



# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2020/0889.1

(22) 24.12.2020

(45) 20.05.2022, бюл. №20

(72) Исабеков Даурен Джамбулович; Темиртаев Ильяс Аскарлович

(73) Некоммерческое акционерное общество «Торайгыров университет»

(56) RU 2614243 C1 24.03.2017

KZ 21148 A4 15.04.2009

KZ 34366 B 05.06.2020

RU 2705213 C1 06.11.2019

(54) **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

(57) Изобретение относится к электротехнике, а именно к релейной защите - непосредственно к дифференциальной и может быть использовано для защиты силовых трансформаторов.

Технический результат - создание дифференциальной защиты для силовых трансформаторов от внутренних коротких замыканий, выполненной на принципе сравнения напряжений с использованием катушек индуктивностей, установленных в ячейках (с двух сторон трансформатора) ЗРУ и КРУ.

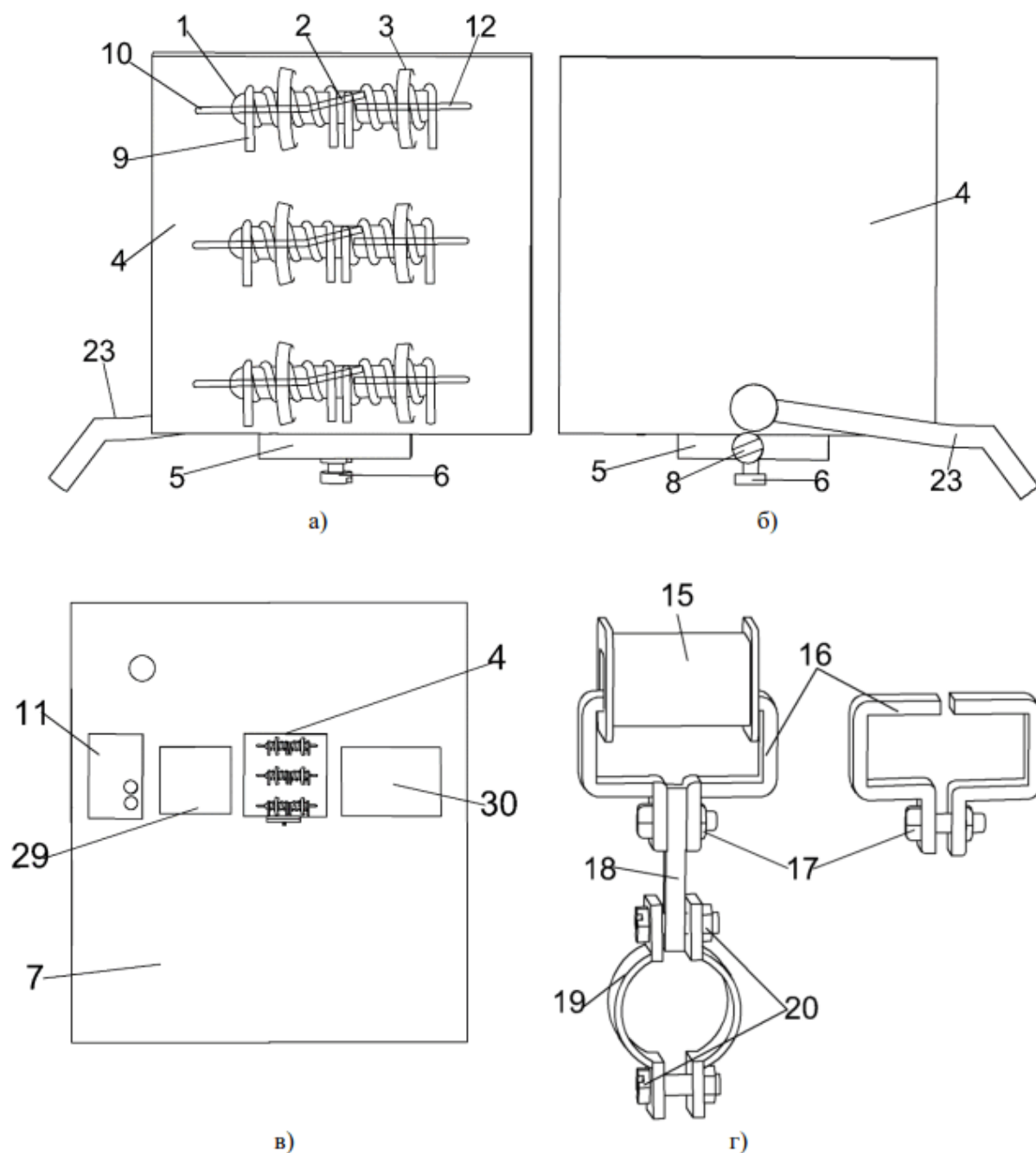
Дифференциальная защита силовых трансформаторов содержит исполнительный орган, токопроводы переменного тока, три геркона с обмотками управления, два регулируемых резистора ( $R_1$  и  $R_2$ ), планку для крепления герконов, первые хомуты-для крепления герконов к планке, установленной на первом конце первой поддерживающей стойки с помощью первого винта, катушка отключения выключателя силового трансформатора. Второй конец первой поддерживающей стойки крепится к панели защиты ячейки ЗРУ-110 кВ. с помощью второго винта, вторая поддерживающая стойка со вторыми и третьими хомутами, имеющих первое и второе болтовое-гаечное соединения. Вторая поддерживающая стойка с помощью второго болтового-гаечного соединения присоединена к токопроводам переменного тока, в качестве которых выступают токоведущие шины ячеек ЗРУ и КРУ, шесть катушек индуктивностей ( $KI_1$ - $KI_6$ ) разделённых на две группы, так как используются две ячейки: ЗРУ и КРУ, три обмотки управления герконами, в результате чего на каждый геркон приходится по две обмотки, включенных встречно друг другу, шесть усилителей напряжения, к

