

В-третьих, для условий относительно низких температур сжигания (до точек перегиба на рис. 1, а) свойства кеков играют существенную роль при определении концентрацией  $\text{CO}_2$ , а также других вредных выбросов. В частности, установлено (рис. 2, а и б), что отходы углерепереработки с малыми влажностью и содержанием летучих [7] приводят к росту  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ . Этот результат позволяет сделать заключение о том, что для кеков, содержащих больше органической части углеродного остатка, особенно важен низкотемпературный режим сжигания, т.е. смещение температуры горения в область до точки перегиба на рис. 1, а. В случае большого содержания летучих (например, для кека Г [7]). Температуры сжигания можно несколько повышать относительно остальных кеков, так как этот фактор не изменит существенно объемы  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ . В-четвертых, применение технологий ВУТ и ОВУТ не снижает выбросы  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  по сравнению с пылеугольным сжиганием. Основное преимущество таких технологий заключается только в том, что снижаются (в несколько раз) выбросы оксидов серы и азота. В тоже время из рис. 2, а и б можно сделать вывод о том, что концентрации  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$  для ВУТ (на примере кеков) меньше, чем ОВУТ. Это обусловлено тем, что при добавлении в состав топливной суспензии жидкого горючего компонента (например, мазута или турбинного масла) даже в небольшом количестве (10 % по относительной массовой концентрации) возрастает доля горючего в топливной смеси. Как следствие, рост концентраций вредных выбросов для суспензий ОВУТ по сравнению с ВУТ неизбежен.

*Исследования выполнены за счет средств программы развития Национального исследовательского Томского политехнического университета в числе ведущих университетов мира (проект ВИУ\_ЭНИН\_25\_2016).*

#### Литература

1. Key World Energy Statistics. International Energy Agency, 2015. 81 p.  
[Abas N., Khan N.](#) Carbon conundrum, climate change,  $\text{CO}_2$  capture and consumptions // *Journal of  $\text{CO}_2$  Utilization*, 2014. – V. 8. – P. 39–48.
2. Bilgen S. Structure and environmental impact of global energy consumption // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014. – V. 38. – P. 890–902.
3. Shen Y., Sun T., Jia J. A novel desulphurization process of coal water slurry via sodium metaborate electroreduction in the alkaline system // *Fuel*, 2012. – V. 96. – P. 250–256.
4. Jianzhong L., Ruikun W., Jianfei X., Junhu Z., Kefa C. Pilot-scale investigation on slurring, combustion, and slagging characteristics of coal slurry fuel prepared using industrial waste liquid // *Applied Energy*, 2014. – V. 115. – P. 309–319.
5. Glushkov D.O., Strizhak P.A., Chernetskii M.Yu. Organic Coal-Water Fuel: Problems and Advances (Review) // *Thermal Engineering*, 2016. – V. 63. – № 10. – P. 707–717.
6. Glushkov D.O., Lyrschikov S.Yu., Shevyrev S.A., Strizhak P.A. Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste // *Energy&Fuels*, 2016. – V. 30. – № 4. – P. 3441–3450.

### АНАЛИЗ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИИ «БЕЛОЗЕРНАЯ»

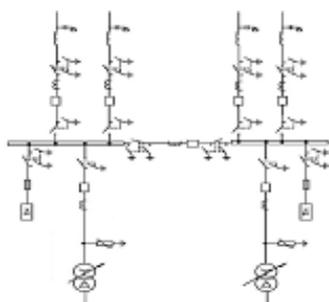
В.А. Душечкин, Н.М. Космынина

*Научный руководитель доцент Н. М. Космынина*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Белозёрная группа подстанций (ГПС) состоит из четырех подстанций: Белозёрная, Мирная, Надежда и Космос, - находящихся в подчинении магистральных электрических сетей Западной Сибири (МЭС Западной Сибири) [1]. Территориально подстанции расположены в Нижневарттовском районе. По выполняемым функциям являются транзитными, передают энергию для нефтеперерабатывающих и газоперерабатывающих заводов, а также в населённые пункты.

