



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H02H 7/10 (2018.08); G01R 33/02 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018100444, 09.01.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.01.2018

Дата регистрации:  
27.03.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.01.2018

(45) Опубликовано: 27.03.2019 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, ТИУ,  
ДНИД, Шаруха Е.И.

(72) Автор(ы):

Никитин Константин Иванович (RU),  
Клецель Марк Яковлевич (KZ),  
Барукин Александр Сергеевич (KZ),  
Габдулов Асет Уральбаевич (KZ),  
Машрапов Бауыржан Ерболович (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Тюменский индустриальный  
университет" (ТИУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2009908 C1, 30.03.1994. RU  
2614243 C1, 24.03.2017. RU 2598903 C1,  
10.10.2016. US 2015357813 A1, 10.12.2015.

## (54) СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ТРАНСФОРМАТОРОМ С 2n ВТОРИЧНЫМИ ОБМОТКАМИ И 2n ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

(57) Реферат:

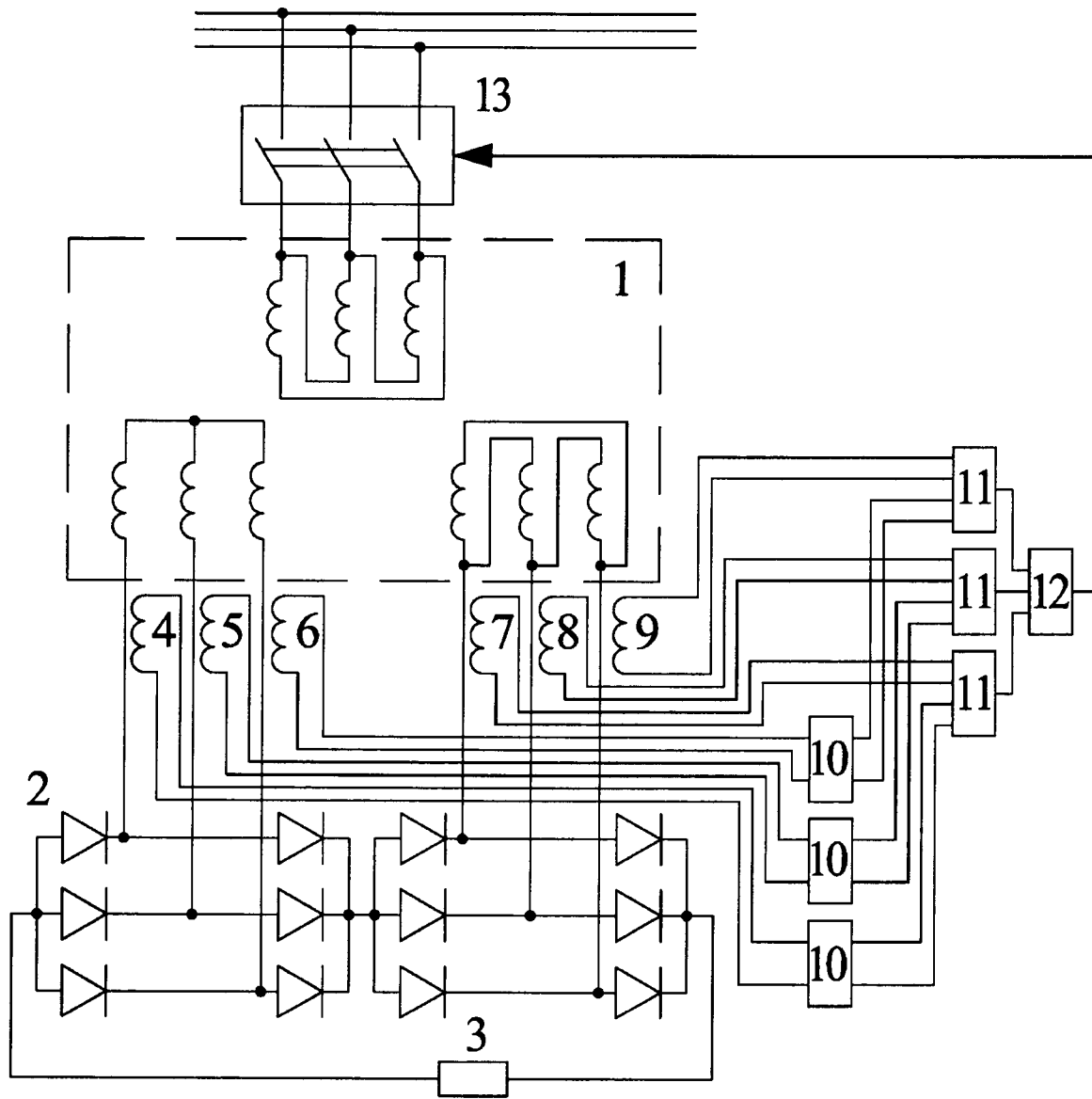
Использование: в области электротехники для защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями от коротких замыканий. Технический результат - повышение чувствительности защиты преобразовательной установки. Способ защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями заключается в том, что измеряют индукции магнитных потоков вблизи шин, соединяющих с 2n выпрямителями выводы 2n вторичных обмоток трансформатора со стороны его низшего напряжения, преобразуя их в напряжения, сдвигают по фазе напряжения, полученные при преобразовании индукций магнитных потоков, измеренных вблизи шин, соединяющих с n выпрямителями выводы n

