема 51 сравнения входом подключена к выходу усилителя 17 напряжения. Элементы И 52, 53, 54, 55, 56, 57 подключены входами к выходам схем сравнения 39 и 40, 41 и 42, 43 и 44, 45 и 46, 47 и 48, 49 и 50, соответственно, а выходами к входам элемента ИЛИ 58, к другому входу которого подключен выход схемы сравнения 51. Реле времени 59 входом подключено к выходу элемента ИЛИ 58, а выходом к исполнительному органу 60. Сигнальные лампы 61, 62, 63, 64, 65, 66 и 67 подключены к выходам элементов И 52, 53, 54, 55, 56, 57 и выходу исполнительного органа 60. Выводы катушек индуктивности 1, 2, 3 подключены через контакты кнопок 68, 69, 70 к выходам источника 71 переменного напряжения. Обмотка 72 промежуточного реле подключена одним выводом к плюсу источника оперативного тока через контакты кнопки 73, имеющей самоподхват, а другим выводом – к минусу. Сигнальная лампа 74 подключена к плюсу оперативного тока через нормально разомкнутые контакты 75 промежуточного реле. Выход исполнительного органа 60 подключен в цепь отключения выключателя через нормально замкнутые контакты 76 промежуточного реле.

Устройство работает следующим образом. В режиме нагрузки в шинах 5, 6, 7 комплектного токопровода протекают токи, которые наводят ЭДС в катушках индуктивности 1, 2, 3, пропорциональную току в шине, вблизи которой установлена катушка индуктивности. Эта ЭДС с выводов катушек индуктивности 1, 2, 3 подается на входы усилителей 17-29. С выводов усилителей 19 и 23, 21 и 27, 25 и 29 сигналы поступают на входы

вычитателей 30, 33, 36, где вычисляется разность напряжений, наведенных на выводах катушек индуктивности 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3. Эта разность пропорциональна линейному току, который превышает фазный ток в 1,73 раза. С выводов вычитателей 30, 33, 36 сигнал подается на один их входов делителей 31 и 32, 34 и 35, 37 и 38, на другой вход которых поступает напряжение от усилителей 18 и 22, 20 и 26, 24 и 28, пропорциональное фазному току в шине токопровода. Следовательно, отношение двух этих величин равно 1,73. Сигнал пропорциональный этой величине с выходов делителей 31, 32, 34, 35, 37, 38 поступает на входы схем сравнения 39 и 40, 41 и 42, 43 и 44, 45 и 46, 47 и 48, 49 и 50, где сравнивается с первой $k_1=0,7$ и второй $k_2=1,3$ заданными величинами. Так как 1,73 больше, чем k_1 и k_2 , то схемы сравнения 39, 41, 43, 45, 47, 49 сигналы выдают, а схемы сравнения 40, 42, 44, 46, 48, 50 – нет. Поэтому на выходах элементов И 52-57 сигналы отсутствуют. Нет сигналов и на выходе схемы сравнения 51, так как напряжение на выходе усилителя 17 не превышает ее уставку срабатывания, отстроенную от максимального тока нагрузки токопровода. В результате элемент ИЛИ 58 сигнала не выдает, и защита не срабатывает.

При трехфазных коротких замыканиях в комплектном токопроводе токи в шинах 5, 6, 7 имеют большие величины, чем в режиме нагрузки, но такой же угол сдвига фазы между собой. Поэтому элементы И 52-57 сигналов не выдают, а схема сравнения 51 выдает, так как напряжение на выходе усилителя 17 превышает уставку ее срабатывания. Элемент ИЛИ 58 запускает реле времени 59, которое через выдержку времени срабатывает и подает сигнал на вход исполнительного органа 60. Последний срабатывает и через нормально замкнутые контакты 76 промежуточного реле выдает сигнал в цепь отключения выключателя электроустановки.

