



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) **KZ** (13) **B** (11) **35543**
(51) *H02H 7/045* (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2021/0016.1

(22) 12.01.2021

(45) 15.04.2022, бюл. №15

(72) Клецель Марк Яковлевич; Барукин Александр Сергеевич; Леньков Юрий Аркадьевич

(73) Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет»

(56) KZ 19001 A, 18.12.2007;

KZ 22206 A4, 15.01.2010;

KZ 34592 B, 27.11.2020;

KZ 29769 A4, 15.04.2015.

(54) **УСТРОЙСТВО
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
ТРАНСФОРМАТОРА
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**ДЛЯ
ЗАЩИТЫ**

(57) Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к устройствам для защиты силовых трансформаторов преобразовательных установок, и может быть использовано в установках, трансформаторы которых имеют значительный бросок тока намагничивания.

Технический результат изобретения – контроль исправности токовых цепей защиты и схемы, его осуществляющей.

Устройство для дифференциальной защиты трансформатора преобразовательной установки содержит три геркона с нормально-разомкнутыми контактами и управляющими обмотками, три трансформатора тока, три трансреактора, три блока отстройки от влияния РПН, три блока контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания, два нуль-индикатора, три реле тока, три фазоповоротные схемы, три ограничителя напряжения, три элемента И, два элемента ИЛИ, три элемента ПАМЯТЬ, три элемента ВРЕМЯ, исполнительный орган.

Экономический эффект заключается в уменьшении средств для проведения ремонтов трансформатора преобразовательной установки за счет выявления повреждений токовых цепей его защиты на ранней стадии.

(19) KZ (13) B (11) 35543

Изобретение относится к электроэнергетике, а именно к устройствам для защиты силовых трансформаторов преобразовательных установок, и может быть использовано в установках, трансформаторы которых имеют значительный бросок тока намагничивания.

Известно устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки [KZ № 22206, Н02Н 7/10, опубл. 15.01.2010], содержащее исполнительный орган, первый, второй, третий герконы с размыкающими контактами и управляющими обмотками, закрепленные в магнитном поле токопроводов переменного тока, соответственно, фаз А, В, С со стороны высшего напряжения трансформатора установки, первый, второй, третий герконы с замыкающими контактами без управляющих обмоток, закрепленные точно также, как и герконы с размыкающими контактами, блок измерения, закрепленный в магнитном поле токопровода постоянного тока установки, к выходам которого подключены выводы управляющих обмоток герконов с размыкающими контактами, регулировочный резистор, первый, второй, третий блоки отстройки от броска тока намагничивания, каждый из которых выполнен в виде трех элементов ВРЕМЯ, элемента И, элемента НЕ и элемента ПАМЯТЬ, причем к первым входам этих блоков подключены замыкающие контакты первого, второго, третьего герконов без управляющих обмоток, а ко вторым входам – размыкающие контакты первого, второго, третьего герконов с управляющими обмотками.

Недостатком этого устройства является необходимость отстройки от небаланса, вызванного влиянием регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) силового трансформатора установки, что ограничивает её чувствительность.

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для дифференциальной защиты трансформатора [KZ № 19001, Н02Н 7/045, опубл. 18.12.2007], лишенное указанного недостатка, содержащее для каждой фазы геркон с нормально-разомкнутыми контактами и управляющей обмоткой, закрепленный в магнитном поле токопровода фазы со стороны низшего напряжения трансформатора, трансформатор тока, установленный со стороны его высшего напряжения, блок отстройки от влияния РПН, блок отстройки от броска тока намагничивания, элемент ПАМЯТЬ, элемент И с двумя входами, один из которых инверсный, а также общие для всех фаз элемент ИЛИ и исполнительный орган.

Недостатком данной защиты является отсутствие контроля исправности токовых цепей, повреждения которых могут приводить к отказам в её срабатывании.

Технический результат изобретения – контроль исправности токовых цепей защиты и схемы, его осуществляющей.

