

# СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ К ЩИТУ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА

ГУСЕВ Ю. П., к.т.н., заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»

С 29 марта 2010 года введен в действие стандарт ОАО «ФСК ЕЭС» Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования [1]. Стандарт введен впервые, ранее по системам оперативного постоянного тока (СОПТ) подобных нормативных документов не было. Новизна и краткость формулировок требований, содержащихся в стандарте, привели к тому, что некоторые положения нового стандарта интерпретируются специалистами неодинаково и нуждаются в разъяснении смысла, заложенного в них разработчиками. В данной статье даны пояснения по стандарту в части требований к схеме подключения аккумуляторной батареи (АБ) к щиту постоянного тока (ЩПТ).

С 1987 года, в соответствии с методическими указаниями [2], АБ подключалась к ЩПТ по типовой схеме (рис. 1) через два автоматических выключателя АЗ793С. Питание электромагнитов включения высоковольтных выключателей предусматривалось от 120 последовательно соединенных аккумуляторов батареи через шины приводов (ШП) – ±ЕУ. Устройства релейной защиты питались от 108 аккумуляторов через шинки управления (ШУ) – ±ЕС.

Необходимость иметь АБ с 120 аккумуляторами, а иногда и большим их количеством, была обусловлена необходимостью обеспечить напряжение, достаточное для срабатывания соленоидов включения выключателей. Широко использовавшиеся в те годы электромагнитные приводы имели номинальный ток от 58 до 720 А. Относительно малые токи требовались для включения выключателей типа ВМГ и ВМП, а наибольший ток для включения выключателей У-220. Для компенсации падения напряжения в кабелях, соединяющих ЩПТ с ящиками приводов, в распределительных устройствах к АБ добавляли 12 и более элементов. Эти элементы на профессиональном жаргоне обычно называют «хвостовыми».

Отвод от 100-го элемента АБ предусматривался для поддержания в допустимых пределах напряжения на ШУ при уравнительных зарядах АБ. Раньше этот режим заряда назывался «дозарядом» и для аккумуляторов типа СК его следовало проводить один раз в 3 ме-

сяца. Напряжение при «дозаряде», продолжительностью не менее 6 часов, поддерживалось на уровне 2,3–2,4 В. На 108-м элементе АБ напряжение могло достигать 260 В, что недопустимо для большинства электроприемников СОПТ. При уравнительных зарядах согласно инструкции осуществлялось переключение ШУ на отвод от 100-го элемента, что обеспечивало отклонение напряжения в пределах +10 % от номинального значения. Отвод от 100-го элемента использовался и для проведения испытаний приводов выключателей на работоспособность при пониженных напряжениях.

Наличие отводов от АБ – серьезный недостаток схемы. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации каждая группа аккумуляторов в АБ должна иметь свое независимое зарядное устройство (ЗУ). Типовое проектное решение СОПТ не предусматривало таких устройств, что приводило к снижению срока службы «хвостовых» элементов с 25–30 до 4–5 лет. Ускоренная сульфатация «хвостовых» аккумуляторов становилась причиной неработоспособности электромагнитных приводов.

На современных подстанциях тяжелые электроприводы не применяются. Им на смену пришли пружинные приводы. Для заводки пружин может использоваться как постоянный ток, так и переменный. Потребляемый ток не превышает 10 А. Это обстоятельство позволило включить в Технические требования [1] п. 5.19, запрещающий подключать какую-либо

## Рубрика ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК

Ведущий рубрики



### Гусев Юрий Павлович

Заведующий кафедрой «Электрические станции» ГОУВПО «МЭИ (ТУ)», профессор

В 1974 году окончил электроэнергетический факультет МЭИ по специальности «Электрические станции». В 1984 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Лауреат премии Президента РФ в области образования.