которым подключены выводы катушек индуктивностей, размещенных в магнитном поле токоведущих шин, а выводы самих усилителей напряжения подключены к обмоткам управления герконов, четыре регулируемых резистора ( $R_{3,4}$  и  $R_{5,6}$ ), соединительный кабель, автоматический выключатель. На каждую токоведущую шину ячейки ЗРУ приходится по одному усилителю напряжения, регулируемого резистору и одному геркону с двумя обмотками управления, а на каждую токоведущую шину ячеек ЗРУ и КРУ приходится по одной катушке индуктивности. Вторая поддерживающая стойка со вторыми и третьими хомутами дает возможность осуществления перемещения катушек индуктивностей относительно плоскости поперечного сечения токоведущих шин, позволяя тем самым осуществлять дополнительную регулировку уставок срабатывания дифференциальной защиты. В качестве исполнительного органа выступает промежуточное реле. Первые контактные сердечники замыкающего контакта герконов подключены к полюсу «плюс» автоматического выключателя, а ко вторым контактным сердечникам замыкающего контакта герконов подключен первый вывод обмотки промежуточного реле. Второй вывод обмоток данных реле подключен к полюсу "минус" автоматического выключателя. К контакту на замыкание промежуточного реле, подключенного к полюсу «плюс» автоматического выключателя, посредством указательного реле подключена катушка отключения выключателя силового трансформатора. Второй вывод катушки отключения выключателя подключен к полюсу «минус» автоматического выключателя. Шесть усилителей напряжения совместно с шестью регулируемыми резисторами размещены в блоке усилителей напряжения, а промежуточное и указательное реле, установленные в релейном блоке, также как планка с тремя герконами и автоматический выключатель размещены и закреплены на панели защиты ЗРУ-110 кВ.

Экономический эффект заключается в отсутствии использования реле, измерительных трансформаторов тока и напряжения с ферромагнитными сердечниками, применяемых для дифференциальной защиты, содержащих в своём составе дорогостоящие сталь, медь и

высоковольтную изоляцию, имеющих также значительные весогабаритные параметры отвечая актуальному вопросу в релейной защите - ресурсосбережению, тем самым значительно снижая экономические затраты и позволяя использовать

заявляемую дифференциальной защитой для ее применения к силовым трансформаторам любого класса напряжения, реализуемой на катушках индуктивности.



Фиг. 1 Планка с герконами и ее вид спереди а); вид сзади б); размещение на панели защиты автоматического выключателя, блока усилителей напряжения, планки с герконами и релейного блока в); вторая поддерживающая стойка с вторыми и третьими хомутами, а также с катушкой индуктивности г).

Изобретение относится к электротехнике, а именно к релейной защите - непосредственно к дифференциальной и может быть использовано для защиты силовых трансформаторов от внутренних коротких замыканий.

