



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014114082/07, 09.04.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.04.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.04.2014

(45) Опубликовано: 20.06.2015 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Андреев В.А., Релейная защита и автоматика систем электроснабжения, Москва, Высшая школа, 2008, с.562-563. RU 2171005C2, 20.07.2001. SU 1053208A1, 07.11.1983. US 5995347A, 30.11.1999

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 30, ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет", отдел правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности

(72) Автор(ы):

Клецель Марк Яковлевич (KZ),
Машрапов Бауыржан Ерболович (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

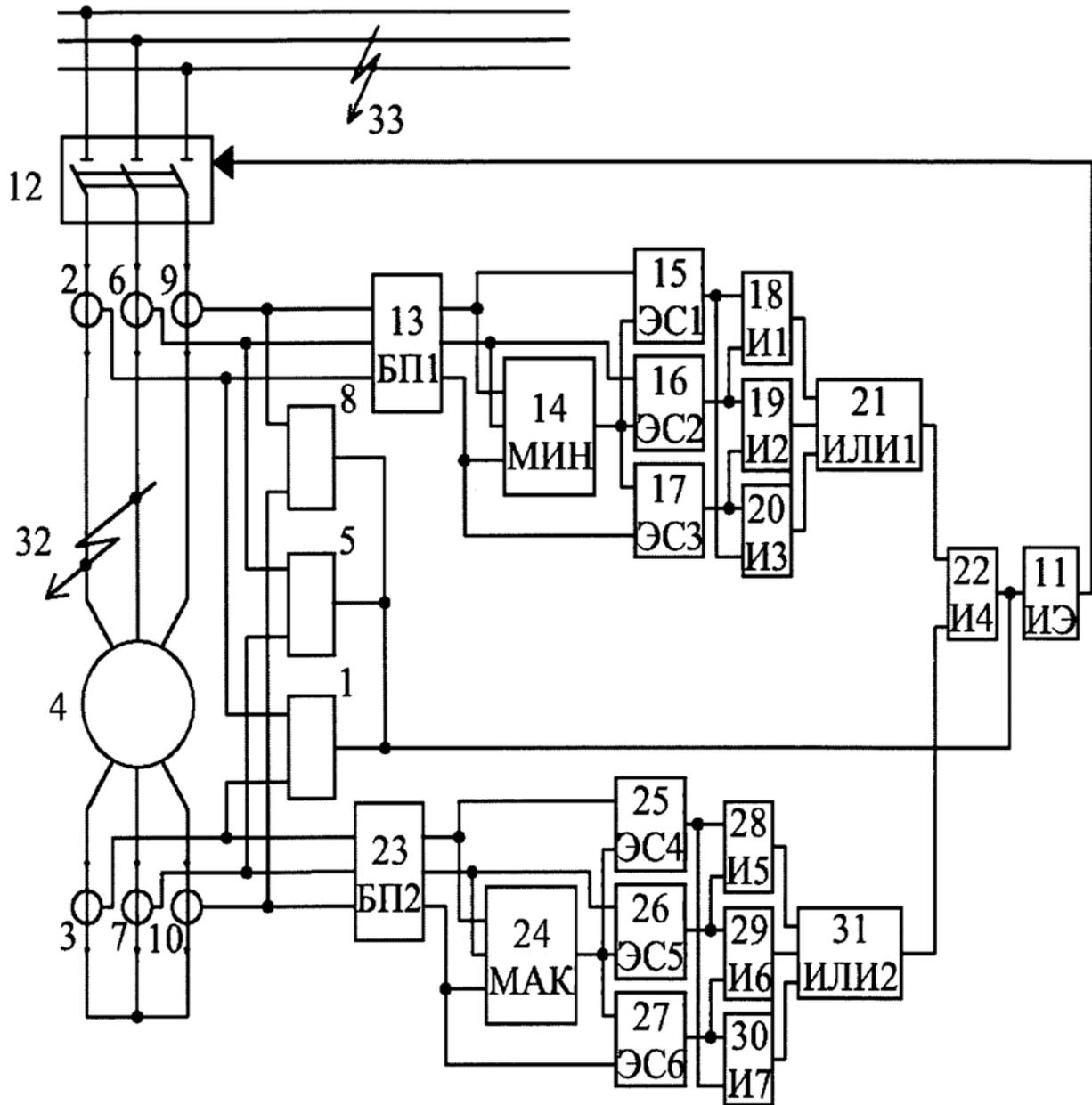
(57) Реферат:

Использование: в области электротехники. Технический результат: повышение чувствительности устройства при двухфазных коротких замыканиях. Устройство содержит первое, второе и третье реле тока, которые соответственно подключены к вторичным обмоткам первого и второго, третьего и четвертого, пятого и шестого трансформаторов тока. Первый, третий и пятый трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя со стороны ввода. Второй, четвертый и шестой трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя со стороны его нулевых выводов. К первому, второму и третьему реле тока подключен исполнительный элемент, выход которого подключен в цепь отключения выключателя. Первый блок преобразователей тока в напряжение подключен к первому,

третьему, пятому трансформаторам тока. Миниселектор подключен к первому блоку преобразователей тока. Первый, второй, третий, элементы сравнения подключены к миниселектору и соответствующему выходу первого блока преобразователей тока. Первый, второй, третий, пятый, шестой и седьмой элементы И подключены к первому и второму, второму и третьему, первому и третьему, четвертому и пятому, пятому и шестому, четвертому и шестому элементам сравнения соответственно. Первый элемент ИЛИ подключен к первому, второму и третьему элементам И. Четвертый элемент И входом подключен к первому элементу ИЛИ, а выходом подключен к исполнительному элементу. Второй блок преобразователей тока в напряжение подключен к второму, четвертому, шестому трансформаторам тока. Максиселектор подключен к второму блоку преобразователей

тока в напряжение. Четвертый, пятый, шестой элементы сравнения подключены к максиселектору и соответствующему выходу второго блока преобразователей тока в

напряжение. Второй элемент ИЛИ входами подключен к пятому, шестому и seventhому элементам И, а выходом подключен к четвертому элементу И. 1 ил.



Фиг. 1

RU 2553665 C1

RU 2553665 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014114082/07, 09.04.2014

(24) Effective date for property rights:
09.04.2014

Priority:

(22) Date of filing: 09.04.2014

(45) Date of publication: 20.06.2015 Bull. № 17

Mail address:

634050, g.Tomsk, pr. Lenina, 30, FGBOU VPO
"Natsional'nyj issledovatel'skij Tomskij
politekhicheskij universitet", otdel pravovoj
okhrany rezul'tatov intellektual'noj dejatel'nosti

(72) Inventor(s):

**Kletsel' Mark Jakovlevich (KZ),
Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich (KZ)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
issledovatel'skij Tomskij politekhicheskij
universitet" (RU)**

(54) **SHORT CIRCUIT PROTECTION DEVICE FOR ELECTRIC MOTORS**

(57) Abstract:

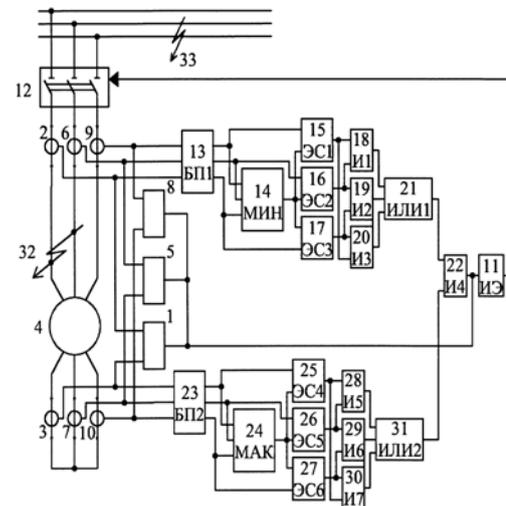
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device contains the first, second and third current relays which are respectively connected to secondary windings of the first and second, third and fourth, fifth and sixth current transformers. The first, third and fifth current transformers by primary windings are connected to splitting of A, B, C phases of the electric motor from input. The second, fourth and sixth current transformers are connected by primary windings to splitting of A, B, C phases of the electric motor from the side of its zero terminals. The executive element the output of which is connected to a switch disconnection circuit is connected to the first, second and third current relays. The first current-voltage converter assembly is connected to the first, third, fifth current transformers. The mini-selector is connected to the first current converter assembly. The first, second, third comparators are connected to the mini-selector and to the respective output of the first current converter assembly. The first, second, third, fifth, sixth and seventh AND gates are connected to the first and second, second and third, first and third, fourth and fifth, fifth and sixth, fourth and sixth comparators respectively. The first OR gate is connected to the first, second and third AND gates. The fourth AND gate is connected by the input to the first OR gate, and by the output it is connected to the executive element. The

second current-voltage converter assembly is connected to the second, fourth, sixth current transformers. The maxi-selector is connected to the second current-voltage converter assembly. The forth, fifth, sixth comparators are connected to the maxi-selector and to the respective output of the second current-voltage converter assembly. The second OR gate is connected by inputs to the fifth, sixth and seventh AND gates, and by the output is connected to the fourth AND gate.

EFFECT: improvement of sensitivity of the device at two-phase short circuits.

1 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к электротехнике, а именно к технике релейной защиты, и может быть использовано для защиты электродвигателей.

Известно устройство для защиты электродвигателей от коротких замыканий, содержащее последовательно подключенные к вторичной обмотке трансформатора тока вычислитель модуля тока, блок ослабления измеряемого тока электродвигателя и компаратор сравнения модуля тока с уставкой, блок распознавания генераторного режима электродвигателя, который подключен к трансформатору тока и компаратору сравнения модуля тока с уставкой, RS-триггер, подключенный к блоку распознавания генераторного режима электродвигателя, а выходом в цепь отключения выключателя [RU 2171005 C2, МПК 7 H02H 7/08, опубл. 20.07.2001].

Недостатком этого устройства является низкая чувствительность при коротком замыкании в момент включения выключателя, так как уставка срабатывания устройства в момент включения выключателя отстроена от пускового тока электродвигателя.

Известно устройство для защиты электродвигателей от коротких замыканий [Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения - М.: Высш. Шк., 2008. - с.562-563.], выбранное в качестве прототипа, содержащее первое реле тока, подключенное ко вторичным обмоткам первого и второго трансформаторов тока, первичные обмотки которых включены в рассечку токопровода фазы А со стороны ввода электродвигателя и его нулевых выводов, второе реле тока, подключенное ко вторичной обмотке третьего и четвертого трансформаторов тока, первичные обмотки которых включены в рассечку токопровода фазы В со стороны ввода электродвигателя и его нулевых выводов, третье реле тока, подключенное к вторичной обмотке пятого и шестого трансформаторов тока, первичные обмотки которых включены в рассечку токопровода фазы С со стороны ввода электродвигателя и его нулевых выводов, исполнительный элемент, входом подключенный к первому, второму и третьему реле тока, а выходом - в цепь отключения выключателя.

Недостатком этого устройства является недостаточная чувствительность при двухфазных коротких замыканиях (КЗ).

Задачей изобретения является повышение чувствительности устройства при двухфазных КЗ.

Это достигается за счет того, что устройство для защиты электродвигателей от коротких замыканий, как и в прототипе, содержит первое (1), второе (5) и третье (8) реле тока, которые соответственно подключены к вторичным обмоткам первого (2) и второго (3), третьего (6) и четвертого (7), пятого (9) и шестого (10) трансформаторов тока. Первый (2), третий (6) и пятый (9) трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя (4) со стороны ввода. Второй (3), четвертый (7) и шестой (10) трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя (4) со стороны его нулевых выводов. К первому (1), второму (5) и третьему (8) реле тока подключен исполнительный элемент (11), выход которого подключен в цепь отключения выключателя (12).

