



(51) МПК  
*H02B 5/00* (2006.01)  
*H02B 1/24* (2006.01)  
*H02B 13/065* (2006.01)  
*H02H 9/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*H02B 5/00 (2020.08); H02B 1/24 (2020.08); H02B 13/065 (2020.08); H02H 9/00 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2020113994, 03.04.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.04.2020

Дата регистрации:  
04.03.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.04.2020

(45) Опубликовано: 04.03.2021 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,  
Кубанский ГАУ, отдел организации и  
сопровождения научной деятельности

(72) Автор(ы):

Богдан Александр Владимирович (RU),  
Клецель Марк Яковлевич (KZ),  
Барукин Александр Сергеевич (KZ),  
Динмуханбетова Айгуль Жумагельдыевна  
(KZ),  
Амирбек Динара Амирбеккызы (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Кубанский государственный  
аграрный университет имени И.Т.  
Трубилина" (RU),  
Республиканское государственное  
предприятие на праве хозяйственного  
ведения "Павлодарский государственный  
университет имени С. Торайгырова"  
Министерства образования и науки  
республики Казахстан (KZ)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2345460 C2, 27.01.2009. SU 250244  
A1, 12.08.1969. SU 1365238 A1, 07.01.1988. SU  
1157603 A1, 23.05.1985. EP 1168551 A1,  
02.01.2002. СТО 56947007-29.240.30.010-  
2008. СХЕМЫ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ  
ПОДСТАНЦИЙ 35-750 КВ. ТИПОВЫЕ  
РЕШЕНИЯ. 20.12.2007. стр 30, 76.

(54) Открытое распределительное устройство электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью линиями и автотрансформатором связи

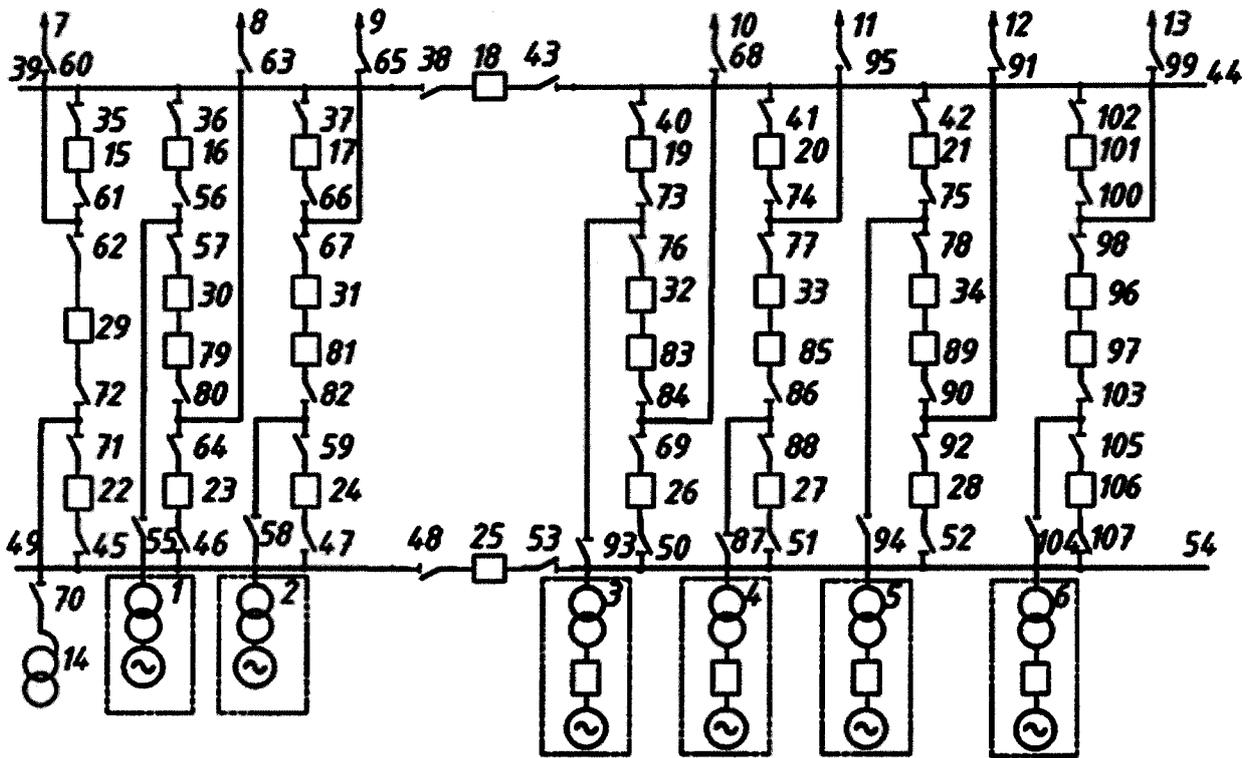
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, а именно к открытым распределительным устройствам (ОРУ) электрических станций. Техническим результатом изобретения является повышение надежности работы устройства при возникновении отказов в отключении КЗ на присоединении или отказов типа «КЗ в обе

стороны» любого из выключателей, а также при их нахождении в ремонте. ОРУ электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью линиями и автотрансформатором связи содержит с первого по пятнадцатый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, с шестнадцатого по

двадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон. Первые разъединители с первого по четвертый выключателей подключены к первой сборной шине. Первые разъединители с пятого по седьмой выключателей и второй разъединитель четвертого выключателя подключены ко второй сборной шине. Первые разъединители с восьмого по одиннадцатый выключателей подключены к третьей сборной шине. Первые разъединители с двенадцатого по четырнадцатый выключателей и второй разъединитель одиннадцатого выключателя подключены к четвертой сборной шине. Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю второго выключателя и к разъединителю шестнадцатого выключателя. Разъединитель первой линии подключен ко второму разъединителю первого выключателя и к первому разъединителю пятнадцатого выключателя. Разъединитель автотрансформатора связи подключен ко вторым разъединителям восьмого и пятнадцатого выключателей. Вторые разъединители с пятого по седьмой выключателей подключены к разъединителям восемнадцатого по двадцатого выключателей. Двадцать первый выключатель

включен последовательно с шестнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя второй линии со вторым разъединителем девятого выключателя. Двадцать второй выключатель включен последовательно с семнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя второго блока генератор-трансформатор со вторым разъединителем десятого выключателя. Двадцать третий выключатель включен последовательно с восемнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя четвертой линии со вторым разъединителем двенадцатого выключателя. Двадцать четвертый выключатель включен последовательно с девятнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю четвертого блока генератор-трансформатор и ко второму разъединителю тринадцатого выключателя. Двадцать пятый выключатель включен последовательно с двадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю шестой линии и ко второму разъединителю четырнадцатого выключателя. 1 ил.



Фиг. 1

RU 2744255 C1

RU 2744255 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02B 5/00* (2006.01)  
*H02B 1/24* (2006.01)  
*H02B 13/065* (2006.01)  
*H02H 9/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H02B 5/00 (2020.08); H02B 1/24 (2020.08); H02B 13/065 (2020.08); H02H 9/00 (2020.08)*(21)(22) Application: **2020113994, 03.04.2020**(24) Effective date for property rights:  
**03.04.2020**Registration date:  
**04.03.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **03.04.2020**(45) Date of publication: **04.03.2021** Bull. № 7

Mail address:

**350044, g. Krasnodar, ul. Kalinina, 13, Kubanskiy  
GAU, otdel organizatsii i soprovozhdeniya  
nauchnoj deyatelnosti**

(72) Inventor(s):

**Bogdan Aleksandr Vladimirovich (RU),  
Kletsel Mark Yakovlevich (KZ),  
Barukin Aleksandr Sergeevich (KZ),  
Dinmukhanbetova Ajgul Zhumageldyevna (KZ),  
Amirbek Dinara Amirbekkyzy (KZ)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Kubanskiy gosudarstvennyy  
agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina" (RU),  
Respublikanskoe gosudarstvennoe predpriyatie  
na prave khozyajstvennogo vedeniya  
"Pavlodarskiy gosudarstvennyy universitet imeni  
S. Torajgyrova" Ministerstva obrazovaniya i  
nauki respubliky Kazakhstan (KZ)**(54) **OPEN DISTRIBUTION DEVICE OF ELECTRIC STATION WITH SIX UNITS OF GENERATOR-TRANSFORMER, SEVEN LINES AND AUTOTRANSFORMER OF COMMUNICATION**

(57) Abstract:

FIELD: electrical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, namely, to open switchgear devices (OSD) of electric stations. Switchgear of electric station with six units of generator-transformer, seven lines and autotransformer of communication comprises first to fifteenth switches with disconnectors on each side, from sixteenth to twentieth switches with disconnector on one side. First disconnectors from the first to fourth switches are connected to the first busbar. First disconnect switches from the fifth to seventh switches and the second disconnector of the fourth switch are connected to the second busbar. First disconnect switches from the eighth to the eleventh switches are connected to the third busbar. First disconnect switches from the twelfth to the fourteenth switches and the second disconnector of the eleventh switch are connected to the fourth busbar. Disconnector of the first generator-transformer unit is connected to the second disconnector of the second switch and to the