Известно устройство максимальной токовой защиты электрической установки [RU № 2705213, Н02Н 3/28, Н02Н 7/08, опубл. 06.11.2019 г.], содержащее датчик тока, представляющий собой помещенный в электроизолирующий корпус измерительный преобразователь в виде плоской катушки индуктивности и подключенный к нему кабельный усилитель, реагирующий орган в виде диодного моста, к одной диагонали которого через электрический конденсатор подключен кабельный усилитель, а к другой диагонали реле с регулируемым порогом срабатывания.

Недостатком этого устройства является размещение датчика тока в непосредственной близости от токоведущих частей защищаемой электрической установки с помещением его в электроизолирующий корпус из фарфора на максимально близком расстоянии от токоведущей шины, и при замене вышедших из строя датчиков тока и кабельного усилителя необходимо будет демонтировать электроизолирующий корпус.

Наиболее близким прототипом является устройство дифференциальной защиты на герконах и магниторезисторе для преобразовательной установки с трансформатором и выпрямителем [RU № 2614243, Н02Н 7/10, опубл. 24.03.2017г.], содержащее геркон, исполнительный орган, выход которого подключен в цепь отключения выключателя электроустановки, первый, второй и третий герконы с управляющими обмотками, первый и второй регулируемые резисторы, к первому выходу которых подключены концы управляющих обмоток первого, второго и третьего герконов.

Недостатком данного устройства является невозможность его использования для выполнения дифференциальной защиты силовых трансформаторов.

Технический результат - создание дифференциальной защиты для силовых трансформаторов от внутренних коротких замыканий, выполненной на принципе сравнения напряжений с использованием катушек индуктивностей, установленных в ячейках (с двух сторон трансформатора) ЗРУ и КРУ.

Технический результат достигается за счет того, что в дифференциальную защиту силовых трансформаторов, также, как и в прототипе содержащую исполнительный орган, токопроводы переменного тока, три геркона с обмотками управления, два регулируемых резистора ( $R_1$  и  $R_2$ ), дополнительно введены планка для крепления герконов, первые хомуты- для крепления герконов к планке, установленной на первом конце первой поддерживающей стойки с помощью первого винта, катушка отключения выключателя силового трансформатора. Второй конец первой поддерживающей стойки крепится к панели защиты

ячейки закрытого распределительного устройства, напряжением 110 кВ. (ЗРУ-110 кВ) с помощью второго винта, вторая поддерживающая стойка со вторыми (состоящими из двух разборных половинок) и третьими хомутами, имеющих первое и второе болтовое-гаечное соединения. Высота второй поддерживающей стойки совместно со вторыми и третьими хомутами в ячейках ЗРУ-110 кВ. составляет 700 мм., а в ячейке комплектного распределительного устройства (КРУ), напряжением 10 кВ. - 120 мм. Вторая поддерживающая стойка с помощью второго болтового-гаечного соединения присоединена к токопроводам переменного тока, в качестве которых выступают токоведущие шины ячеек ЗРУ и КРУ, шесть катушек индуктивностей ( $KI_1-KI_6$ ) разделённых на две (первую и вторую) группы, так как используются две ячейки: ЗРУ и КРУ, три обмотки управления герконами, в результате чего на каждый геркон приходится по две обмотки, включенных встречно друг другу, шесть усилителей напряжения, к которым подключены выводы катушек индуктивностей, размещенных в магнитном поле токоведущих шин, а выводы самих усилителей напряжения подключены к обмоткам управления герконов, четыре регулируемых резистора ( $R_{3,4}$  и  $R_{5,6}$ ), соединительный кабель, автоматический выключатель. На каждую токоведущую шину ячейки ЗРУ приходится по одному усилителю напряжения, регулируемому резистору и одному геркону с двумя обмотками управления, а на каждую токоведущую шину ячеек ЗРУ и КРУ приходится по одной катушке индуктивности. Вторая поддерживающая стойка со вторыми и третьими хомутами дает возможность осуществления перемещения катушек индуктивностей относительно плоскости поперечного сечения токоведущих шин, позволяя тем самым осуществлять дополнительную регулировку (при необходимости) уставок срабатывания дифференциальной защиты. В качестве исполнительного органа выступает промежуточное реле. Первые контактные сердечники замыкающего контакта герконов подключены к полюсу «плюс» автоматического выключателя, а ко вторым контактными сердечникам замыкающего контакта герконов подключен первый вывод обмотки промежуточного реле. Второй вывод обмоток данных реле подключен к полюсу "минус" автоматического выключателя. К контакту на замыкание промежуточного реле, подключенного к полюсу «плюс» автоматического выключателя, посредством указательного реле подключена катушка отключения выключателя силового трансформатора. Второй вывод катушки отключения выключателя подключен к полюсу «минус» автоматического выключателя. Шесть усилителей напряжения совместно с шестью регулируемыми резисторами размещены в блоке усилителей напряжения, а промежуточное и указательное реле, установленные в релейном блоке, также как планка с тремя герконами и автоматический выключатель размещены и

