

ВСТАВКА НЕСИНХРОННОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБЪЕДИНЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ СИБИРИ И ВОСТОКА

АВТОРЫ:

КОСОЛАПОВ И.А.,
К.Э.Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ДЕМЕНТЬЕВ Ю.А.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

На 2013 г. запланирован ввод в эксплуатацию Забайкальского преобразовательного комплекса (ЗБК), сооружаемого для обеспечения параллельной работы объединенных энергосистем (ОЭС) Сибири и Востока по существующим ВЛ 220 кВ. Строительство ведется по заказу МЭС Сибири ОАО «ФСК ЕЭС». Генеральным подрядчиком является ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», которое выполняет все

работы: от проектных до научного сопровождения. В рамках этого проекта силами ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» и его партнеров удалось разработать, изготовить и испытать (стендовые испытания) комплекс электротехнического оборудования для вставки несинхронной связи (ВНС) мощностью 200 МВт на базе преобразователей напряжения, что является достижением российской науки исключительной важности.



Преобразовательный комплекс ПС 220 кВ «Могоча» позволит объединить энергосистемы Сибири и Востока России

РАЗВИТИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РФ

Отечественная электропромышленность разрабатывает проблемы передачи электроэнергии постоянным током еще с послевоенных лет. В свое время были построены линии электропередачи постоянного тока 200 кВ Кашира–Москва (демонтирована после проведения опытно-промышленной эксплуатации), 800 кВ Волгоградская ГЭС–Донбасс (не действует в настоящее время из-за вывода из эксплуатации ртутных вентилей на украинской подстанции). Было изготовлено и в 1987–1990 гг. смонтировано оборудование электропередачи 1500 кВ Экибастуз–Тамбов (демонтировано после распада СССР). В настоящее время успешно работает вставка постоянного тока Россия–Финляндия на ПС 400 кВ «Выборгская». Развитие российской высоковольтной преобразовательной техники на рубеже 80–90-х гг. прошлого века прерывается на десять лет. Однако в начале 2000-х гг. строится четвертое преобразовательное устройство 350 МВт на ПС «Выборгская». С той поры в нашей стране в эксплуатацию не было введено ни одной новой системы передачи электроэнергии средствами силовой электроники. Прекратило существование производство преобразовательных устройств на ОАО «Тольяттинский трансформатор». Было ликвидировано отделение высоковольтной преобразовательной техники во ФГУП ВЭИ, которое выполнило в свое время разработки для всех перечисленных объектов (кроме КВЛ ППТ Кашира–Москва, которая, как известно, была получена по репарации).

В это же время изменилась позиция технических руководителей ряда эксплуатирующих организаций электросетевого комплекса в части применения статических средств компенсации реактивной мощности (СКРМ). До этого времени в сетях сверхвысокого напряжения (СВН) в качестве СКРМ применялись синхронные компенсаторы (СК), шунтирующие реакторы (ШР) и батареи (шунтовые) статических конденсаторов (БСК, ШКБ). Производство всех этих электрических машин и аппаратов в свое время было освоено промышленностью, было организовано снабжение запасными частями и ремонтно-сервисное обслуживание. Резкое падение потребления после 1990 г. привело к разгрузке большого количества ВЛ 330–750 кВ до мощностей значительно ниже натуральных, что серьезно обострило проблемы регулирования напряжений. Из имеющегося в наличии контингента СКРМ для разрешения этих проблем подходили только СК. Они способны обеспечивать плавное регулирование, но только в диапазоне выдачи реактивной мощности. Остальные же виды компенсации регулировали напряжение ступенчато путем оперативных коммутаций выключателями. Такой метод существенно затруднял оперативность, что приводило к снижению ресурса, нарушениям и отказам выключателей.

В этих условиях не могло быть и речи о системном подходе к оптимизации потерь электроэнергии (нагрузочных и на корону) в основной сети. К сожалению, данный вопрос в силу отсутствия рыночных механизмов оказания системных услуг не решен до сих пор.