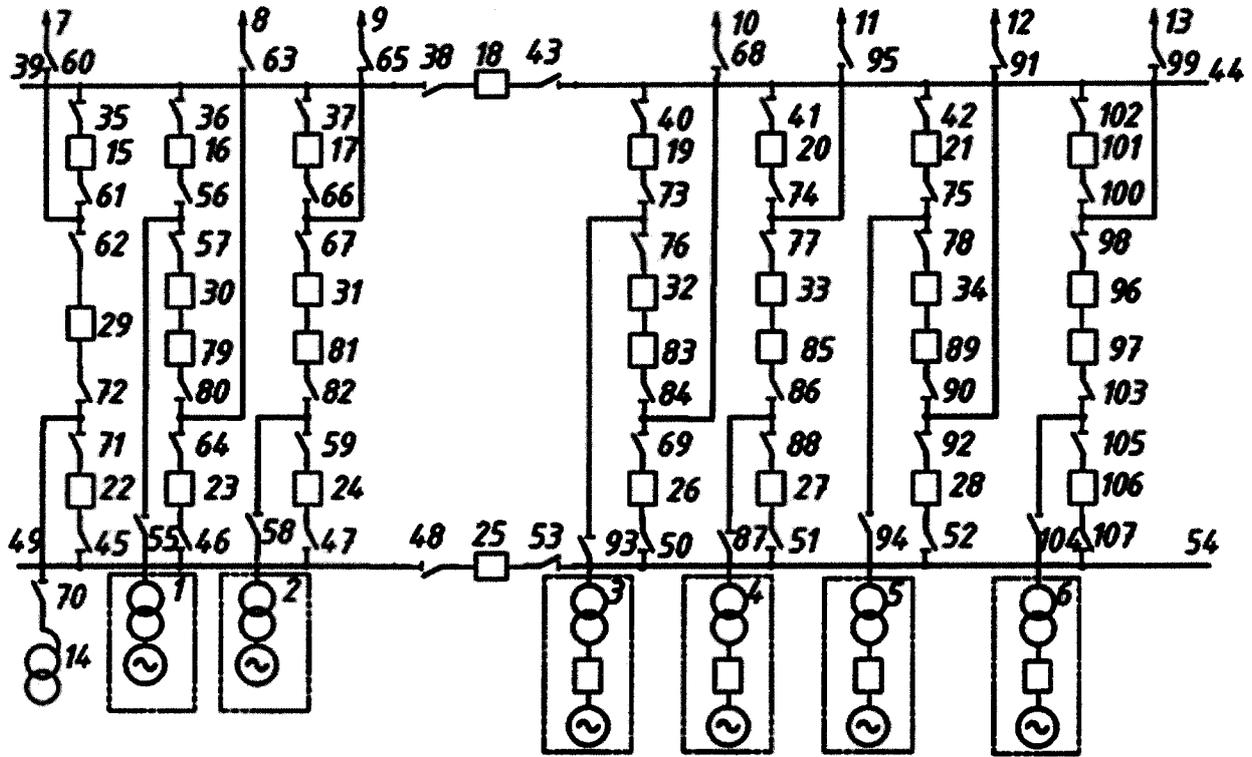
disconnecter of the sixteenth switch. Disconnector of the first line is connected to the second disconnector of the first switch and to the first disconnector of the fifteenth switch. Disconnector of autotransformer is connected to the second disconnect switches of the eighth and fifteenth switches. Second disconnect switches from the fifth to the seventh switches are connected to disconnect switches of the eighteenth to the twentieth switches. Twenty-first switch is connected in series with sixteenth switch, and its disconnector is connected to connection point of disconnector of second line with second disconnector of ninth switch. Twenty-second switch is connected in series with the seventeenth switch, and its disconnector is connected to the connection point of the disconnector of the second generator-transformer unit with the second disconnector of the tenth switch. Twenty-third switch is connected in series with the eighteenth switch, and its disconnector is connected to the point of connection of the fourth line disconnector to the second disconnector of the

twelfth switch. Twenty-fourth switch is connected in series with nineteenth switch, and its disconnector is connected to disconnector of fourth unit of generator-transformer and to second disconnector of thirteenth switch. Twenty-fifth switch is connected in series with the twentieth switch, and its disconnector is connected to the disconnector of the sixth line and to the second

disconnector of the fourteenth switch.

EFFECT: technical result of invention is higher reliability of device in case of failure in disconnection of short-circuit at connection or short-circuit in both sides failure type of any of switches, as well as when they are in repair.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2744255 C1

RU 2744255 C1

Изобретение относится к электротехнике, а именно к открытым распределительным устройствам (ОРУ) электрических станций, и может быть применено на них для выдачи вырабатываемой электроэнергии.

5 Известно распределительное устройство повышенного напряжения, выполненное по схеме «3/2» [Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 240 с. ил.], содержащее двадцать четыре выключателя с разъединителями с каждой из сторон, шесть блоков генератор-трансформатор, шесть линий и два автотрансформатора связи.

10 Недостатком этого устройства является низкая надежность, так как отказ в отключении выключателей между блоком и линией при коротком замыкании (КЗ) на одном из этих присоединений или их отказ типа «КЗ в обе стороны» приводит к одновременному отключению двух присоединений. К аналогичным последствиям приводит отказ типа «КЗ в обе стороны» выключателя, соединяющего блок и линию, совпадающий с ремонтом выключателя, подключающего блок к шине.

15 Известно ОРУ электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью линиями и автотрансформатором связи выполненное по схеме «3/2» [Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов 2-е издание, переработанное и дополненное - Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с. ил.], выбранное в качестве прототипа, содержащее двадцать выключателей с разъединителями с каждой  
20 из сторон. Первые разъединители первого, второго, третьего и четвертого выключателей подключены к первой сборной шине. Первые разъединители пятого, шестого, седьмого выключателей и второй разъединитель четвертого выключателя подключены ко второй сборной шине. Первые разъединители восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого выключателей подключены к третьей сборной шине. Первые разъединители  
25 двенадцатого, тринадцатого, четырнадцатого выключателей и второй разъединитель одиннадцатого выключателя подключены к четвертой сборной шине. Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю второго выключателя и к первому разъединителю шестнадцатого выключателя. Разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен ко вторым разъединителям  
30 десятого и семнадцатого выключателей. Разъединители третьего и четвертого блоков генератор-трансформатор подключены ко второму разъединителю шестого выключателя и к первому разъединителю девятнадцатого выключателя. Разъединители пятого и шестого блоков генератор-трансформатор подключены ко вторым  
35 разъединителям четырнадцатого и двадцатого выключателей. Разъединитель первой линии подключен ко второму разъединителю первого выключателя и к первому разъединителю пятнадцатого выключателя. Разъединитель второй линии подключен ко вторым разъединителям девятого и шестнадцатого выключателей. Разъединитель третьей линии подключен ко второму разъединителю третьего выключателя и к первому  
40 разъединителю семнадцатого выключателя. Разъединитель четвертой линии подключен ко вторым разъединителям двенадцатого и восемнадцатого выключателей. Разъединитель пятой линии подключен ко второму разъединителю пятого выключателя и к первому разъединителю восемнадцатого выключателя. Разъединитель шестой линии подключен ко вторым разъединителям тринадцатого и девятнадцатого выключателей. Разъединитель седьмой линии подключен ко второму разъединителю седьмого  
45 выключателя и к первому разъединителю двадцатого выключателя. Разъединитель автотрансформатора связи подключен ко вторым разъединителям восьмого и пятнадцатого выключателей.

