



(51) МПК
H02B 5/00 (2006.01)
H02B 1/24 (2006.01)
H02J 3/00 (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 (2023.08); *H02B 1/24* (2023.08); *H02J 3/00* (2023.08); *H02B 13/065* (2023.08); *H02H 9/00* (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023110706, 26.04.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2023

Дата регистрации:
11.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2023

(45) Опубликовано: 11.01.2024 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

644050, г. Омск, пр-кт Мира, 11, ОмГТУ, Отдел
 инновационной деятельности (Г-203), Сакаева
 З.Л.

(72) Автор(ы):

Горюнов Владимир Николаевич (RU),
 Клецель Марк Яковлевич (KZ),
 Барукин Александр Сергеевич (KZ),
 Машрапов Бауыржан Ерболович (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Омский государственный
 технический университет" (RU)

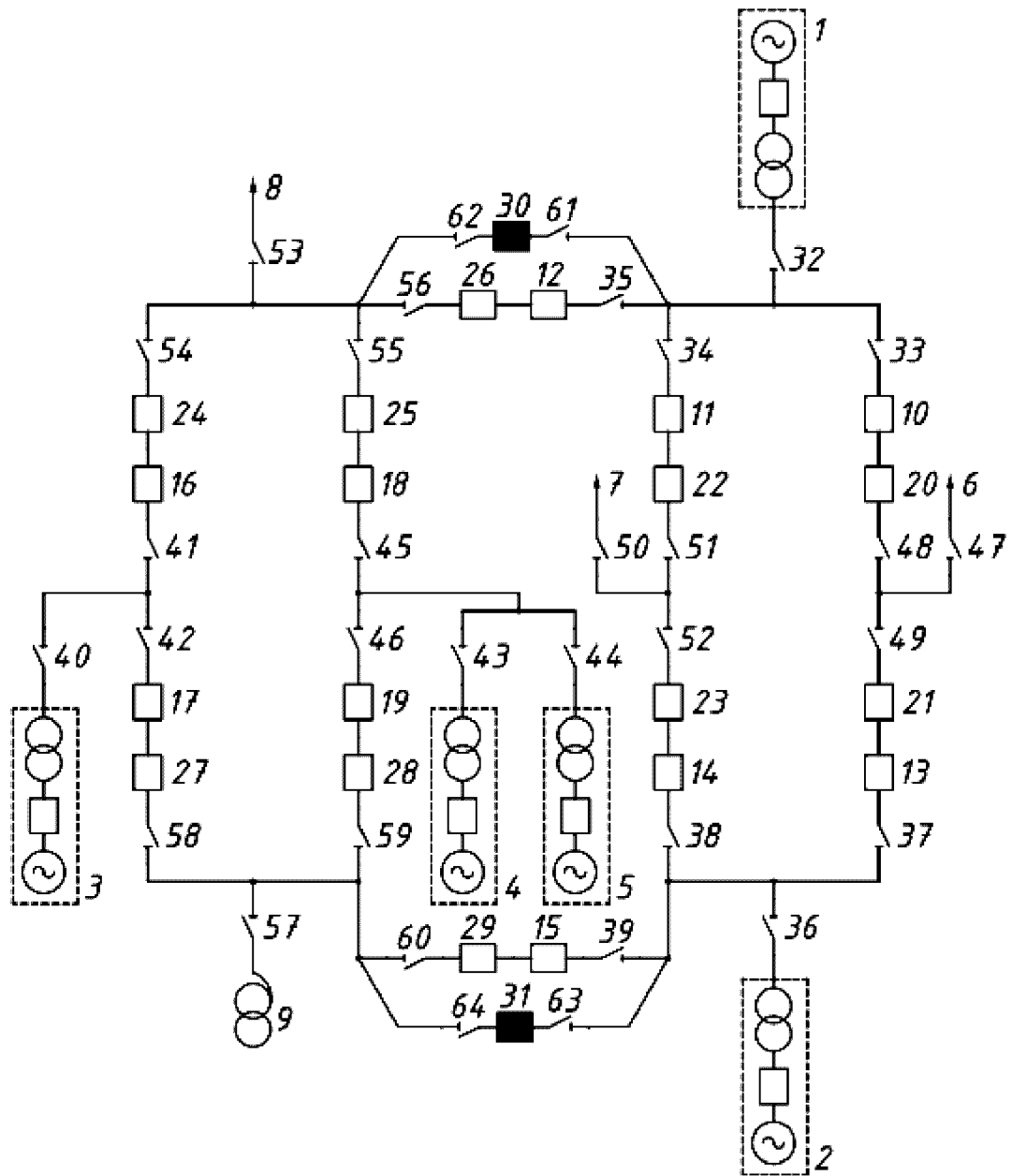
(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: SU 259221 A1, 10.12.1973. SU 961018
 A1, 23.09.1982. US 2018278047 A1, 27.09.2018.
 СТО 56947007-29.240.30.010-2008 СХЕМЫ
 ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
 РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
 ПОДСТАНЦИЙ 35-750 КВ. ТИПОВЫЕ
 РЕШЕНИЯ. 20.12.2007. стр. 24, 47.
 Производство, передача и распределение
 электрической энергии/Под общ. ред.
 профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и (см.
 прод.)