В 1990-е гг. фактические значения рабочих напряжений на ВЛ 330 кВ ОЭС Северо-Запада возросли до величин порядка 350–365 кВ [3], а на ВЛ 500 кВ ОЭС Центра – до 550 кВ. Рассматривался вопрос

ИНФОРМАЦИЯ

ПОДСТАНЦИЯ 220 КВ «МОГОЧА»

Место расположения:
Забайкалье

Год строительства:
1987

Установленная мощность: 282 МВА

Обеспечивает:

- электроснабжение тяговых подстанций Транссибирской железнодорожной магистрали,
- электроснабжение города Могоча.

На энергообъекте будет смонтирована вставка постоянного тока (ВПТ) на базе статического компенсатора реактивной мощности (СТАТКОМ), предназначенная для преобразования переменного тока в постоянный и последующего преобразования постоянного тока в переменный. ВПТ обеспечит перетоки электроэнергии между Сибирью и Востоком в объеме 200 МВт.

Также новое оборудование способно стабилизировать уровни напряжения в сетях, благодаря чему не потребуются дополнительные источники реактивной мощности. Преобразовательный комплекс ПС 220 кВ «Могоча» позволит объединить энергосистемы Сибири и Востока России.

АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

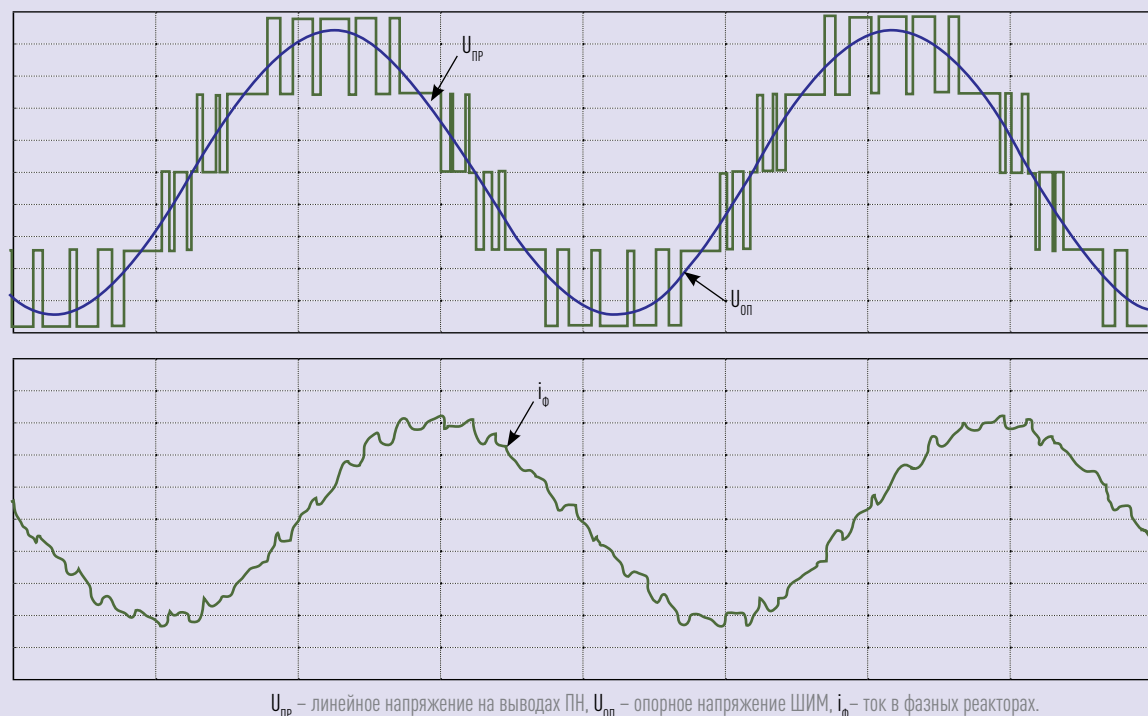


Рис. 1

о целесообразности перехода ряда ОРУ 500 кВ на номинал 550 кВ. Однако проблема усугублялась прогрессирующим выводом из эксплуатации СК из-за снижения качества сервисных услуг.