вторичных обмоток трансформатора, соединенных в звезду, вычитают из напряжения, полученного при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины, подключенной к вторичной обмотке трансформатора, соединенной в звезду, напряжение, полученное при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины той же фазы, подключенной ко вторичной обмотке трансформатора, соединенной в треугольник, сравнивают эту разность напряжений с эталонной величиной напряжения и, если эта разность напряжений превышает эталонную величину напряжения, подают сигнал на отключение преобразовательной установки от сети. 1 ил.

RU 2 683 266 C1

RU 2 683 266 C1

R U 2 6 8 3 2 6 6 C 1



R U 2 6 8 3 2 6 6 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02H 7/10* (2006.01)  
*G01R 33/02* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H02H 7/10* (2018.08); *G01R 33/02* (2018.08)

(21)(22) Application: **2018100444, 09.01.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**09.01.2018**

Registration date:  
**27.03.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **09.01.2018**

(45) Date of publication: **27.03.2019** Bull. № 9

Mail address:

**625000, g. Tyumen, ul. Volodarskogo, 38, TIU,  
DNID, Sharukha E.I.**

(72) Inventor(s):

**Nikitin Konstantin Ivanovich (RU),  
Kletsel Mark Yakovlevich (KZ),  
Barukin Aleksandr Sergeevich (KZ),  
Gabdulov Aset Uralbaevich (KZ),  
Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich (KZ)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Tyumenskij industrialnyj  
universitet" (TIU) (RU)**

(54) **PROTECTION METHOD OF CONVERTING PLANT WITH TRANSFORMER WITH 2n SECONDARY WINDING AND 2n COIL RECTIFIER**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

