



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 35969

(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) 2021/0626.1

(22) 18.10.2021

(45) 02.12.2022, бюл. №48

(72) Барукин Александр Сергеевич;  
Динмуханбетова Айгуль Жумагельдыевна; Калтаев  
Абдулла Габдылманапулы; Клецель Марк  
Яковлевич

(73) Некоммерческое акционерное общество  
«Торайгыров университет»

(56) KZ 34744 B, 27.11.2020;

RU 2713447 C1, 05.02.2020;

RU 2744474 C1, 10.03.2021;

RU 2744255 C1, 04.03.2021.

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

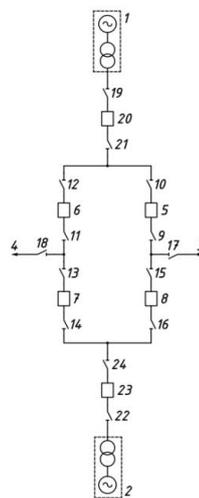
(57) Изобретение относится к электротехнике, а  
именно к открытым распределительным  
устройствам (ОРУ) электрических станций, и может  
быть применено на них для выдачи вырабатываемой  
электроэнергии.

Технический результат изобретения – снижение частоты потери генерируемой и передаваемой мощности в ОРУ при отказе выключателя блока генератор-трансформатор в отключении при КЗ на нем или при отказе выключателя типа «КЗ в обе стороны».

Это достигается тем, что в ОРУ электрической станции с двумя блоками генератор-трансформатор и двумя линиями введены пятый и шестой выключатели с разъединителями с одной из сторон, причем разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен к пятому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям первого и второго выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен к шестому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям третьего и четвертого выключателей.

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

(19) KZ (13) B (11) 35969



Фиг. 1

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 двумя трансформаторами связи и двумя линиями [Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.], содержащее четыре выключателя 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 двумя блоками генератор-трансформатор и двумя линиями [Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов // Под ред. С.В. Усова. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 616 с.], содержащее первый, второй, третий и четвертый выключатели с разъединителями с каждой из сторон. Разъединитель первой линии подключен к первым разъединителям первого и четвертого выключателей, а разъединитель второй линии – к первым разъединителям второго и третьего выключателей. Разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен ко вторым разъединителям первого и второго выключателей, а разъединитель второго блока генератор-трансформатор – ко вторым разъединителям третьего и четвертого выключателей.

Недостатком этого устройства является высокая частота потери генерируемой и передаваемой мощности, так как отказ выключателя блока генератор-трансформатор в отключении при КЗ на нем или отказ выключателя 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 выключателя блока генератор-трансформатор в отключении при КЗ на нем или при отказе выключателя типа «КЗ в обе стороны».

Технический результат достигается тем, что в открытом распределительное устройство электрической станции с двумя блоками генератор-трансформатор и двумя линиями, содержащее первый, второй, третий и четвертый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, разъединитель первой линии, подключенный к первым разъединителям первого и четвертого выключателей, разъединитель второй линии,

подключенный к первым разъединителям второго и третьего выключателей, дополнительно введены пятый и шестой выключатели с разъединителями с одной из сторон, причем разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен к пятому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям первого и второго выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен к шестому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям третьего и четвертого выключателей.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемого ОРУ.

Открытое распределительное устройство электрической станции с двумя блоками 1 и 2 генератор-трансформатор и двумя линиями 3 и 4 (фиг.1) содержит первый 5, второй 6, третий 7 и четвертый 8 выключатели с разъединителями 9 и 10, 11 и 12, 13 и 14, 15 и 16, соответственно, с каждой из сторон. Разъединитель 17 первой линии 3 подключен к первым разъединителям 9 и 15 первого 5 и четвертого 8 выключателей, а разъединитель 18 второй линии 4 – к первым разъединителям 11 и 13 второго 6 и третьего 7 выключателей. Разъединитель 19 первого блока 1 генератор-трансформатор подключен к пятому выключателю 20, разъединитель 21 которого подключен ко вторым разъединителям 10 и 12 первого 5 и второго 6 выключателей. Разъединитель 22 второго блока 2 генератор-трансформатор подключен к шестому выключателю 23, разъединитель 24 которого подключен ко вторым разъединителям 14 и 16 третьего 7 и четвертого 8 выключателей.

ОРУ электрической станции с двумя блоками генератор-трансформатор и двумя 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) отключается выключатель 20 (выключатели 5 и 6 остаются включенными), после чего оперативный персонал отключает разъединители 19 и 21 (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 блоке 2 генератор-трансформатор схема работает аналогично.

2) При КЗ на линии 3 от действия её РЗ отключаются выключатели 5 и 8. Если КЗ неустойчивое (успешное АПВ), то через время  $t_2$  срабатывания устройства АПВ выключатели 5 и 8 включаются обратно и восстанавливается нормальный режим работы. Если КЗ на линии 3 устойчивое (неуспешное АПВ), то после отключения этих выключателей оперативный персонал отключает разъединитель 17 и линия выводится в ремонт. При этом в первом случае происходит кратковременная потеря линии 3, а во втором случае – длительная. При КЗ на линии 4 схема работает аналогично.

3) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 5 от действия РЗ блока 1 и линии 3

отключаются выключатели 6, 8 и 20, что приводит к их потере. После вывода в ремонт выключателя 5 разъединителями 9 и 10 выключатели 6, 8 и 20 включаются обратно, линия 3 подключается к схеме и осуществляется пуск блока 1 через время  $t_3$  из состояния горячего резерва. При отказах типа «КЗ в обе стороны» выключателей 6-8 схема работает аналогично.