Технический результат достигается тем, что в устройство для дифференциальной защиты трансформатора преобразовательной установки, содержащее первый, второй и третий герконы с

нормально-разомкнутыми контактами и управляющими обмотками, закрепленные в магнитном поле токопроводов фаз А, В и С, соответственно, со стороны низшего напряжения трансформатора, первый, второй и третий трансформаторы тока, установленные в фазах А, В и С со стороны его высшего напряжения, первый, второй и третий блоки отстройки от влияния РПН, выходами подключенные к выводам обмоток первого, второго и третьего герконов, первый, второй и третий блоки контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания, выходами подключенные к инверсным входам первого, второго и третьего элементов И, выходы которых подключены к входам первого элемента ИЛИ, первый, второй и третий элементы ПАМЯТЬ, входами записи подключенные к контактам первого, второго и третьего герконов, а выходами – к прямым входам первого, второго и третьего элементов И, исполнительный орган, входом подключенный к выходу первого элемента ИЛИ, а выходом – в цепь отключения выключателя установки, дополнительно введены первый, второй и третий трансреакторы, первый и второй нуль-индикаторы, первое, второе и третье реле тока, первый, второй и третий ограничители напряжения, первая, вторая и третья фазоповоротные схемы, первый, второй и третий элементы ВРЕМЯ, второй элемент ИЛИ, причем первичные обмотки первого, второго и третьего трансреакторов подключены ко вторичным обмоткам первого, второго и третьего трансформаторов тока, а первые выводы первых вторичных обмоток – к первым выводам обмоток первого, второго и третьего реле тока, вторые выводы которых подключены к первым входам первого, второго и третьего блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и к первым входам первого, второго и третьего ограничителей напряжения, выходами подключенных к входам первой, второй и третьей фазоповоротных схем; выходы последних подключены к входам первого, второго и третьего блоков отстройки от влияния РПН; вторые выводы первых вторичных обмоток первого, второго и третьего трансреакторов подключены ко вторым входам первого, второго и третьего блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и ко вторым входам первого, второго и третьего ограничителей напряжения; вторые вторичные обмотки первого и второго трансреакторов подключены к входам первого нуль-индикатора, выходом подключенного к первому входу второго элемента ИЛИ, выход которого подключен к цепи сигнализации; третья вторичная обмотка второго трансреактора и вторая вторичная обмотка третьего трансреактора подключены к входам второго нуль-индикатора, выходом подключенного ко второму входу второго элемента ИЛИ, к третьему, четвертому и пятому входам которого подключены размыкающие контакты первого, второго и третьего реле тока, соответственно; входы первого, второго и третьего

элементов ВРЕМЯ подключены к выходам первого, второго и третьего элементов ПАМЯТЬ, а выходы – к их входам сброса.

На фиг.1 представлена функциональная схема устройства.

На фиг.2 представлена схема блока отстройки от влияния РПН.

Устройство для дифференциальной защиты трансформатора преобразовательной установки содержит первый 1 (фиг.1), второй 2 и третий 3 герконы с нормально-разомкнутыми контактами и управляющими обмотками, закрепленные в магнитном поле токопроводов фаз А, В и С, соответственно, со стороны низшего напряжения трансформатора 4 установки (состоящей также из выпрямителя 5 с подключенной нагрузкой 6), первый 7, второй 8 и третий 9 трансформаторы тока, установленные в фазах А, В и С со стороны его высшего напряжения, первый 10, второй 11 и третий 12 блоки отстройки от влияния РПН, выходами подключенные к выводам обмоток первого 1, второго 2 и третьего 3 герконов, первый 13, второй 14 и третий 15 блоки контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания, выходами подключенные к инверсным входам первого 16, второго 17 и третьего 18 элементов И, выходы которых подключены к входам первого элемента 19 ИЛИ, первый 20, второй 21 и третий 22 элементы ПАМЯТЬ, входами записи подключенные к контактам первого 1, второго 2 и третьего 3 герконов, а выходами – к прямым входам первого 16, второго 17 и третьего 18 элементов И, исполнительный орган 23, входом подключенный к выходу первого элемента 19 ИЛИ, а выходом – в цепь отключения выключателя установки (на фиг.1 не показано). Первичные обмотки первого 24, второго 25 и третьего 26 трансреакторов подключены ко вторичным обмоткам первого 7, второго 8 и третьего 9 трансформаторов тока, а первые выводы первых вторичных обмоток – к первым выводам обмоток первого 27, второго 28 и третьего 29 реле тока, вторые выводы которых подключены к первым входам первого 13, второго 14 и третьего 15 блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и к первым входам первого 30, второго 31 и третьего 32 ограничителей напряжения, выходами подключенных к входам первой 33, второй 34 и третьей 35 фазоповоротных схем. Выходы последних подключены к входам первого 10, второго 11 и третьего 12 блоков отстройки от влияния РПН. Вторые выводы первых вторичных обмоток первого 24, второго 25 и третьего 26 трансреакторов подключены ко вторым входам первого 13, второго 14 и третьего 15 блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и ко вторым входам первого 30, второго 31 и третьего 32 ограничителей напряжения. Вторые вторичные обмотки первого 24 и второго 25 трансреакторов подключены к входам первого нуля-индикатора 36, выходом подключенного к первому входу второго элемента 37 ИЛИ, выход которого подключен к цепи