На подстанции «Белозерная» имеется три открытых распределительных устройства (ОРУ): ОРУ -500; ОРУ – 220 кВ; ОРУ – 110 кВ. С ОРУ – 500 кВ электроэнергия поступает из энергосистемы (с Нижневарттовской ГРЭС) и далее на напряжениях 220 кВ и 110 кВ передается в другие отдаленные



центры электропотребления. Закрытое распределительное устройство ЗРУ - 6 кВ служит для электроснабжения внутренних и ближних внешних потребителей.

Каждое распределительное устройство имеет свою схему электрических соединений, обладающих рядом свойств.

ЗРУ – 6 кВ выполнено по схеме, состоящей из двух стандартных схем: одна рабочая секционированная система сборных шин (рис.1).

*Рис. 1. Схема электрических соединений ЗРУ-6 кВ*

Каждая стандартная часть является самой простой, надежной и экономичной [3]. Оперативные переключения по вводу (выводу) из работы присоединений однотипны и просты. При включенном секционном выключателе и его отказе или повреждении возможно полное погашение всего РУ. Для устранения этой ситуации возможна установка второго последовательно включенного выключателя, но данное мероприятие нецелесообразно с технико-экономических позиций. Поэтому принято другое решение: схема дополнена еще такой же частью без связи с первой одной секционированной системой сборных шин.

ОРУ – 220 кВ и ОРУ – 110 кВ выполнены по схеме (рис.2): две рабочие системы сборных шин с обходной системой сборных шин [2]. Характеристики схемы приведены в таблице 1.

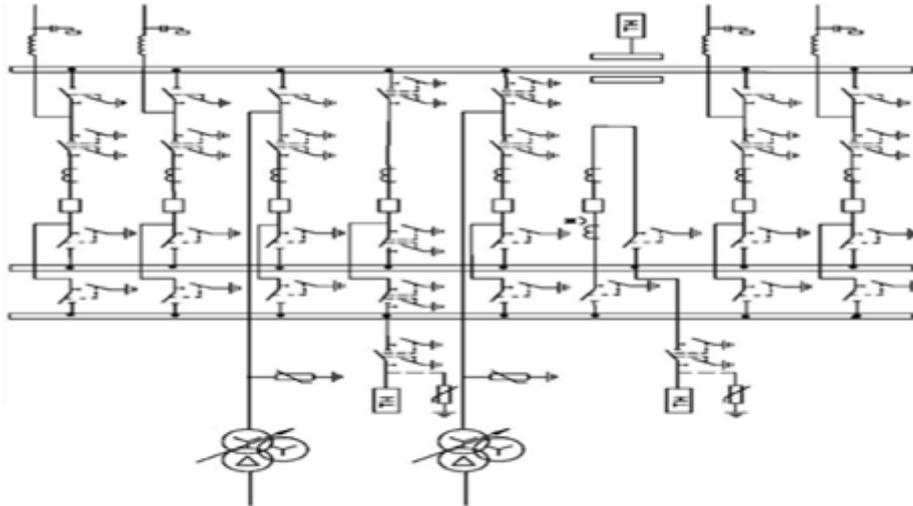


Рис. 2. Схема электрических соединений ОРУ-220 кВ, ОРУ-110 кВ

Таблица 1

Характеристика схемы электрических соединений ОРУ – 220 кВ, ОРУ – 110 кВ

Достоинства	Недостатки
При отказе нормально включенного шиносоединительного выключателя возможно полное погашение распределительных устройств	Большое количество разъединителей и их заземляющих ножей - четыре и пять соответственно на каждом присоединении
При оперативных переключениях сборные шины имеют непосредственную электрическую связь на развилках из шинных разъединителей, и при возникновении отказов возможно полное погашение распределительного устройства.	
Гибкая фиксация присоединений по системам сборных шин	

Большой интерес представляет схема электрических соединений ОРУ – 500 кВ (рис. 3).

