



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 35130

(51) H02B 5/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

H02B 13/065 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2020/0260.1

(22) 27.04.2020

(45) 09.07.2021, бюл. №27

(72) Барукин Александр Сергеевич;  
Динмуханбетова Айгуль Жумагельдыевна; Клецель  
Марк Яковлевич; Мельников Виктор Юрьевич

(73) Республиканское государственное предприятие  
на праве хозяйственного ведения «Павлодарский  
государственный университет имени С.  
Торайгырова» Министерства образования и науки  
Республики Казахстан

(56) Электрическая часть электростанций: Учебник  
для вузов // Под ред. С.В. Усова. – Л.:  
Энергоатомиздат, 1987. – 103 с. Рис 2-3

SU 450273 A1, 15.11.1974

RU 75792 U1, 20.08.2008

KZ 20858 A4, 16.02.2009

(54) **ОТКРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ  
УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
С ТРЕМЯ БЛОКАМИ ГЕНЕРАТОР-  
ТРАНСФОРМАТОР И ТРЕМЯ ЛИНИЯМИ**

(57) 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 изобретения – 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».

Это достигается тем, что в ОРУ электрической  
станции с тремя блоками генератор-трансформатор  
и тремя линиями введены седьмой, восьмой,  
девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый,  
тринадцатый, четырнадцатый и пятнадцатый  
выключатели с разъединителем с одной из сторон,  
причем разъединитель первой линии подключен к  
седьмому выключателю, разъединитель которого  
подключен к разъединителям восьмого и девятого  
выключателей, включенных последовательно с  
первым и третьим выключателями, соответственно,  
разъединитель второй линии подключен к десятому  
выключателю, разъединитель которого подключен к  
разъединителям одиннадцатого и двенадцатого  
выключателей, включенных последовательно с  
четвертым и пятым выключателями,  
соответственно, при этом разъединитель третьей  
линии подключен к тринадцатому выключателю,  
разъединитель которого подключен к  
разъединителям четырнадцатого и пятнадцатого  
выключателей, включенных последовательно со  
вторым и шестым выключателями, соответственно.

Экономический эффект заключается в снижении  
величины приведенных затрат за счет снижения  
суммарного аварийного недоотпуска  
электроэнергии.

(19) KZ (13) B (11) 35130

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

Известно распределительное устройство повышенного напряжения с тремя трансформаторами связи и тремя линиями [Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств. – М.: Энергия, 1974. – 224 с.], содержащее шесть выключателей с разъединителями с каждой из сторон, соединенных в кольцо.

Недостатком этого устройства является высокая частота потери передаваемой мощности в аварийных режимах, 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.

Наиболее близким к предлагаемому является ОРУ электрической станции с тремя блоками генератор-трансформатор и тремя линиями [Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов // Под ред. С.В. Усова. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 616 с.], содержащее первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой выключатели с разъединителями с каждой из сторон. Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен к первым разъединителям первого и второго выключателей. Разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен к первым разъединителям третьего и четвертого выключателей. Разъединитель третьего блока генератор-трансформатор подключен к первым разъединителям пятого и шестого выключателей. Разъединитель первой линии подключен ко вторым разъединителям первого и третьего выключателей. Разъединитель второй линии подключен ко вторым разъединителям четвертого и пятого выключателей. Разъединитель третьей линии подключен ко вторым разъединителям второго и шестого выключателей.

Недостатком этого устройства является высокая частота потери генерируемой и передаваемой мощности, так как отказ любого выключателя в отключении при 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.

Технический результат изобретения – 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».