закреплены на панели защиты ЗРУ-110 кВ. Защищаемым объектом является силовой трансформатор. В качестве закрытого комплектного распределительного устройства используется блочно-модульное БМ ЗРУ-110 кВ, а в качестве комплектного распределительного устройства - КРУ серии К-63.

На фиг.1 показана планка с герконами и ее вид спереди а); вид сзади б); размещение на панели защиты автоматического выключателя, блока усилителей напряжения, планки с герконами и релейного блока в); вторая поддерживающая стойка с вторыми и третьими хомутами, а также с катушкой индуктивности г).

На фиг.2 представлено: размещение катушек индуктивностей в ячейках ЗРУ-110 кВ а) и КРУ-К63 б); в) структурная схема дифференциальной защиты силовых трансформаторов.

На фиг.3 представлен общий вид подключения защищаемого силового трансформатора к ячейкам ЗРУ и КРУ, при реализации его дифференциальной защиты.

Заявляемая дифференциальная защита выполняет защиту силового трансформатора, посредством сравнения напряжений, протекающих по токоведущим шинам двух ячеек (ЗРУ и КРУ) с помощью катушек индуктивностей, установленных на тех же шинах.

Дифференциальная защита силовых трансформаторов содержит три геркона 1, с замыкающим контактом 2, которые с помощью первых хомутов 3 закреплены на планке 4, установленной на первом конце первой поддерживающей стойки 5 с помощью первого винта 6 (фиг.1а, б). Второй конец этой стойки 5 крепится к панели защиты 7 с помощью второго винта 8. Герконы 1 размещены внутри обмоток управления 9, включенных встречно. Планка 4 с герконами 1 установлена и закреплена на панели защиты 7 ЗРУ-110 кВ (фиг.1в). Первые контактные сердечники 10 замыкающего контакта 2 герконов 1 подключены к полюсу «плюс» автоматического выключателя 11, а ко второму контактному сердечнику 12 замыкающего контакта 2 герконов 1 подключен первый вывод обмотки 13 промежуточного реле 14. Второй вывод обмоток 13 данных реле 14 подключен к полюсу "минус" автоматического выключателя 11. Шесть катушек индуктивностей (КИ<sub>1-6</sub>) 15, посредством вторых хомутов 16 и с помощью первого болтового-гаечного соединения 17 крепятся ко второй поддерживающей стойке 18 (фиг.1г). Вторая поддерживающая стойка 18, посредством третьих хомутов 19 крепится с помощью второго болтового-гаечного соединения 20 к токоведущим шинам 21, токоведущие шины 21, шесть усилителей напряжения (У<sub>1-6</sub>) 22, ко входам которым подключены выводы катушек индуктивностей 15, соединительный кабель 23, шесть регулируемых резистора (R<sub>1,2,3</sub> и R<sub>4,5,6</sub>) 24 (фиг.2а, б, в). Соединительный кабель 23 соединяет выводы первой и второй группы катушек индуктивностей (КИ<sub>1-3</sub> и КИ<sub>4-6</sub>) 15 со входами первой и второй

группы усилителей напряжения (У<sub>1-3</sub> и У<sub>4-6</sub>) 22, выход данных усилителей 22 подключен к первому выводу обмоток управления 9 геркона 1. К контакту на замыкание 25 промежуточного реле 14, подключенного к полюсу «плюс» автоматического выключателя 11, посредством указательного реле 26 с обмоткой 27 подключена катушка отключения (КО) 28 выключателя, второй её вывод подключен к полюсу «минус» автоматического выключателя 11 (фиг.2в). Шесть усилителей напряжения (У<sub>1-6</sub>) 22 и регулируемых резистора (R<sub>1-6</sub>) 24 размещены в блоке усилителей напряжения 29, а промежуточные 14 и указательное 26 реле размещены в релейном блоке 30. Блок усилителей напряжения 29 и релейный блок 30 размещены на панели защиты 7 ЗРУ-110 кВ. Защищаемым объектом является силовой трансформатор 31 (фиг.3).

