

ПЕРВЫЙ В МИРЕ ПРОЕКТ ПЯТИКОНЦЕВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ

АВТОРЫ:

GAO PENG,
NR ELECTRIC
CORPORATION,
NANJING CHINA

SHAO ZHENXIA,
NR ELECTRIC
CORPORATION,
NANJING CHINA

CHENG GANG,
NR ELECTRIC
CORPORATION,
NANJING CHINA

DONG XUEPENG,
NR ELECTRIC
CORPORATION,
NANJING CHINA

JING HAIYING
NR ELECTRIC
CORPORATION,
NANJING CHINA

На сегодняшний день системы передачи постоянного тока с преобразователями напряжения обладают целым рядом преимуществ по сравнению с системами передачи, использующих преобразователи тока.

Именно поэтому такие системы (особенно многоконцевые), являются объектом всевозрастающего интереса исследователей и разработчиков в связи с тем, что их применение оптимально для создания гибких систем электропередачи.

Ключевые слова: система передачи постоянного тока ППТВН-ПН; многоконцевая; согласованное управление; пятиконцевая система передачи постоянного тока; преобразователь с питанием от источника тока.



Первая в мире 5-ти узловая система передачи постоянного тока ППТВН-ПН, расположенная на островах архипелага Чжоушань (КНР), была введена в промышленную эксплуатацию в июле 2014 года

ВВЕДЕНИЕ

ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ ППТВН-ПН

Благодаря преимуществам преобразователей напряжения (Voltage Source Converter — далее VSC) и широко-импульсной модуляции (ШИМ), система передачи постоянного тока высокого напряжения с использованием преобразователей напряжения (далее — ППТВН-ПН) имеет ряд потенциальных преимуществ по сравнению с системой передачи постоянного тока с использованием преобразователей тока (ППТВН-ПТ). В последнее время системы передачи постоянного тока высокого напряжения, основанные на технологии ПН, особенно многоконцевые, являются объектом всевозрастающего интереса в связи с тем, что их применение оптимально для создания гибких систем электропередачи [1–6].

Преимущества системы ППТВН-ПН заключаются в следующем:

- независимый контроль активной P и реактивной Q мощности с регулированием в четырех квадрантах;
- отсутствие необходимости в общем случае использования фильтров;
- самокоммутация с высокой степенью управляемости;
- небольшие габариты по сравнению с системой ППТВН-ПТ;
- быстрое изменение направления потока активной мощности;
- отсутствие влияния примыкающей сети переменного тока на приемной стороне;
- возможность динамической поддержки сети переменного тока в режиме СТАТКОМ;

- возможность соединения со слабыми и пассивными сетями;
- возможность поддержания непрерывного питания при аварийных ситуациях в сети и возможность «холодного пуска».

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ППТВН-ПН

Система ППТВН-ПН разработана на базе полностью управляемых полупроводниковых приборов, поэтому ее можно считать безынерционным генератором с возможностью независимого управления активной и реактивной мощностью в четырех квадрантах. Благодаря исключительной гибкости и управляемости в широком диапазоне возможного практического применения, к настоящему моменту были успешно разработаны и введены в эксплуатацию по всему миру около

13 проектов подобных систем, первым из которых стала система ППТВН-ПН HELLSJON с параметрами 10 кВ/3МВт, пущенная в эксплуатацию в 1997 году в Швеции.

Основными областями применения системы ППТВН-ПН являются:

- асинхронные связи систем переменного тока;
- дальние электропередачи постоянного тока;
- подземные и подводные кабельные линии электропередачи;
- присоединение возобновляемых источников энергии;
- энергоснабжение крупных густонаселенных районов;
- многоконцевые системы электропередачи постоянного тока;
- энергоснабжение изолированных островов и морских платформ.

