

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046704**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.04.12**

(51) Int. Cl. **H02J 3/00** (2006.01)  
**H02B 13/065** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202392583**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.10.13**

---

(54) **ОТКРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С ЦЕПОЧКАМИ С БЛОКАМИ ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР**

---

(43) **2024.04.11**

(56) KZ-B-35130  
RU-C1-2744255  
US-B2-9166407  
US-A1-20220131377

(96) **KZ2023/078 (KZ) 2023.10.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ  
АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО "ТОРАЙГЫРОВ  
УНИВЕРСИТЕТ" (KZ)**

(72) Изобретатель:  
**Клецель Марк Яковлевич,  
Барукин Александр Сергеевич,  
Динмуханбетова Айгуль  
Жумагельдыевна (KZ)**

(74) Представитель:  
**Ержанов Н.Т. (KZ)**

---

(57) Изобретение относится к электротехнике, а именно к открытым распределительным устройствам (ОРУ) электрических станций, и может быть применено на них для выдачи вырабатываемой электроэнергии. Техническим результатом изобретения является снижение частоты потери генерируемой и передаваемой мощности в ОРУ при отказе выключателя любого из n блоков генератор-трансформатор в отключении при КЗ на нем, а также при ремонте выключателя, соединяющего два присоединения в n-й цепочке. Это ведет к повышению эффективности энергосбережения за счет уменьшения недоотпуска электроэнергии и, как следствие, к уменьшению ущерба от этого недоотпуска при реконструкции электростанции или затрат при её сооружении. Это достигается тем, что в ОРУ электрической станции с n цепочками с блоками генератор-трансформатор в каждом присоединении блока генератор-трансформатор введен выключатель между трансформатором блока и его двумя выключателями со стороны высшего напряжения, а также введены два выключателя, каждый из которых установлен последовательно с имеющимся секционным выключателем первой и второй систем сборных шин соответственно.

---

**B1**

**046704**

**046704**

**B1**

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

Наиболее близким к предлагаемому является ОРУ электрической станции с  $n$  цепочками с блоками генератор-трансформатор [Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.], содержащее первую и вторую системы сборных шин, каждая из которых секционирована одним выключателем, первую, вторую, ...,  $n$ -ю цепочки с тремя выключателями в каждой из них и двумя присоединениями, одним из которых является блок генератор-трансформатор, при этом в первой, второй, ...,  $n$ -й цепочках первое присоединение подключено между первым и вторым выключателями, второе присоединение - между вторым и третьим выключателями, а сами цепочки первыми и третьими выключателями подключены к первой и ко второй системам сборных шин соответственно.

Недостатком этого устройства является высокая частота потери генерируемой и передаваемой мощности, так как отказ выключателя любого из  $n$  блоков генератор-трансформатор в отключении при коротком замыкании (КЗ) на нем или отказ выключателя типа "КЗ в обе стороны" приводит к одновременному отключению двух присоединений (или одного присоединения и одной из шин секционированной системы). Надежность устройства низка и в случае нахождения в ремонте выключателя, соединяющего два присоединения в  $n$ -й цепочке, подключенной к одной из шин секционированной системы, что при отказе секционного выключателя в отключении КЗ на другой шине этой системы приводит к кратковременному отключению одного присоединения  $n$ -й цепочки. В обоих случаях 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 любого из  $n$  блоков генератор-трансформатор в отключении при КЗ на нем, а также при ремонте выключателя, соединяющего два присоединения в  $n$ -й цепочке. Это ведет к повышению эффективности энергосбережения за счет уменьшения недоотпуска электроэнергии, и, как следствие, к уменьшению ущерба от этого недоотпуска при реконструкции электростанции или затрат при её сооружении.