Дифференциальная защита силовых трансформаторов работает следующим образом, с установкой её элементов по последовательности, представленной ниже. На каждую токоведущую шину 21 ячеек ЗРУ-110 кВ, и КРУ-10 кВ. с соблюдением минимально допустимого расстояния по ПУЭ для данных ячеек, равного 700 и 120 мм. закрепляют вторую поддерживающую стойку 18 вместе с первой (на ячейке ЗРУ - 110кВ) КИ<sub>1-3</sub> и второй (на ячейке КРУ-10кВ) группой катушек индуктивностей КИ<sub>4-6</sub> 15 (фиг.2а,б,в). При этом в начале катушки индуктивности КИ 15 устанавливаются внутри разборных вторых хомутов 16 и с помощью первого болтового-гаечного соединения 17 закрепляют ко второй поддерживающей стойке 18 (фиг.1г). Саму же вторую поддерживающую стойку 18 с помощью третьих хомутов 19 используя второе болтовое-гаечное соединение 20 закрепляют на токоведущие шины 21. Перед установкой и закреплением катушек индуктивностей КИ15 в ячейках ЗРУ-110 кВ. и КРУ - К-63, их устанавливают с учетом максимальных параметров магнитного поля, индуцируемых каждой токоведущей шиной 21 (в тех местах, где на токоведущих шинах имеется максимальное значение магнитной индукции) и удобством размещения КИ 15, при этом КИ15 расположены перпендикулярно плоскости поперечного сечения токоведущих шин 21 (фиг.2а,б). Включают автоматический выключатель 11, установленный на панели защиты 7 и на первые контактные сердечники 10 геркона 1 подается потенциал «плюс» (фиг.1а, в).

Принцип действия заявляемой дифференциальной защиты силовых трансформаторов 31 основан на сравнении значений напряжений, протекаемых по его обмоткам, а соответственно и на токоведущих шинах 21, как в традиционной дифференциальной защите. Защищаемой зоной данного устройства является силовой трансформатор 31 (фиг.3), расположенный между двумя группами катушек индуктивностей (КИ<sub>1-3</sub>) и (КИ<sub>4-6</sub>) 15, установленных с двух его сторон (на токоведущих шинах 21 ячеек ЗРУ-110 кВ и КРУ-К63) и имеющих одинаковые параметры, то есть на токоведущей шине, к примеру фазы «А» двух ячеек (ЗРУ-110 кВ. и КРУ- К63)

установлено по одной (а суммарно две) катушки индуктивности  $KI_1 - KI_4$ , то на двух других шинах 21 фаз «В» и «С» соответственно  $KI_2 - KI_5$  и  $KI_3 - KI_6$  (фиг.2а,б,в) Воздействие магнитных потоков  $\Phi$ , созданных токами токоведущих шин 21 ячеек ЗРУ-110 кВ и КРУ-К63 на катушки индуктивности  $KI_15$  показано стрелками (фиг.2в). Усилитель напряжения ( $У_{1-6}$ ) 22 усиливает значение напряжения, снимаемого с выводов катушек индуктивности  $KI_15$  до необходимого значения (фиг.2в). При необходимости имеется возможность посредством второй поддерживающей стойки 18 перемещать катушки индуктивности  $KI_15$  относительно плоскости токоведущей шины 21, тем самым осуществляя дополнительную регулировку уставок срабатывания дифференциальной защиты (фиг.2а,б).

В нормальном режиме работы силового трансформатора 31, параметры в дифференциальной защите силовых трансформаторов отрегулированы с помощью резисторов ( $R_{1-6}$ ) 24 так, чтобы напряжения  $U_1$  и  $U_2$  совпадали по величине, а схема устройства реагировала лишь на внутренние короткие замыкания в силовом трансформаторе 31 и не реагировала на внешние короткие замыкания (за пределами защищаемого трансформатора 31) (фиг.3).