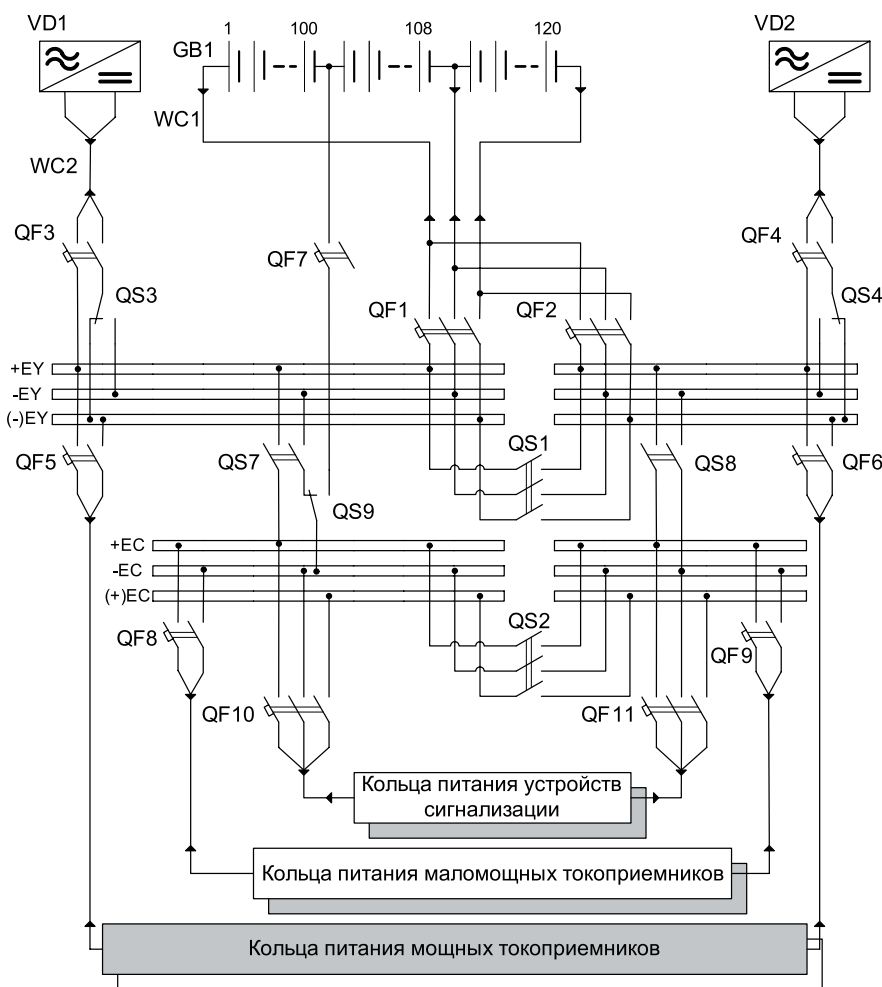


Рис. 1. Типовая схема СОПТ по [2] 1987 года

нагрузку к части элементов АБ. От АБ должно быть только два токовывода.

На реконструируемых подстанциях, на которых продолжают использоваться старые выключатели с электромагнитными приводами, «хвостовые» элементы могут оказаться необходимыми. Если необходимость «хвостовых» элементов доказана расчетом, то, согласно п. 5.20, допускается выполнение АБ с дополнительной («хвостовой») группой элементов и подключение нагрузки к дополнительной («хвостовой») группе элементов АБ. В п. 6.3 Требований для заряда «хвостовой» группы элементов АБ предусмотрено использование для заряда «хвостовых» элементов АБ отдельных ЗУ или ЗУ двухканального исполнения.

Отказ от использования вывода напряжения с 100-го элемента АБ ограничивает использование ускоренных, восстановительных и уравнительных зарядов. Но следует помнить, что эти режимы заряда использовались с аккумуляторами

типа СК, которые в настоящее время не выпускаются и прекращен выпуск запасных частей для них. Более современные аккумуляторы могут нормально вводиться в работу и эксплуатироваться без использования напряжений, превышающих 2,32–2,4 В. При 104-х аккумуляторах в АБ уравнительный заряд АБ можно осуществлять с напряжением 2,32 В или, в соответствии с п. 6.14 Требований, для проведения индивидуальной подзарядки, тренировки отстающих элементов АБ использовать переносное зарядно-разрядное устройство.

Серьезный недостаток старой типовой схемы – низкая надежность питания устройств релейной защиты [3]. Причина – общий для ШП и ШУ вводной автоматический выключатель. Срабатывание вводного выключателя из-за перегрузки или короткого замыкания в цепях ШП приводит к отключению электропитания части устройств релейной защиты.