(54) ОТКРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ,
 ВЫПОЛНЕННОЕ ПО СХЕМЕ СВЯЗАННОГО ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, а именно к открытым распределительным устройствам (ОРУ) электрических станций, и может быть применено на них для выдачи вырабатываемой электроэнергии. Технический результат заключается в снижении частоты потери генерируемой и передаваемой мощности в ОРУ при отказе любого выключателя в отключении при КЗ на любом присоединении или

при его отказе типа «КЗ в обе стороны». ОРУ электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника, содержит пять блоков генератор-трансформатор, три линии, автотрансформатор связи, двадцать выключателей с разъединителем с одной из сторон, а также нормально отключенные двадцать первый и двадцать второй выключатели с разъединителями с каждой из сторон. 1 ил.



(56) (продолжение):

др. (гл. ред. А. И. Попов). - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - с.145.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02B 5/00 (2006.01)
H02B 1/24 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)
H02B 13/065 (2006.01)
H02H 9/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H02B 5/00 (2023.08); *H02B 1/24* (2023.08); *H02J 3/00* (2023.08); *H02B 13/065* (2023.08); *H02H 9/00* (2023.08)

(21)(22) Application: **2023110706, 26.04.2023**

(24) Effective date for property rights:
26.04.2023

Registration date:
11.01.2024

Priority:

(22) Date of filing: **26.04.2023**

(45) Date of publication: **11.01.2024** Bull. № 2

Mail address:

644050, g. Omsk, pr-kt Mira, 11, OmGTU, Otdel innovatsionnoj deyatel'nosti (G-203), Sakaeva Z.L.

(72) Inventor(s):

**Goriunov Vladimir Nikolaevich (RU),
Kletsel Mark Iakovlevich (KZ),
Barukin Aleksandr Sergeevich (KZ),
Mashrapov Bauyrzhan Erbolovich (KZ)**

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Omskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» (RU)

(54) **OUTDOOR SWITCHGEAR OF POWER PLANT MADE ACCORDING TO CONNECTED QUADRANGLE DIAGRAM**

(57) Abstract:

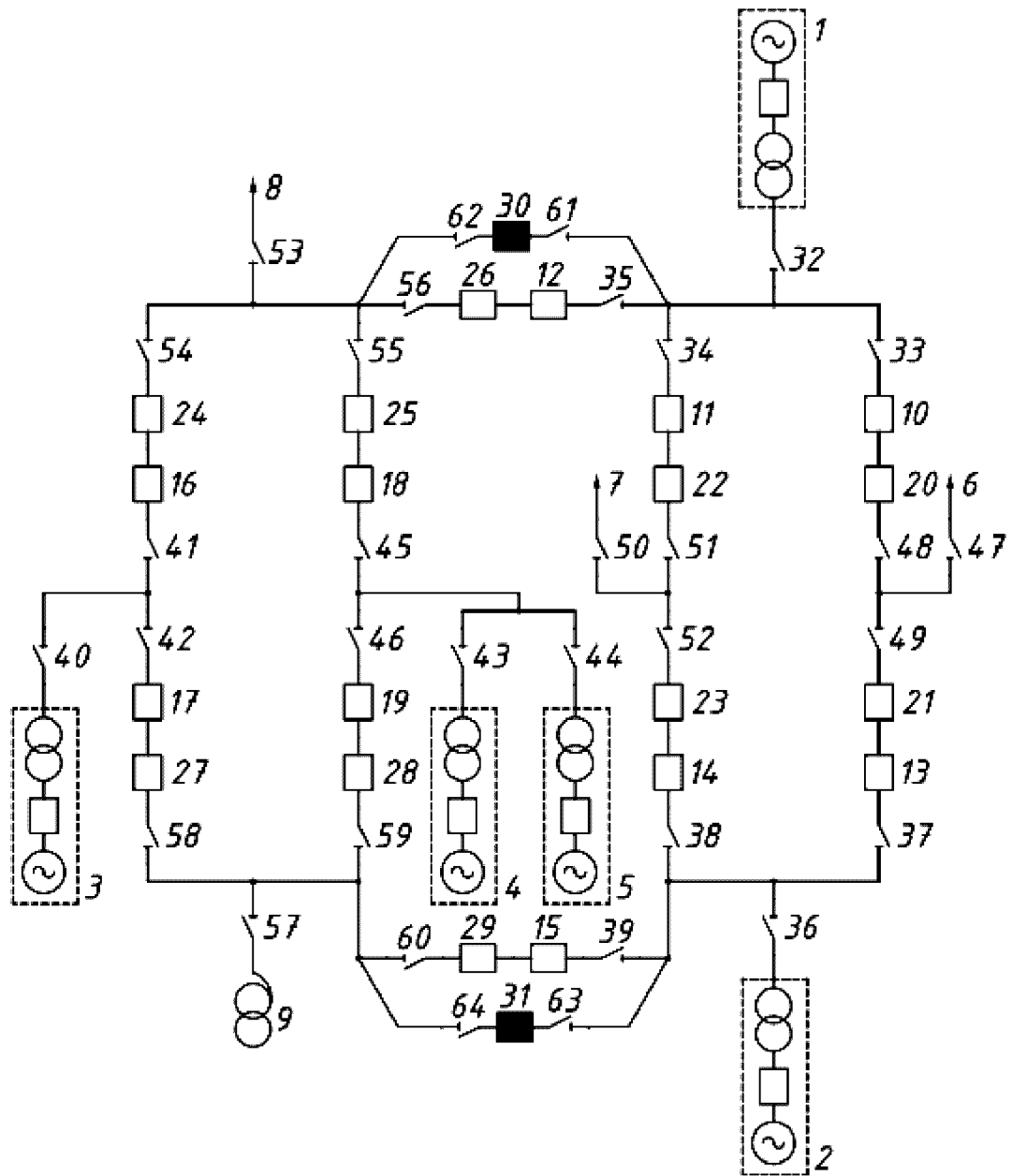
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to outdoor switchgears (OSG) of power plants and can be used on them to supply generated electric power. The outdoor switchgear of the power station, made according to the connected quadrangle diagram, contains five generator-transformer blocks, three lines, a communication autotransformer, twenty switches with a disconnecter on one side, as well as normally disconnected twenty-

first and twenty-second switches with disconnectors on each side.

EFFECT: reduced frequency of loss of generated and transmitted power in the outdoor switchgear when any circuit breaker fails to trip during a short circuit on any connection or when it fails in the "short circuit in both directions" mode.

1 cl, 1 dwg



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

Известно ОРУ электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника [Производство, передача и распределение электрической энергии/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 964 с.], выбранное в качестве прототипа, содержащее пять блоков генератор-трансформатор, три линии и автотрансформатор связи, а также десять выключателей с разъединителями с каждой из сторон.

Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен к первым разъединителям первого, второго и третьего выключателей. Разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен к первым разъединителям четвертого, пятого и шестого выключателей, а разъединитель третьего блока генератор-трансформатор - к первым разъединителям седьмого и восьмого выключателей.

Разъединители четвертого и пятого блоков генератор-трансформатор подключены к первым разъединителям девятого и десятого выключателей. Разъединитель первой линии подключен ко вторым разъединителям первого и четвертого выключателей, разъединитель второй линии - ко вторым разъединителям второго и пятого выключателей, а разъединитель третьей линии - ко вторым разъединителям третьего, седьмого и девятого выключателей. Разъединитель автотрансформатора связи подключен ко вторым разъединителям шестого, восьмого и десятого выключателей.

Недостатком этого устройства является высокая частота потери генерируемой и передаваемой мощности, так как отказ любого выключателя в отключении при коротком замыкании (КЗ) на любом присоединении или его отказ типа «КЗ в обе стороны» приводит к одновременному отключению двух присоединений. Отказы выключателей ведут к дефициту мощности в энергосистеме (также возможно нарушение её устойчивой работы из-за потери блока) и, как следствие, к недоотпуску электроэнергии конечным потребителям.

Технической задачей изобретения является уменьшение вероятности одновременного отключения двух присоединений при КЗ.

Предложенное ОРУ электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника, так же, как и в прототипе, содержит пять блоков генератор-трансформатор, три линии, автотрансформатор связи, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый и десятый выключатели с разъединителем с одной из сторон, разъединитель первого блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям первого, второго и третьего выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям четвертого, пятого и шестого выключателей, разъединитель третьего блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям седьмого и восьмого выключателей, разъединители четвертого и пятого блоков генератор-трансформатор, подключенные к разъединителям девятого и десятого выключателей.

Задача решается за счет того, что введены одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый, семнадцатый, восемнадцатый, девятнадцатый и двадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон, а также нормально отключенные двадцать первый и двадцать второй выключатели с разъединителями с каждой из сторон. Разъединитель первой линии подключен к разъединителям одиннадцатого и двенадцатого выключателей, включенных последовательно с первым и четвертым выключателями, разъединитель второй линии

- к разъединителям тринадцатого и четырнадцатого выключателей, включенных последовательно со вторым и пятым выключателями, а разъединитель третьей линии - к разъединителям пятнадцатого, шестнадцатого и семнадцатого выключателей, включенных последовательно с седьмым, девятым и третьим выключателями, соответственно, разъединитель автотрансформатора связи подключен к разъединителям восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей, включенных последовательно с восьмым, десятым и шестым выключателями, соответственно, первый разъединитель двадцать первого выключателя подключен к точке соединения разъединителя первого блока генератор-трансформатор с разъединителями первого, второго и третьего выключателей, а второй разъединитель - к точке соединения разъединителя третьей линии с разъединителями пятнадцатого, шестнадцатого и семнадцатого выключателей, первый разъединитель двадцать второго выключателя подключен к точке соединения разъединителя второго блока генератор-трансформатор с разъединителями четвертого, пятого и шестого выключателей, а второй разъединитель - к точке соединения разъединителя автотрансформатора связи с разъединителями восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей.

Использование одиннадцатого, двенадцатого, тринадцатого, четырнадцатого, пятнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей с разъединителем с одной из сторон, а также нормально отключенных двадцать первого и двадцать второго 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 генерируемой и передаваемой мощности при отказе любого выключателя в отключении при КЗ на любом присоединении или при его отказе типа «КЗ в обе стороны».

На фигуре представлена схема предлагаемого ОРУ.