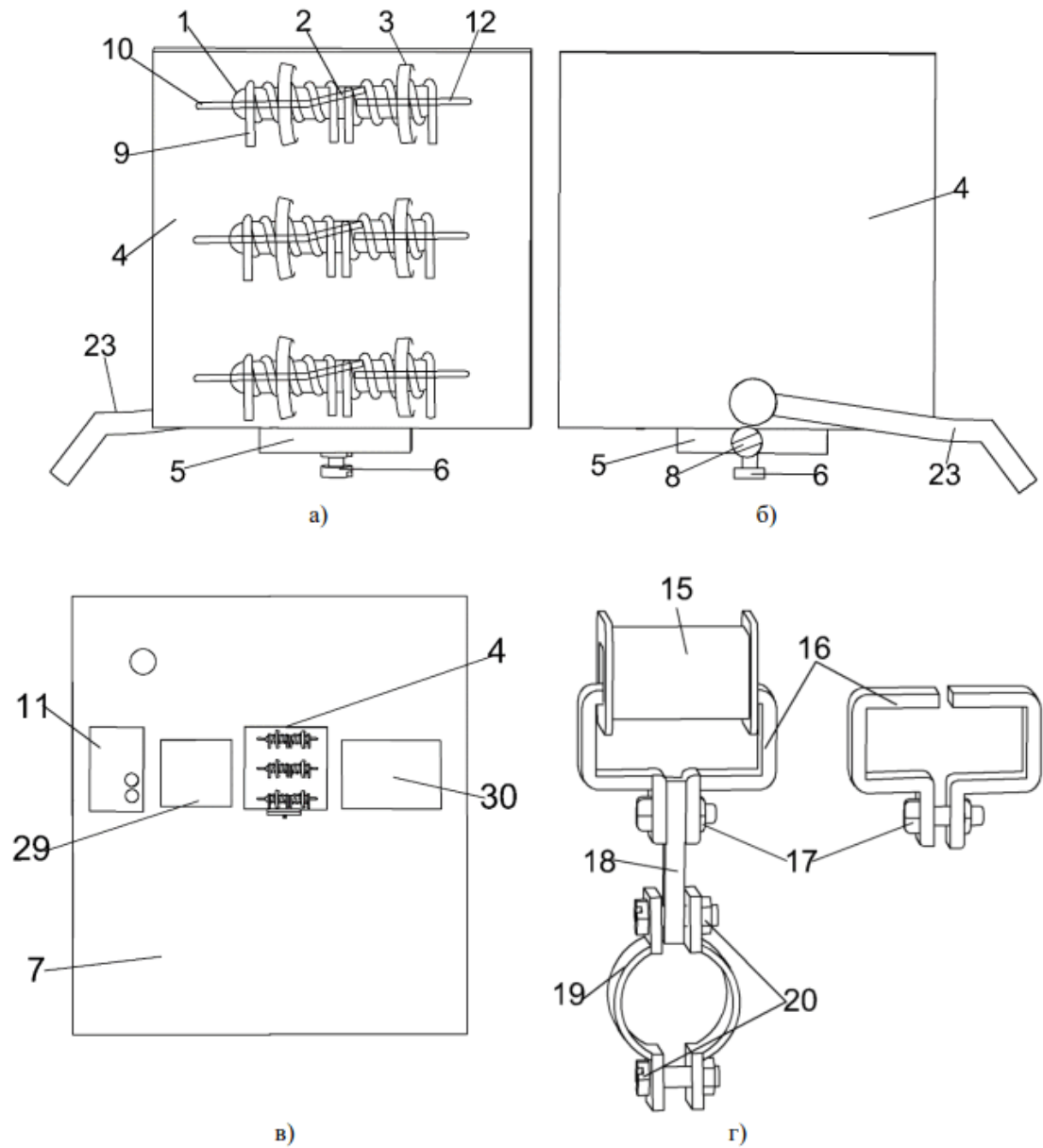
При коротком замыкании внутри силового трансформатора 31 ток в токоведущих шинах 21 возрастает, катушка индуктивности  $KI_15$  реагируя на изменения магнитного поля вокруг данной шины 21 индуцирует некоторое значение напряжения (фиг.2а,б). В силу того, что данное значение напряжения, снимаемое с выводов катушки индуктивности 15 мало (порядка  $20 \div 25$  В), то оно повышается с помощью усилителя ( $У_{1-6}$ ) 22 до значения напряжения, равного  $U=220$  В. и подается на первый вывод обмотки управления 9 геркона 1 (фиг.2в). При этом возникает разность напряжений  $U_1$  и  $U_2$  от двух катушек индуктивностей 15, установленных в ячейках -ЗРУ-110 кВ и КРУ-К63. Напряжения  $U_1$  и  $U_2$  направлены в разные стороны и не равны друг другу-они будут отличаться, а в связи с этим будут отличаться и токи в обмотках управления 9 герконов 1, создающих магнитный поток, воздействующий на данные герконы 1 (фиг.1а). В результате достижения данной разности между напряжениями  $U_1$  и  $U_2$  - величины достаточной для срабатывания геркона 1, он под воздействием магнитного поля, создаваемого обмоткой управления 9 срабатывает и замыкает