## Задать вопрос ведущему рубрики

вы можете через редакцию по e-mail:  
**vopros@energyexpert.ru**  
или через форум интернет-портала  
«Энергоэксперт-online»:

**www.energyexpert.ru**

Прямая ссылка:  
<http://energyexpert.ru/forum/viewforum.php?f=11>

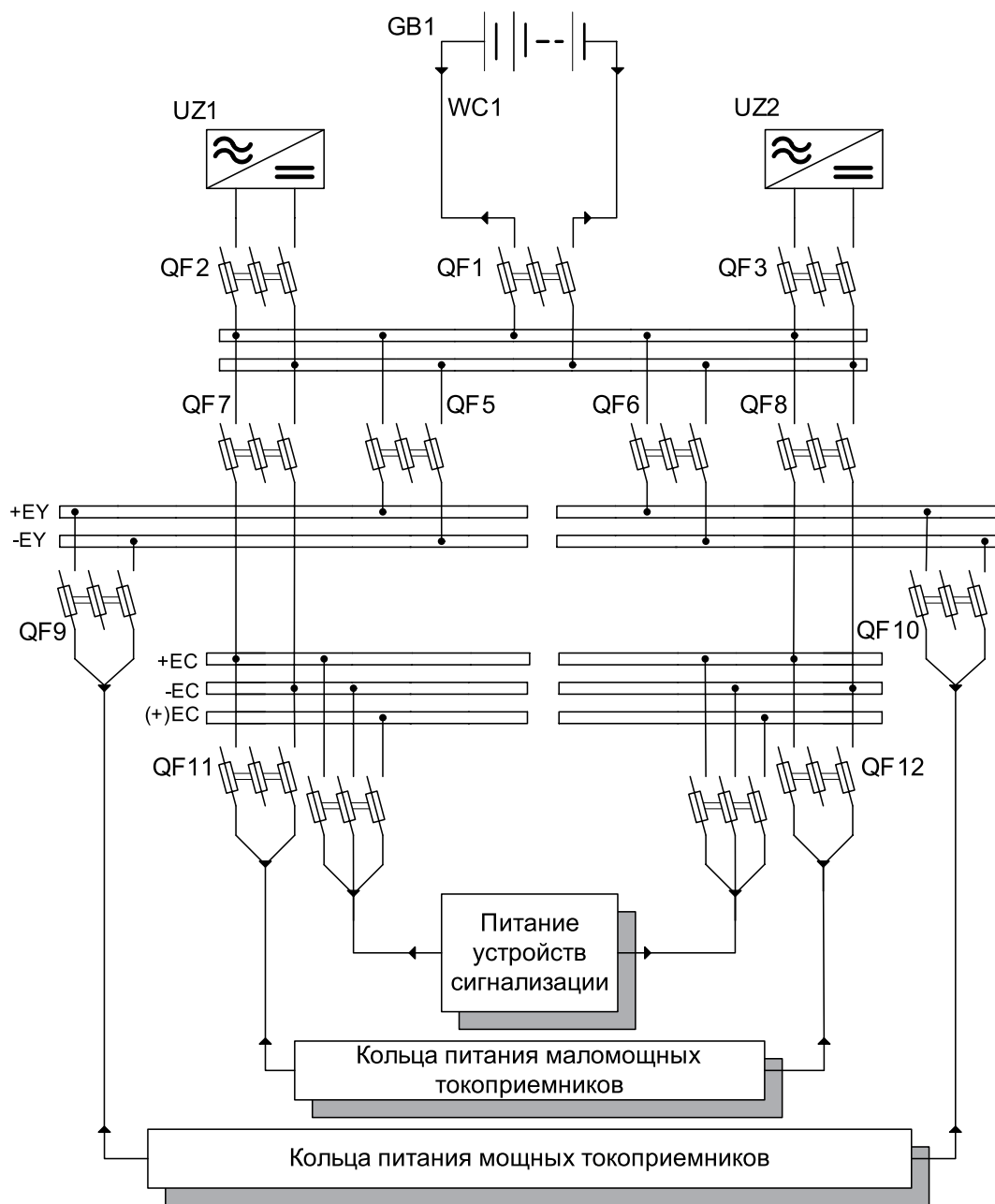


Рис. 2. Вариант схемы СОПТ с отдельными вводами секций ШП и ШУ

Ситуация значительно усугубляется на подстанциях, где вместо двух вводных выключателей использован один, а развилка на секции ШП выполнена рубильниками. Таких подстанций очень много, больше, чем с двумя вводными выключателями. В схемах с одним вводным выключателем основной причиной отключения АБ и потерей питания релейных защит становятся ошибочные действия персонала, допустившего работу с замкнутым кольцом питания приводов. Провоцирует персонал желание обеспечить работу электромагнитных приводов при засульфатированных «хвостовых» элементах.