Открытое распределительное устройство электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника, содержит пять блоков 1-5 генератор-трансформатор, три линии 6-8, автотрансформатор 9 связи, первый 10, второй 11, третий 12, четвертый 13, пятый 14, шестой 15, седьмой 16, восьмой 17, девятый 18, десятый 19, одиннадцатый 20, двенадцатый 21, тринадцатый 22, четырнадцатый 23, пятнадцатый 24, шестнадцатый 25, семнадцатый 26, восемнадцатый 27, девятнадцатый 28 и двадцатый 29 выключатели с разъединителем с одной из сторон, а также нормально отключенные двадцать первый 30 и двадцать второй 31 выключатели с разъединителями с каждой из сторон. Разъединитель 32 первого блока 1 генератор-трансформатор подключен к разъединителям 33, 34 и 35 первого 10, второго 11 и третьего 12 выключателей, разъединитель 36 второго блока 2 генератор-трансформатор - к разъединителям 37, 38 и 39 четвертого 13, пятого 14 и шестого 15 выключателей, а разъединитель 40 третьего блока 3 генератор-трансформатор - к разъединителям 41 и 42 седьмого 16 и восьмого 17 выключателей. Разъединители 43 и 44 четвертого 4 и пятого 5 блоков генератор-трансформатор подключены к разъединителям 45 и 46 девятого 18 и десятого 19 выключателей. Разъединитель 47 первой линии 6 подключен к разъединителям 48 и 49 одиннадцатого 20 и двенадцатого 21 выключателей, включенных последовательно с первым 1 и четвертым 13 выключателями, разъединитель 50 второй линии 7 - к разъединителям 51 и 52 тринадцатого 22 и четырнадцатого 23 выключателей, включенных последовательно со вторым 11 и пятым 14 выключателями, а разъединитель 53 третьей линии 8 - к разъединителям 54, 55 и 56 пятнадцатого 24, шестнадцатого 25 и семнадцатого 26 выключателей, включенных последовательно с седьмым 16, девятым 18 и третьим 12 выключателями, соответственно. Разъединитель

57 автотрансформатора 9 связи подключен к разъединителям 58, 59 и 60 восемнадцатого 27, девятнадцатого 28 и двадцатого 29 выключателей, включенных последовательно с восьмым 17, десятым 19 и шестым 15 выключателями, соответственно. Первый
 5 разъединитель 61 двадцать первого выключателя 30 подключен к точке соединения
 разъединителя 32 первого блока 1 генератор-трансформатор с разъединителями 33, 34
 и 35 первого 10, второго 11 и третьего 12 выключателей, а второй разъединитель 62 -
 к точке соединения разъединителя 53 третьей линии 8 с разъединителями 54, 55 и 56
 пятнадцатого 24, шестнадцатого 25 и семнадцатого 26 выключателей. Первый
 10 разъединитель 63 двадцать второго выключателя 31 подключен к точке соединения
 разъединителя 36 второго блока 2 генератор-трансформатор с разъединителями 37, 38
 и 39 четвертого 13, пятого 14 и шестого 15 выключателей, а второй разъединитель 64
 - к точке соединения разъединителя 57 автотрансформатора 9 связи с разъединителями
 58, 59 и 60 восемнадцатого 27, девятнадцатого 28 и двадцатого 29 выключателей.

ОРУ электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника,
 15 работает следующим образом. Если электростанция выдает запланированную мощность
 при отсутствии ремонтов в ОРУ, то:

1) При КЗ в блоке 1 генератор-трансформатор от действия его релейной защиты
 (РЗ) отключаются выключатели 10-12, 20, 22 и 26, после чего оперативный персонал
 отключает разъединитель 32 (фиг.). При этом происходит потеря мощности блока $\Delta P_{\text{бл.}}$
 20 на суммарное время t_1 его аварийного ремонта и пуска из холодного состояния. При
 КЗ в блоках 2-5 генератор-трансформатор схема работает аналогично.

2) При КЗ на линии 6 от действия её РЗ отключаются выключатели 10, 13, 20 и 21.
 Если КЗ неустойчивое (успешное автоматическое повторное включение (АПВ)), то
 25 через время t_2 срабатывания устройства АПВ выключатели 10, 13, 20 и 21 включаются
 обратно и восстанавливается нормальный режим работы. Если КЗ на линии 6 устойчивое
 (неуспешное АПВ), то после отключения этих выключателей оперативный персонал
 отключает разъединитель 47, и линия выводится в ремонт. При этом в первом случае
 происходит кратковременная потеря линии 6, а во втором случае - длительная. При
 30 КЗ на линиях 7 и 8 схема работает аналогично.