Недостатком этого устройства является низкая надежность, так как отказ в

отключении выключателей между одним блоком (двумя объединенными блоками) и линией при КЗ на одном из этих присоединений или их отказ типа «КЗ в обе стороны» приводит к одновременному отключению двух присоединений из одного блока (двух объединенных блоков) и линии. К аналогичным последствиям приводит отказ типа  
 5 «КЗ в обе стороны» выключателя, соединяющего один блок (два объединенных блока) и линию, совпадающий с ремонтом выключателя, подключающего один блок (два объединенных блока) к шине. Отказ типа «КЗ в обе стороны» выключателя, подключающего два объединенных блока к шине, совпадающий с ремонтом линии и  
 10 двух выключателей, осуществляющих ее подключение к схеме, приводит к длительной потере двух объединенных блоков. Во всех перечисленных случаях отказы выключателей ведут к дефициту мощности в энергосистеме (также возможно нарушение ее устойчивой работы из-за потери блоков) и, как следствие, к недоотпуску электроэнергии конечным потребителям.

Техническим результатом изобретения является повышение надежности работы  
 15 устройства при возникновении отказов в отключении КЗ на присоединении или отказов типа «КЗ в обе стороны» любого из выключателей, а также при их нахождении в ремонте.

Предложенное ОРУ электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью линиями и автотрансформатором связи, так же, как и в  
 20 прототипе, содержит первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, шестнадцатый, семнадцатый, восемнадцатый, девятнадцатый, двадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон. Первые разъединители первого, второго, третьего и четвертого  
 25 выключателей подключены к первой сборной шине. Первые разъединители пятого, шестого, седьмого выключателей и второй разъединитель четвертого выключателя подключены ко второй сборной шине. Первые разъединители восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого выключателей подключены к третьей сборной шине. Первые  
 30 разъединители двенадцатого, тринадцатого, четырнадцатого выключателей и второй разъединитель одиннадцатого выключателя подключены к четвертой сборной шине. Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю второго выключателя и к разъединителю шестнадцатого выключателя. Разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен ко второму  
 35 разъединителю десятого выключателя. Разъединитель первой линии подключен ко второму разъединителю первого выключателя и к первому разъединителю пятнадцатого выключателя. Разъединитель второй линии подключен ко второму разъединителю девятого выключателя. Разъединитель третьей линии подключен ко второму  
 40 разъединителю третьего выключателя и к разъединителю семнадцатого выключателя. Разъединитель четвертой линии подключен ко второму разъединителю двенадцатого выключателя. Разъединитель автотрансформатора связи подключен ко вторым  
 45 разъединителям восьмого и пятнадцатого выключателей. Вторые разъединители пятого, шестого и седьмого выключателей подключены к разъединителям восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей, соответственно.

Согласно изобретению, введены двадцать первый, двадцать второй, двадцать третий,  
 45 двадцать четвертый, двадцать пятый, двадцать шестой и двадцать седьмой выключатели с разъединителем с одной из сторон, двадцать восьмой и двадцать девятый выключатели с разъединителями с каждой из сторон. Двадцать первый выключатель включен последовательно с шестнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к

точке соединения разъединителя второй линии со вторым разъединителем девятого выключателя. Двадцать второй выключатель включен последовательно с семнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя второго блока генератор-трансформатор со вторым разъединителем десятого выключателя. Двадцать третий выключатель включен последовательно с восемнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя четвертой линии со вторым разъединителем двенадцатого выключателя. Двадцать четвертый выключатель включен последовательно с девятнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю четвертого блока генератор-трансформатор и ко второму разъединителю тринадцатого выключателя. Двадцать пятый выключатель включен последовательно с двадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю шестой линии и ко второму разъединителю четырнадцатого выключателя. Разъединитель третьего блока генератор-трансформатор подключен к точке соединения второго разъединителя пятого выключателя с разъединителем восемнадцатого выключателя. Разъединитель пятого блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю седьмого выключателя и к разъединителю двадцатого выключателя. Разъединитель пятой линии подключен к точке соединения второго разъединителя шестого выключателя с разъединителем девятнадцатого выключателя. Двадцать шестой выключатель включен последовательно с двадцать седьмым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю седьмой линии и к первому разъединителю двадцать восьмого выключателя, второй разъединитель которого подключен ко второй сборной шине. Разъединитель двадцать седьмого выключателя подключен к разъединителю шестого блока генератор-трансформатор и к первому разъединителю двадцать девятого выключателя, второй разъединитель которого подключен к четвертой сборной шине.

Использование двадцать первого, двадцать второго, двадцать третьего, двадцать четвертого, двадцать пятого, двадцать шестого и двадцать седьмого выключателей с разъединителем с одной из сторон, а также двадцать восьмого и двадцать девятого выключателей с разъединителями с каждой из сторон, и их соответствующее подключение позволяет, по сравнению с прототипом, повысить надежность работы ОРУ за счет снижения частоты потери мощности, вырабатываемой генераторами, при отказах любого из выключателей и при их нахождении в ремонте.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемого ОРУ.