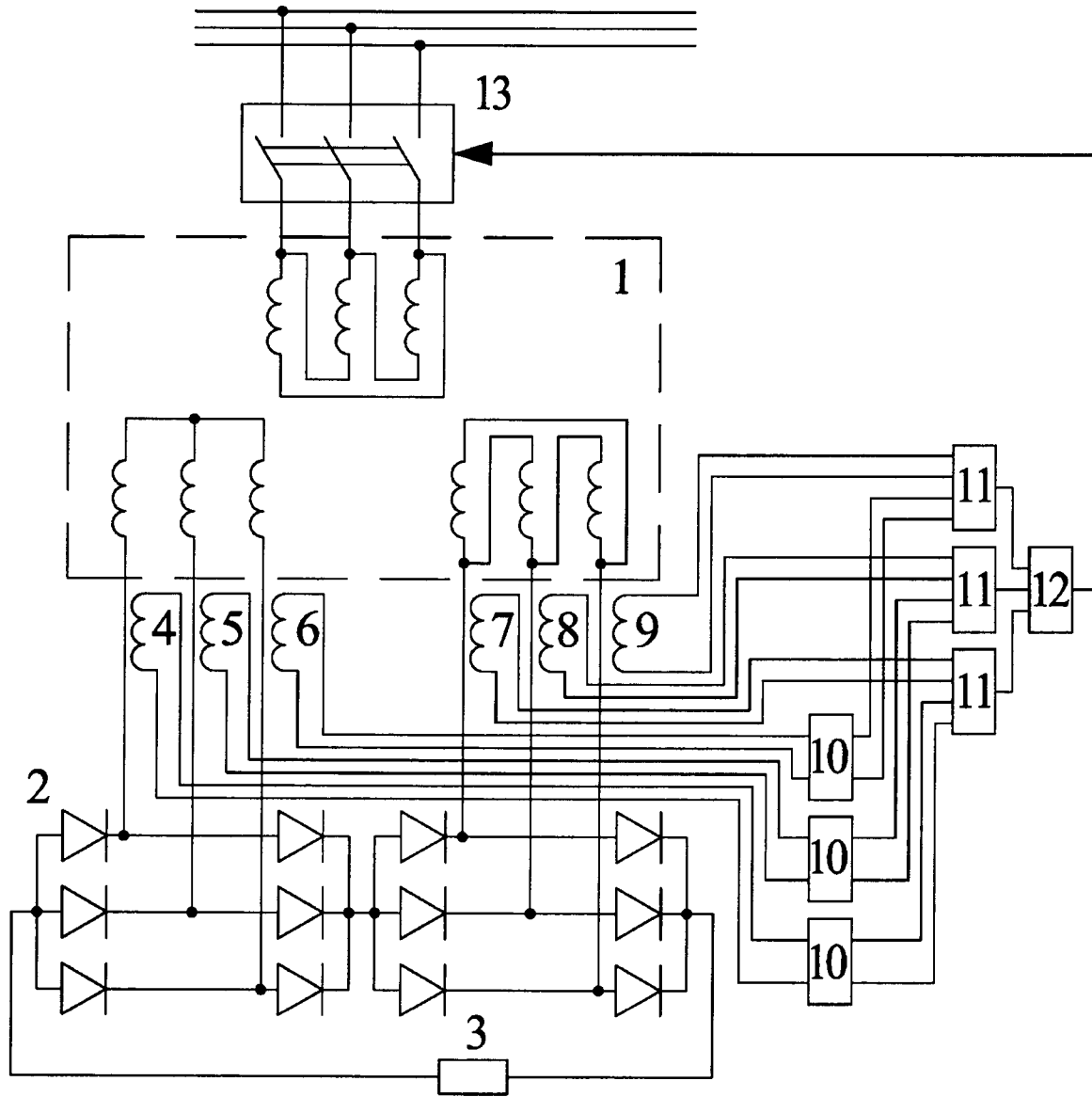
SUBSTANCE: invention can be used in electric engineering for protection of transformer with transformer with 2n secondary windings and 2n rectifiers against short circuits. Protection method of converter unit with transformer with 2n secondary windings and 2n rectifiers consists in that inductions of magnetic fluxes are measured near buses connecting with 2n rectifiers outputs 2n of secondary windings of transformer on side of its lower voltage, converting them into voltages, phase-shifted voltage obtained during conversion of inductions of magnetic fluxes measured near buses connecting with n rectifiers outputs n secondary windings of transformer, connected in star,

is subtracted from voltage obtained during conversion of magnetic flux induction, measured near bus connected to secondary winding of transformer, connected in star, voltage obtained during conversion of magnetic flux induction, measured near tire of same phase connected to secondary winding of transformer connected in triangle, this voltage difference is compared to reference value of voltage and if this voltage difference exceeds the reference voltage value, a signal is sent to disconnect the converter unit from the network.

EFFECT: technical result is increase of protection sensitivity of converter plant.

1 cl, 1 dwg

R U 2 6 8 3 2 6 6 C 1



R U 2 6 8 3 2 6 6 C 1

Изобретение относится к электротехнике, в частности к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями от коротких замыканий.

5 Ближайшим из аналогов является способ защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями, при котором измеряют ток со стороны высшего напряжения трансформатора и сравнивают его с эталонной величиной тока, и, если он превосходит эталонную величину тока, через выдержку времени отключают преобразовательную установку от питающей сети  
10 [Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения - М.: Высш. Шк., 2008. - 639 с.: ил.].

Этот способ не позволяет обеспечить высокую чувствительность защиты, так как необходима отстройка от максимальных токов нагрузки и бросков тока намагничивания трансформатора.

15 Задачей изобретения является повышение чувствительности и быстродействия защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями.