В это время ученые ОАО «ВНИИЭ» (в настоящее время – ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС») при поддержке ОАО «Энергосетьпроект» предложили заменить изношенные СК на статические тиристорные компенсаторы (СТК). Для этого требовалось организовать их разработку, изготовление, испытание, ввод в работу, системные испытания и сервис. Технология изготовления преобразователей СТК не требует особо сложной технологии формирования электрической изоляции, конструкция не обременена сложной кинематикой привода, не требует высоких давлений и температур. Таким образом, производство вполне

можно организовать на сравнительно ограниченных площадях в сборочных цехах и сравнимых с ними площадях испытательных лабораторий. Необходимые условия были созданы в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». Был оборудован и стенд для комплексных испытаний. Учитывая выполненные подготовительные работы и имеющийся положительный опыт создания опытно-промышленной установки СТК на ПС 500 кВ «Луч» (Нижегородская область), ОАО «ФСК ЕЭС» в 2001 г. поручило ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» пилотную замену СК на СТК 50 Мвар на ПС 500 кВ «Новоанжерская» в Кемеровской области. Этот проект в 2002–2003 гг. был реализован, в 2004 г. проведены системные испытания. Накопленный опыт, в том числе отрицательный (были проблемы в электромагнитной совместимости систем защиты и сигнализации, а также в работе систем охлаждения), позволил

довести объект до безотказного состояния, внести коррективы в технологию проектирования и обеспечить готовность к новому производству. В последующие годы было установлено несколько СТК в Сибири и на Кубани.

Вся эта техника построена по принципу преобразователя тока, что подразумевает применение высоковольтных тиристорных, собранных в ключевые и мостовые схемы. Такое решение обладает существенным недостатком. Преобразователь тока для передачи активной мощности потребляет из сети до 60% реактивной. Это несущественно в случае СКРМ, но осложняет функционирование электропередачи (ППТ) и вставки (ВПТ) постоянного тока. Особенно остра эта проблема для подключения к энергорайону с низким отношением короткого замыкания (ОКЗ). Преобразовательные

ТИПЫ ВНС

№ п/п	Требования	Тип ВНС			
		ВПТ+СТК	ВПТН	АС ЭМПЧ	VFT
1	Реверсивность	+	+	+	+
2	Работа при относительной разности частот объединяемых ОЭС до 3%	+	+	+	+
3	Работа при несимметрии сетевого напряжения до 12%	+	+	+	+
4	Работа при искажении формы кривой сетевого напряжения до 8%	+	+	+	+
5	Работа на выделенную нагрузку	-	+	+	+
6	Возможность автоматического перевода в режим работы на выделенную нагрузку	-	+	+	+
7	Необходимость дополнительных источников реактивной мощности	+	-	-	+
8	Быстродействие при изменении величины и направления передаваемой мощности	-	0,1	0,3	1
9	Численность эксплуатационного персонала, чел.	9	8	10	10

Таблица 1

устройства в этом случае обрастают ШКБ и СК, требующими много места.

Для устранения подобных недостатков в последние годы в мировой практике стали использовать преобразовательные устройства типа СТАТКОМ, выполненные по схеме преобразователя напряжения (ПН) с использованием биполярных транзисторов с изолированным затвором (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT). Это связано с развитием многоподстанционных электропередач постоянного тока, предназначенных, прежде всего, для выдачи мощности с ветроэлектростанций (ветропарков) морского базирования. Приборы IGBT ранее в большой энергетике не применялись, а использовались в основном в качестве электронных ключей в импульсных источниках питания, инверторах и в системах управления электрическими приводами.

Работа преобразовательного устройства СТАТКОМ основана на формировании постоянного тока из напряжения источника за счет широтно-импульсной модуляции и использования фильтра гармоник синусоидального напряжения. В энергетике используется трехуровневая схема преобразователя [2]. Три уровня напряжения (ноль, половина и полное) позволяют задать двухступенчатую основу синусоиды, что позволяет снизить мощность фильтров (рис. 1).

Алгоритм управления ПН обеспечивает в сравнении с преобразователями тока следующие преимущества:

- низкая эквивалентная частота коммутации широтно-импульсной модуляции (ШИМ) – 1050 Гц, что обуславливает низкие

- потери в вентилях ПН; гармонические составляющие с кратностями 5, 7, 11, 13 отсутствуют в кривой генерируемого напряжения, низкий коэффициент искажения синусоидальности напряжения ПН;
- малая мощность фильтрокомпенсирующих устройств.