КАРТА АРХИПЕЛАГА ЧЖОУШАНЬ



Рис. 1

ОБЩИЙ ВИД ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПС ДАЙШАНЬ



Рис. 2

ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЧЖОУШАНЬ

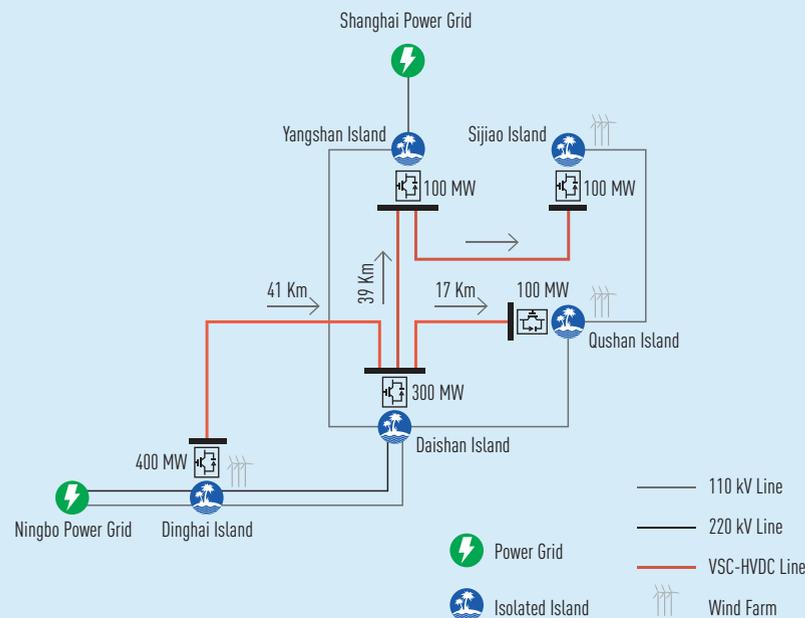


Рис. 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ АРХИПЕЛАГА ЧЖОУШАНЬ

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ЭНЕРГО-СИСТЕМОЙ АРХИПЕЛАГА ЧЖОУШАНЬ

Первый в мире проект 5-ти узловой системы передачи постоянного тока ППТВН-ПН HELLSJON VSC-HVDC предназначен для передачи электроэнергии с материка на архипелаг Чжоушань, который расположен в заливе Ханчжоу у юго-восточного побережья Китая. Для лучшего понимания сначала приведем общие сведения об энергосистеме Чжоушань.

На территории архипелага ранее не существовало источников электроэнергии большой мощности. Суммарная установленная генераторная мощность составляла до 2013 года всего 765,3 МВт. По данным системного оператора, пиковая нагрузка Чжоушаня составляла 818 МВт. Согласно оценкам, потребление электроэнергии возрастет до 2649 МВт — к 2020 году и до 4775 к 2030 году.

Архипелаг Чжоушань, являющийся очень важным и активно развивающимся регионом, сильно страдал от нестабильности и перерывов в поставках электроэнергии ввиду высокого потребления, развития тяжелого портового производства и слабых связей внутри энергосистемы. Кроме того, стихийные бедствия, такие как, например, тайфуны, часто являются причиной нарушений в работе электрической сети, приводящих к полному отключению электроэнергии во всей энергосистеме архипелага, поскольку резервные схемы подачи энергии отсутствуют. Согласно перспективной схеме развития ветрогенерации архипелага Чжоушань, установленная мощность ветрогенераторов к 2020 году должна достигнуть 1850 МВт, что будет

ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПС ДИНХАЙ

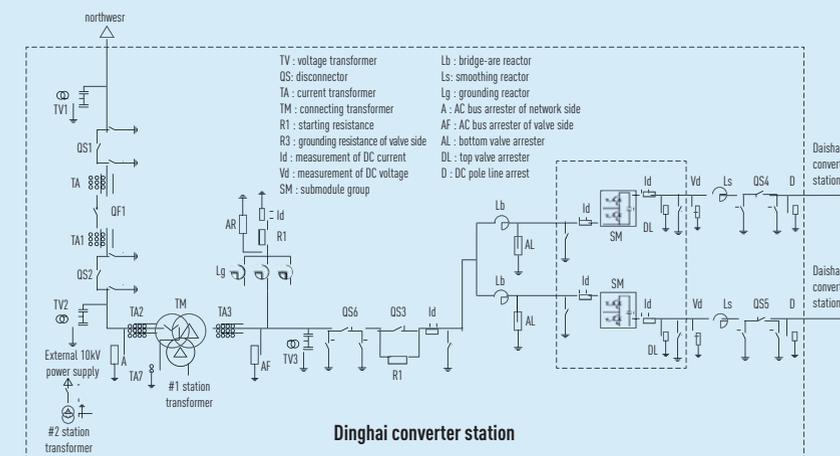


Рис. 4

ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПС ЯНЬШАНЬ

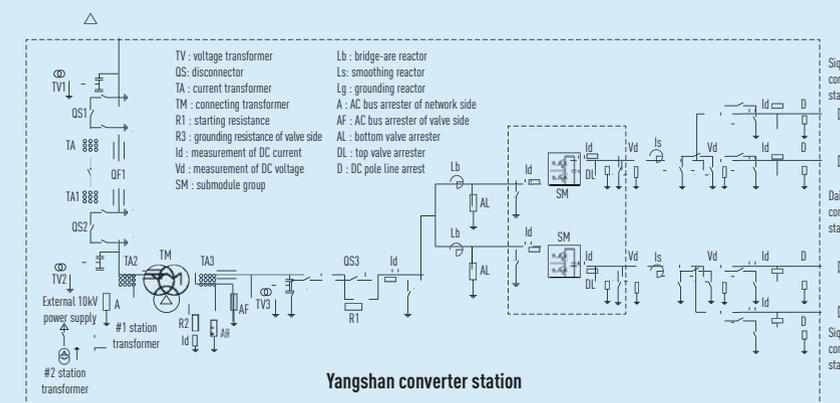


Рис. 5

являться значительным событием в развитии генерации возобновляемой энергии для всего Китая. Однако в связи с отсутствием магистральных сетей достаточной пропускной способности передача столь большой мощности от ветрогенера-

торов по существующим сетям переменного тока невозможна. Таким образом, для повышения стабильности и надежности работы энергосистемы архипелага Чжоушань необходимо создать новую систему передачи электроэнергии.

ПРИЧИНЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ

Основные причины выбора системы ППТВН-ПН в качестве технического решения следующие:

- сети архипелага Чжоушань являются типичной энергосистемой со слабыми связями;
- в силу ограниченного пространства архипелага использование системы ППТВН-ПН является более экологичным решением по сравнению с системой с преобразователями тока. Так, например, преобразовательная подстанция (далее — ПС) Дайшань мощностью 300 МВт, показанная на рис. 2, имеет сравнительно небольшие габариты;
- возможность использования подводного кабеля для внутрисистемных связей;
- гибкое управление потоками мощности оптимально для организации взаимного энергоснабжения между островами;
- гибкость системы ППТВН-ПН обеспечивает наилучшие условия для присоединения ветрогенераторов;
- возможность отключения преобразовательных ПС в случае возникновения масштабной системной аварии;
- независимое управление потоками активной и реактивной мощности в 4 квадрантах для поддержки системы переменного тока и повышения устойчивости энергосистемы в целом.

НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И МОЩНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПС

| Преобразовательная ПС | Напряжение на стороне постоянного тока (кВ) | Напряжение на стороне переменного тока (кВ) | Мощность (МВт) |
|-----------------------|---|---|----------------|
| Динхай | ±200 | 220 | 400 |
| Дайшань | ±200 | 220 | 300 |
| Цюйшань | ±200 | 110 | 100 |
| Яньшань | ±200 | 110 | 100 |
| Сицзяо | ±200 | 110 | 100 |

Таблица 1

РЕЖИМЫ РАБОТЫ 5-ТИ УЗЛОВОЙ СИСТЕМЫ VSC-HVDC

| Режим | Используемые преобразовательные ПС | Кол-во режимов |
|--------------|---|----------------|
| 5-ти узловой | Динхай, Дайшань, Цюйшань, Яньшань, Сицзяо | 1 |
| 4-х узловой | 4 подстанции из 5 | 5 |
| 3-х узловой | 3 подстанции из 5 | 10 |
| 2-х узловой | 2 подстанции из 5, кроме Яньшань — Сицзяо | 9 |
| СТАТКОМ | Каждая подстанция работает по отдельности | 1 |

Таблица 2

ПРОЕКТ ПЯТИУЗЛОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ППТВН-ПН

ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА 5-ТИ УЗЛОВОЙ СИСТЕМЫ ППТВН-ПН

Пятиузловая система ППТВН-ПН архипелага Чжоушань соединяет подстанции пяти островов — Динхай, Дайшань, Цюйшань, Яньшань,

Сицзяо. На рисунке 3 показана однолинейная схема энергосистемы архипелага Чжоушань — смешанной сети переменного и постоянного тока.

В этой радиальной многоузловой системе передачи постоянного тока использована симметричная униполярная схема с металлическим обратным проводником. Для примера на рисунках 4 и 5 приведены однолинейные схемы преобразовательных ПС Динхай и Яньшань соответственно. Схемы остальных преобразовательных ПС в целом аналогичны приведенным.

Номинальное напряжение и мощность приведены выше в табл. 1.