между собой первый 10 и второй 12 свои контактные сердечники и посылает сигнал «+» поступающий с автоматического выключателя 11 на первый вывод обмотки 13 промежуточного реле 14 (фиг.2в). Данное реле 14 сработав, подаёт через подключенный к его контакту на замыкание 25 первый вывод обмотки указательного реле 26 сигнал на катушку отключения 28 выключателя силового трансформатора 31, размещенного в ячейке ЗРУ-110 кВ. В результате чего защищаемый силовой трансформатор 31 отключается (фиг.3).

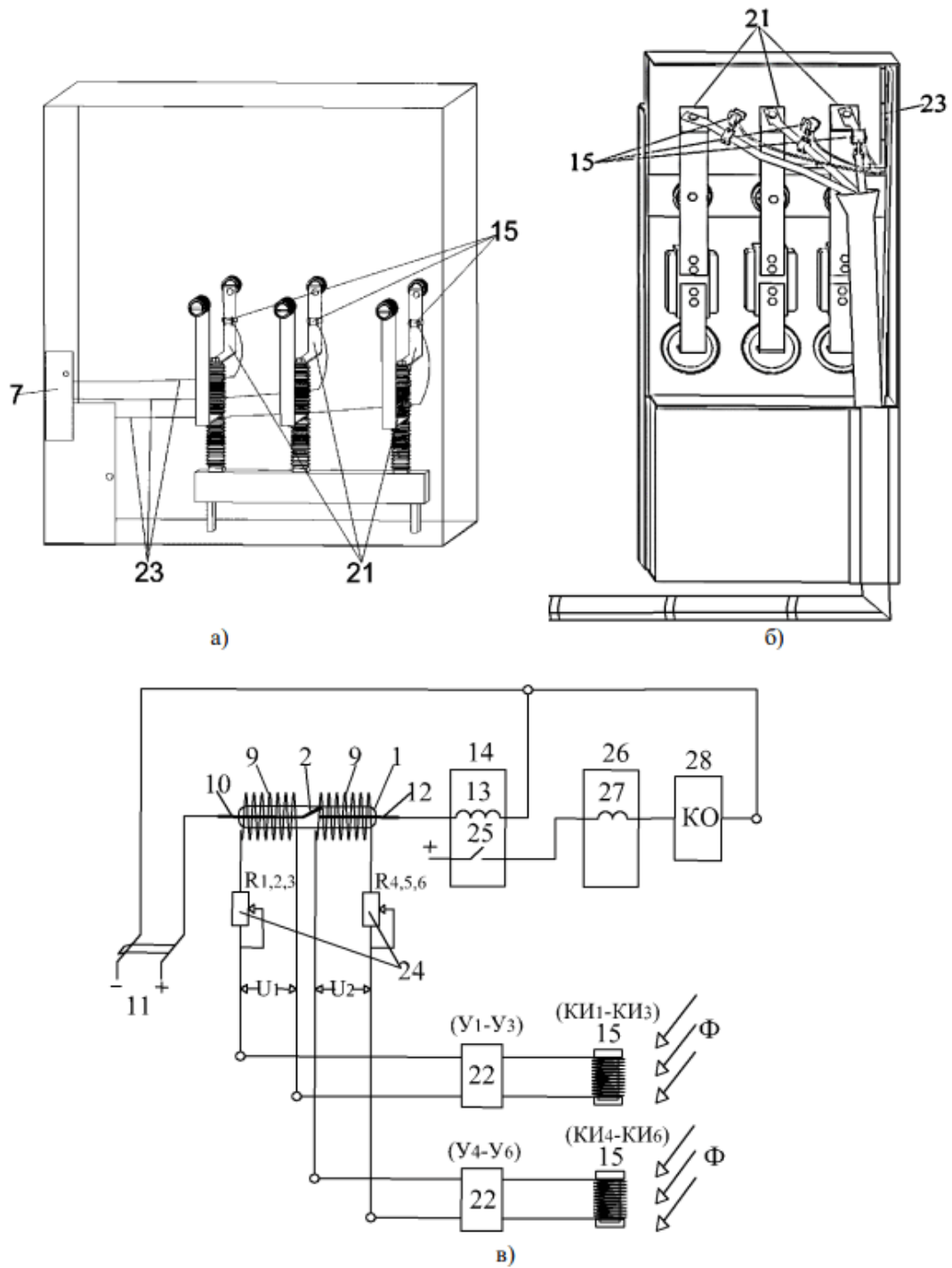
Экономический эффект заключается в отсутствии использования реле, измерительных трансформаторов тока и напряжения с ферромагнитными сердечниками, применяемых для дифференциальной защиты, содержащих в своём составе дорогостоящие сталь, медь и высоковольтную изоляцию, имеющих также значительные весогабаритные параметры отвечая актуальному вопросу в релейной защите - ресурсосбережению, тем самым значительно снижая экономические затраты и позволяя использовать заявляемую дифференциальную защиту для ее применения к силовым трансформаторам любого класса напряжения, реализуемой на катушках индуктивности.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