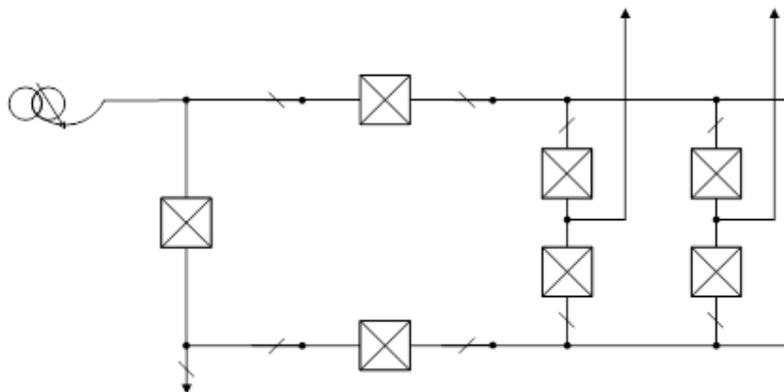


Рис. 3. Схема электрических соединений ОРУ-500 кВ

Схема выполнена комбинированной. Имеется четыре присоединения: один автотрансформатор, три линии. Стандартной является схема четырехугольник, характеристики которой приведены в таблице 2 [2].

**Таблица 2**

**Характеристика схемы электрических соединений «Четырехугольник»**

Достоинства	Недостатки
При отказе любого выключателя отключается не более одной линии и одного автотрансформатора. При этом теряется транзит мощности через сторону высшего напряжения подстанции	Сложный выбор трансформаторов тока, выключателей, разъединителей, устанавливаемых в кольце, так как в зависимости от режима работы схемы ток, протекающий по аппаратам, меняется.
Электромагнитные блокировки и операции с разъединителями просты и однотипны.	Релейная защита должна выбираться в этих схемах с учетом возможных режимов при выводе в ревизию выключателей кольца.
Минимизированы отказы по вине персонала.	

Подключение автотрансформатора осуществляется по схеме четырехугольник; линии подключены по схеме «Две рабочие системы сборных шин с двумя выключателями на присоединение», что увеличивает надежность приема электроэнергии от энергосистемы [3].

### Литература

1. Структура компании [Электронный ресурс] // Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы (ПАО «ФСК ЕЭС»): офиц. сайт. – Режим доступа: <http://www.fsk-ees.ru/about/structure/>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 26.12.2016).
2. СТО 56947007-29.240.30.047-2010. Стандарт организации. Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций 35 - 750 кВ. - ОАО «ФСК ЕЭС», 2010. - 28 с.
3. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина. — Москва: Изд-во МЭИ, 2015. — 296 с.: ил.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНИ – ТЭЦ РОССИИ

**А.М. Макаров, Н.М. Космынина**

**Научный руководитель доцент Н. М. Космынина**

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Электроснабжение предприятий нефтяной и газовой промышленности осуществляется от электростанций разного вида. Тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС), атомные электростанции (АЭС) являются крупными энергетическими узлами энергосистемы с большой установленной электрической мощностью.

Тепловые электростанции производят электроэнергию за счет сжигания топлива, получения тепловой энергии и последующего ее преобразования. В качестве топлива для ТЭС в основном используются газ, уголь. Разновидностью тепловых электростанций являются теплофикационные – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), вырабатывающая электроэнергию и тепло. Они сооружаются в центрах городов, обеспечивая близко расположенные тепловые потребители.

Основными энергетическими агрегатами ТЭЦ являются парогенератор и турбогенератор. При сгорании топлива вода в парогенераторе нагревается до нескольких сот градусов и превращается в пар. Пар под давлением подается в турбину, лопасти турбины вращаются, вал турбины жестко связан с ротором турбогенератора – ротор турбогенератора вращается. При работе системы возбуждения генератор вырабатывает электрический ток.

В соответствии с [1] на ТЭЦ могут использоваться паровые турбины нескольких типов: конденсационные (типа К); теплофикационные с отборами пара трех типов: с производственным отбором (П), на теплофикацию (Т) и с комбинацией производственного и отопительного отборов (ПТ); а также противоаварийные турбины (Р, ПР, ТР).

Для производство электроэнергии на ТЭЦ используются турбогенераторы средней мощности, электрические характеристики некоторых из них приведены в таблице 1 [5]

**Таблица 1**

**Характеристики турбогенераторов ТЭЦ**

Тип генератора	Номинальные параметры		
	Активная мощность, МВт	Полная мощность, МВ*А	Напряжение обмотки статора, кВ
ТВВ-160-2ЕУЗ	160	188,2	18
ТВФ-120-2УЗ	100	125	10,5
ТЗВ-110-2УЗ	110	137,5	10,5