сигнализации (на фиг.1 не показано). Третья вторичная обмотка второго трансреактора 25 и вторая вторичная обмотка третьего трансреактора 26 подключены к входам второго нуля-индикатора 38, выходом подключенного ко второму входу второго элемента ИЛИ 37, к третьему, четвертому и пятому входам которого подключены размыкающие контакты первого 27, второго 28 и третьего 29 реле тока, соответственно. Входы первого 39, второго 40 и третьего 41 элементов ВРЕМЯ подключены к выходам первого 20, второго 21 и третьего 22 элементов ПАМЯТЬ, а выходы – к их входам сброса.

Каждый из блоков 10-12 отстройки от влияния РПН содержит (фиг.2): резисторы 42-45; реле 46-49; элементы 50-53 НЕ; триггеры 54-61 с элементом И на входе; элементы 62-69 И. Количество элементов в блоках 10-12 зависит от количества ступеней регулирования. На фиг.2. для примера изображена схема блока 10 для трансформатора 4, имеющего ± 2 ответвления устройства РПН.

Устройство работает следующим образом. Индукция B_T магнитного потока (МП), созданного током в токопроводе фазы А со стороны низшего напряжения трансформатора 4, действует непосредственно на контакты геркона 1. Его управляющая обмотка через блок 10, фазоповоротную схему 33 и ограничитель 30 напряжения подключена к вторичной обмотке трансреактора 24, первичная обмотка которого подключена к вторичной обмотке трансформатора тока 7, установленного со стороны высшего напряжения трансформатора 4. Таким образом, ток I_y (пропорциональный току фазы со стороны высшего напряжения) проходит через блок 10 в обмотку геркона 1, создавая МП, индукция B_y которого также действует на его контакты. Аналогичным образом индукции B_T и B_y действуют на контакты герконов 2 и 3.

Параметры обмоток герконов 1-3, их положение в пространстве, параметры блоков 10-12 и трансреакторов 24-26, а также коэффициент трансформации трансформаторов тока 7-9 подобраны так, что в режиме нагрузки защищаемого трансформатора 4 и при внешних коротких замыканиях (КЗ) выполняются условия $B_{cp} \geq B_{нб.1} = k_{отс} (B_y^{нагр} - B_T^{нагр})$ и $B_{cp} \geq B_{нб.2} = k_{отс} (B_y^{внеш.КЗ} - B_T^{внеш.КЗ})$, где $k_{отс} = 1,5$ – коэффициент отстройки; B_{cp} – индукция МП, под действием которой срабатывает геркон. Следовательно, герконы 1-3 не срабатывают, и защита не работает.