Инвертор СТАТКОМа не потребляет реактивную мощность из сети и в случае подключения к энергорайону с малым ОКЗ не требует дополнительных СКРМ.

Технология применения преобразователей напряжения позволяет их применение в качестве СКРМ. И такой проект был реализован в 2011 г. ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» на ПС «Выборгская» для регулирования баланса

ГЛАВНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПС 220 кВ «МОГОЧА» С ВПТН (СХЕМА ВПТ ИЗ ДВУХ БЛОКОВ СТАТКОМА)

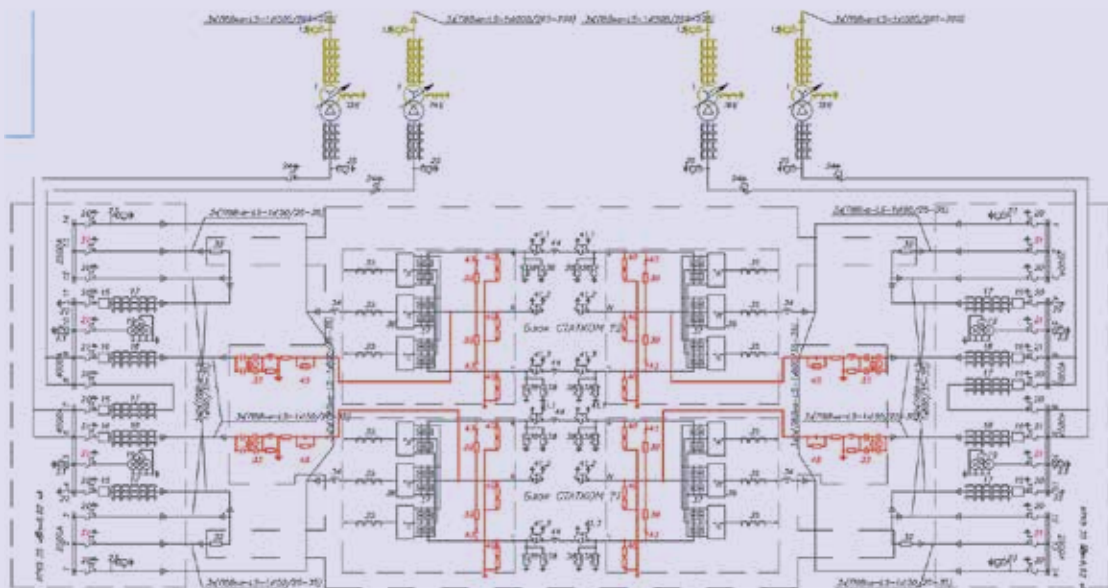


Рис. 2

реактивной мощности ВПТ. В этот момент в ОАО «ФСК ЕЭС» обсуждался проект создания Забайкальского преобразовательного комплекса на ПС 220 кВ «Могоча». Успешное применение СТАТКОМа 50 Мвар на ПС «Выборгская» в сочетании с развернутым масштабным внедрением СТК способствовало принятию решения о привлечении именно ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» к разработке новой ВПТ.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ НЕСИНХРОННОЙ СВЯЗИ СИБИРЬ–ВОСТОК

Вопрос о параллельной работе ОЭС Сибири и Востока возник в 2002 г. До этого преобладала точка зрения, что объединение может

быть выполнено только в варианте параллельной синхронной работы, то есть путем соединения Читинской и Амурской энергосистем ВЛ 500 кВ. В силу очевидной неэффективности такого проекта из-за высокой стоимости линейного строительства, прежде всего из-за неразвитости инфраструктуры, в инвестиционные программы он не попадал. Однако проблема резервирования питания тяговых подстанций (ТПС) электрифицированной железной дороги требовала своего решения. Участок электропередачи 220 кВ Холбон–Могоча–Сковородино протяженностью около 750 км, питающей Забайкальскую железную дорогу и других потребителей, получает электропитание от Харанорской ГРЭС и Читинской ТЭЦ-1 на западе и Нерюнгринской ГРЭС и электростанций Амурской энергосистемы на востоке при отсутствии промежуточных генерирующих источников достаточной мощности. В состав участка входят три опорные подстан-

ции: «Зилово», «Могоча», «Ерофей Павлович» – и 17 промежуточных подстанций, соединенных между собой и с опорными подстанциями последовательными участками ВЛ 220 кВ. Из-за невозможности параллельной работы ОЭС Сибири и Востока электропередача делится на определенной опорной подстанции. В случае деления этой электропередачи на ПС «Могоча» в схемах, возникающих при выводе в ремонт какой-либо ВЛ 220 кВ, аварийное отключение любой из оставшихся в работе ВЛ приведет к перерыву электроснабжения от одной до 12 подстанций на участке Холбон–Могоча и от одной до восьми подстанций на участке Могоча–Сковородино.