Персонал знает, что, если кольцо замкнуть, кабели плеч кольца питания приводов будут работать параллельно и напряжение на приводе увеличится. Но если возникает короткое замыкание в замкнутом кольце, то по QF5 или QF6 будет протекать примерно половина тока, а по единственному вводному автоматическому выключателю – весь ток короткого замыкания. Следствием является неселективное отключение короткого замыкания и потеря питания релейных защит.

Для предотвращения подобного развития событий в Требованиях содержатся п. 4.11, предусматривающий выделение в ЩПТ для

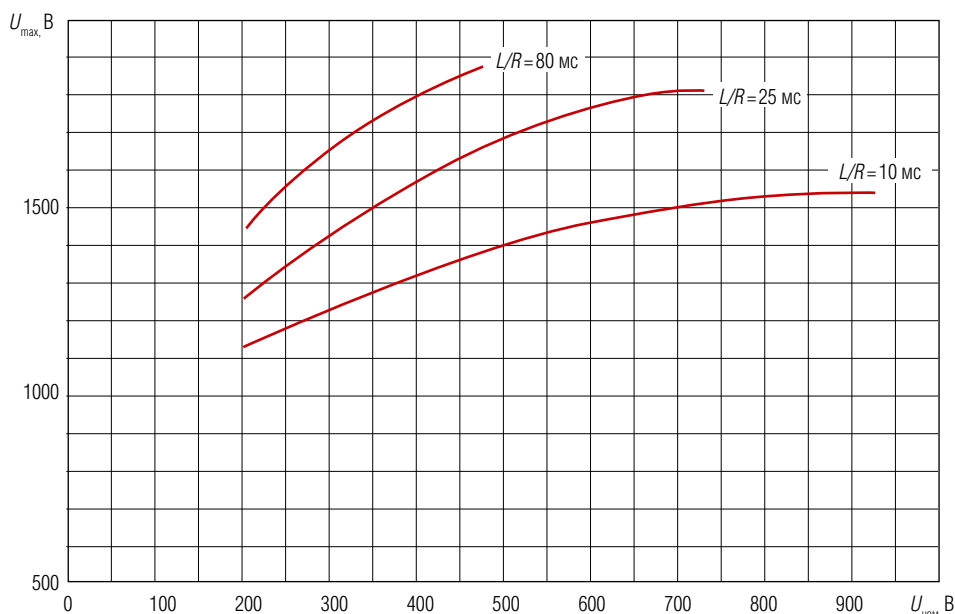


Рис. 3. Зависимость коммутационных перенапряжений от номинального напряжения отключающего защитного аппарата и от постоянной времени коммутируемой цепи

питания устройств РЗА отдельных секций шин или сборок, и п. 7.4 ЩПТ, предусматривающий для них отдельные цепи ввода питания, например, так, как показано на рис. 2. Вместо

автоматических выключателей для защиты от сверхтоков в схеме используются комбинированные трехполюсные аппараты, объединяющие функции предохранителя, выключателя и

## Системы электропитания высшего класса

# BENNING

World Class Power Solutions

Разработка, производство, поставка систем гарантированного электропитания

- Системы оперативного постоянного тока «Тирсот»
- Промышленные инверторы и выпрямители
- Источники бесперебойного питания
- Щиты постоянного тока

### СОПТ «Тирсот» на базе:

тиристорных выпрямителей с конвекционным охлаждением ↓



импульсных высокочастотных выпрямительных модулей с принудительным охлаждением →

импульсных высокочастотных выпрямительных модулей с конвекционным охлаждением ↓



ООО «Беннинг Пауэр Электроникс»  
Москва – Новосибирск – Санкт-Петербург – Уфа  
(495) 967-68-50 [www.benning.ru](http://www.benning.ru)