Согласно изобретению, измеряют индукции магнитных потоков вблизи шин, соединяющих с 2n выпрямителями выводы 2n вторичных обмоток трансформатора со  
20 стороны его низшего напряжения, преобразуя их в напряжения. Сдвигают по фазе напряжения, полученные при преобразовании индукций магнитных потоков, измеренных вблизи шин, соединяющих с n выпрямителями выводы n вторичных обмоток трансформатора, соединенных в звезду. Вычитают из напряжения, полученного при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины, подключенной  
25 к вторичной обмотке трансформатора, соединенной в звезду, напряжение, полученное при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины той же фазы, подключенной к вторичной обмотке трансформатора, соединенной в треугольник. Сравнивают эту разность напряжений с эталонной величиной напряжения, и, если эта разность напряжений превышает эталонную величину напряжения, подают сигнал на  
30 отключение преобразовательной установки от сети.

Повышение чувствительности достигается за счет измерения индукций магнитных потоков вблизи шин, соединяющих выводы вторичных обмоток трансформатора со стороны его низшего напряжения с выпрямителями, преобразования этих индукций в напряжение и вычитания соответствующих напряжений.

35 На чертеже представлено устройство, реализующее способ защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями.

Способ защиты преобразовательной установки с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями может быть реализован в преобразовательной установке  
40 с трансформатором 1 типа ТУЕРс 2500/6d мощностью 2500 кВА с двумя вторичными обмотками, двумя выпрямителями и выпрямленным напряжением 220 В, с соединением обмоток: со стороны высшего напряжения треугольник; со стороны низшего напряжения трансформатора одна обмотка - звезда, другая - треугольник. Вторичные обмотки трансформатора подключены к выпрямителям 2, соединенным по мостовой схеме,  
45 выходы которых подключены к нагрузке 3 мощностью 1650 кВт. При этой нагрузке токи нагрузки в шинах, соединяющих выводы обмоток трансформатора со стороны его низшего напряжения с выпрямителями, со стороны низшего напряжения составляют: со стороны вторичной обмотки, соединенной в звезду  $I_{1A}=11100e^{-j53}$  А,  $I_{1B}=11100e^{j187}$

А,  $I_{1C}=11100e^{j67}$  А, со стороны вторичной обмотки, соединенной в треугольник,  $I_{2A}=11070e^{-j23}$  А,  $I_{2B}=11070e^{j217}$  А,  $I_{1C}=11070e^{j97}$  А. Для измерения и преобразования в напряжение индукции магнитного поля, созданного токами в шинах, соединяющих вторичные обмотки трансформатора с выпрямителями, могут быть использованы катушки индуктивности 4, 5, 6, 7, 8, 9 с количеством витков  $W=8000$ , площадью поперечного сечения  $S=0,000669$  м<sup>2</sup> и длиной  $l=0,03$  м. Катушки индуктивности устанавливают под шинами, соединяющими выводы обмоток трансформатора 1 со стороны его низшего напряжения с выпрямителями 2, например на безопасном по технике безопасности расстоянии  $h=0,12$  м. В режиме нагрузки при протекании указанных токов в шинах, соединяющих выводы обмоток трансформатора 1 со стороны его низшего напряжения с выпрямителями 2, на выводах катушек индуктивности 4, 5, 6, 7, 8, 9 наводятся ЭДС:

$$\underline{E}_1 = \mu_0 f W S \frac{I_{1A}}{h} e^{-j90^\circ} = 31,1 e^{-j143^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_2 = \mu_0 f W S \frac{I_{1B}}{h} e^{-j90^\circ} = 31,1 e^{j97^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_3 = \mu_0 f W S \frac{I_{1C}}{h} e^{-j90^\circ} = 31,1 e^{-j23^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_4 = \mu_0 f W S \frac{I_{2A}}{h} e^{-j90^\circ} = 31 e^{-j113^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_5 = \mu_0 f W S \frac{I_{2B}}{h} e^{-j90^\circ} = 31 e^{j127^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_6 = \mu_0 f W S \frac{I_{2C}}{h} e^{-j90^\circ} = 31 e^{j7^\circ} \text{ В};$$

где  $\mu_0$  - магнитная постоянная,  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

ЭДС  $E_1, E_2, E_3$  подают на входы блоков уравнивания напряжений 10, которые сдвигают их на  $30^\circ$ . В результате на выходах блоков уравнивания напряжений 10 появляются ЭДС  $E_{11}=31,1e^{-j113}$ ,  $E_{21}=31,1e^{j127}$ ,  $E_{31}=31,1e^{j7}$ . ЭДС  $E_{11}, E_{21}, E_{31}, E_4, E_5, E_6$  подают на входы схем сравнения 11, где вычисляют абсолютное значение разностей ЭДС  $|E_{11}-E_4|, |E_{21}-E_5|, |E_{31}-E_6|$ , и сравнивают их с эталонным значением ЭДС  $E_{эт}$ , равным, например, 3 В, учитывая погрешности установки катушек индуктивности 4, 5, 6, 7, 8, 9 и погрешности устройства, реализующего способ. Так как в режиме нагрузки указанные разности не превышают эталонное значение ЭДС  $E_{эт}=3$  В, то защита не срабатывает.