При включении трансформатора 4 под напряжение или при восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ происходит бросок тока намагничивания (БТН). Если это апериодический БТН, то герконы 1-3 срабатывают, так как в токопроводах фаз со стороны низшего напряжения трансформатора 4 нет тока ($B_T^{БТН} = 0$) и через обмотки на герконы действует только индукция $B_y^{БТН} > B_{cp}$. Сигналы с контактов герконов 1-3 через элементы 20-22 ПАМЯТЬ подаются на прямые входы элементов 16-18 И (также запускаются элементы 39-

41 ВРЕМЯ). К инверсным входам элементов 16-18 И подключены блоки 13-15 контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания, на выходах которых присутствуют сигналы. Поэтому на выходах элементов 16-18 И сигналов нет, и защита не работает. Через время $t=0.1$ с сигналы с выходов элементов 39-41 ВРЕМЯ поступают на входы сброса элементов 20-22 ПАМЯТЬ. При периодическом БТН герконы 1-3 не срабатывают, так как помимо упомянутой выше отстройки от индукций $B_{нб.1}$ и $B_{нб.2}$, индукция их срабатывания $V_{ср}$ по аналогии с традиционными защитами подобрана так, что выполняется условие $V_{ср} \geq 1.3 V_{у,ном}$, где $V_{у,ном}$ – индукция МП, созданного током $I_{у,ном}$ в обмотке геркона, пропорциональным номинальному току фазы со стороны высшего напряжения трансформатора 4. Следовательно, на прямые входы элементов 16-18 И сигналы не поступают и защита не работает.

В режиме внутреннего КЗ в трансформаторе 4 герконы 1-3 под действием индукций $B_{у}^{внутр.КЗ}$ МП, созданных токами $I_{у}^{внутр.КЗ}$ в их обмотке, срабатывают и через элементы 20-22 ПАМЯТЬ подают сигналы на прямые входы элементов 16-18 И (также запускаются элементы 39-41 ВРЕМЯ). Блоки 13-15 распознают ток КЗ и на их выходах сигналы отсутствуют. Таким образом, на выходах элементов 16-18 И появляются сигналы, который через элемент 19 ИЛИ запускают исполнительный орган 23. Защита срабатывает, и выключатель отключает трансформатор 4. Через время $t = 0,1$ с сигналы с выходов элементов 39-41 ВРЕМЯ поступают на входы сброса элементов 20-22 ПАМЯТЬ.

При регулировании напряжения под нагрузкой в блоке 10 отстройки от РПН от контактов реле (на фиг.2 не показаны) устройства РПН шунтируется (при уменьшении) или вводится (при увеличении напряжения) дополнительное сопротивление. Его номинал должен быть таким, чтобы соблюдалось равенство $V_T = V_y$. В этом случае защита не реагирует на изменение положения ответвления устройства РПН.

Рассмотрим работу блока 10 (блоки 11 и 12 работают точно также). Допустим трансформатор 4 работает с РПН, находящимся на -2 ответвлении. При падении напряжения в сети необходимо поднять его, переключив устройство РПН на одну ступень выше, а следовательно, уменьшить ток I_y в обмотке геркона 1. При переключении устройства РПН на -1 ответвление работает устройство автоматики, конечным реле которого является реле «прибавить». К одной из контактных групп этого реле подсоединяются входы элемента 50 НЕ и триггера 54. При замыкании контактов реле «прибавить» срабатывают триггер 54 и реле 46, и со вторичной обмотки трансреактора 24 ток подается в обмотку геркона 1 через резистор 42. После отпускания контактов реле «прибавить» через элемент 50 НЕ срабатывает триггер 55, подготавливая схему к ожиданию следующего сигнала от этого же реле или от реле «убавить».

При возрастании напряжения в сети необходимо убавить его, переключив устройство РПН на одну ступень ниже, а следовательно, увеличить ток I_y в обмотке геркона 1. При замыкании контактов реле «убавить» появляется сигнал на выходе элемента 62 И, который сбросит триггер 54. Реле 46 вернется в исходное положение, тем самым шунтируя своими контактами резистор 42, и ток со вторичной обмотки трансреактора 24 в обмотку геркона 1 будет подаваться через его контакты. После того, как триггер 54 сбросится, сигнал с его инверсного выхода поступит на вход элемента 66 И. Последний сработает и сигналом со своего выхода сбросит триггер 55, подготавливая схему к ожиданию следующего сигнала от реле «прибавить» или «убавить». При наличии на трансформаторе 4 устройства РПН с большим числом ступеней регулирования, в схему подключаются дополнительные каскады элементов в разрыв соединений, показанных на фиг.2 пунктиром, причем общее количество каскадов должно быть равно количеству ответвлений РПН.