В связи с экономическими проблемами 1990-х гг. ремонтно-эксплуатационное обслуживание ВЛ 220 кВ, проложенных вдоль Забайкальской железной дороги, было сведено к минимуму. Авто-

матические отключения происходили регулярно, экстремальные природно-климатические воздействия часто выводили ВЛ 220 кВ из строя на несколько дней. При этом у тяговых транзитов имелось всего два независимых источника электроснабжения. Возможности оперативного подключения резерва от сопредельной энергосистемы не было. На одной из пограничных ПС 220 кВ по режиму линейные выключатели и разъединители были нормально отключены. В противном случае внезапный наброс мощности привел бы к асинхронному ходу или недопустимой перегрузке ВЛ. Для исключения подобного развития событий необходимо иметь в сечении не две, а не менее пяти-шести ВЛ 220 кВ или одну ВЛ 500 кВ. Острота проблемы возрастала. Работа тепловозов на электрифицированной дороге приводила к серьезным убыткам, сбоям в движении. Руководство дороги регулярно обращалось к энергетикам с жалобами и претензиями на качество электроснабжения.

В июле 2002 г. в Читинской области в течение недели бушевал ураган, вызвавший массовое падение опор ВЛ, произошло несколько грозových отключений ВЛ с разрушением линейных изоляторов и расцеплением гирлянд. Это привело к обесточиванию участка ТПС Забайкальской железной дороги от Читы до границы области с отключением нагрузки 250 МВт. Комиссия, назначенная приказом ОАО «ЕЭС России», установила недостаточную надежность электроснабжения восточной части Читинской энергосистемы в связи с невозможностью параллельной работы ОЭС Сибири и Востока из-за низких запасов статической устойчивости. Было отмечено, что, несмотря на наличие физической связи по ВЛ 220 кВ, это приводит к возникновению асинхронного хода при нерегулярных колебаниях элек-

трической нагрузки 150–200 МВт. Принимая во внимание невозможность радикального усиления сечения, комиссия предложила провести исследование возможности параллельной работы ОЭС по существующим ВЛ с применением современных и перспективных активных электроустановок, в т. ч. СТАТКОМ, ВПТ [5].

В развитие решения комиссии был издан приказ РАО «ЕЭС России» от 03.09.2002 № 508 [6], в котором проведение такой работы было поручено ОАО «Институт «Энергосетьпроект». В рамках выполнения этого поручения ОАО «Институт «Энергосетьпроект» в 2003 г. подготовило технические предложения по обеспечению параллельной работы объединенных энергосистем Сибири и Востока по существующим линиям 220 кВ с применением современного и перспективного электротехнического оборудования [4]. В указанной работе была подтверждена техническая невозможность объединения ОЭС Сибири и ОЭС Востока на переменном токе без усиления межсистемной связи. Была также проанализирована возможность объединения этих ОЭС путем сооружения вставки несинхронной связи (ВНС) на ПС «Могоча», выбрана проходная мощность ВНС, исследованы технические возможности ВНС на базе двух СТАТКОМов, связанных между собой по цепям постоянного тока или на базе асинхронизированного электромеханического преобразователя частоты.

В 2006 г. силами ОАО «Институт «Энергосетьпроект» с участием ОАО «НИИПТ» и ОАО «ВНИИЭ» выполнено ТЭО «Создание межсистемной связи на напряжении 220 кВ между ОЭС Сибири и ОЭС Востока на основе Забайкальского преобразовательного комплекса на ПС «Могоча» (ЗБПК)» и проведено сопоставление технико-экономических показателей четырех типов ВНС в составе ЗБПК:

ИНФОРМАЦИЯ

ВСТАВКА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Вставка постоянного тока (ВПТ) – подстанция для преобразования переменного тока в постоянный и последующего преобразования постоянного тока в переменный.