Технический результат достигается тем, что в открытое распределительное устройство электрической станции с  $n$  цепочками с блоками генератор-трансформатор, содержащее первую и вторую системы сборных шин, каждая из которых секционирована одним выключателем, первую, вторую, ...,  $n$ -ю цепочки с тремя выключателями в каждой из них и двумя присоединениями, одним из которых является блок генератор-трансформатор, при этом в первой, второй, ...,  $n$ -й цепочках первое присоединение подключено между первым и вторым выключателями, второе присоединение - между вторым и третьим выключателями, а сами цепочки первыми и третьими выключателями подключены к первой и ко второй системам сборных шин, соответственно, дополнительно в каждом присоединении блок генератор-трансформатор введен выключатель между трансформатором блока и его двумя выключателями со стороны высшего напряжения, а также введены два выключателя, каждый из которых установлен последовательно с имеющимся секционным выключателем первой и второй систем сборных шин, соответственно.

На чертеже представлена схема предлагаемого ОРУ.

ОРУ электрической станции с  $n$  цепочками с блоками генератор-трансформатор содержит первую систему сборных шин 1 и 2 (чертеж), секционированную двумя последовательно включенными выключателями 3 и 4, вторую систему сборных шин 5 и 6, секционированную двумя последовательно включенными выключателями 7 и 8, первую цепочку с тремя выключателями 9, 10, 11 и двумя присоединениями, одним из которых является блок 12 генератор-трансформатор, вторую цепочку с тремя выключателями 13, 14, 15 и двумя присоединениями, одним из которых является блок 16 генератор-трансформатор, ...,  $n$ -ю цепочку с тремя выключателями  $4n+5$ ,  $4n+6$ ,  $4n+7$  и двумя присоединениями, одним из которых является блок  $4n+8$  генератор-трансформатор. В первой цепочке первое присоединение (например, линия  $4n+9$ ) подключено между первым 9 и вторым 10 выключателями, а второе присоединение (например, блок 12 генератор-трансформатор) - между вторым 10 и третьим 11 выключателями. Во второй цепочке первое присоединение (например, блок 16 генератор-трансформатор) подключено между первым 13 и вторым 14 выключателями, а второе присоединение (например, линия  $4n+10$ ) - между вторым 14 и третьим 15 выключателями. В  $n$ -й цепочке первое присоединение (например, блок  $4n+8$  генератор-трансформатор) подключено между первым  $4n+5$  и вторым  $4n+6$  выключателями, а второе присоединение (например, линия  $5n+8$ ) - между вторым  $4n+6$  и третьим  $4n+7$  выключателями. Первая (вторая, ...,  $n$ -я) цепочка первым 9 (13, ...,  $4n+5$ ) и третьим 11 (15, ...,  $4n+7$ ) выключателями подключены к первой и ко второй системам сборных шин 1, 2 и 7, 8, соответственно. Между трансформатором блока 12 (16, ...,  $4n+8$ ) и его двумя выключателями со стороны высшего напряжения установлен выключатель  $5n+9$  ( $5n+10$ , ...,  $6n+8$ ).

ОРУ электрической станции с  $n$  цепочками с блоками генератор-трансформатор работает следующим образом. Если электростанция выдает запланированную мощность при отсутствии ремонтов в ОРУ, то:

1) при КЗ в блоке 12 генератор-трансформатор от действия его релейной защиты (РЗ) отключается выключатель  $5n+9$ , после чего оперативный персонал отключает его разъединитель (чертеж). Происходит потеря мощности блока  $\Delta P_{\text{БД}}$  на время  $t_1$  его аварийного ремонта и пуска из холодного состояния. При КЗ в блоках 16, ...,  $4n+8$  схема работает аналогично;

2) при КЗ на линии  $4n+9$  от действия ее РЗ отключаются выключатели 9 и 10. Если КЗ неустойчивое (успешное автоматическое повторное включение (АПВ)), то через время  $t_2$  срабатывания устройства АПВ выключатели 9 и 10 включаются обратно, и восстанавливается нормальный режим работы. Если КЗ на линии  $4n+9$  устойчивое, то после отключения этих выключателей оперативный персонал отключает ее разъединитель, и она выводится в ремонт. При этом в первом и во втором случае происходит, соответственно, кратковременная и длительная потеря линии  $4n+9$ . При КЗ на линиях  $4n+10$ , ...,  $5n+8$  схема работает аналогично;