В нормальном режиме преобразовательная ПС Динхай будет являться отправным пунктом передачи, а четыре остальные ПС — принимающими. При выходе из работы преобразовательной ПС Динхай в качестве отправного пункта будет работать ПС Дайшань, а 3 остальные преобразовательные подстанции — в качестве принимающих. В дополнение к основному режиму работы для повышения гибкости функционирования и достижения максимальных преимуществ многоузловой

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ
КОМПАНИЯ ЕДИНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ

ЭНЕРГИЯ ЕДИНОЙ СЕТИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МЕДИАКИТ
2015

УЧРЕДИТЕЛЬ: ПАО «ФСК ЕЭС» ИЗДАТЕЛЬ: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»



УМНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Целевая аудитория

ЭНЕРГОХОЛДИНГИ РОССЕТИ ПРОЕКТИРОВЩИКИ
МЭС НИИ МИНЭНЕРГО МРСК
ФСК ЕЭС МОЛОДЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ
РАН ВУЗЫ СТУДЕНТЫ

ЛИЧНО В РУКИ

ЦЕЛЕВАЯ РАССЫЛКА СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ИНЖЕНЕРЫ
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ СПЕЦИАЛИСТЫ
ГЛАВНЫЕ ИНЖЕНЕРЫ ПМЭС СЕТЕВЫЕ КОМПАНИИ
МЕНЕДЖЕРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ
РУКОВОДИТЕЛИ ПОСТАВЩИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

+7 (495) 727-1909 (доб. 1345, 1731)

adv@ntc-power.ru

системы передачи постоянного тока высокого напряжения проектом предполагается использовать и другие режимы работы. Всего существует 27 теоретических режимов работы системы, 26 из них, указанные в таблице 2, применяются на практике.

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ В ПЯТИУЗЛОВОЙ СИСТЕМЕ VSC-HVDC ЧЖОУШАНЬ

ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА 5-ТИ УЗЛОВОЙ СИСТЕМЫ ППТВН-ПН

На пяти преобразовательных ПС установлен набор высокоэффективных многоуровневых иерархических систем управления и защиты ППТВН-ПН. Система управления подразделена на три уровня: станционный уровень, уровень оборудования и уровень ввода/вывода, представленные на рисунке 6.

ТРИ УРОВНЯ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ППТВН-ПН

Система управления на стороне постоянного тока 5-ти узловой системы ППТВН-ПН разделена на 3 уровня — управление на уровне вентилей ПН, управление на уровне преобразовательной ПС, управление на уровне системы.

— **Управление на уровне вентилей.** Управление на уровне вентилей является основным для подмодулей (далее — ПМ) преобразователей на-

СИСТЕМА ТРЕХУРОВНЕВОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ППТВН-ПН

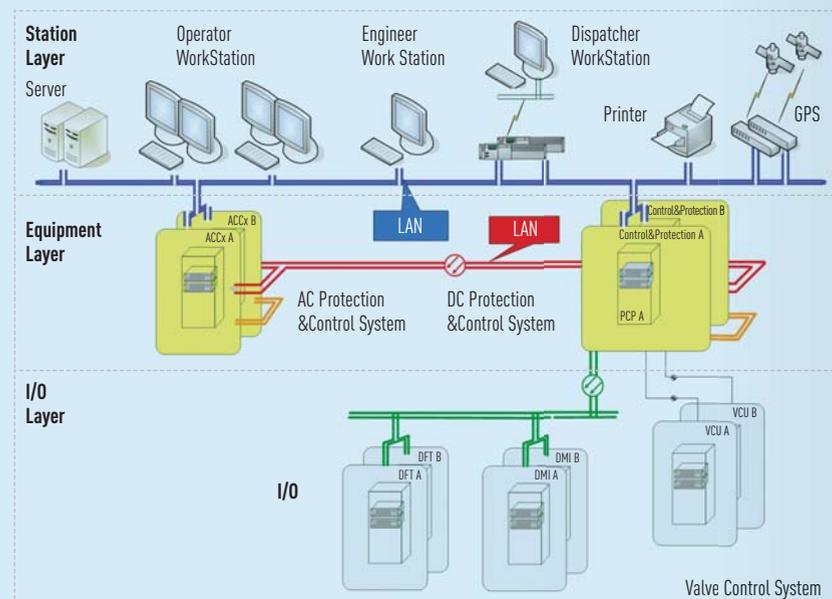


Рис. 6

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КАЖДОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПС

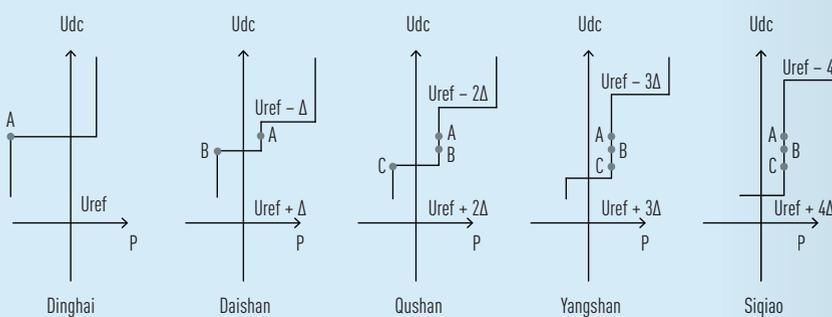
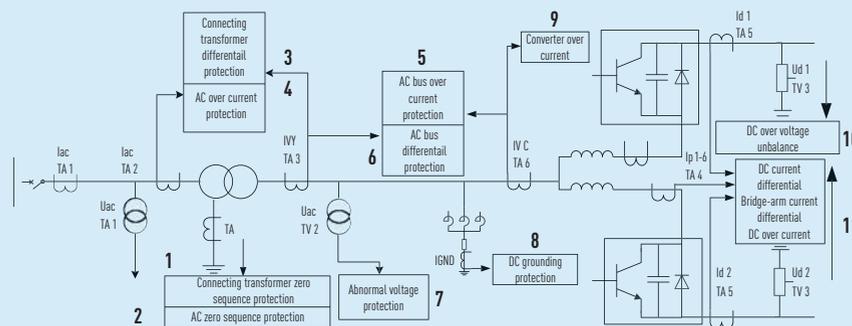


Рис. 7

пряжения и реализуется при помощи блока управления вентилями VBU. Основные функции управ-

ления данного уровня включают в себя управление балансом напряжения ПМ, распределе-

СХЕМА ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА



1 — защита трансформатора от нулевой последовательности, 2 — защита сети переменного тока от нулевой последовательности, 3 — дифференциальная защита трансформатора, 4 — сверхтоковая защита сети переменного тока, 5 — сверхтоковая защита шин переменного тока, 6 — дифференциальная защита шин переменного тока, 7 — защита от недопустимого напряжения, 8 — защита заземления на стороне постоянного тока, 9 — сверхтоковая защита преобразователя, 10 — защита от повышения и небаланса напряжения постоянного тока, 11 — дифференциальная защита плеч моста, сверхтоковая защита стороны постоянного тока

Рис. 8

СХЕМА ВНЕДРЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОДА ППТВН-ПН В СИСТЕМУ МОДЕЛИРОВАНИЯ EMTDC

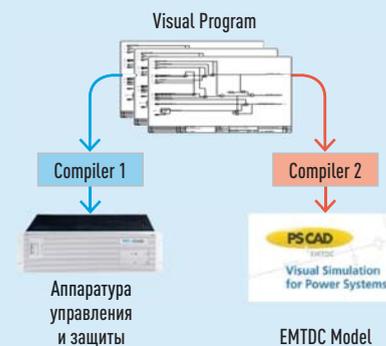


Рис. 9

импульсов ПМ, мониторинг и измерения, подавление циркулирующих токов в плечах ПН и т.д.

— **Управление на уровне преобразовательной ПС.** Управление на уровне преобразовательной подстанции реализуется при помощи системы управления и защиты полюса (далее — РСР). Основные функции данной системы включают в себя задание управляющих параметров, внешний и внутренний контуры регулирования, управление РПН трансформаторов, управление перегрузкой и некоторые другие вспомогательные функции управления.

— **Управление на уровне системы.** Управление на уровне системы опре-

деляет режимы работы всей многоузловой системы передачи постоянного тока ППТВН-ПН, что гарантирует надежное и сбалансированное функционирование энергосистемы в целом.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ

Принцип управления основывается на регулировании отклонений напряжения на преобразовательных ПС. Основной целью является выбор подстанции для автоматического регулирования напряжения и баланса активной мощности в сети. Преобразовательные ПС главным образом управляют мощностью и имеют в своем составе регуляторы напряжения (РН). Установки напряжения и его отклонения для каждого РН задаются такими, чтобы обеспечить регулирование уровня напряжения постоянного тока всей системы при помощи только лишь одной выбранной преобразовательной ПС.

При работе в 5-ти узловом режиме преобразовательная ПС Динхай обладает наибольшей мощностью и наилучшей способностью к регулированию баланса мощности. По этой причине она выбирается основной для регулирования напряжения постоянного тока в сети. Следующая по счету — преобразовательная ПС Дайшань. На рисунке 7 приведена схема регулирования напряжения на подстанциях.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ VSC-HVDC

Помимо системы управления, одним из важнейших элементов VSC-HVDC является система защиты. Система защиты выстраивается от присоединения трансформатора к вентилю до кабеля постоянного тока. Ее схема приведена на рисунке 8.

СХЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

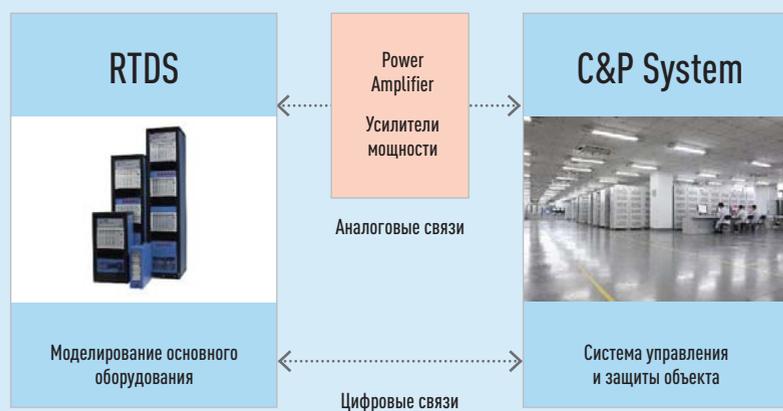


Рис. 10

ОСЦИЛЛОГРАММЫ В МОМЕНТ КЗ ШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ЗЕМЛЮ

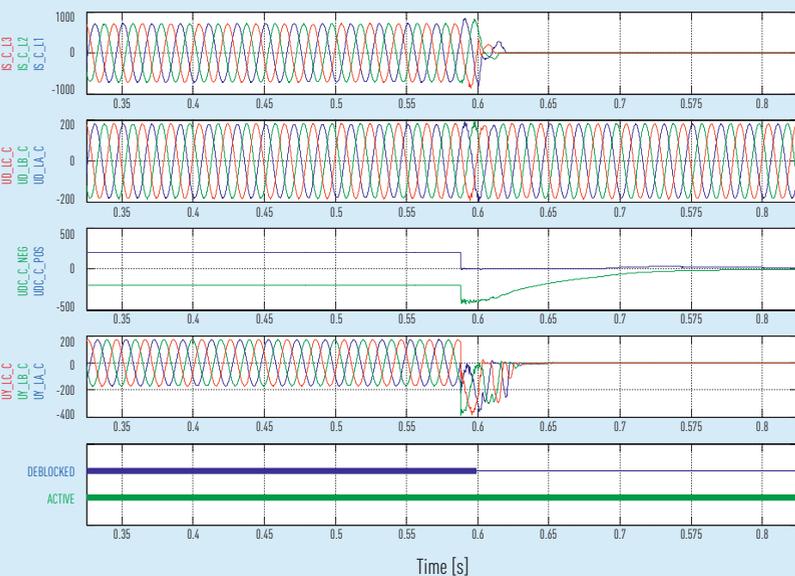


Рис. 11

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ установившихся и динамических режимов смешанной системы постоянного и переменного тока базируется на использовании признанных в международном сообществе средств моделирования электромеханических систем. Детальные исследования электромагнитных характеристик проводятся с помощью таких инструментов моделирования, как PSCAD/EMTDC.

Для повышения точности моделирования фактические коды системы управления, разработанные при помощи программного обеспечения компании NR Electric, были переведены в FORTRAN-подобный файл, который может быть непосредственно внедрен в системы моделирования PSCAD/EMTDC.

Для тестирования функционирования системы управления и защиты в реальном времени используются системы моделирования RTDS или RT-Lab, позволяющие проводить моделирование замкнутых циклов в реальном времени с использованием встроенных аналоговых усилителей и систем защиты и управления.

На рисунке 11 приведены результаты моделирования — осциллограммы в момент КЗ шины постоянного тока на землю. Видно, что система защиты успешно среагировала на КЗ и быстро отключила преобразователь.

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ VSC-HVDC

Являясь генеральным подрядчиком проекта, компания NR Electric предоставляет все оборудование для системы — вентили, электронные трансформаторы тока и напряжения, системы управления и защиты и т.д. Кроме того,

компания NR Electric также завершает системный анализ, системные испытания и приемку оборудования непосредственно на месте ввода в эксплуатацию.

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Поскольку проект пятиузловой системы передачи VSC-HVDC не имеет аналогов в мире, полный цикл полевых испытаний должен быть полностью завершен до ввода системы в эксплуатацию. Полевые испытания подразделяются на 3 типа: испытания подсистем, подстанционные испытания и системные испытания. Перечень испытаний приведен в таблице 3.

В качестве примера приведены результаты двух опытов.

ОПЫТ ОДНОФАЗНОГО КЗ НА СТОРОНЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (ОДНОФАЗНОЕ ЗАМЫКАНИЕ ФАЗЫ А НА ЗЕМЛЮ).