ВПТ позволяет решить ряд задач, актуальных для современных энергетических систем:

- соединение двух электрических сетей одной номинальной частоты, но разных нефиксированных фазовых сдвигов;
- соединение электрических сетей различных частот и фаз;
- повышение пропускной способности элементов сети, содержащих «слабые» связи;
- согласование работы сетей при возникновении аварийных ситуаций.

Вставка постоянного тока на основе статического компенсатора реактивной мощности с транзисторными вентилями позволяет в составе одного преобразователя передавать активную мощность в двух направлениях, а также регулировать реактивную мощность без применения дополнительных источников реактивной мощности.

Рис. 3.
Внешний вид преобразовательных устройств на испытаниях в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»



- вставки постоянного тока традиционного типа в комплексе со статическими тиристорными компенсаторами (ВПТ + СТК);
- вставки постоянного тока на базе двух преобразователей напряжения типа СТАТКОМ, соединенных между собой по цепям постоянного тока (ВПТН);
- асинхронизированного электромеханического преобразователя частоты (АС ЭМПЧ);
- и низкооборотного преобразователя типа VFT (вращающийся трансформатор) фирмы General Electric.

В указанном ТЭО проведены:

- расчеты режимов и пропускной способности межсистемных связей ОЭС Сибири – ОЭС Востока до 2020 г.;

- анализ преобразовательного комплекса на ПС «Могоча» с помощью математических и физических моделей энергосистем для вариантов устройств реализации несинхронной связи;
- рассмотрение на электродинамической модели преобразовательного комплекса на ПС «Могоча» для варианта ВПТ традиционного типа в сочетании с СТК;
- разработка и создание цифровых моделей преобразователей, исследование режимов работы преобразовательного комплекса;
- выбор схемы и параметров оборудования ЗБПК;
- исследования на цифровой модели вставки электромеханического типа на базе низкооборотного электромеханического преобразователя;

- разработка основных технических решений по ПС 220 кВ «Могоча» с учетом установки устройств несинхронной связи. ВПТ на базе СТАТКОМа, АС ЭМПЧ, ВПТ традиционного типа, VFT;
- определение технико-экономических показателей создания межсистемной связи для вариантов установки различных устройств несинхронной связи и их сопоставление.

Было установлено, что независимо от типа ВНС, входящей в состав ЗБПК, технический эффект от ее использования выражается:

- в снижении вероятности перерывов электроснабжения тяговых подстанций Забайкальской железной дороги на участке Холбон–Могоча–Сковородино;
- в снижении недоотпуска электроэнергии тяговым

Рис. 4.
Одна из стадий монтажа блока СТАТКОМ на ПС 220 кВ «Могоча»



- подстанциям на указанном участке;
- в уменьшении числа потребителей, отключаемых противоаварийной автоматикой АПНУ при аварийных отключениях энергоблоков Гусиноозерской, Харанорской, Нерюнградской ГРЭС и Читинской ТЭЦ-1, а также ВЛ Гусиноозерская ГРЭС – Чита.

Суммарное снижение недоотпуска электроэнергии потребителям после сооружения ВНС составит 14480 МВт•ч/год [4].

В таблице 1 сопоставляются возможности четырех рассмотренных типов ВНС для удовлетворения требований, сформированных в ТЗ на ТЭО. Знаком «+» отмечено наличие свойства, указанного в графе «Требования».

ВПТН, АС ЭМПЧ и VFT практически удовлетворяют всем требованиям

к ВНС. Однако вместе с VFT необходима установка дополнительных мощных источников реактивной мощности для компенсации ее потребления самой электрической машиной (не менее 60% от активной мощности) и регулирования напряжения на «западных» и «восточных» шинах ПС. Также необходимо компенсировать реактивную мощность, потребляемую самим устройством. Быстродействие VFT при реверсе проходной мощности через ВНС недостаточно для использования установки в качестве исполнительного устройства противоаварийной автоматики предотвращения нарушения устойчивости (ПА АПНУ).

