Обобщение тенденций развития и применения технологий передачи электроэнергии постоянным током и силовой электроники для энергосистем

(по итогам 47-й сессии СИГРЭ, 2018 год)

For power system expertise

Ольга Суслова, к.т.н., ОАО «НИИПТ»,
регулярный член ИК В4 «Системы постоянного тока и силовая электроника» СИГРЭ
руководитель НИК В4 РНК СИГРЭ

Отчетная конференция РНК СИГРЭ по итогам 47-й сессии СИГРЭ, 17 апреля 2019 г.

Содержание

1. Краткие сведения об ИК В4«Системы постоянного тока и силовая электроника» СИГРЭ

1.1. Сфера деятельности

Председатель – Мохамед Рашван (Канада), секретарь – Джон Ху(Канада).

Сфера деятельности ИК В4 «Системы постоянного тока и силовая электроника»:

- Системы постоянного тока и оборудование для них, включая полупроводниковые преобразовательные устройства
- Силовая электроника для энергосистем.

Основные направления деятельности ИК В4

Системы постоянного тока высокого напряжения	Постоянный ток и силовая электроника (СЭ) для распределительных систем	Регулируемые электропередачи переменного тока (устройства FACTS)
•Планирование строительства СПТВН, включая ТЭО, проектирование, присоединение ВИЭ, вопросы экологии. •Новые технологии в СПТВН, включая сети ПТ, мультитерминальные ПТВН, гибридные ПТВН. •Модернизация существующих СПТВН, продление жизненного цикла. •Вопросы эксплуатации преобразовательных подстанций, в том числе офшерных.	•Применение систем постоянного тока в распределительных энергосистемах. •Применение СЭ и FACTS в распределительных системах, включая вопросы экономики и надежности. •Разработка и создание нового оборудования.	•Планирование строительства, реализация, включая ТЭО, проектирование, присоединение ВИЭ, вопросы экологии и экономики. •Применение новых технологий FACTS и оборудования СЭ, в том числе для подключения к сети генераторов и накопителей электроэнергии. •Модернизация существующих FACTS и оборудования СЭ, опыт эксплуатации, продление жизненного цикла.

1.2. ИК В4: действующие рабочие группы (1/2)

Название РГ	Срок действия	Председатель	Представители от РФ
WG B4.72 «Разработка модели сети постоянного тока для исследований электромеханических и электромагнитных переходных процессов»	2016 - 2019	Тинг Ан (Китай)	Нет
JWG B4/B1/C4.73 «Импульсные и длительные испытания на электрическую прочность кабельных систем постоянного тока»	2016-2019	Маркус Залцер (Швеция)	Нет
B4 WG.74 «Методические указания по моделированию СПТВН в системах реального времени»	2016-2019	Qi Guo (Китай)	Руслан Уфа, к.т.н., НИУ ТПУ
WG B4.75. Оценка методов измерения потерь в вентилях преобразователей напряжения	2016-2019	Christian Rathke (Дания)	Нет
B4 WG.76. Преобразователи DC-DC в сетях постоянного тока и их присоединение к СПТВН	2017-2020	Dragan Jovcic (Великобритания)	Нет
WG B4.78. Кибербезопасность для СПТВН и устройств FACTS	2018-2020	Kerry Walker (Канада)	Нет
JWG C2/B4.38. Свойства и требования к устройствам силовой электроники для обеспечения надежной и эффективной работы систем.	2017-2020	Жан Ван Путтен (Нидерланды)	Нет
JWG C6/B4.37. Системы постоянного тока среднего напряжения для распределительных сетей	2018-2021	James Yu (Великобритания)	Нет

1.2. ИК В4: действующие рабочие группы (2/2)

Начинают работу новые рабочие группы:

Название РГ	Срок действия	Председатель	Представители от РФ
WG B4.79. Гибридные системы ПТВН, включающие преобразователи тока и преобразователи напряжения	2018-2022	Hong Rao (Китай)	Нет
JWG B4/A3.80. Выключатели постоянного тока для СПТВН: технические требования, воздействия, методы испытаний	2019-2022	Junzheng Cao (Китай)	Нет
JWG C4/B4.52. Методические указания по исследованию субсинхронных колебаний в энергосистемах с большой долей силовой электроники	2019-2021	Chandana Karawita (Канада)	Нет
WG B4.81. Взаимодействие между близко расположенными преобразователями напряжения, устройствами FACTS, устройствами силовой электроники и другим оборудованием энергосистем	2019-2022	Kamran Sharifabadi (Норвегия)	Нет