реклама

Заключение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/020-2009 ■ Заклучение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/019-2009 ■ Заклучение аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/018-2009 ■ Разработано в соответствии с рекомендациями ОАО «ФСК ЕЭС»

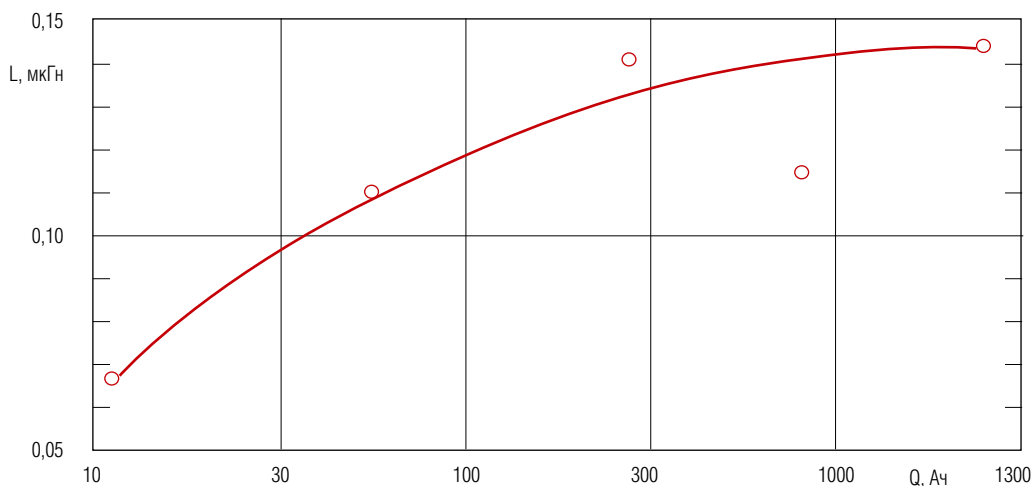


Рис. 4. Индуктивность свинцово-кислотных аккумуляторов в зависимости от их емкости

разъединителя. Средний полюс аппарата может использоваться в качестве места хранения запасной плавкой вставки.

Использование предохранителей с независимым срабатыванием плавких вставок в полюсах защищаемой цепи позволяет отказаться от дальнего резервирования отключающих защитных аппаратов в плечах колец питания приводов и, следовательно, исключить неселективную работу плавких предохранителей в цепи АБ.

В п. 5.10 Требований сказано, что присоединение АБ к защитным аппаратам первого уровня должно осуществляться медными одножильными гибкими (многопроволочными) кабелями с кислотостойкой изоляцией. Это значит, что на новых и реконструируемых подстанциях исключается использование проходной доски. Проходная доска – источник проблем в СОПТ. Асбестоцемент, использующийся в качестве основного материала при изготовлении про-

**Разработка и производство систем бесперебойного электропитания:**

# КОНВЕРТОР



- ▶ **Комплектные системы оперативного постоянного тока;**
- ▶ **Шкафы оперативного постоянного тока;**
- ▶ **Комплектные аккумуляторные установки (источники резервного питания);**
- ▶ **Зарядные устройства;**
- ▶ **Щиты постоянного тока;**
- ▶ **Источники бесперебойного питания переменного тока.**

**ЗАО «Конвертор»**

430031, РМ, г. Саранск, ул. Гожувская, д. 1,  
тел./факс: (8342) 56-96-95, 57-01-82, тел. 56-96-98,

**www.convertor.ru**

Заключения аттестационной комиссии ОАО «ФСК ЕЭС» № 47/017-2010 и № 47/025-2010.  
Разработано в соответствии с рекомендациями ОАО «ФСК ЕЭС»