Технический результат достигается тем, что в открытое распределительное устройство электрической станции с тремя блоками генератор-трансформатор и тремя линиями, содержащее первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой

выключатели с разъединителем с одной из сторон, разъединитель первого блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям первого и второго выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям третьего и четвертого выключателей, разъединитель третьего блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям пятого и шестого выключателей, дополнительно введены седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый и пятнадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон, причем разъединитель первой линии подключен к седьмому выключателю, разъединитель которого подключен к разъединителям восьмого и девятого выключателей, включенных последовательно с первым и третьим выключателями, соответственно, разъединитель второй линии подключен к десятому выключателю, разъединитель которого подключен к разъединителям одиннадцатого и двенадцатого выключателей, включенных последовательно с четвертым и пятым выключателями, соответственно, при этом разъединитель третьей линии подключен к тринадцатому выключателю, разъединитель которого подключен к разъединителям четырнадцатого и пятнадцатого выключателей, включенных последовательно со вторым и шестым выключателями, соответственно.

На фиг.1 представлена схема предлагаемого ОРУ.

Открытое распределительное устройство электрической станции с тремя блоками 1-3 генератор-трансформатор и тремя линиями 4-6 (фиг. 1) содержит первый 7, второй 8, третий 9, четвертый 10, пятый 11, шестой 12, седьмой 13, восьмой 14, девятый 15, десятый 16, одиннадцатый 17, двенадцатый 18, тринадцатый 19, четырнадцатый 20 и пятнадцатый 21 выключатели с разъединителем с одной из сторон. Разъединитель 22 первого блока 1 генератор-трансформатор подключен к разъединителям 23 и 24 первого 7 и второго 8 выключателей. Разъединитель 25 второго блока 2 генератор-трансформатор подключен к разъединителям 26 и 27 третьего 9 и четвертого 10 выключателей. Разъединитель 28 третьего блока 3 генератор-трансформатор подключен к разъединителям 29 и 30 пятого 11 и шестого 12 выключателей. Разъединитель 31 первой линии 4 подключен к седьмому выключателю 13, разъединитель 32 которого подключен к разъединителям 33 и 34 восьмого 14 и девятого 15 выключателей, включенных последовательно с первым 7 и третьим 9 выключателями, соответственно. Разъединитель 35 второй линии 5 подключен к десятому выключателю 16, разъединитель 36 которого подключен к разъединителям 37 и 38 одиннадцатого 17 и двенадцатого 18 выключателей, включенных последовательно с четвертым 10 и пятым 11 выключателями, соответственно. Разъединитель 39 третьей линии 6 подключен к тринадцатому выключателю 19, разъединитель 40 которого подключен к разъединителям 41 и 42

четырнадцатого 20 и пятнадцатого 21 выключателей, включенных последовательно со вторым 8 и шестым 12 выключателями, соответственно.

ОРУ электрической станции с тремя блоками генератор-трансформатор и тремя линиями 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 7, 8, 14 и 20, после чего оперативный персонал отключает разъединитель 22 (фиг.1). При этом происходит потеря мощности блока  $\Delta P_{\text{бл.}}$  на суммарное время  $t_1$  его аварийного ремонта и пуска из холодного состояния. При КЗ в блоках 2 и 3 генератор-трансформатор схема работает аналогично.

2) При КЗ на линии 4 от действия её РЗ отключается выключатель 13. Если КЗ неустойчивое (успешное АПВ), то через время  $t_2$  срабатывания устройства АПВ выключатель 13 включается обратно и восстанавливается нормальный режим работы. Если КЗ на линии 4 устойчивое (неуспешное АПВ), то после отключения этого выключателя оперативный персонал отключает разъединители 31 и 32, и линия выводится в ремонт. При этом в первом случае происходит кратковременная потеря линии 3, а во втором – длительная. При КЗ на линиях 5 и 6 схема работает аналогично.

3) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 7 от действия РЗ блока 1 отключаются выключатели 8, 14 и 20; также перегорают предохранители, установленные в цепи выключателя нагрузки блока 1 (на фиг.1 не показано), что приводит к его потере. После отключения выключателей 7 (для ремонта) и 14 (для профилактического осмотра) от схемы разъединителями 23 и 33, и замены предохранителей выключатели 8 и 20 включаются обратно, и осуществляется пуск блока 1 через время  $t_3$  из состояния горячего резерва. При отказах типа «КЗ в обе стороны» выключателей 8-12 схема работает аналогично.

4) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 13 от действия РЗ линии 4 отключаются выключатели 7, 9, 14 и 15, что приводит к отключению линии 4. После этого выключатель 13 выводят в ремонт разъединителями 31 и 32. При отказах типа «КЗ в обе стороны» выключателей 16 и 19 схема работает аналогично.

5) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 14 от действия РЗ линии 4 отключаются выключатели 7, 9, 13 и 15, что приводит к её кратковременному отключению. После отключения выключателей 7 (для профилактического осмотра) и 14 (для ремонта) от схемы разъединителями 23 и 33, выключатели 9, 13 и 15 включаются обратно, и линия 4 подключается к схеме. При отказах типа «КЗ в обе стороны» выключателей 15, 17, 18, 20 и 21 схема работает аналогично.

6) При КЗ на линии 4 и отказе в отключении выключателя 13 от действия УРОВ отключаются выключатели 7, 9, 14 и 15. После отключения линии 4 и выключателя 13 (для ремонта) от схемы разъединителями 31 и 32 выключатели 7, 9, 14 и 15 включаются обратно. При КЗ на линиях 5 и 6, совпадающих с отказами в отключении выключателей 16 и 19, схема работает аналогично.

7) Отказ выключателя 7 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 14 отключается от действия РЗ блока 1 (также, как и выключатели 8 и 20) и разрывает цепь, соединяющую блок 1 и линию 4. Блок 1 выводится в аварийный ремонт разъединителем 22; также разъединителями 23 и 33 от схемы отключаются выключатели 7 (для ремонта) и 14 (для профилактического осмотра), а разъединителями 24 и 41 – выключатели 8 и 20. При КЗ в блоках 1-3, совпадающих с отказами в отключении выключателей 7 или 14, 8 или 20, 9 или 15, 10 или 17, 11 или 18, 12 или 21 схема работает аналогично.

Принцип работы схемы ОРУ при нахождении в ремонте одного из блоков 1-3 генератор-трансформатор, одной из линий 4-6 или одного из выключателей 7-21 аналогичен рассмотренному выше.

Расчёты суммарного аварийного недоотпуска электроэнергии, проведенные по широко известной методике [1] с использованием данных и уточненной модели отказов выключателей из [2] для заявляемого ОРУ напряжением 500 кВ с тремя блоками генератор-трансформатор мощностью по 500 МВт и тремя линиями длиной 400 км, и для ОРУ, взятого за прототип (напряжение, блоки и длина линий те же), показали, что в первом случае недоотпуск меньше на  $143 \cdot 10^8 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}$ . Не считаясь с потерями потребителей, при значении удельного ущерба 1000 тгг./кВт ч [3] заявляемое ОРУ, в сравнении с прототипом, может принести экономический эффект за счет снижения величины приведённых затрат на 11% в год.