При двухфазных коротких замыканиях в комплектном токопроводе, например, между шинами 5 и 6, закрепленными на изоляторах 8, 9, токи в поврежденных шинах протекают, причем большие, чем в режиме нагрузки, а в неповрежденной отсутствуют (по классике). Поэтому на выходах катушек 1 и 2 индуктивности и, соответственно, усилителей 17-25 напряжение есть, а на выходе катушки индуктивности 3 и, соответственно, усилителей 29-29 напряжения нет. При этом в тех случаях, когда напряжение на выходе усилителя 17 достаточно для срабатывания схемы сравнения 51, то она выдает сигнал на вход элемента ИЛИ 58. На другие входы элемента ИЛИ 58 поступают сигналы от элементов И 54, 56, так как разность напряжений на выходе вычитателей 33 и 36 равна напряжению на выходе усилителей 20 и 24. В результате отношение величин в делителях 34 и 37 равно единице, что больше $k_1=0,7$ и меньше $k_2=1,3$, и схемы сравнения 43, 44 и 47, 48 выдают сигналы. Элемент ИЛИ 58 запускает реле времени 59, которое через выдержку времени подает сигнал на вход исполнительного органа. Последний выдает

сигнал в цепь отключения выключателя электроустановки. Если токи в шине 5 недостаточны для срабатывания схемы сравнения 51, то сигнал на отключение выключателя электроустановки формируется по срабатыванию схем 43, 44 и 47, 48.

Для выявления неисправностей в защиту встроена тестовая диагностика. Нажимается кнопка 73, и на обмотку 72 промежуточного реле подается питание. При исправности этого реле замыкаются контакты 75, о чем свидетельствует загорание сигнальной лампы 74, и размыкаются контакты 76, блокируя выдачу защитой сигнала в цепь отключения выключателя электроустановки. Так как промежуточное реле исправно, то поочередно нажимаются кнопки 68, 69, 70. Например, вначале нажимается кнопка 68. На усилители 17-21 подается напряжение от источника 71 питания, соизмеримое с напряжением на выводах катушки индуктивности 1 при коротком замыкании в электроустановке. На остальные усилители напряжение такой величины не подается, так как кнопки 69 и 70 не нажаты. Поэтому при исправности всех элементов схемы на выходе элементов И 52, 54 появляются сигналы, срабатывает исполнительный орган 60, и лампы 61, 63, 67 загораются. Кнопка 68 отпускается. Напряжение с выводов катушки индуктивности 1 снимается. Далее нажимается следующая кнопка и т.д. После проверки устройства кнопка 73 нажимается еще раз, чтобы снять напряжение с обмотки 72. При неисправности, например вычитателя 30 лампы 61 и 62 загораться не будут. Аналогично при неисправности других элементов.

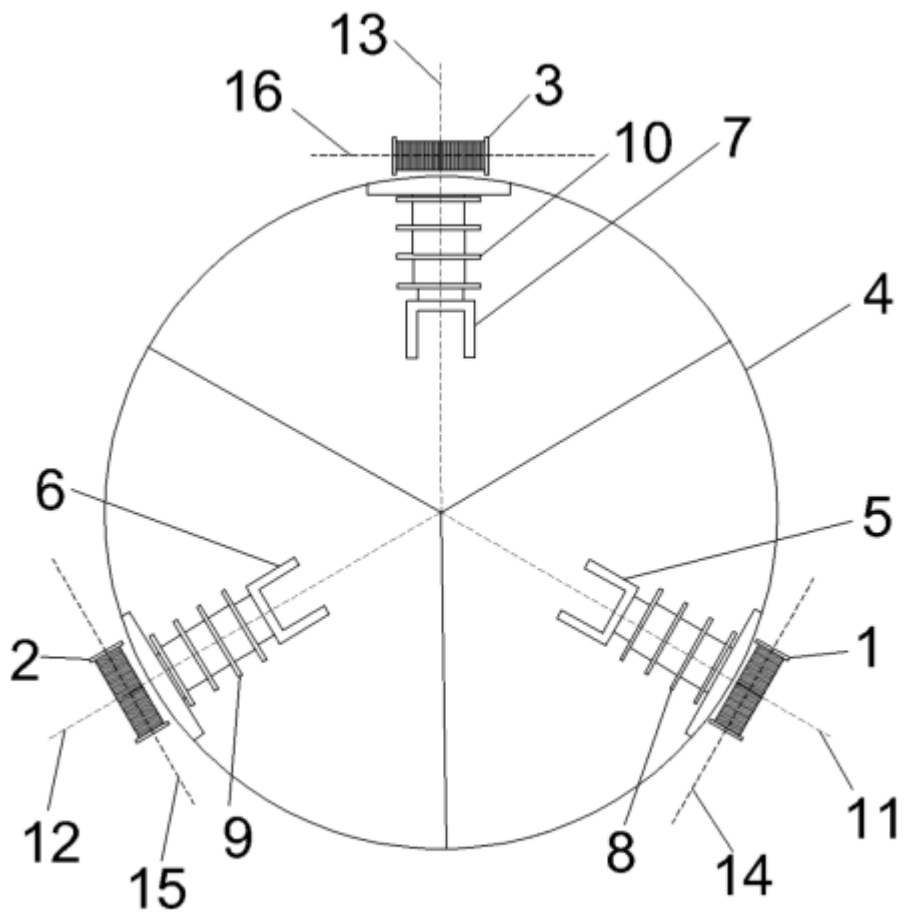
Экономический эффект – уменьшение затрат на реализацию защиты электроустановок с токопроводами за счет замены трансформаторов тока на катушки индуктивности, а также последствий от неправильных действий защиты за счет своевременного выявления повреждений ее элементов.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP13268753).