Согласно изобретению первый блок преобразователей тока в напряжение (13) подключен к первому (2), третьему (6), пятому (9) трансформаторам тока. Миниселектор (14) подключен к первому блоку преобразователей тока (13). Первый (15), второй (16), третий (17) элементы сравнения подключены к миниселектору (14) и соответствующему выходу первого блока преобразователей тока (13). Первый элемент И (18) подключен к первому (15) и второму (16) элементам сравнения. Второй элемент И (19) подключен к второму (16) и третьему (17) элементам сравнения. Третий элемент И (20) подключен к первому (15) и третьему (17) элементам сравнения. Первый элемент ИЛИ (21)

подключен к первому (18), второму (19) и третьему (20) элементам И. Четвертый элемент И (22) входом подключен к первому элементу ИЛИ (21), а выходом подключен к исполнительному элементу (11). Второй блок преобразователей тока в напряжение (23) подключен к второму (3), четвертому (7), шестому (10) трансформаторам тока.

5 Максиселектор (24) подключен к второму блоку преобразователей тока в напряжение (23). Четвертый (25), пятый (26), шестой (27) элементы сравнения подключены к максиселектору (24) и соответствующему выходу второго блока преобразователей тока в напряжение (23). Пятый элемент И (28) подключен к четвертому (25) и пятому (26) элементам сравнения. Шестой элемент И (29) подключен к пятому (26) и шестому (27) элементам сравнения. Седьмой элемент И (30) подключен к четвертому (25) и шестому (27) элементам сравнения. Второй элемент ИЛИ (31) входами подключен к пятому (28), шестому (29) и седьмому (30) элементам И, а выходом подключен к четвертому элементу И (22).

15 Предлагаемое устройство в отличие от прототипа позволяет сравнить между собой токи в фазах А, В, С электродвигателя, измеренные трансформаторами тока, установленными со стороны ввода, и сравнить между собой токи в этих же фазах, измеренные со стороны нулевых выводов электродвигателя. При этом ток небаланса, вызванный погрешностями трансформаторов тока, установленными с одной стороны, меньше, чем ток небаланса, вызванный погрешностями трансформаторов тока, установленными в одной фазе со стороны ввода и нулевых выводов электродвигателя. Поэтому уставки срабатывания элементов сравнения отстраивают от меньшего значения токов небаланса, что и приводит к повышению чувствительности при двухфазных коротких замыканиях.

На фиг.1 представлено предлагаемое устройство.

25 Устройство для защиты электродвигателей от коротких замыканий содержит первое реле тока 1, которое подключено ко вторичным обмоткам первого 2 и второго 3 трансформаторов тока, которые первичными обмотками включены в рассечку токопровода фазы А со стороны ввода электродвигателя 4 и его нулевых выводов. Второе реле тока 5 подключено ко вторичным обмоткам третьего 6 и четвертого 7 трансформаторов тока, которые первичными обмотками включены в рассечку токопровода фазы В со стороны ввода электродвигателя 4 и его нулевых выводов. Третье реле тока 8 подключено к вторичным обмоткам пятого 9 и шестого 10 трансформаторов тока, которые первичными обмотками включены в рассечку токопровода фазы С со стороны ввода электродвигателя 4 и его нулевых выводов. 30 Исполнительный элемент 11 (ИЭ) входом подключен к первому 1, второму 5 и третьему 8 реле тока, а выходом подключен в цепь отключения выключателя 12.