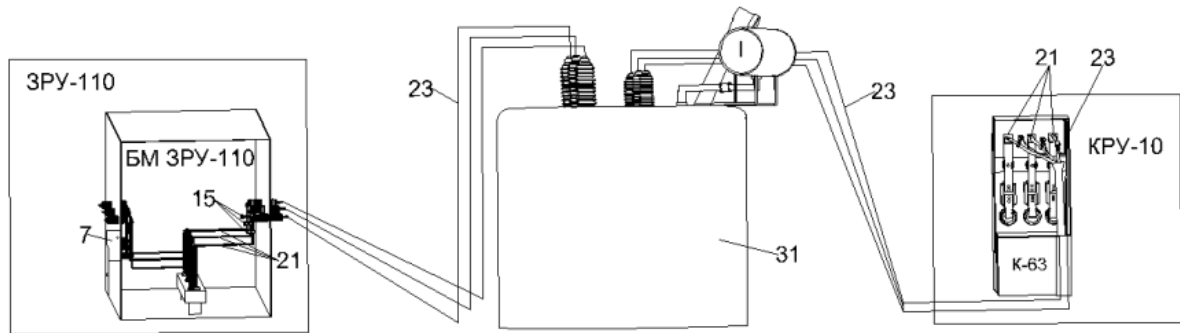
Дифференциальная защита силовых трансформаторов, содержащая исполнительный орган, токопроводы переменного тока, в качестве которых выступают токоведущие шины ячеек ЗРУ и КРУ, три геркона с обмотками управления, два регулируемых резистора, *отличающаяся* тем, что в нее дополнительно введены планка для крепления герконов, первые, вторые и третьи хомуты, первая и вторая поддерживающие стойки, первый и второй винт, катушка отключения выключателя силового трансформатора, панель защиты ячейки ЗРУ-110 кВ, первое и второе болтовое-гаечные соединения, шесть катушек индуктивностей, три обмотки управления герконами, шесть усилителей напряжения, четыре регулируемых резистора, соединительный кабель, автоматический выключатель, промежуточное и указательное реле, первые и вторые контактные сердечники замыкающего контакта герконов, блок усилителей напряжения и релейный блок.



Фиг. 1 Планка с герконами и ее вид спереди а); вид сзади б); размещение на панели защиты автоматического выключателя, блока усилителей напряжения, планки с герконами и релейного блока в); вторая поддерживающая стойка с вторыми и третьими хомутами, а также с катушкой индуктивности г).



Фиг. 2 Размещение катушек индуктивностей в ячейках ЗРУ-110 кВ а) и КРУ-К63 б); в) структурная схема дифференциальной защиты силовых трансформаторов



Фиг. 3 Общий вид подключения защищаемого силового трансформатора к ячейкам ЗРУ и КРУ