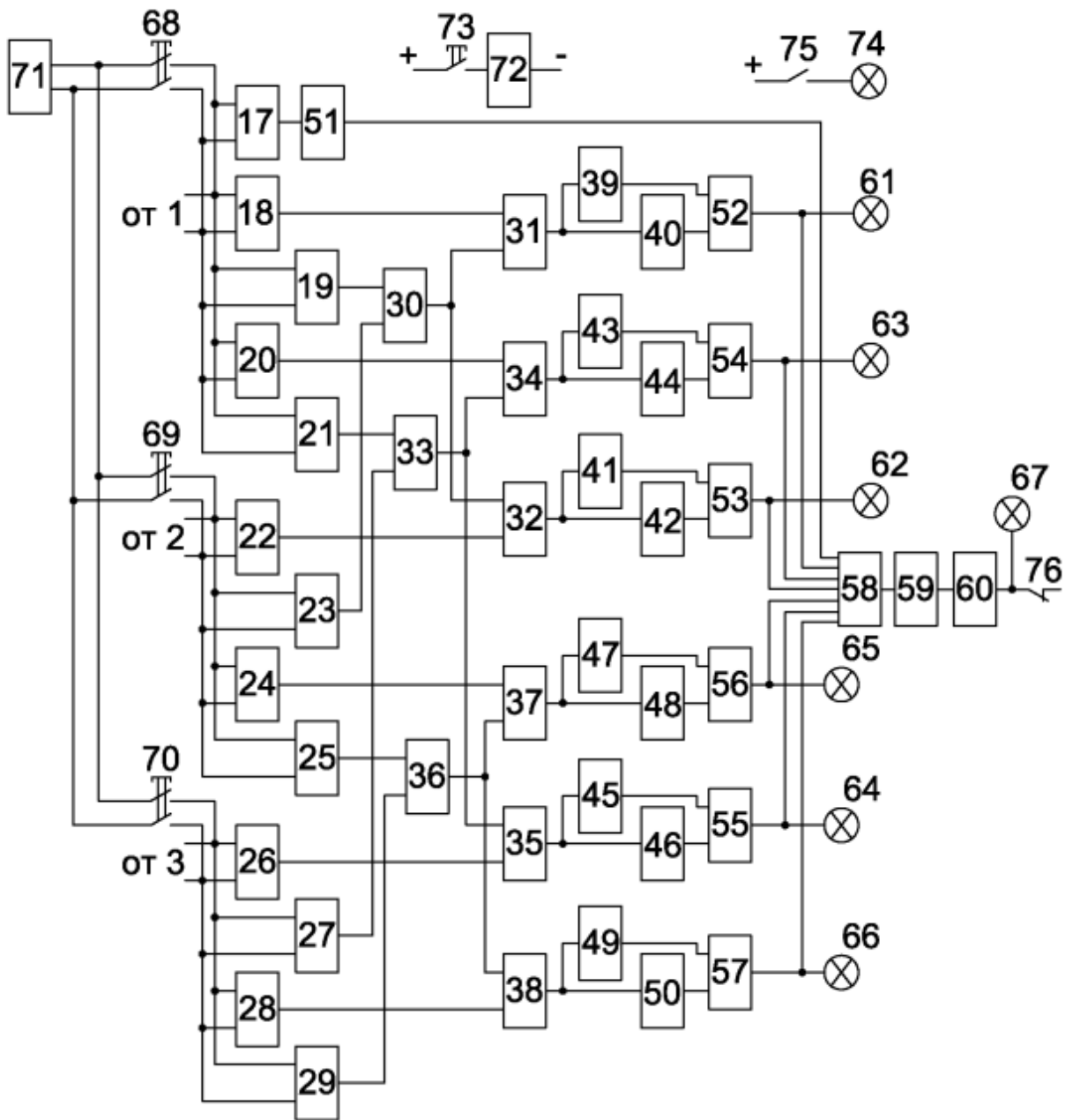
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Токовая защита комплектного токопровода от коротких замыканий, содержащая три преобразователя тока, измерительный блок, блок логики, выполненный в виде реле времени и подключенный к измерительному блоку, исполнительный орган, подключенный к выходу реле времени, *отличающаяся* тем, что преобразователи тока выполнены в виде катушек индуктивности, каждая из которых установлена на оболочке токопровода напротив одной из фаз таким образом, что центр тяжести катушки индуктивности лежит на прямой, пересекающей продольные оси шины и оболочки токопровода под прямым углом, а продольная ось катушки индуктивности перпендикулярна этой прямой, измерительный блок выполнен в виде первого, второго, третьего, четвертого и пятого усилителей напряжения,