Первый блок преобразователей тока в напряжение 13 (БП1) подключен к первому 2, третьему 6, пятому 9 трансформаторам тока. Миниселектор 14 (МИН) подключен к первому блоку преобразователей тока 13 (БП1). Первый 15 (ЭС1), второй 16 (ЭС2), 40 третий 17 (ЭС3) элементы сравнения подключены к миниселектору 14 (МИН) и соответствующему выходу первого блока преобразователей тока 13 (БП1). Первый элемент И 18 (И1) подключен к первому 15 (ЭС1) и второму 16 (ЭС2) элементам сравнения. Второй элемент И 19 (И2) подключен к второму 16 (ЭС2) и третьему 17 (ЭС3) элементам сравнения. Третий элемент И 20 (И3) подключен к первому 15 (ЭС1) и третьему 17 (ЭС3) элементам сравнения. Первый элемент ИЛИ 21 (ИЛИ1) подключен к первому 18 (И1), второму 19 (И2) и третьему 20 (И3) элементам И. Четвертый элемент И 22 (И4) входом подключен к первому элементу ИЛИ 21 (ИЛИ1), а выходом подключен к исполнительному элементу 11 (ИЭ). Второй блок преобразователей тока

в напряжение 23 (БП2) подключен к второму 3, четвертому 7, шестому 10 трансформаторам тока. Максиселектор 24 (МАК) подключен к второму блоку преобразователей тока в напряжение 23 (БП2). Четвертый 25 (ЭС4), пятый 26 (ЭС5), шестой 27 (ЭС6) элементы сравнения подключены к максиселектору 24 (МАК) и соответствующему выходу второго блока преобразователей тока в напряжение 23 (БП2). Пятый элемент И 28 (И5) подключен к четвертому 25 (ЭС4) и пятому 26 (ЭС5) элементам сравнения. Шестой элемент И 29 (И6) подключен к пятому 26 (ЭС5) и шестому 27 (ЭС6) элементам сравнения. Седьмой элемент И 30 (И7) подключен к четвертому 25 (ЭС4) и шестому 27 (ЭС6) элементам сравнения. Второй элемент ИЛИ 31 (ИЛИ2) входами подключен к пятому 28 (И5), шестому 29 (И6) и седьмому 30 (И7) элементам И, а выходом подключен к четвертому элементу И 22 (И4).

В качестве реле тока 1, 5, 8 можно использовать, например, реле РНТ. Блоки преобразователей тока в напряжение 13 (БП1), 23 (БП2) могут быть выполнены из трех автотрансформаторов типа АТ-32. Схемы сравнения 15 (ЭС1), 16 (ЭС2), 17 (ЭС3), 25 (ЭС4), 26 (ЭС5), 27 (ЭС6) максиселектор 24 (МАК), миниселектор 14 (МИН), элементы И 18 (И1), 19 (И2), 20 (И3), И 22 (И4), 28 (И5), 29 (И6), 30 (И7), ИЛИ 21 (ИЛИ1), 31 (ИЛИ2) могут быть выполнены на микроконтроллере серии 51 производителя amtel AT89S53. В качестве исполнительно элемента 11 (ИЭ) может быть использовано промежуточное реле типа РП 16-1.

Устройство работает следующим образом.

При двухфазном КЗ в любой точке между трансформаторами 2 и 3, 6 и 7, 9 и 10 (это защищаемая зона), например, между фазами А и В, точка 32, (фиг.1) токи в этих фазах со стороны источника питания значительно больше тока в неповрежденной фазе С. Поэтому на выходе миниселектора 14 (МИН) появляется напряжение, пропорциональное наименьшему из токов, и элементы сравнения 16 (ЭС2) и 17 (ЭС3) выдают сигналы, так как выполняются их условия срабатывания

$$k_1 U_{\min} \leq U_{B1};$$

$$k_1 U_{\min} \leq U_{A1},$$

где U_{\min} - напряжение на выходе миниселектора 14 (МИН), пропорциональное наименьшему из токов в фазах А, В, С электродвигателя со стороны ввода;

U_{A1} , U_{B1} , U_{C1} - напряжения на выходах блока преобразователей тока 13 (БП1), пропорциональные токам в фазах А, В, С электродвигателя со стороны ввода;

k_1 - коэффициент пропорциональности, принимаем $k_1=1,25$,

а элемент сравнения 15 (ЭС1) - не выдает, так как не выполняется его условие срабатывания

$$k_1 U_{\min} \leq U_{C1};$$

где U_{C1} - напряжения на выходе блока преобразователей тока 13 (БП1), пропорциональные току в фазе С электродвигателя со стороны ввода.