При двухфазном коротком замыкании, например, со стороны низшего напряжения трансформатора между фазами В и С на выводах обмотки трансформатора, соединенной в звезду, токи  $I_{1A}=11000e^{j134}$  А,  $I_{1B}=11900e^{j238}$  А,  $I_{1C}=6500e^{j149}$  А, а  $I_{2A}=11000e^{j149}$  А,  $I_{2B}=10000e^{j14}$  А,  $I_{2C}=11900e^{-j77}$  А. При этом на выводах катушек индуктивности 4, 5, 6, 7, 8, 9 получим:

$$\underline{E}_1 = \mu_0 f W S \frac{I_{1A}}{h} e^{-j90^\circ} = 30,8 e^{j44^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_2 = \mu_0 f W S \frac{I_{1B}}{h} e^{-j90^\circ} = 33,33 e^{-j116^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_3 = \mu_0 f W S \frac{I_{1C}}{h} e^{-j90^\circ} = 18,2 e^{j148^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_4 = \mu_0 f W S \frac{I_{2A}}{h} e^{-j90^\circ} = 30,8 e^{j59^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_5 = \mu_0 f W S \frac{I_{2B}}{h} e^{-j90^\circ} = 28 e^{-j76^\circ} \text{ В};$$

$$\underline{E}_6 = \mu_0 f W S \frac{I_{2C}}{h} e^{-j90^\circ} = 33,33 e^{-j167^\circ} \text{ В};$$

Тогда на выходах блоков уравнивания напряжений 10 получим  $E_{11}=30,8e^{j74^\circ}$ ,  $E_{21}=33,33e^{-j86^\circ}$ ,  $E_{31}=18,2e^{j178^\circ}$ . В результате абсолютное значение разностей ЭДС

$$|\underline{E}_{11} - \underline{E}_4| = |30,8 e^{j74^\circ} - 30,8 e^{j59^\circ}| = 8,04 \text{ В};$$

$$|\underline{E}_{21} - \underline{E}_5| = |33,33 e^{-j86^\circ} - 28 e^{-j76^\circ}| = 7,53 \text{ В};$$

$$|\underline{E}_{31} - \underline{E}_6| = |18,2 e^{j148^\circ} - 33,33 e^{-j167^\circ}| = 24,17 \text{ В};$$

Так как полученные разности превышают эталонное значение ЭДС  $E_{ЭТ}=3 \text{ В}$ , то на выходах схем сравнения 11 появляются сигналы, которые поступают на входы исполнительного органа 12. Исполнительный орган 12 срабатывает и подает сигнал на отключение выключателя 13.

Аналогично анализируется работа защиты в других режимах.

#### (57) Формула изобретения

Способ защиты преобразовательной установки с трансформатором с  $2n$  вторичными обмотками и  $2n$  выпрямителями, отличающийся тем, что измеряют индукции магнитных потоков вблизи шин, соединяющих с  $2n$  выпрямителями выводы  $2n$  вторичных обмоток трансформатора со стороны его низшего напряжения, преобразуя их в напряжения, сдвигают по фазе напряжения, полученные при преобразовании индукций магнитных потоков, измеренных вблизи шин, соединяющих с  $n$  выпрямителями выводы  $n$  вторичных обмоток трансформатора, соединенных в звезду, вычитают из напряжения, полученного при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины, подключенной к вторичной обмотке трансформатора, соединенной в звезду, напряжение, полученное при преобразовании индукции магнитного потока, измеренного вблизи шины той же фазы, подключенной ко вторичной обмотке трансформатора, соединенной в треугольник, сравнивают эту разность напряжений с эталонной величиной напряжения и, если эта разность напряжений превышает эталонную величину напряжения, подают сигнал на отключение преобразовательной установки от сети.

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С  
 ТРАНСФОРМАТОРОМ С 2n ВТОРИЧНЫМИ ОБМОТКАМИ  
 И 2n ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