3) При КЗ на автотрансформаторе 9 связи от действия его РЗ отключаются
 выключатели 15, 17, 19, 27-29, после чего оперативный персонал отключает
 разъединитель 57. При этом происходит потеря перетока мощности автотрансформатора
 9 на время его аварийного ремонта.

4) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 10 от действия РЗ блока 1
 отключаются выключатели 11, 12, 20, 22, 26. После отключения выключателей 10 (для
 ремонта) и 20 (для профилактического осмотра) от схемы разъединителями 33 и 48,
 выключатели 11, 12, 22 и 26 включаются обратно, и осуществляется пуск блока 1 через
 40 время t_3 из состояния горячего резерва. При отказах типа «КЗ в обе стороны»
 выключателей 11, 13, 14, 16-19 схема работает аналогично.

5) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 20 от действия РЗ линии 6
 отключаются выключатели 10, 13 и 21, что приводит к её кратковременному
 отключению. После отключения выключателей 10 (для профилактического осмотра)
 45 и 20 (для ремонта) от схемы разъединителями 33 и 48, выключатели 13 и 21 включаются
 обратно, и линия 6 подключается к схеме. При отказах типа «КЗ в обе стороны»
 выключателей 21-25 схема работает аналогично.

6) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 12 от действия РЗ блока 1

отключаются выключатели 10, 11, 20, 22, 26. После отключения выключателей 12 (для ремонта) и 26 (для профилактического осмотра) от схемы разъединителями 35 и 56, выключатели 10, 11, 20 и 22 включаются обратно. Также включается нормально отключенный выключатель 30 и осуществляется пуск блока 1 через время t_3 из состояния горячего резерва. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 15 схема работает аналогично.

7) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 26 от действия РЗ линии 8 отключаются выключатели 12, 16, 18, 24, 25, что приводит к её кратковременному отключению. После отключения выключателей 26 (для ремонта) и 12 (для профилактического осмотра) от схемы разъединителями 35 и 56, выключатели 16, 18, 24 и 25 включаются обратно. Также включается нормально отключенный выключатель 30, и линия 8 подключается к схеме. При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 29 схема работает аналогично.

8) Отказ выключателя 10 в отключении КЗ в блоке 1 генератор-трансформатор не приводит к утяжелению последствий при КЗ в этом блоке в условиях безотказного отключения его выключателей, так как включенный последовательно с ним выключатель 20 отключается от действия РЗ блока 1 (также, как и выключатели 11, 12, 22 и 26) и разрывает цепь, соединяющую блок 1 и линию 6. Блок 1 выводится в аварийный ремонт разъединителем 32; также разъединителями 33 и 48 от схемы отключаются выключатели 10 (для ремонта) и 20 (для профилактического осмотра), после чего выключатели 11, 12, 22 и 26 включаются обратно. При КЗ в блоках 1-5 или при КЗ на автотрансформаторе 9 связи, совпадающих с отказами в отключении выключателей 20, 11 или 22, 12 или 26, 13 или 21, 14 или 23, 15 или 29, 16 или 24, 17 или 27, 18 или 25, 19 или 28, схема работает аналогично.

9) Отказ выключателя 20 в отключении КЗ на линии 6 не приводит к утяжелению последствий при КЗ на этой линии в условиях безотказного отключения её выключателей, так как включенный последовательно с ним выключатель 10 отключается от действия РЗ линии 6 (также, как и выключатели 13 и 21) и разрывает цепь, соединяющую линию 6 и блок 1. При этом, если КЗ на линии 6 неустойчивое, то через время t_2 выключатели 10, 13 и 21 включаются обратно (выключатель 20 из-за отказа оставался включенным), и восстанавливается нормальный режим работы. При устойчивом КЗ на линии 6 она выводится в аварийный ремонт разъединителем 47; также разъединителями 33 и 48 от схемы отключаются выключатели 10 (для профилактического осмотра) и 20 (для ремонта), а разъединителями 37 и 49 - выключатели 13 и 21. При КЗ на линиях 6, 7 и 8, совпадающих с отказами в отключении выключателей 10, 11 или 22, 12 или 26, 13 или 21, 14 или 23, 16 или 24, 18 или 25, схема работает аналогично.