Заявленное быстродействие АС ЭМПЧ находится на грани возможного для использования агрегата в качестве исполнительного устройства АПНУ. В связи с этим желательно увеличение этого быстродействия в 1,5–2,0 раза.

ВПТ традиционного исполнения в сочетании с СТК принципиально

не может работать на энергорайон с малым ОКЗ.

Из сопоставления технико-экономических показателей четырех рассмотренных выше вариантов реализации Забайкальского преобразовательного комплекса было установлено следующее.

Реализация комплекса на базе традиционной вставки постоянного тока в сочетании со статическими тиристорными компенсаторами не удовлетворяет ключевому требованию, предъявляемому к ЗБПК, а именно, не обеспечивает автоматическое резервирование электроснабжения тяговых подстанций Забайкальской железной дороги на участке Холбон–Могоча–Сковородино. При этом занимаемая им площадь на 35% больше площадей, соответствующих трем другим вариантам ЗБПК.

Комплекс на базе низкооборотных преобразователей типа VFT требует для обеспечения его нормальной работы установки дополнительных

ИНФОРМАЦИЯ

СТАТКОМ

Статический компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ) поддерживает требуемый уровень и качество напряжения, повышает пропускную способность линий электропередачи.

Пилотный образец устройства мощностью 50 Мвар, разработанный ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», является базовым элементом для создания ряда систем компенсации реактивной мощности и управления потоками электроэнергии, включая современные электропередачи и ВПТ.

Выполненная отечественными разработчиками вставка постоянного тока на базе СТАТКОМ по своим параметрам и характеристикам не уступает подобного рода устройствам производства компаний АВВ и Siemens, а по некоторым показателям (потери, КПД) превосходит зарубежные аналоги, чему свидетельствуют испытания прототипа СТАТКОМ 15,75 кВ, 50 Мвар на полигоне ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

Данное решение является инновационным и позволяет комплексно решать проблемы объединения энергосистем.

источников реактивной мощности. Быстродействие VFT недостаточно для использования его в качестве исполнительного устройства ПА АПНУ.

Стоимость технологического оборудования ЗБПК на базе VFT более чем вдвое превышает стоимость оборудования ЗБПК на базе АС ЭМПЧ и на 59,5% выше стоимости оборудования ЗБПК на базе преобразователей напряжения типа СТАТКОМ. Вследствие этого суммарные капиталовложения в комплекс с VFT примерно в 1,6 раза превышают затраты по каждому из прочих вариантов ЗБПК [4].

Варианты ЗБПК на базе вставки постоянного тока на преобразователях напряжения и асинхронизированных электромеханических преобразователях частоты равноценны по техническим характеристикам и капиталовложениям, занимают такую же площадь и отвечают всем требованиям, предъявляемым к несинхронной связи ОЭС Сибири и ОЭС Востока: реверсивность, способность работать на выделенную нагрузку при значительной несимметрии фазных напряжений и искажениях кривой напряжения. Они не требуют дополнительных источников реактивной мощности для обеспечения нормального функционирования и поддержания напряжения на шинах ПС «Могоча», поскольку помимо передачи активной мощности выполняют роль регулируемых источников реактивной мощности с достаточно большим и симметричным (на выдачу и потребление) диапазоном регулирования.

Реализация ЗБПК на базе асинхронизированных электромеханических преобразователей требует на восемь месяцев больше времени по сравнению с ЗБПК на базе статических преобразователей СТАТКОМ. Быстродействие АС ЭМПЧ находится на грани возможного для использования агрегата в качестве исполнительного устройства АПНУ. В состав АС ЭМПЧ

входят вращающиеся машины большой мощности, что требует наличия дополнительно двух рабочих эксплуатационного персонала. В условиях подстанции вариант ЗБПК с вращающимися машинами может быть более сложным в эксплуатации.

Все это явилось причиной того, что было принято решение о реализации ЗБПК на базе вставки постоянного тока с преобразователями напряжения типа СТАТКОМ.

УСТРОЙСТВО ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПС «МОГОЧА»

В состав ВПТ на базе преобразователей напряжения входят:

- четыре трансформатора 220/38,5 кВ установленной мощностью 160 МВА каждый для подключения ВПТН к шинам 220 кВ подстанции;
- четыре управляемых преобразователя напряжения типа СТАТКОМ, связанных попарно по цепям постоянного тока.