ОРУ электрической станции с шестью блоками 1-6 генератор-трансформатор, семью линиями 7-13 и автотрансформатором 14 связи (фиг. 1) содержит первый 15, второй 16, третий 17, четвертый 18, пятый 19, шестой 20, седьмой 21, восьмой 22, девятый 23, десятый 24, одиннадцатый 25, двенадцатый 26, тринадцатый 27, четырнадцатый 28, пятнадцатый 29 выключатели с разъединителями с каждой из сторон, шестнадцатый 30, семнадцатый 31, восемнадцатый 32, девятнадцатый 33, двадцатый 34 выключатели с разъединителем с одной из сторон. Первые разъединители 35, 36, 37 и 38 первого 15, второго 16, третьего 17 и четвертого 18 выключателей подключены к первой сборной шине 39. Первые разъединители 40, 41, 42 пятого 19, шестого 20, седьмого 21 выключателей и второй разъединитель 43 четвертого выключателя 18 подключены ко второй сборной шине 44. Первые разъединители 45, 46, 47 и 48 восьмого 22, девятого 23, десятого 24 и одиннадцатого 25 выключателей подключены к третьей сборной шине 49. Первые разъединители 50, 51, 52 двенадцатого 26, тринадцатого 27, четырнадцатого 28 выключателей и второй разъединитель 53 одиннадцатого выключателя 25 подключены к четвертой сборной шине 54. Разъединитель 55 первого блока 1 генератор-

трансформатор подключен ко второму разъединителю 56 второго выключателя 16 и к разъединителю 57 шестнадцатого выключателя 30. Разъединитель 58 второго блока 2 генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю 59 десятого выключателя 24. Разъединитель 60 первой линии 7 подключен ко второму разъединителю 61 первого выключателя 15 и к первому разъединителю 62 пятнадцатого выключателя 29. Разъединитель 63 второй линии 8 подключен ко второму разъединителю 64 девятого выключателя 23. Разъединитель 65 третьей линии 9 подключен ко второму разъединителю 66 третьего выключателя 17 и к разъединителю 67 семнадцатого выключателя 31. Разъединитель 68 четвертой линии 10 подключен ко второму

10 разъединителю 69 двенадцатого выключателя 26. Разъединитель 70 автотрансформатора 14 связи подключен ко вторым разъединителям 71 и 72 восьмого 22 и пятнадцатого 29 выключателей. Вторые разъединители 73, 74 и 75 пятого 19, шестого 20 и седьмого 21 выключателей подключены к разъединителям 76, 77 и 78 восемнадцатого 32,

15 девятнадцатого 33 и двадцатого 34 выключателей, соответственно. Двадцать первый выключатель 79 включен последовательно с шестнадцатым выключателем 30, а его

20 разъединитель 80 подключен к точке соединения разъединителя 63 второй линии 8 со вторым разъединителем 64 девятого выключателя 23. Двадцать второй выключатель 81 включен последовательно с семнадцатым выключателем 31, а его разъединитель 82

25 подключен к точке соединения разъединителя 58 второго блока 2 генератор-трансформатор со вторым разъединителем 59 десятого выключателя 24. Двадцать

30 третий выключатель 83 включен последовательно с восемнадцатым выключателем 32, а его разъединитель 84 подключен к точке соединения разъединителя 68 четвертой

35 линии 10 со вторым разъединителем 69 двенадцатого выключателя 26. Двадцать

40 четвертый выключатель 85 включен последовательно с девятнадцатым выключателем

33, а его разъединитель 86 подключен к разъединителю 87 четвертого блока 4 генератор-трансформатор и ко второму разъединителю 88 тринадцатого выключателя 27. Двадцать

45 пятый выключатель 89 включен последовательно с двадцатым выключателем 34, а его

90 разъединитель 90 подключен к разъединителю 91 шестой линии 12 и ко второму

92 разъединителю 92 четырнадцатого выключателя 28. Разъединитель 93 третьего блока

3 генератор-трансформатор подключен к точке соединения второго разъединителя 73

19 пятого выключателя 19 с разъединителем 76 восемнадцатого выключателя 32.

Разъединитель 94 пятого блока 5 генератор-трансформатор подключен ко второму

75 разъединителю 75 седьмого выключателя 21 и к разъединителю 78 двадцатого

34 выключателя 34. Разъединитель 95 пятой линии 11 подключен к точке соединения

74 второго разъединителя 74 шестого выключателя 20 с разъединителем 77 девятнадцатого

33 выключателя 33. Двадцать шестой выключатель 96 включен последовательно с двадцать

97 седьмым выключателем 97, а его разъединитель 98 подключен к разъединителю 99

13 седьмой линии 13 и к первому разъединителю 100 двадцать восьмого выключателя 101,

102 второй разъединитель 102 которого подключен ко второй сборной шине 44.

97 Разъединитель 103 двадцать седьмого выключателя 97 подключен к разъединителю

104 104 шестого блока 6 генератор-трансформатор и к первому разъединителю 105 двадцать

106 девятого выключателя 106, второй разъединитель 107 которого подключен к четвертой

54 сборной шине 54.

ОРУ электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью

45 линиями и автотрансформатором связи работает следующим образом. Пусть в

нормальном режиме работы электростанция выдает запланированную мощность (все

выключатели включены). Тогда: при КЗ в блоке 1 от действия его релейной защиты

(РЗ) отключаются выключатели 16, 30 и 79, после чего оперативный персонал отключает