В случае исправности всех токовых цепей в схеме нуль-индикаторы 36 и 38 не срабатывают, так как для каждого из них выполняется условие $|U_1| - |U_2| < U_{ср.ни}$, где $|U_1|$ и $|U_2|$ – абсолютные значения напряжений, подаваемых на входы нуль-индикатора с выводов вторичных обмоток трансреакторов; $U_{ср.ни}$ – напряжение срабатывания нуль-индикатора. При этом ток, протекающий через обмотки реле 27-29, достаточен для их срабатывания, в результате чего с размыкающих контактов этих реле на входы элемента 37 ИЛИ сигналы не поступают. При возникновении какой-либо неисправности в цепи, соединяющей вторичную обмотку трансформатора тока 7 с первичной обмоткой трансреактора 24, например, при КЗ, нарушится равенство напряжений U_1 и U_2 , подаваемых на входы нуль-индикатора 36 со вторичных обмоток трансреакторов 24 и 25. При этом выполняется условие $|U_1| - |U_2| \geq U_{ср.ни}$, нуль-индикатор 36 срабатывает и подает сигнал на первый вход элемента 37 ИЛИ, с выхода которого сигнал поступает в цепь сигнализации. При неисправностях в цепях, соединяющих вторичные обмотки трансформаторов тока 8 и 9 с первичными обмотками трансреакторов 25 и 26, устройство работает аналогично. При возникновении неисправности в цепи, соединяющей первую вторичную обмотку трансреактора 24 с обмоткой геркона 1, например, при обрыве, обмотка реле 27 перестает обтекаться током, его размыкающий контакт возвращается в исходное положение и подает сигнал на третий вход элемента 37 ИЛИ, с выхода которого сигнал поступает в цепь сигнализации. При неисправностях в цепях, соединяющих первые вторичные обмотки трансреакторов 25 и 26 с обмотками герконов 2 и 3, устройство работает аналогично. Сигналы, поступающие с выходов элемента 37 ИЛИ в цепь сигнализации, позволяют обслуживающему персоналу оперативно устранять возникающие неисправности, что ведет к значительному