Следовательно появляется сигнал на выходах элементов И 19 (И2) и ИЛИ 21 (ИЛИ1), а на выходах элементов И 18 (И1), 20 (И3) - сигналов нет. Со стороны нейтрали ток в фазе С превышает токи в фазах А и В, так как ток в свободной фазе подпитывает место КЗ через обмотки электродвигателя 4. Поэтому на выходе максиселектора 24 (МАК) появляется напряжение, пропорциональное наибольшему из токов, и элементы сравнения 25 (ЭС4), 26 (ЭС5) выдают сигнал, так как выполняются условия их срабатывания

$$U_{\max} \geq k_2 U_{A2};$$

$$U_{\max} \geq k_2 U_{B2};$$

где U_{\max} - напряжение на выходе максиселектора 24 (МАК), пропорциональное
5 наибольшему из токов в фазах А, В, С электродвигателя со стороны его нулевых выводов;

U_{A2} , U_{B2} , U_{C2} - напряжения на выходах блока преобразователей тока 23 (БП2), пропорциональные токам в фазах А, В, С электродвигателя со стороны его нулевых выводов;

10 k_2 - коэффициент пропорциональности, принимаем $k_2=1,25$,

а элемент сравнения 27 (ЭС6) - не выдает, так как не выполняется его условие срабатывания

$$U_{\max} \geq k_2 U_{C2},$$

15 U_{C2} - напряжения на выходе блока преобразователей тока 23 (БП2), пропорциональное току в фазе С электродвигателя со стороны его нулевых выводов. В следствие этого элементы И28 (И5) и ИЛИ 31 (ИЛИ2) выдают сигналы. Элемент И22 (И4) запускает исполнительный элемент 11 (ИЭ). Защита срабатывает, и выключатель 12 отключается.

20 В нормальном режиме работы электродвигателя и при трехфазном КЗ вне защищаемой зоны выше указанные неравенства не выполняются, так как токи в фазах равны между собой, и на выходе элемента И22 (И4) сигнал отсутствует. Защита не срабатывает.

25 При трехфазном КЗ в защищаемой зоне условия срабатывания элементов сравнения 15 (ЭС1), 16 (ЭС2), 17 (ЭС3) и 25 (ЭС4), 26 (ЭС5), 27 (ЭС6) не выполняются, и они не выдают сигналы. Защита не срабатывает. При этом выдают сигналы реле тока 1, 5, 8, и через исполнительный элемент 11 (ИЭ) выключатель 12 отключается.

30 При внешнем двухфазном КЗ, например, между фазами В и С, точка 33, ток в фазе А превосходит токи в фазах В и С, протекающих в защищаемой зоне. Поэтому выполняются условия срабатывания элементов сравнения 26 (ЭС5), 27 (ЭС6) и не выполняются - элементов сравнения 15 (ЭС1), 16 (ЭС2), 17 (ЭС3) и 25 (ЭС4). Поэтому элементы И 18 (И1), И 19 (И2), 20 (И3), ИЛИ 21 (ИЛИ1), И 22 (И4) и исполнительный элемент 11 (ИЭ) сигналов не выдают. Защита не срабатывает.

35 Использование заявляемого устройства позволяет повысить чувствительность защит к двухфазным коротким замыканиям.

Чувствительность защит, как правило, оценивают коэффициентом $k_{\text{ч}}$ чувствительности. Для токовых защит:

$$k_{\text{ч}} = I_{\text{к.мин}} / I_{\text{с.з.}},$$

40 где $I_{\text{к.мин}}$ - минимальный ток короткого замыкания,

$I_{\text{с.з.}}$ - ток срабатывания защиты, при достижении которого она дает сигнал на отключение.