1.3. ИК В4: новые технические брошюры (1/2)

№ брошюры	Год публикации	Название	Рабочая группа
649	2016	Методические указания про продлению жизненного цикла систем ПТВН.	WG B4.54
657	2016	Руководящие указания для подготовки электросетевого коде.	WG B4.56
663	2016	Методические указания по испытаниям и приобретениям СТАТКОМ.	WG B4.53
671	2016	Присоединение ветровых электростанций к слабым сетям переменного тока.	WG B4.62
675	2017	Методические указания по проектированию электродов	WG B4.61
684	2017	Рекомендуемые классы напряжений для сетей постоянного тока	WG B4/C1.65
683	2017	Технические требования и спецификация для коммутационного оборудования систем ПТВН	WG A3/B4.34
697	2017	Системные испытания систем ПТВН с применением преобразователей напряжения	WG B4.63
699	2017	Методы управления напряжением и перетоками мощности в сетях постоянного тока	WG B4.58

1.3. ИК B4: новые технические брошюры (2/2)

№ брошюры	Год публикации	Название	Рабочая группа
713	2017	Проектирование сетей постоянного тока для обеспечения оптимальных показателей надежности.	WG B4.60
717	2018	Инструкция для отчета по эксплуатационным характеристикам устройств FACTS	AG B4.04
739	2018	Регулирование и защита в сетях постоянного тока	JWG B4/B5.59
754	2019	Гармоники на стороне переменного тока и их ограничение в системах ПТВН с преобразователями напряжения	WG B4.67

Больше информации о рабочих группах на сайте СИГРЭ:

https://www.cigre.org/article/GB/cigre-active-working-groups

2. 47-я сессия СИГРЭ, 26 – 31.08.2018
2.1. Общая информация

- 26 – 31.08.2018, г. Париж, Франция.
- Официальный сайт: https://www.cigre.org/GB/events/cigre-session-2018
- Мероприятия в рамках ИК В4:
    - заседания ИК В4 «Системы постоянного тока и силовая электроника» и рабочих групп
    - постер-сессия ИК В4
    - дискуссионное заседание ИК В4
    - семинары

2.2. Предпочтительные темы (ПТ)

ПТ1 –Системы постоянного тока ВН и их применение (38 докладов)

- Планирование и реализация новых проектов систем постоянного тока высокого напряжения (ВН) (включая обоснование потребности, проектирование, интеграцию ветровой энергетики, экологическую и экономическую оценку)
- Применение новых технологий в системах и сетях постоянного тока ВН
- Реконструкция и модернизация существующих систем постоянного тока ВН
- Опыт обслуживания и эксплуатации

ПТ2 – 2 - Системы постоянного тока для распределительных энергосистем (3 доклада)

- Системы ВН постоянного тока среднего напряжения и их применение для распределительных энергосистем
- Планирование и реализация новых проектов распределительных энергосистем
- Новые концепции и конструкции.

ПТ3 – FACTS и другие системы силовой электроники (СЭ) для систем передачи электроэнергии (4 доклада)

- Планирование и реализация новых проектов (включая обоснование потребности, устройства FACTS для источников возобновляемой энергии, экологические и экономические оценки)
- Применение новых технологий для устройств FACTS и другого оборудования СЭ
- Реконструкция и модернизация существующих FACTS и других систем СЭ
- Опыт обслуживания и эксплуатации

2.3. Дискуссионное заседание ИК В4

- Дискуссионное заседание ИК В4 посетили около 250 делегатов
- Прозвучало 67 подготовленных сообщений и 27 сообщений с места

2.4. Инновационные исследования и решения, пилотные проекты
2.4.1. Предпочтительная тема №1

ПТ1 – Системы постоянного тока ВН и их применение

1.2. Совместная работа передач постоянного тока ВН на базе преобразователей напряжения (ПН), сооруженных различными производителями, для обеспечения питания мощных изолированных сетей морских нефтегазовых платформ (B4-111, B4-104)