реклама

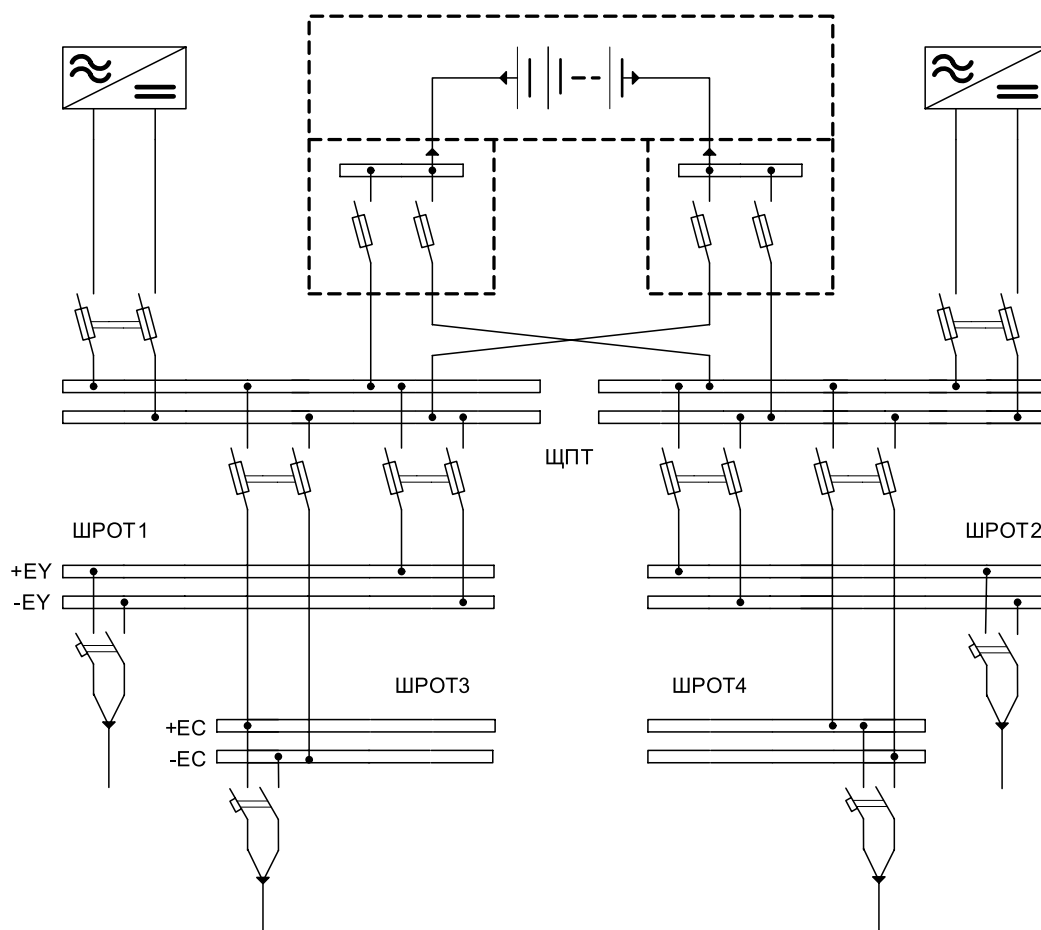


Рис. 5. Вариант схемы СОПТ повышенной надежности

ходной доски, гигроскопичен и может стать причиной снижения сопротивления изоляции полюсов сети СОПТ относительно «земли». Переходное сопротивление контактов проходной доски в процессе эксплуатации возрастает, а техническое обслуживание электрических соединений на проходной доске сопряжено со значительным риском.

Пункт 5.9 вводит ограничение на удаленность расположения АБ от ЩПТ. Расстояние между ними должно обеспечивать применение соединяющего их кабеля минимальной длины, как правило, не более 20 м. В п. 5.11 сказано, что суммарная индуктивность цепей, соединяющих АБ и ЩПТ, должна обеспечивать значение постоянной времени не более 5 мс. Эти требования направлены на уменьшение коммутационных перенапряжений в СОПТ. Актуальность требований обусловлена, с одной стороны, применением в современных СОПТ быстросрабатывающих отключающих аппаратов с большими скоростями спада тока. С другой – наличием в СОПТ микропроцессорных устройств, чувствительных к перенапряжениям малой продолжительности. Согласно рис. 3, при постоянной времени, не превышающей

5 мс, и применении плавких предохранителей с номинальным напряжением постоянного тока не более 440 В можно ожидать приемлемый уровень коммутационных перенапряжений.