45 В дистанционных защитах $k_{\text{ч}}$ - это отношение сопротивлений. По аналогии с этими представлениями в заявляемом устройстве $k_{\text{ч}}$ - это отношение коэффициентов пропорциональности $k_{\text{КЗ}}$ при двухфазном коротком замыкании и k_1 . Определив ток двухфазного короткого замыкания, например, между фазами В и С на выводах электродвигателя мощностью 8 МВт, подключенного к шинам напряжением 6 кВ, и

питающем их трансформаторе мощностью 25 МВА, получаем, что токи, протекающие со стороны источника питания в поврежденных фазах электродвигателя, $I_{B1}=I_{C1}=3800\text{А}$, а в неповрежденной - $I_{A1}=770\text{А}$. Разделив I_{B1} и I_{C1} на I_{A1} для режима короткого замыкания, получаем $n_{K3}=I_{B1}/I_{A1}=3800/770=4,9$. При выполнении защит по заявляемому способу коэффициент чувствительности $k_{ч3}=k_{K3}/k_1=4,9/1,25=3,9$. Устройство, взятое за прототип, имеет

$$k_ч=I_{K3\text{MIN}}/I_{C3},$$

где $I_{C3}=k_{OTC} \cdot I_{НОМ}$,

где $k_{OTC}=2-4$, в зависимости от того, на каких реле выполняется защита.

Принимая $k_{OTC}=2$, получаем $k_ч=3800/(770 \cdot 2)=2,4$. Для электродвигателей меньшей мощности, подключенных к тем же шинам, разница между $k_{ч3}$ и $k_ч$ еще больше.

Таким образом, заявляемое устройство обладает большей чувствительностью к двухфазным коротким замыканиям, чем прототип.

Формула изобретения

Устройство для защиты электродвигателей от коротких замыканий, содержащее первое (1), второе (5) и третье (8) реле тока, которые соответственно подключены к вторичным обмоткам первого (2) и второго (3), третьего (6) и четвертого (7), пятого (9) и шестого (10) трансформаторов тока, причем первый (2), третий (6) и пятый (9) трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя (4) со стороны ввода, при этом второй (3), четвертый (7) и шестой (10) трансформаторы тока первичными обмотками включены в рассечку фаз А, В, С электродвигателя (4) со стороны его нулевых выводов, а к первому (1), второму (5) и третьему (8) реле тока подключен исполнительный элемент (11), выход которого подключен в цепь отключения выключателя (12), отличающееся тем, что первый блок преобразователей тока в напряжение (13) подключен к первому (2), третьему (6), пятому (9) трансформаторам тока, миниселектор (14) подключен к первому блоку преобразователей тока (13), при этом первый (15), второй (16), третий (17) элементы сравнения подключены к миниселектору (14) и соответствующему выходу первого блока преобразователей тока (13), первый элемент И (18) подключен к первому (15) и второму элементам сравнения, второй элемент И (19) подключен к второму (16) и третьему элементам сравнения, а третий элемент И (20) подключен к первому (15) и третьему (17) элементам сравнения, причем первый элемент ИЛИ (21) подключен к первому (18), второму (19) и третьему (20) элементам И, четвертый элемент И (22) входом подключен к первому элементу ИЛИ (21), а выходом подключен к исполнительному элементу (11), второй блок преобразователей тока в напряжение (23) подключен к второму (3), четвертому (7), шестому (10) трансформаторам тока, максиселектор (24) подключен к второму блоку преобразователей тока в напряжение (23), при этом четвертый (25), пятый (26), шестой (27) элементы сравнения подключены к максиселектору (24) и соответствующему выходу второго блока преобразователей тока в напряжение (23), пятый элемент И (28) подключен к четвертому (25) и пятому (26) элементам сравнения, шестой элемент И (29) подключен к пятому (26) и шестому (27) элементам сравнения, а седьмой элемент И (30) подключен к четвертому (25) и шестому (27) элементам сравнения, причем второй элемент ИЛИ (31) входами подключен к пятому (28), шестому (29) и седьмому (30) элементам И, а выходом подключен к четвертому элементу И (22).