Целью испытания является проверка способности системы ППТВН-ПН поддерживать питание в случае возникновения аварий в сети. Для этого проводилось испытание на однофазное КЗ путем наброса медного провода на провод фазы А отходящей линии на преобразовательной ПС Динхай. Осциллограммы, приведенные на рисунке 12, показывают, что в случае возникновения КЗ на фазе А система ППТВН-ПН продолжает исправно функционировать. Это является существенным отличием от системы ППТВН-ПТ, которая в аналогичной ситуации не сможет обеспечивать бесперебойное энергоснабжение.

ПРОВЕРКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Цель данного испытания — проверка процесса переключения функции управления системой для координации напряжения постоянного тока в сети с одной ПС на другую. На рисунке 13 приведены осциллограммы с преобразовательной ПС Дайшань

ОСЦИЛЛОГРАММЫ ПРИ ОДНОФАЗНОМ КЗ НА ЗЕМЛЮ НА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПС ДИНХАЙ

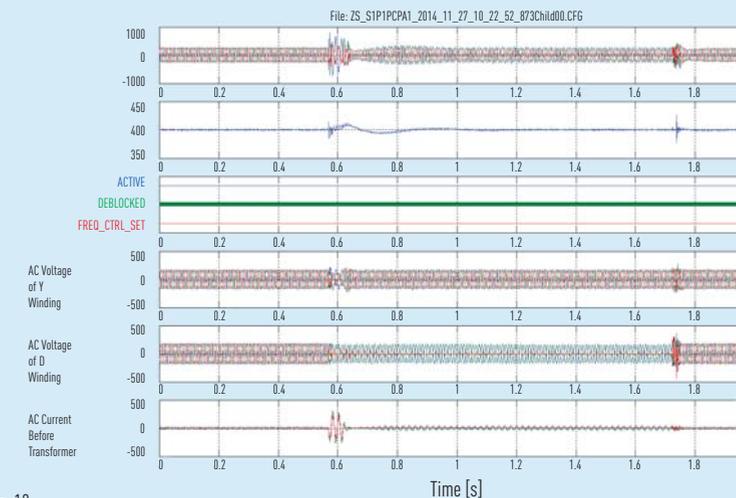


Рис. 12

ОСЦИЛЛОГРАММЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ ДАЙШАНЬ НА РЕЖИМ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

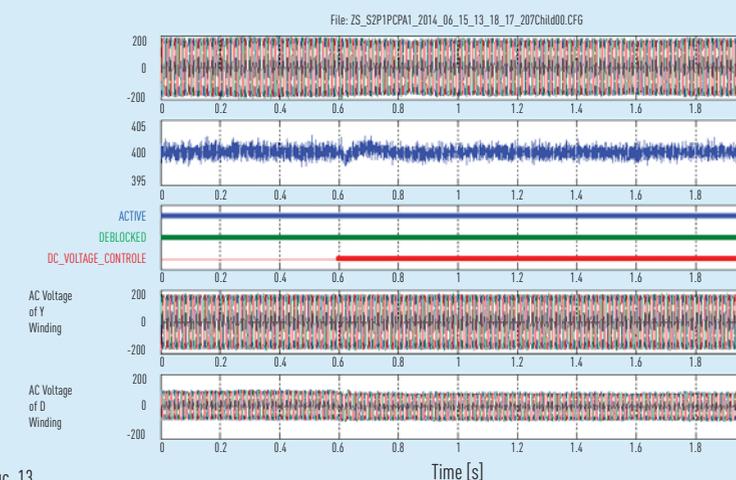


Рис. 13

при передаче ей от ПС Динхай функции регулирования напряжения всей многоузловой системы передачи постоянного тока.

В случае нарушения работы системы охлаждения на ПС Динхай происходит изменение режима работы с регулирования напряжения системы на управ-

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

| Тип испытаний | Наименование |
|--|--|
| Испытание подсистем | Системы защиты и управления постоянного тока |
| | Системы защиты переменного тока |
| | Основное оборудование |
| Подстанционные испытания | Поэтапное тестирование системы управления |
| | Проверка срабатывания защиты |
| | Нагружение вентиля VSC |
| | Испытания ненагруженной линии |
| Системные испытания | Проверка работоспособности в режиме СТАТКОМ |
| | Первичная проверка функционирования системы (5-ти узловой режим и изменение приоритета управления) |
| | Проверка защиты |
| | Проверка переключения на резервные системы |
| | Проверка функционирования в стационарном режиме |
| | Проверка функционирования в динамическом режиме |
| | Проверка переключения режимов работы системы |
| | Испытания вспомогательных систем управления |
| | Проверка возможности пуска системы с нуля («холодный пуск») |
| | Проверка секционирования |
| Проверка перегрузочной способности | |
| Функционирование при аварийных ситуациях | |