входами подключенных к выводам первого преобразователя тока, шестого, седьмого, восьмого и девятого усилителей напряжения, входами подключенных к выводам второго преобразователя тока, десятого, одиннадцатого, двенадцатого и тринадцатого усилителей напряжения, входами подключенных к выводам третьего преобразователя тока, первого вычитателя, подключенного входами к третьему и седьмому усилителям напряжения, а выходом к первому и второму делителям, второго вычитателя, подключенного входами к пятому и одиннадцатому усилителям напряжения, а выходом к третьему и четвертому делителям, третьего вычитателя, подключенного входами к девятому и тринадцатому усилителям напряжения, а выходом к пятому и шестому делителям, первой и второй схем сравнения, входами подключенных к выходу первого делителя, третьей и четвертой схем сравнения, входами подключенных к выходу второго делителя, пятой и шестой схем сравнения, входами подключенных к выходу третьего делителя, седьмой и восьмой схем сравнения, входами подключенных к выходу четвертого делителя, девятой и десятой схем сравнения, входами подключенных к выходу пятого делителя, одиннадцатой и двенадцатой схем сравнения, входами подключенных к выходу шестого делителя, тринадцатая схема сравнения подключена к выходу первого усилителя, блок логики выполнен в виде первого элемента И, подключенного к выходам первой и второй схем сравнения, второго элемента И, подключенного к выходам третьей и четвертой схем сравнения, третьего элемента И, подключенного к выходам пятой и шестой схем сравнения, четвертого элемента И, подключенного к выходам седьмой и восьмой схем сравнения, пятого элемента И, подключенного к выходам девятой и десятой схем сравнения, шестого элемента И, подключенного к выходам одиннадцатой и двенадцатой схем сравнения, элемента ИЛИ, подключенного к выходам первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого элементов И и тринадцатой схемы сравнения, а выходом к реле времени, причем первая, вторая, третья, четвертая, пятая, шестая и седьмая сигнальные лампы подключены к выходам первого, второго, третьего, четвертого, пятого, шестого элементов И и выходу исполнительного органа, выводы первого, второго и третьего преобразователей тока подключены через контакты первой, второй и третьей кнопок к выходам источника переменного напряжения, обмотка промежуточного реле одним выводом подключена к плюсу источника оперативного тока через контакты четвертой кнопки, имеющей самоподхват, а другим выводом – к минусу, восьмая сигнальная лампа подключена к плюсу оперативного тока через нормально разомкнутые контакты промежуточного реле, выход исполнительного органа подключен в цепь отключения выключателя через нормально замкнутые контакты промежуточного реле.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Верстка Д. Женьсова
 Корректор Г. Косанова