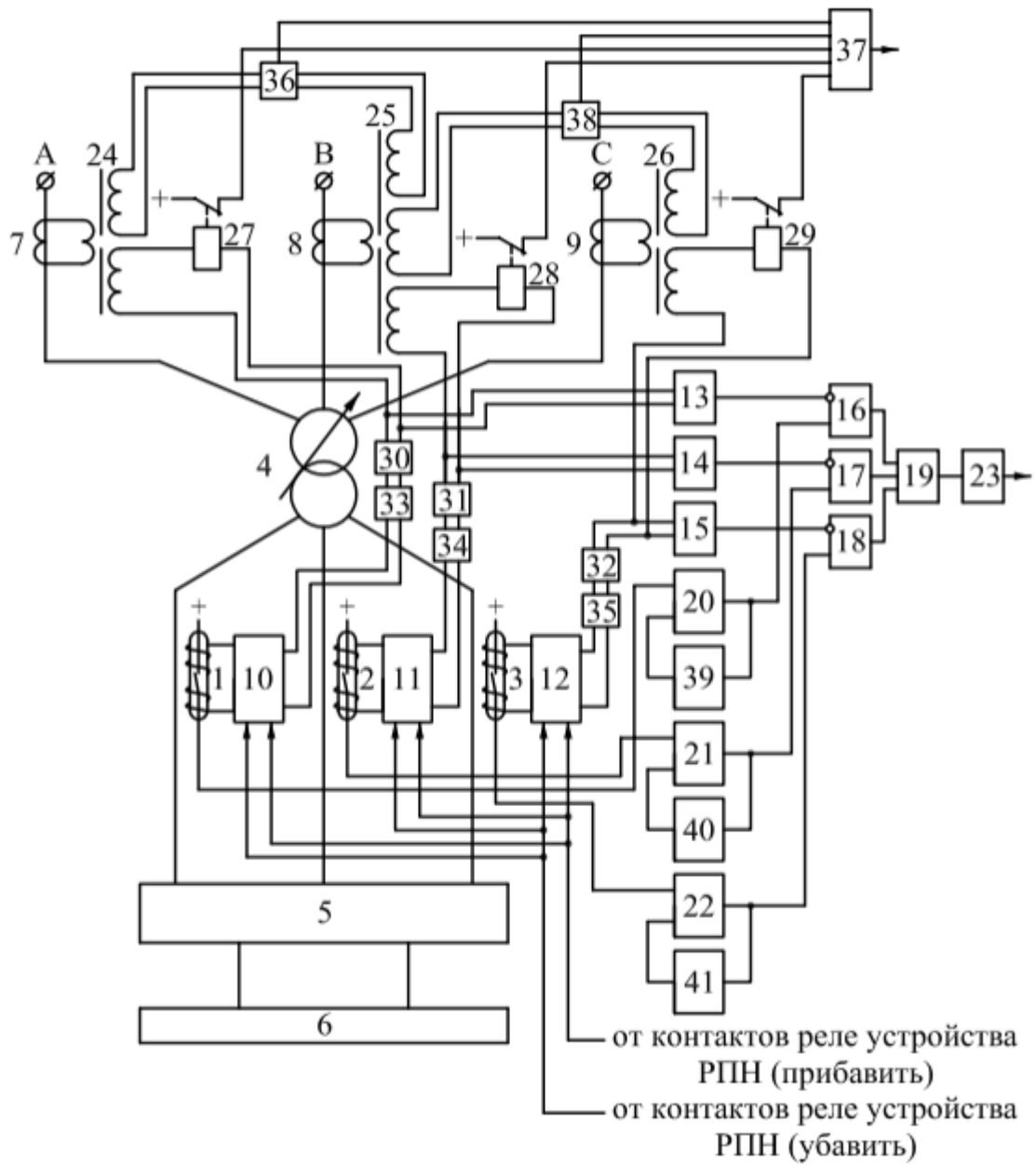
сокращению возможных отказов защиты в срабатывании.

Таким образом, защита срабатывает при внутренних коротких замыканиях и не работает при бросках тока намагничивания, в режиме нагрузки и при внешних коротких замыканиях, а также не реагирует на изменение положения ответвления устройства РПН. Экономический эффект заключается в уменьшении средств для проведения ремонтов трансформатора преобразовательной установки за счет выявления поврежденных токовых цепей его защиты на ранней стадии.