разъединитель 55 (фиг. 1). При этом происходит потеря мощности блока на суммарное время  $t_1$  его аварийного ремонта и пуска из холодного состояния. При КЗ в блоках 2-6 все аналогично. При устойчивых и неустойчивых КЗ на линиях 7-13 не происходит потери мощности. При КЗ на автотрансформаторе 14 связи от действия его РЗ отключаются выключатели 22 и 29, после чего оперативный персонал отключает разъединитель 70. При этом происходит потеря перетока мощности автотрансформатора 14 на время его аварийного ремонта. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 15 от действия РЗ первой сборной шины 39 и линии 7 отключаются выключатели 16-18 и 29, что приводит к кратковременному отключению линии 7. После этого выключатель 15 выводят в ремонт разъединителями 35 и 61. Выключатели 16-18 и 29 включаются обратно, и линия 7 подключается к схеме, при этом не происходит потери мощности. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 17, 20, 23, 26, 28 и 101 все аналогично. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 16 от действия РЗ первой сборной шины 39 и блока 1 отключаются выключатели 15, 17, 18, 30 и 79; также перегорают предохранители, установленные в цепи выключателя нагрузки блока 1, что приводит к его потере. После вывода в ремонт выключателя 16 и замены предохранителей в цепи выключателя нагрузки, выключатели 15, 17, 18, 30 и 79 включаются обратно, и блок 1 запускается через время  $t_2$  из состояния горячего резерва. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 19, 21, 24, 27 и 106 все аналогично. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 18 от действия РЗ первой 39 и второй 44 сборных шин отключаются выключатели 15-17, 19-21 и 101, соответственно; при этом не происходит потери мощности. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 25 все аналогично. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 22 от действия РЗ третьей сборной шины 49 и автотрансформатора 14 отключаются выключатели 23-25 и 29, что приводит к кратковременному отключению автотрансформатора 14 на время оперативных переключений. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 29 от действия РЗ линии 7 и автотрансформатора 14 отключаются выключатели 15 и 22, что приводит к их кратковременному отключению. После вывода в ремонт выключателя 29 разъединителями 62 и 72 выключатели 15 и 22 включаются обратно, линия 7 и автотрансформатор 14 связи подключаются к схеме. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 30 от действия РЗ блока 1 отключаются последовательно включенный с ним выключатель 79 и выключатель 16; также перегорают упомянутые предохранители, что приводит к потере блока 1. После вывода выключателя 30 в ремонт и выключателя 79 в профилактический осмотр, выключатель 16 включается и блок 1 запускается через время  $t_2$ . При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 32, 34, 81, 85, 97 все аналогично. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 31 от действия РЗ линии 9 отключаются последовательно включенный с ним выключатель 81 и выключатель 17, что приводит к кратковременному отключению линии. После вывода выключателя 31 в ремонт и выключателя 81 в профилактический осмотр, выключатель 17 включается и линия 9 подключается к схеме. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 33, 79, 83, 89, 96 все аналогично. При КЗ на первой сборной шине 39 от действия ее РЗ отключаются выключатели 15-18; при этом не происходит потери мощности. При КЗ на второй, третьей и четвертой сборных шинах 44, 49 и 54 все аналогично. При отказе выключателя 15 в отключении устойчивого и неустойчивого КЗ на линии 7 от действия устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ) отключаются выключатели 16-18 (выключатель 29 был отключен РЗ линии 7). Если КЗ на линии 7 неустойчивое, то после вывода в ремонт выключателя 15 выключатели 16-

18 и 29 включаются обратно, и линия подключается к схеме; при этом не происходит потери мощности. При устойчивом КЗ линия 7 выводится в ремонт. При КЗ на линиях 8-13 и отказе в отключении выключателей 17, 20, 23, 26, 28, 30-34, 79, 81, 83, 85, 89, 96, 97 и 101 все аналогично. При КЗ на линии 7 и отказе в отключении выключателя 29 от действия УРОВ отключается выключатель 22 (выключатель 15 был отключен РЗ линии 7), что приводит к кратковременному отключению линии и автотрансформатора 14 на время оперативных переключений. Отказ выключателя 16 в отключении КЗ в блоке 1 приводит к его длительной потере на время  $t_1$ . При отказе выключателей 19, 21, 24, 27, 30-34, 79, 81, 83, 85, 89, 96, 97 и 106 в отключении КЗ в блоках 1-6 все аналогично. При отказе выключателя 22 в отключении КЗ на автотрансформаторе 14 от действия УРОВ отключаются выключатели 23-25 (выключатель 29 был отключен РЗ автотрансформатора); при этом происходит длительная потеря перетока мощности автотрансформатора 14. При отказе выключателя 29 в отключении КЗ на автотрансформаторе 14 от действия УРОВ отключается выключатель 15 (выключатель 22 был отключен РЗ автотрансформатора); при этом происходит кратковременное отключение линии 7 и длительная потеря перетока мощности автотрансформатора 14. При отказе выключателя 15 в отключении КЗ на первой сборной шине 39 от действия УРОВ отключается выключатель 29 (выключатели 16-18 были отключены РЗ шины 39), что приводит к кратковременному отключению линии 7. При отказе выключателей 17, 20, 23, 26, 28 и 101 в отключении КЗ на сборных шинах 39, 44, 49 и 54 все аналогично. При отказе выключателя 16 в отключении КЗ на шине 39 от действия УРОВ отключаются выключатели 30 и 79 (выключатели 15, 17 и 18 были отключены РЗ шины), что приводит к кратковременной потере блока 1 на время  $t_2$ . При отказе выключателей 19, 21, 24, 27 и 106 в отключении КЗ на сборных шинах 44, 49 и 54 все аналогично. При аварийном и плановом ремонте блока 1 совместно выводятся в плановый ремонт выключатели 16, 30 и 79. Тогда: при КЗ в блоке 2 от действия его РЗ отключаются выключатели 24, 31 и 81, после чего оперативный персонал отключает разъединитель 58. При этом происходит потеря мощности блока на время  $t_1$ . При КЗ в блоках 3-6 все аналогично. При устойчивом и неустойчивом КЗ на линиях 7-13 (как и при отказе выключателей 15, 17, 20, 23, 26, 28, 31-34, 81, 83, 85, 89, 96, 97 и 101 в отключении КЗ на этих линиях) не происходит потери мощности. При КЗ на автотрансформаторе 14 происходит потеря перетока мощности на время его аварийного ремонта. Отказ типа «КЗ в обе стороны» выключателя 15 приводит к отключению линии 7, при этом потери мощности не происходит. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 17, 20, 23, 26, 28, 31, 33, 83, 89, 96 и 101 все аналогично. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 18 (25) потери мощности не происходит. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 19 (как и при отказе выключателей 19, 21, 27, 106 в отключении КЗ на сборных шинах 44 и 54) от действия РЗ второй сборной шины 44 и блока 3 отключаются выключатели 18, 20, 21, 32, 83 и 101; также отключается генераторный выключатель блока 3, что приводит к его потере. После вывода в ремонт выключателя 19 и соответствующих оперативных переключений, блок 3 запускается через время  $t_2$ . При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателей 21, 27, 32, 34, 81, 85, 97 и 106 все аналогично. Отказ типа «КЗ в обе стороны» выключателя 22 (29) (так же, как и отказ выключателя 22 в отключении КЗ на третьей сборной шине 49 или отказ выключателя 29 в отключении КЗ на линии 7), приводит к кратковременному отключению автотрансформатора 14 и линии 8 (7) на время оперативных переключений. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 24 (так же, как и при отказе выключателя 24 в