Принцип работы схемы ОРУ при нахождении в ремонте одного из блоков 1-5 генератор-трансформатор, одной из линий 6-8, автотрансформатора 9 связи или одного из выключателей 10-29 аналогичен рассмотренному выше.

Расчёты суммарного аварийного недоотпуска электроэнергии, характеризующего надёжность работы ОРУ, проведенные по широко известной методике [Гук Ю.Б. Теория надёжности. Введение: учеб. пособие - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 171 с.] с использованием данных и уточненной модели отказов выключателей из [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.] для заявляемого ОРУ напряжением 750 кВ с пятью блоками генератор-трансформатор

мощностью по 800 МВт и тремя линиями длиной 600 км (переток мощности через автотрансформатор связи - 850 МВт), и для ОРУ, взятого за прототип (напряжение, блоки, автотрансформатор связи и длина линий те же), показали, что в первом случае недоотпуск меньше на

5 $85 \cdot 10^3$ МВт · ч/год. Не считаясь с потерями потребителей, при значении удельного ущерба 175 руб./кВт·ч [Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.271-2019.] заявляемое ОРУ, в сравнении с прототипом, может принести экономический эффект за счет снижения величины приведённых затрат на 15% в год.

10 Техническим результатом изобретения является снижение частоты потери генерируемой и передаваемой мощности в ОРУ при отказе любого выключателя в отключении при КЗ на любом присоединении или при его отказе типа «КЗ в обе стороны».

(57) Формула изобретения

15 Открытое распределительное устройство электрической станции, выполненное по схеме связанного четырехугольника, содержащее пять блоков генератор-трансформатор, три линии, автотрансформатор связи, первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой, восьмой, девятый и десятый выключатели с разъединителем с одной из сторон,
 20 разъединитель первого блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям первого, второго и третьего выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям четвертого, пятого и шестого выключателей, разъединитель третьего блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям седьмого и восьмого выключателей, разъединители четвертого и пятого блоков генератор-трансформатор, подключенные к разъединителям
 25 девятого и десятого выключателей, отличающееся тем, что введены одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый, пятнадцатый, шестнадцатый, семнадцатый, восемнадцатый, девятнадцатый и двадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон, а также нормально отключенные двадцать первый и двадцать второй выключатели с разъединителями с каждой из сторон, причем разъединитель первой
 30 линии подключен к разъединителям одиннадцатого и двенадцатого выключателей, включенных последовательно с первым и четвертым выключателями, разъединитель второй линии – к разъединителям тринадцатого и четырнадцатого выключателей, включенных последовательно со вторым и пятым выключателями, а разъединитель третьей линии – к разъединителям пятнадцатого, шестнадцатого и семнадцатого
 35 выключателей, включенных последовательно с седьмым, девятым и третьим выключателями, соответственно, разъединитель автотрансформатора связи подключен к разъединителям восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей, включенных последовательно с восьмым, десятым и шестым выключателями, соответственно, первый разъединитель двадцать первого выключателя подключен к
 40 точке соединения разъединителя первого блока генератор-трансформатор с разъединителями первого, второго и третьего выключателей, а второй разъединитель – к точке соединения разъединителя третьей линии с разъединителями пятнадцатого, шестнадцатого и семнадцатого выключателей, первый разъединитель двадцать второго выключателя подключен к точке соединения разъединителя второго блока генератор-
 45 трансформатор с разъединителями четвертого, пятого и шестого выключателей, а второй разъединитель – к точке соединения разъединителя автотрансформатора связи с разъединителями восемнадцатого, девятнадцатого и двадцатого выключателей.