Список использованных источников

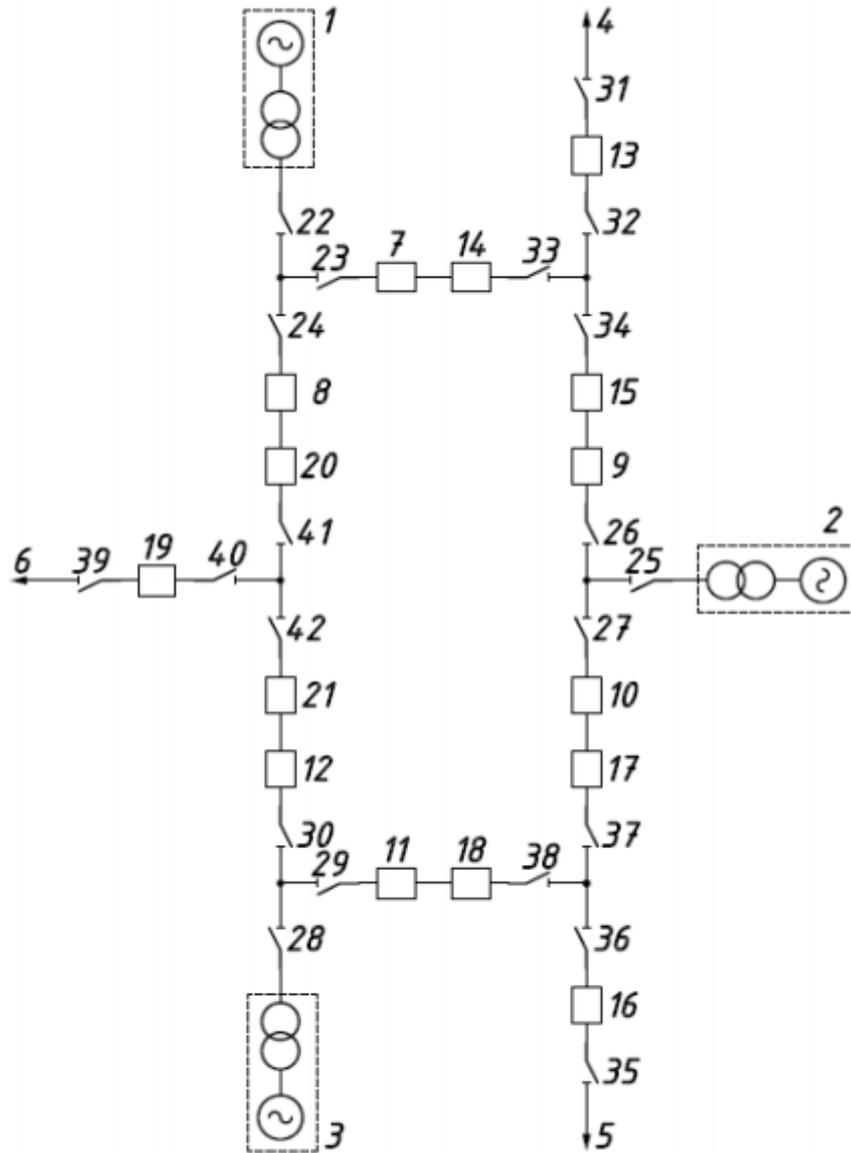
1. Гук Ю.Б. Теория надежности. Введение: учеб. пособие – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 171 с.
2. Балаков Ю.Н., Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 288 с., ил.
3. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.271-2019.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Открытое распределительное устройство электрической станции с тремя блоками генератор-трансформатор и тремя линиями, содержащее

первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой выключатели с разъединителем с одной из сторон, разъединитель первого блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям первого и второго выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям третьего и четвертого выключателей, разъединитель третьего блока генератор-трансформатор, подключенный к разъединителям пятого и шестого выключателей, *отличающееся* тем, что введены седьмой, восьмой, девятый, десятый, одиннадцатый, двенадцатый, тринадцатый, четырнадцатый и пятнадцатый выключатели с разъединителем с одной из сторон, причем разъединитель первой линии подключен к седьмому выключателю, разъединитель которого

подключен к разъединителям восьмого и девятого выключателей, включенных последовательно с первым и третьим выключателями, соответственно, разъединитель второй линии подключен к десятому выключателю, разъединитель которого подключен к разъединителям одиннадцатого и двенадцатого выключателей, включенных последовательно с четвертым и пятым выключателями, соответственно, при этом разъединитель третьей линии подключен к тринадцатому выключателю, разъединитель которого подключен к разъединителям четырнадцатого и пятнадцатого выключателей, включенных последовательно со вторым и шестым выключателями, соответственно.



Фиг. 1