отключении КЗ на шине 49) от действия РЗ шины 49 и блока 2 отключаются выключатели 22, 23, 25, 31 и 81; также перегорают предохранители, установленные в цепи выключателя нагрузки блока 2, что приводит к его потере и к кратковременному отключению линии 8. После оперативных переключений линия 8 подключается к схеме, и блок 2 запускается через время  $t_2$ . При КЗ на шинах 39, 44, 49 и 54 не происходит потери мощности. Отказ выключателя 19 в отключении КЗ в блоке 3 (так же, как и отказ выключателей 21; 31 или 81; 32 или 83; 33 или 85; 34 или 89; 96 или 97; 101 в отключении КЗ в блоках 2-6) приводит к его длительной потере на время  $t_1$ . При отказе выключателя 22 (29) в отключении КЗ на автотрансформаторе 14 происходит кратковременное отключение линии 8 (7) и длительная потеря перетока мощности автотрансформатора.

Точно также рассматривается работа схемы в следующих ремонтных режимах: плановый и аварийный ремонт блока генератор-трансформатор 3 (4; 5; 6) совместно с выключателями 19, 32 и 83 (27, 33 и 85; 28, 34 и 89; 96, 97 и 106); плановый и аварийный ремонт линии 7 совместно с выключателями 15 и 29; плановый и аварийный ремонт линии 8 (9) совместно с выключателями 23, 30 и 79 (17, 31 и 81); плановый и аварийный ремонт линии 10 (11; 12; 13) совместно с выключателями 26, 32 и 83 (20, 33 и 85; 28, 34 и 89; 96, 97 и 101); плановый и аварийный ремонт автотрансформатора 14 совместно с выключателями 22 и 29; аварийный ремонт выключателя 15; аварийный ремонт выключателя 16 (24), аварийный ремонт выключателя 17 (23); аварийный ремонт выключателя 18; аварийный ремонт выключателя 19 (21, 27, 106); аварийный ремонт выключателя 20 (26, 28, 101); аварийный ремонт выключателя 22; аварийный ремонт выключателя 25; аварийный ремонт выключателя 29; аварийный ремонт выключателей 30 и 79; аварийный ремонт выключателей 31 и 81; аварийный ремонт выключателей 32 и 83 (33 и 85; 34 и 89; 96 и 97); плановый и аварийный ремонт первой сборной шины 39 совместно с выключателями 15-18; плановый и аварийный ремонт второй (четвертой) сборной шины 44 (54) совместно с выключателями 18-21 и 101 (25-28 и 106); плановый и аварийный ремонт третьей сборной шины 49 совместно с выключателями 22-25.

Расчеты суммарного аварийного недоотпуска электроэнергии, характеризующего надежность работы ОРУ, проведенные по широко известной методике [1] с использованием данных из [2]-[4] для заявляемого ОРУ напряжением 500 кВ с шестью блоками генератор-трансформатор мощностью по 500 МВт и семью линиями длиной 400 км (переток мощности через автотрансформатор связи - 400 МВт), а также для ОРУ, взятого за прототип, показали, что в первом случае он ниже -  $\Delta W_{\Sigma \text{заявл}} = 9,58 \cdot 10^8$  кВт·ч/год, а  $\Delta W_{\Sigma \text{прот.}} = 9,72 \cdot 10^8$  кВт·ч/год. При этом ниже оказались и приведенные затраты, являющиеся критерием выбора окончательного варианта построения схемы ОРУ -  $Z_{\text{заявл}} = 743$  млрд. руб./год, а  $Z_{\text{прот.}} = 758$  млрд. руб./год. Таким образом, заявляемое ОРУ, в сравнении с известным, позволяет добиться экономического эффекта за счет снижения величины приведенных затрат за средний срок службы оборудования, равный 25 годам, на 375 млрд. рублей.

Список использованных источников

1. Гук Ю.Б. Теория надежности. Введение: учеб. пособие - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 171 с.
2. Шабад М.А. Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле. - М.: НТФ «Энергопрогресс», 2003. - 68 с.
3. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем

электроустановок: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., стереот.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 288 с., ил.

4. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. - 3-е изд. - М.: ЭНАС, 2009. - 392 с.