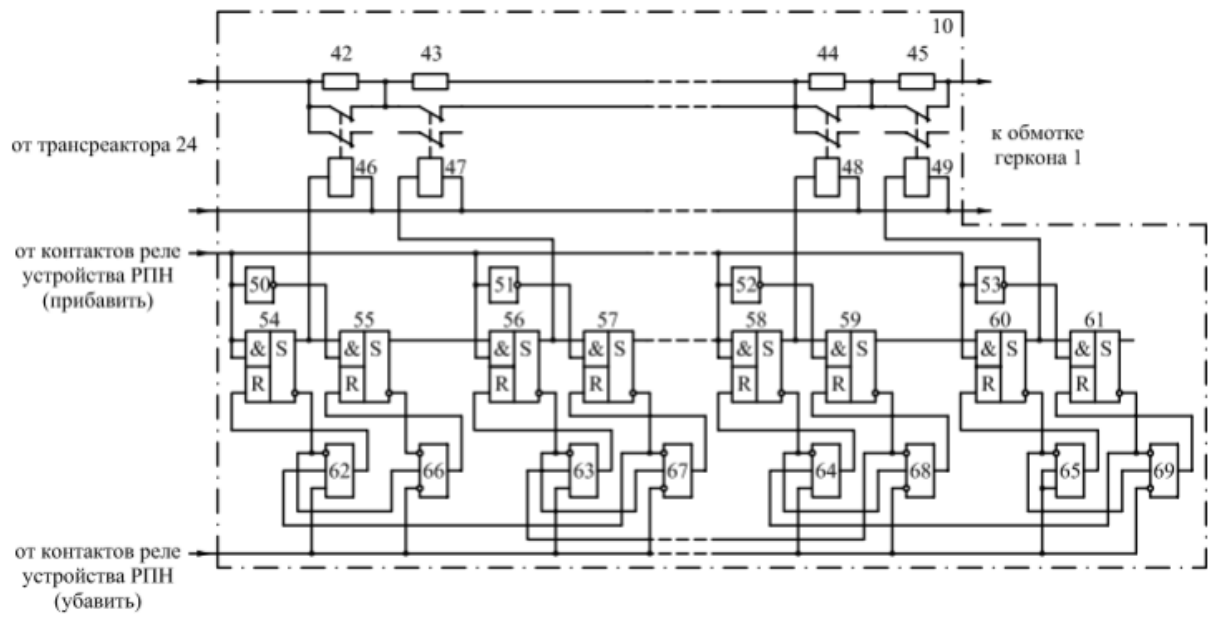
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для дифференциальной защиты трансформатора преобразовательной установки, содержащее первый, второй и третий герконы с нормально-разомкнутыми контактами и управляющими обмотками, закрепленные в магнитном поле токопроводов фаз А, В и С, соответственно, со стороны низшего напряжения трансформатора, первый, второй и третий трансформаторы тока, установленные в фазах А, В и С со стороны его высшего напряжения, первый, второй и третий блоки отстройки от влияния РПН, выходами подключенные к выводам обмоток первого, второго и третьего герконов, первый, второй и третий блоки контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания, выходами подключенные к инверсным входам первого, второго и третьего элементов И, выходы которых подключены к входам первого элемента ИЛИ, первый, второй и третий элементы ПАМЯТЬ, входами записи подключенные к контактам первого, второго и третьего герконов, а выходами – к прямым входам первого, второго и третьего элементов И, исполнительный орган, входом подключенный к выходу первого элемента ИЛИ, а выходом – в цепь отключения выключателя установки, *отличающееся* тем, что введены первый, второй и третий трансреакторы, первый и второй нуль-

индикаторы, первое, второе и третье реле тока, первый, второй и третий ограничители напряжения, первая, вторая и третья фазоповоротные схемы, первый, второй и третий элементы ВРЕМЯ, второй элемент ИЛИ, причем первичные обмотки первого, второго и третьего трансреакторов подключены ко вторичным обмоткам первого, второго и третьего трансформаторов тока, а первые выходы первых вторичных обмоток – к первым выводам обмоток первого, второго и третьего реле тока, вторые выходы которых подключены к первым входам первого, второго и третьего блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и к первым входам первого, второго и третьего ограничителей напряжения, выходами подключенных к входам первой, второй и третьей фазоповоротных схем; выходы последних подключены к входам первого, второго и третьего блоков отстройки от влияния РПН; вторые выходы первых вторичных обмоток первого, второго и третьего трансреакторов подключены ко вторым входам первого, второго и третьего блоков контроля наличия апериодической слагающей в броске тока намагничивания и ко вторым входам первого, второго и третьего ограничителей напряжения; вторые вторичные обмотки первого и второго трансреакторов подключены к входам первого нуль-индикатора, выходом подключенного к первому входу второго элемента ИЛИ, выход которого подключен к цепи сигнализации; третья вторичная обмотка второго трансреактора и вторая вторичная обмотка третьего трансреактора подключены к входам второго нуль-индикатора, выходом подключенного ко второму входу второго элемента ИЛИ, к третьему, четвертому и пятому входам которого подключены размыкающие контакты первого, второго и третьего реле тока, соответственно; входы первого, второго и третьего элементов ВРЕМЯ подключены к выходам первого, второго и третьего элементов ПАМЯТЬ, а выходы – к их входам сброса.



Фиг. 1



Фиг. 2