Для коммутации перечисленного оборудования сооружаются закрытые распределительные устройства (ЗРУ) 220 и 35 кВ.

Для размещения коммутационных аппаратов и преобразовательных устройств сооружаются:

- здания для ЗРУ 220 и 35 кВ;
- два здания для преобразователей напряжения СТАТКОМ.

ИНФОРМАЦИЯ

ХОД РАБОТ НА ПС 220 КВ «МОГОЧА»

- смонтированы семь из 12 фазных реакторов СТАТКОМ;
- система охлаждения находится на площадке, до конца года высоковольтные транзисторные вентили поступят в ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» для проведения испытаний;
- завершены строительные работы, смонтировано четыре трансформатора 220 кВ типа ТДЦН-160000/220-ХЛ1 суммарной мощностью 640 МВА,
- осуществляется монтаж комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРУЭ) 35 кВ и 220 кВ.

По сравнению с открытыми распределительными устройствами (ОРУ) КРУЭ значительно компактнее, надежнее и безопаснее в эксплуатации. Одновременно на объекте ведется монтаж шкафов релейной защиты, противоаварийной автоматики, щита собственных нужд, опор заходов ВЛ.

Напомним, что проект Забайкальского преобразовательного комплекса ПС 220 кВ «Могоча» реализуется с 2011 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время строительство Забайкальского преобразовательного комплекса находится в завершающей стадии. Выполнены общестроительные работы, поставлено оборудование, ведутся монтажные и пусконаладочные работы. Составлена программа комплексного опробования объекта с постановкой оборудования под рабочее напряжение, под нагрузку, с проведением испытаний функционирования преобразователей напряжения в режимах СКРМ, по кольцевой схеме, в режимах пуска, останова и реверса.

Следующим этапом станут масштабные системные испытания, охватывающие не только ПС «Могоча», но и весь транзит 220 кВ до ПС «Сковородино». Потребуется согласование и перестройка устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики регионального уровня, в том числе на электрических станциях, настройка систем автоматического регулирования управляемых преобразователей напряжения. Это позволит осуществить замыкание транзита 220 кВ Сибирь–Восток на параллельную несинхронную работу, обеспечить полноценное резервирование внешнего электроснабжения тяговых подстанций Транссиба, надлежащее качество электроэнергии для всех потребителей восточной части Забайкальского края.

Для этого мощности ВПТ «Могоча» 200 МВт достаточно, однако для полноценного объединения ОЭС необходимо сооружение аналогичного по мощности преобразовательного комплекса на ПС 220 кВ «Хани» в Амурской области. Проектирование объекта начато в 2013 г.

Перед коллективами ученых, строителей, эксплуатационников стоит задача своевременно ввести

в строй уникальный электросетевой объект, представляющий собой сверхсовременный, активный, интеграционный элемент интеллектуальной энергосистемы [1], созданный исключительно на базе отечественных разработок. Успешное решение этой задачи позволит подтвердить статус нашей страны как одной из ведущих в области разработки и применения высоковольтной преобразовательной техники для электроэнергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердников Р. Н., Дементьев Ю. А., Моржин Ю. И., Шакарян Ю. Г. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС)/Сборник докладов XII Всемирного электротехнического конгресса. 4–5 октября 2011 г.
2. Кочкин В. И., Нечаев О. П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: ЭНАС, 2000.
3. Статические компенсаторы реактивной мощности для электрических сетей/Сборник статей под ред. В. И. Кочкина. – М.: Элекс-КМ, 2010.
4. ТЭО. Создание межсистемной связи на напряжении 220 кВ между ОЭС Сибири и ОЭС Востока на основе Забайкальского преобразовательного комплекса на ПС «Могоча» (ЗБПК). ОАО «Институт «Энергосетьпроект». – М., 2006.
5. Протокол заседания комиссии по расследованию причин повторяющихся технологических нарушений в работе восточной части Читинской энергосистемы. – Чита, 2002.
6. Приказ РАО «ЕЭС России» от 03.09.2002 № 508 «О мерах по повышению надежности работы электросетевых объектов, обеспечивающих электроснабжение Забайкальской железной дороги». Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС». – М.: ДиалогЭлектро, 2006. ■