3) при КЗ на шине 1 от действия ее РЗ отключаются выключатели 3, 4, 9 и 13. При этом не происходит потери мощности. При КЗ на шинах 2, 5 и 6 схема работает аналогично;

4) при отказе типа "КЗ в обе стороны" выключателя 9 от действия РЗ шины 1 и линии  $4n+9$  отключаются выключатели 3, 4, 10 и 13. После отключения выключателя 9 от схемы его разъединителями, оперативный персонал включает ранее отключенные выключатели 3, 4, 10 и 13. При этом происходит кратковременная потеря линии на время  $t_3$  оперативных переключений. При отказах типа "КЗ в обе стороны" аналогичных выключателей других  $n$  цепочек схема работает аналогично;

5) при отказе типа "КЗ в обе стороны" выключателя 11 от действия РЗ шины 5 отключаются выключатели 7, 8, 10, 15 и  $5n+9$ . При этом происходит кратковременная потеря  $\Delta P_{\text{БД}}$  на время  $t_3$  и пуска из горячего состояния. При отказах типа "КЗ в обе стороны" аналогичных выключателей других  $n$  цепочек схема работает аналогично;

6) при отказе типа "КЗ в обе стороны" выключателя 10 от действия РЗ линии  $4n+9$  и блока 12 генератор-трансформатор отключаются выключатели 9, 11 и  $5n+9$ , соответственно. При этом происходит кратковременная потеря двух присоединений и потеря мощности  $\Delta P_{\text{БД}}$  на время  $t_3$ . При отказах типа "КЗ в обе стороны" аналогичных выключателей других  $n$  цепочек схема работает аналогично;

7) при отказе выключателя  $5n+9$  в отключении КЗ на блоке 12 генератор-трансформатор от действия устройства резервирования отказа выключателя отключаются выключатели 10 и 11. При этом теряется мощность блока  $\Delta P_{\text{БД}}$  на время  $t_4$  ремонта выключателя и блока и пуска последнего из холодного состояния. Для других  $n$  цепочек при КЗ на блоке, совпадающих с отказами в отключении выключателей схема работает аналогично.

Принцип работы схемы ОРУ при нахождении в ремонте одного из блоков 12, 16, ...,  $4n+8$  генератор-трансформатор, одной из линий  $4n+9$ ,  $4n+10$ , ...,  $5n+8$ , одной из шин 1, 2, 5, 6 или одного из трех выключателей в  $n$ -й цепочке аналогичен рассмотренному выше.

Расчет суммарного аварийного недоотпуска электроэнергии проводится по широко известной методике [1] с использованием данных и уточненной модели отказов выключателей из [2]. Так, например, для заявляемого ОРУ напряжением 500 кВ с четырьмя цепочками ( $n=4$ ) с блоками генератор-трансформатор мощностью по 500 МВт, недоотпуск электроэнергии  $W_{\text{неотп.}} = 160,8 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$ , а для прототипа  $W_{\text{прот.}} = 167,5 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$ . За счет уменьшения недоотпуска электроэнергии на  $\Delta W = 6,7 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$  можно получить экономический эффект в уменьшении ущерба от этого недоотпуска при реконструкции электростанции или затрат при её сооружении.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования 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.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Открытое распределительное устройство электрической станции с  $n$  цепочками с блоками генератор-трансформатор, содержащее первую и вторую системы сборных шин, каждая из которых секционирована одним выключателем, первую, вторую, ...,  $n$ -ю цепочки с тремя выключателями в каждой из них и двумя присоединениями, одним из которых является блок генератор-трансформатор, при этом в первой, второй, ...,  $n$ -й цепочках первое присоединение подключено между первым и вторым выключателями, второе присоединение - между вторым и третьим выключателями, а сами цепочки первыми и третьими выключателями подключены к первой и ко второй системам сборных шин соответственно, отличающееся тем, что в каждом присоединении блок генератор-трансформатор введен выключатель между трансформатором блока и его двумя выключателями со стороны высшего напряжения, а также введены два выключателя, каждый из которых установлен последовательно с имеющимся секционным выключателем первой и второй систем сборных шин соответственно.