4) При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 20 от действия РЗ блока 1 отключаются выключатели 5 и 6. Выключатель 20 выводят в ремонт разъединителями 19 и 21, после чего выключатели 5 и 6 включаются обратно. Пуск блока 1 осуществляется через время  $t_1$ . При отказе типа «КЗ в обе стороны» выключателя 23 схема работает аналогично.

5) При КЗ на линии 3 и отказе в отключении выключателя 5 от действия УРОВ отключаются выключатели 6 и 20 (выключатель 8 был отключен РЗ линии 3), что приводит к потере блока 1. Если КЗ на линии 3 неустойчивое, то после вывода в ремонт выключателя 5 разъединителями 9 и 10 выключатели 6, 8 и 20 включаются обратно, линия 3 подключается к схеме и осуществляется пуск блока 1 через время  $t_3$  из состояния горячего резерва. При устойчивом КЗ на линии 3 она выводится в ремонт разъединителем 17, а выключатель 8 отключается от схемы разъединителями 15 и 16; при этом происходит кратковременная потеря блока 1 и длительная потеря линии 3. При КЗ на линиях 3 и 4, совпадающих с отказами в отключении выключателей 6-8, схема работает аналогично.

6) Отказ выключателя 20 в отключении КЗ в блоке 1 генератор-трансформатор не приводит к утяжелению последствий при КЗ в этом блоке в условиях безотказного отключения выключателя 20, так как от действия УРОВ отключаются выключатели 5 и 6, в результате чего разрываются цепи, соединяющие блок 1 с линиями 3 и 4. После отключения блока 1 и выключателя 20 (для ремонта) от схемы разъединителями 19 и 21, выключатели 5 и 6 включаются обратно. При КЗ в блоке 2, совпадающих с отказами в отключении выключателя 23, схема работает аналогично.

Принцип работы схемы ОРУ при нахождении в ремонте одного из блоков 1 и 2 генератор-трансформатор, одной из линий 3 и 4 или одного из выключателей 5-8, 20, 23 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 двумя блоками генератор-трансформатор мощностью по 500 МВт и двумя 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  $46 \cdot 10^3$  МВт·ч/год. Не считаясь с потерями потребителей, при значении удельного ущерба 1000 тнг./кВт·ч [3] заявляемое ОРУ, в сравнении с прототипом, может принести экономический эффект за счет снижения величины приведённых затрат на 6% в год.

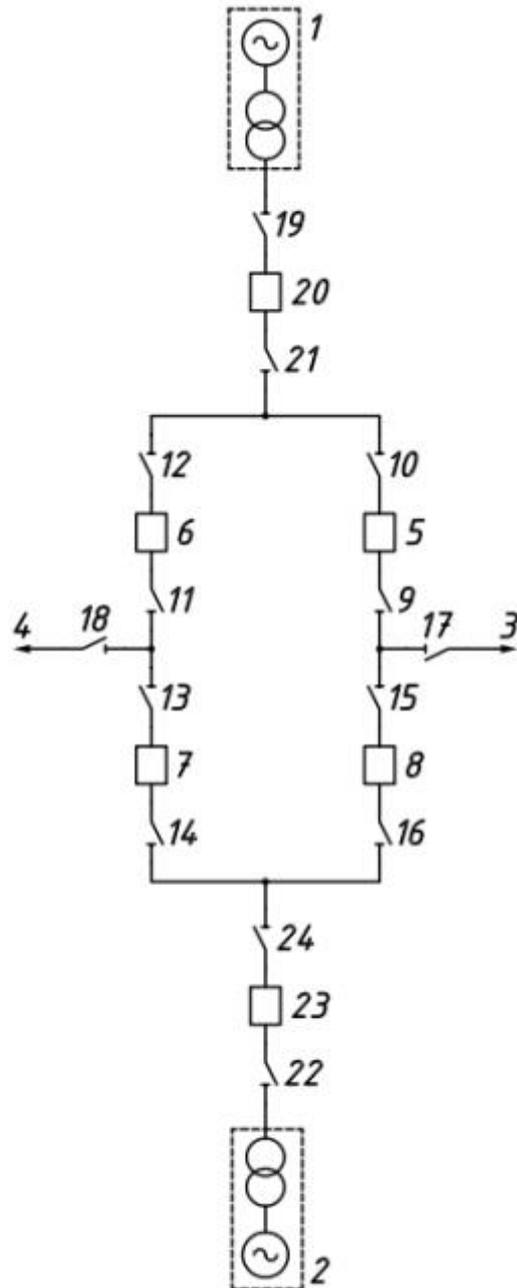
Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09058249).

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 двумя блоками генератор-трансформатор и двумя линиями, содержащее первый, второй, третий и четвертый выключатели с разъединителями с каждой из сторон, разъединитель первой линии, подключенный к первым разъединителям первого и четвертого выключателей, разъединитель второй линии, подключенный к первым разъединителям второго и третьего выключателей, *отличающееся* тем, что введены пятый и шестой выключатели с разъединителями с одной из сторон, причем разъединитель первого блока генератор-трансформатор подключен к пятому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям первого и второго выключателей, разъединитель второго блока генератор-трансформатор подключен к шестому выключателю, разъединитель которого подключен ко вторым разъединителям третьего и четвертого выключателей.



Фиг. 1