1.2. Сети постоянного тока высокого напряжения (сети ПТВН)

- Обеспечение функциональной совместимости оборудования от разных производителей в СПТ (B4-134, B4-113);
- Проектирование сетей ПТВН с учетом их расширения в перспективе (B4-115)
- Пилотный проект сети ПТ ±500 кВ с применением преобразователей напряжения с воздушными линиями (B4-121)
- Оборудование для сетей ПТВН, вопросы их проектирования (B4-131, B4-135, B4-124, B4-127, B4-103)

1.3. Многоподстанционные гибридные ППТВН, содержащие преобразователи тока и напряжения (B4-109, B4-117, B4-120)

1.4. ППТ ультра высокого напряжения с преобразователями тока ±1100 кВ (B4-116, B4-126)

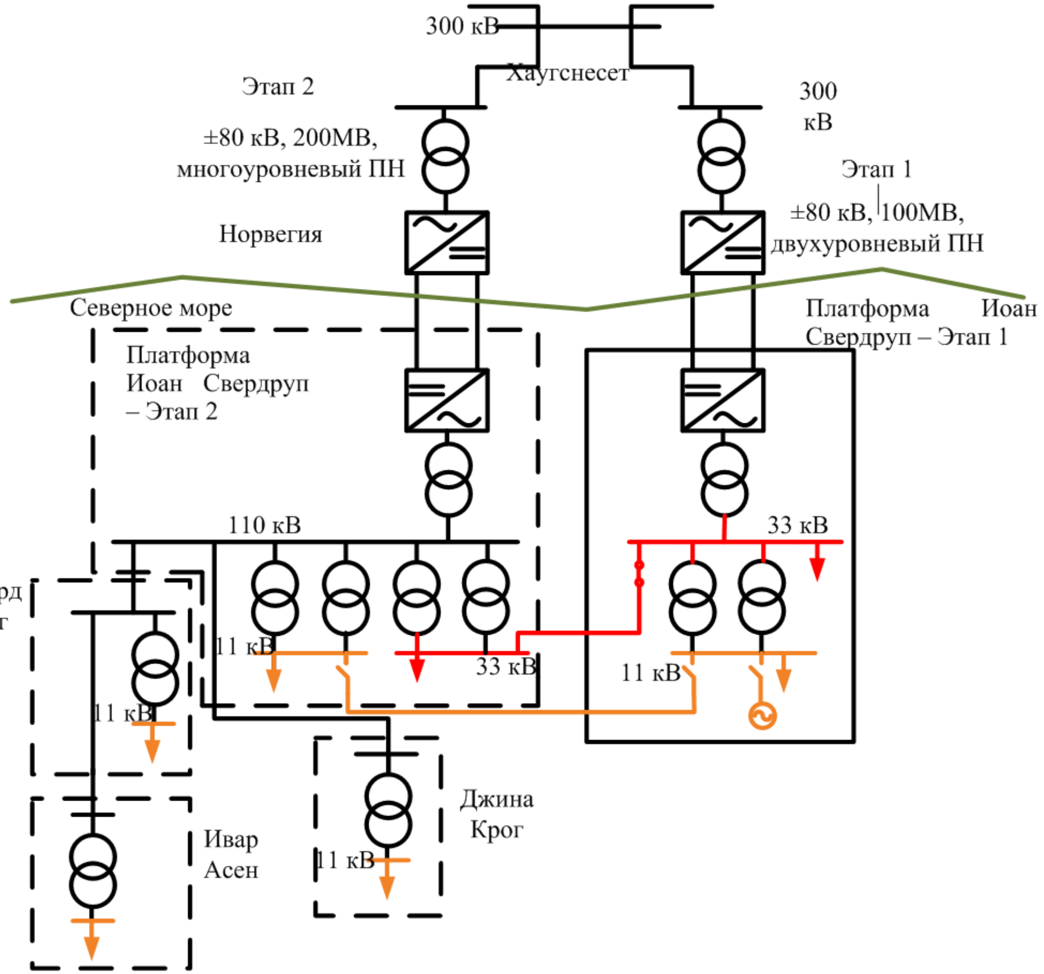
1.5. Проектирование и планирование ППТ ВН с использованием преобразователей напряжения (B4-114, B4-125)

1.6. Новые силовые полупроводниковые приборы для систем ПТВН (B4-106, B4-305)

1.7. Опыт обслуживания и эксплуатации

- Оценка надежности, мероприятия для повышения надежности работы оборудования, увеличение длительности жизненного цикла (B4-105, B4-137, B4-136, B4-308. и др.)
- Опыт ввода в эксплуатацию систем ПТВН (B4-123 и др.)