Точный расчет постоянной времени цепи, связывающей АБ с ЩПТ, сложен и требует большого количества исходных данных. Но оценку верхнего значения постоянной времени можно выполнить, зная индуктивность аккумуляторов и индуктивность кабельной линии от АБ к ЩПТ. Из рис. 4 следует, что индуктивность обычной для подстанции АБ не превышает 15 мкГн. Однако следует заметить, что это справедливо только для соединения рядов аккумуляторов по бифилярной схеме, иначе индуктивность АБ может значительно возрасти. Погонная индуктивность петли, образованной кабелями, не может превысить 2 мкГн/м, т.е. при длине кабельной линии 20 м составит не более 40 мкГн. Таким образом, получается, что при суммарном активном сопротивлении цепи АБ более 11 мОм постоянная времени будет менее 5 мс и опасность коммутационных перенапряжений при отключении коротких замыканий плавкими предохранителями ЩПТ будет минимальной.



Согласно пп. 9.1 и 9.2 Требований для защиты от коротких замыканий и перегрузок в современных СОПТ должна использоваться трех- или двухуровневая система отключающих защитных аппаратов, причем на верхних уровнях должны применяться комбинированные коммутационно-защитные аппараты с плавкими предохранителями, а на нижнем уровне допускается применение автоматических выключателей. Схема, приведенная на рис. 2, формально не отвечает п. 9.2, так как в цепи конечных электроприемников должен быть еще один, четвертый уровень защиты.

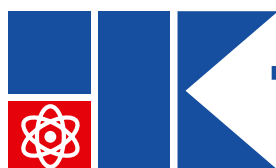
Избежать несоответствия схемы п. 9.2 можно разными путями. Самый простой – вынести секции (сборки) ШП и ШУ из ЩПТ в шкафы распределения оперативного тока (ШРОТ). Недостатком такого решения будет концентрация всех групповых присоединений в ЩПТ на одной сборке. Однако можно ожидать, что надежность такой схемы СОПТ не уменьшится или уменьшится незначительно благодаря возможности уменьшить частоту доступа персонала к внутренностям ЩПТ. Ведь все наиболее часто востребованные коммутационные аппараты будут в ШРОТах. Продуманная конструкция ЩПТ позволит практически исключить короткие замыкания в нем.

Для ответственных подстанций можно увеличить надежность СОПТ с помощью выноса плавких предохранителей АБ из ЩПТ в ящики, размещаемые на стене аккумуляторного помещения, и разделения вводной сборки на две с отдельными вводами (рис. 5). Такая схема обеспечивает возможность создания трехуровневой защиты СОПТ от сверхтоков.

Двухуровневая защита СОПТ может быть создана путем разнесения полюсов ввода АБ в разные шкафы ЩПТ. Такое конструктивное решение позволяет избегать сближения незащищенных участков кабелей и отказаться от верхнего уровня защиты от сверхтоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СТО 56947007-29.120.40.041-2010. Системы оперативного постоянного тока подстанций. Технические требования. Стандарт организации.
2. Методические указания по выбору схем и панелей постоянного тока для подстанций напряжением до 750 кВ. № 12982тм. – Л.: ВГПИНИИ «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» Северо-западное отделение, 1987.
3. Диагностика электроустановок оперативного постоянного тока на подстанциях ОАО «Мосэнерго» / Балашов В.В., Гусев Ю.П., Поляков А.М., Фещенко В.А. // Электрические станции. 2000. № 8. С. 39–46.



# ТЕХНОКОМПЛЕКТ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТОВАНИЯ

e-mail: [techno@dubna.ru](mailto:techno@dubna.ru)  
www.technocomplekt.ru

• Разработка и производство современных систем постоянного оперативного тока

• Разработка и производство источников бесперебойного питания

• Научно-исследовательские и опытно-конструкторские изыскания в области силовых полупроводниковых технологий



• Щиты постоянного тока на базе унифицированных шкафов модульной конструкции



• Устройства универсальные зарядно-подзарядные серии УУЗП «Дубна»



• Аппараты управления оперативным током серии АУОТ с комплектными распределительными шкафами (серии ШР-05 и ШР-ПКИ)



• Преобразователи напряжения зарядно-подзарядные серии ПНЗП «Дубна»

141980, Россия, МО, г. Дубна,  
ул. Школьная, д.10А  
тел./факс: +7 (496) 212-39-93

реклама