Таблица 3

ление потоками мощности. При этом следующая по приоритету регулирования напряжения преобразовательная ПС Дайшань берет на себя функции регулирования напряжения всей системы. Осциллограммы рисунка 13 свидетельствуют, что процесс переключения происходит устойчиво и гладко.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

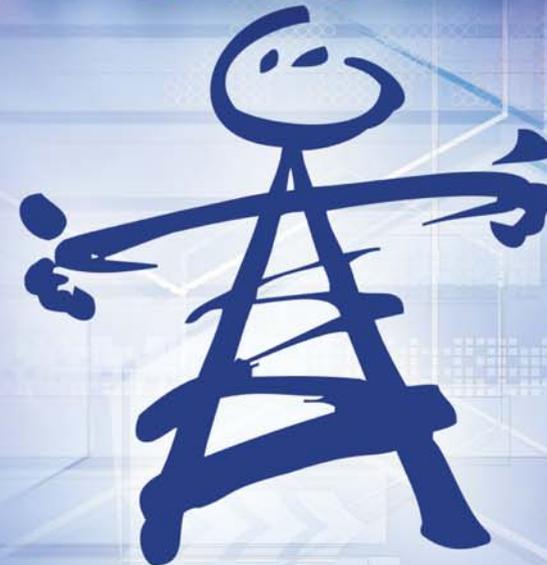
На сегодняшний день система передачи постоянного тока с преобразователями напряжения является наиболее гибкой системой с множеством передовых решений. К настоящему моменту построен и успешно введен в эксплуатацию первый в мире проект 5-ти узловой системы передачи постоянного тока ППТВН-ПН номинальным

напряжением ± 200 кВ и наибольшей мощностью одной подстанции 400 МВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Flourentzou, V.G. Agelidis, and G.D. Demetriades, «VSC-based HVDC power transmission systems: an overview», IEEE Transactions on power electronics, vol. 24, No.3, pp. 592-602, March. 2009.
2. Udana N. Gnanarathna, Aniruddha M. Gole, Rohitha P. Jayasinghe, «Efficient modeling of modular multilevel HVDC converters (MMC) on electromagnetic transient simulation programs», IEEE Transactions on power delivery, vol. 26, NO. 1, pp. 316-324, January 2011.
3. Ayman S. Abdel-Khalik, Ahmed M. Massoud, Ahmed A. Elserougi, et al, «Optimum power transmission-based droop control design for multi-terminal HVDC of offshore wind Farms», IEEE Transactions on power systems, vol. 28, No. 3, pp. 3401-3409, August 2013
4. Grain P. Adam, Barry W. Williams, «Half — and full-bridge modular multilevel converter models for simulations of full-scale HVDC links and multiterminal DC grids», IEEE Journal of emerging and selected topics on power electronics», vol. 2, No. 4, pp. 1089-1108, December 2014
5. Sheng Liu, Zheng Xu, Wen Hua, et al. «Electromechanical Transient Modeling of Modular Multilevel Converter Based Multi-Terminal HVDC Systems», IEEE Transactions on power systems, vol. 29, No. 1, pp.72-83, January 2014
6. Gregory J. Kish, Mike Ranjram, Peter W. Lehn, «A Modular Multilevel DC/DC Converter With Fault Blocking Capability for HVDC Interconnects», IEEE Transactions on power electronics, vol.30, No.1. pp. 148-162, January 2015.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ



01–04
ДЕКАБРЯ

2015

Москва, ВДНХ
МВЦ «МосЭкспо» (пав. 75)

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ
СОСТОИТСЯ
КОНКУРС ЭКСПОНАТОВ

При поддержке:
| Комитета по энергетике
Государственной Думы ФС РФ
| ОАО «ФСК ЕЭС»
| Правительства Москвы

Организаторы:
| «Совет ветеранов энергетиков»
| ЗАО «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

(495) 771-6564, 963-4817
EXHIBIT@TWEST.RU
WWW.EXPOELECTROSETI.RU

Разделы выставки:

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.

Воздушные и кабельные линии электропередачи.

Устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики.

АСУ ТП и информатизация, связь, АСКУЭ.



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР



ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ПАРТНЕР В СЕТИ
ИНТЕРНЕТ



ОТРАСЛЕВОЙ ПАРТНЕР

Информационная поддержка