Совместная ППТ ВН, сооруженных различными производителями для обеспечения питания изолированных сетей морских нефтегазовых платформ



B4-104. Parallel operation of multivendor VSC-HVDC schemes feeding a large islanded offshore Oil and Gas grid. K. Sharifabadi (Норвегия), N. Krajisnik, R. Teixeira Pinto, S. Achenbach (Германия), R. Råd (Норвегия).

Первая система энергоснабжения автономной нагрузки, в которой использованы параллельные ППТН от разных производителей, преобразователи которых построены по различным схемам

Потенциальные риски:

- Риск возникновения резонансов на высоких частотах
- Нестабильность напряжения сети платформы при быстрым восстановлением нагрузки асинхронных двигателей после сбросов мощности.

Предложена система регулирования для распределения нагрузки между преобразователями пропорционально их параметрам, обеспечивающая поддержание частоты напряжения электросети платформы на постоянном уровне.

Проект «Эффективные Маршруты (Best Paths) Демо № 2»

Задачи проекта: Оценка функциональной совместимости системах постоянного тока высокого напряжения (ПТВН) преобразователей напряжения (ПН) от разных поставщиков в широком спектре ситуаций и условий
Обеспечение максимальной функциональной совместимости ПН от разных поставщиков в системах ПТВН

1 этап: моделирование ЭМПП с учетом подробных моделей преобразователей

- Определены топологии сетей различной сложности от двухтерминальной ППТ до пятитерминальной СПТ.
- Разработан стандартный интерфейс для обмена сигналами и измерениями между ПН и центральным регулятором.
- Разработана универсальная модель преобразователя, в которой реализован стандартный интерфейс.
- Три ведущих мировых производителя систем ПТВН Siemens, ABB, GE предоставили подробные и реалистичные модели своих преобразователей. Модели соответствовали заданным требованиям к функционированию в различных условиях, например, работа в СПТ, содержащей морские ветрогенераторы, при слабой или сильной примыкающей сети переменного тока. В моделях производителей также был реализован упомянутый стандартный интерфейс.
- Разработан набор сценариев и варьируемых параметров для наиболее полной проверки функциональной совместимости преобразователей.
- Выдача рекомендаций для обеспечения максимальной функциональной совместимости

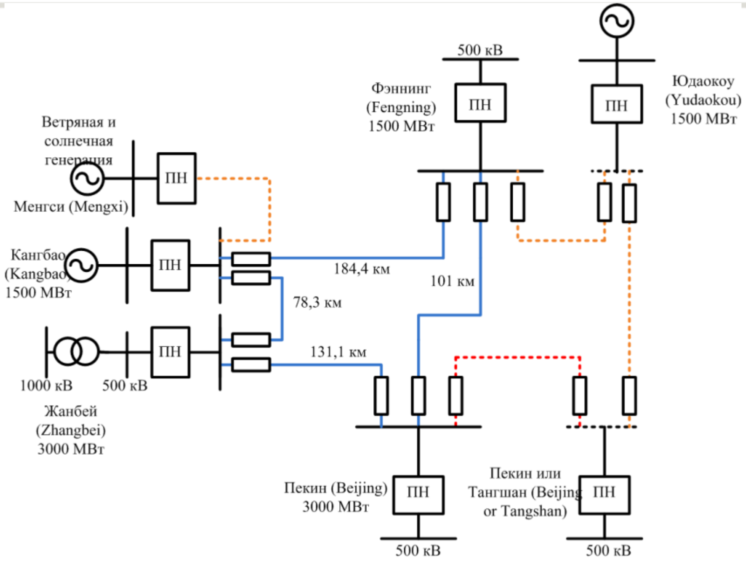
2 этап: моделирование в реальном времени с использованием реплик систем управления, регулирования и защиты