5

### (57) Формула изобретения

Открытое распределительное устройство электрической станции с шестью блоками генератор-трансформатор, семью линиями и автотрансформатором связи, содержащее первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый, десятый, 10 одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, шестнадцатый, семнадцатый, восемнадцатый, девятнадцатый, двадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон, при этом первые разъединители первого, второго, третьего и четвертого выключателей подключены к первой сборной шине, первые разъединители пятого, шестого, седьмого 15 выключателей и второй разъединитель четвертого выключателя подключены ко второй сборной шине, первые разъединители восьмого, девятого, десятого и одиннадцатого выключателей подключены к третьей сборной шине, первые разъединители двенадцатого, тринадцатого, четырнадцатого выключателей и второй разъединитель одиннадцатого выключателя подключены к четвертой сборной шине, разъединитель 20 первого блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю второго выключателя и к разъединителю шестнадцатого выключателя, разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен ко второму разъединителю десятого выключателя, разъединитель первой линии подключен ко второму разъединителю первого выключателя и к первому разъединителю пятнадцатого выключателя, 25 разъединитель второй линии подключен ко второму разъединителю девятого выключателя, разъединитель третьей линии подключен ко второму разъединителю третьего выключателя и к разъединителю семнадцатого выключателя, разъединитель четвертой линии подключен ко второму разъединителю двенадцатого выключателя, разъединитель автотрансформатора связи подключен ко вторым разъединителям 30 восьмого и пятнадцатого выключателей, вторые разъединители пятого, шестого и седьмого выключателей подключены к разъединителям восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей, соответственно, отличающееся тем, что введены двадцать первый, двадцать второй, двадцать третий, двадцать четвертый, двадцать пятый, двадцать шестой и двадцать седьмой выключатели с разъединителем с одной из сторон, 35 двадцать восьмой и двадцать девятый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, причем двадцать первый выключатель включен последовательно с шестнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя второй линии со вторым разъединителем девятого выключателя, двадцать второй выключатель включен последовательно с семнадцатым выключателем, а его 40 разъединитель подключен к точке соединения разъединителя второго блока генератор-трансформатор со вторым разъединителем десятого выключателя, двадцать третий выключатель включен последовательно с восемнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к точке соединения разъединителя четвертой линии со вторым 45 разъединителем двенадцатого выключателя, двадцать четвертый выключатель включен последовательно с девятнадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю четвертого блока генератор-трансформатор и ко второму разъединителю тринадцатого выключателя, двадцать пятый выключатель включен последовательно с двадцатым выключателем, а его разъединитель подключен к разъединителю шестой

линии и ко второму разъединителю четырнадцатого выключателя, разъединитель  
третьего блока генератор-трансформатор подключен к точке соединения второго  
разъединителя пятого выключателя с разъединителем восемнадцатого выключателя,  
разъединитель пятого блока генератор-трансформатор подключен ко второму  
5 разъединителю седьмого выключателя и к разъединителю двадцатого выключателя,  
разъединитель пятой линии подключен к точке соединения второго разъединителя  
шестого выключателя с разъединителем девятнадцатого выключателя, двадцать шестой  
выключатель включен последовательно с двадцать седьмым выключателем, а его  
разъединитель подключен к разъединителю седьмой линии и к первому разъединителю  
10 двадцать восьмого выключателя, второй разъединитель которого подключен ко второй  
сборной шине, разъединитель двадцать седьмого выключателя подключен к  
разъединителю шестого блока генератор-трансформатор и к первому разъединителю  
двадцать девятого выключателя, второй разъединитель которого подключен к четвертой  
сборной шине.

15

20

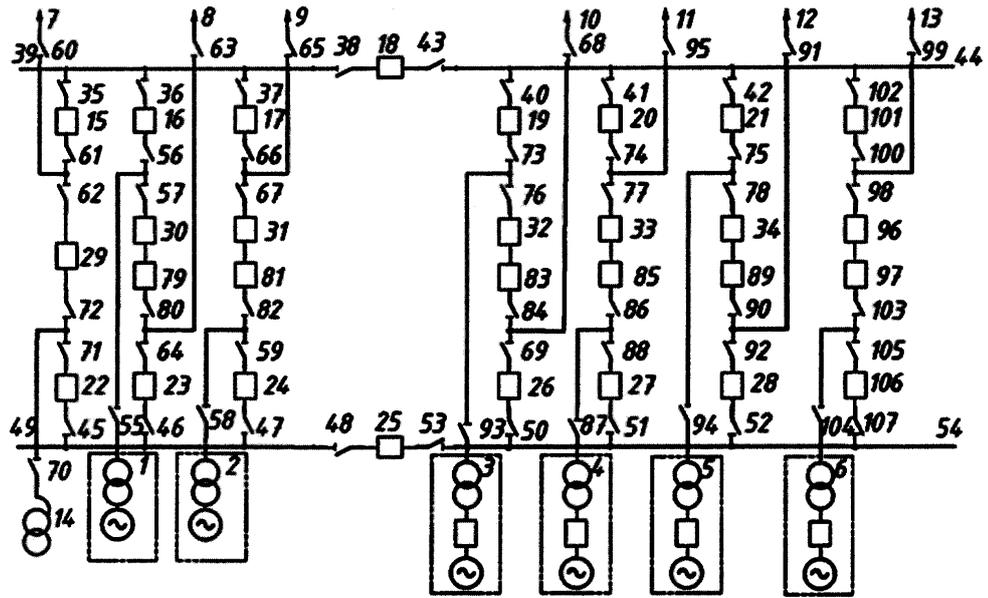
25

30

35

40

45



Фиг. 1