Основные рекомендации по результатам 1 этапа проекта «Эффективные Маршруты Демо № 2»

- Центральный регулятор должен разрабатываться и реализовываться третьей стороной.
- Определен интерфейс и список сигналов, которыми центральный регулятор должен обмениваться с преобразователями и системами защит на сторонах постоянного и переменного тока.
- Тестирование на функциональную совместимость должно проводиться третьей стороной.
- Важно иметь детальные модели преобразователей от производителей, поскольку основные случаи функциональной несовместимости возникали из-за особенностей построения систем управления, регулирования и защиты каждого производителя. Поскольку эти объекты являются интеллектуальной собственностью, модели поставляются в виде «черных ящиков».
- Случаи функциональной несовместимости были выявлены из-за различия применяемых алгоритмах обработки результатов измерений (фильтрация, шаг, мгновенные/действующие значения и т.д.). Рекомендации: либо установить общие алгоритмы обработки результатов измерений, либо все производители должны согласовывать эти алгоритмы друг с другом.
- Согласовывать требования к критериям качества переходных режимов, последовательность действий защит и автоматики и интервалы задержки срабатывания устройств защити и автоматики.
- Предусмотреть возможность адаптивного формирования уставок центральным регулятором, с учетом изменяющихся параметров, например, мощности к.з. примыкающей сети.

B4-134. Assessment of interoperability in multi-vendor VSC-HVDC systems: interim results of the BEST PATHS DEMO #2.
O. Despouys, P. Rault (Франция), A. Burgos (Испания), D. Vozikis (Великобритания) X. Guillaud (Франция), T. Larsson (Швеция)

Сеть постоянного тока ±500 кВ Жанбэй (Zhangbei) (Китай)



Строящиеся линии ПТ   Планируемые линии ПТ   Выключатели ПТ

Цели:

- повышение пропускной способности электрической сети для подключения крупных источников энергии в районе Жанбэй;
- демонстрация технических преимуществ СПТ ВН;
- оптимальное использование различных видов энергоресурсов;
- обеспечение возможностей гибкого регулирования мощности, непрерывного и надежного энергоснабжения.

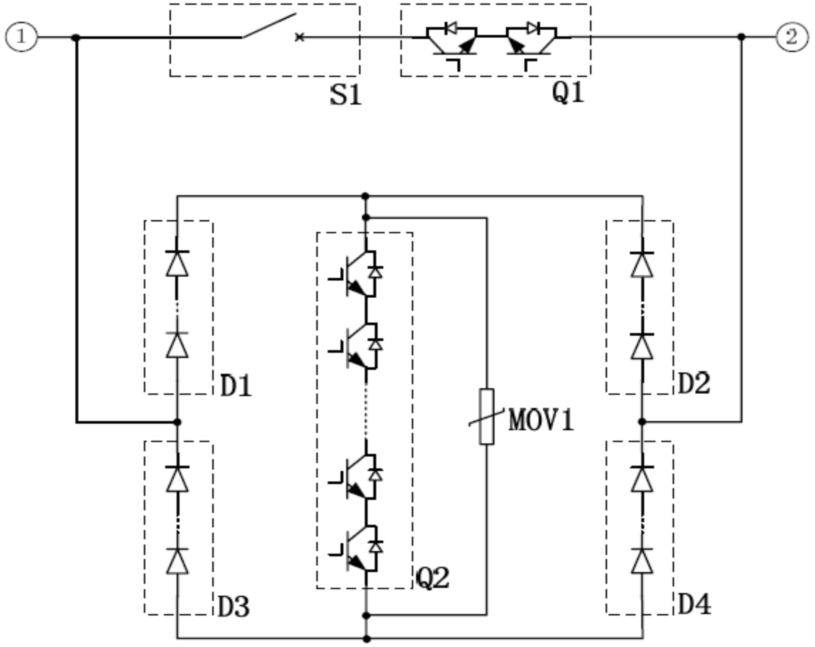
- P_{dcmax} =3000 МВт, U_{dc}=±500 кВ,
- Сеть с воздушными линиями постоянного тока
- Установка выключателей постоянного тока и реакторов на каждом присоединении
- Срок сдачи в эксплуатацию: 2019-2021 гг.

Основные параметры вентиля

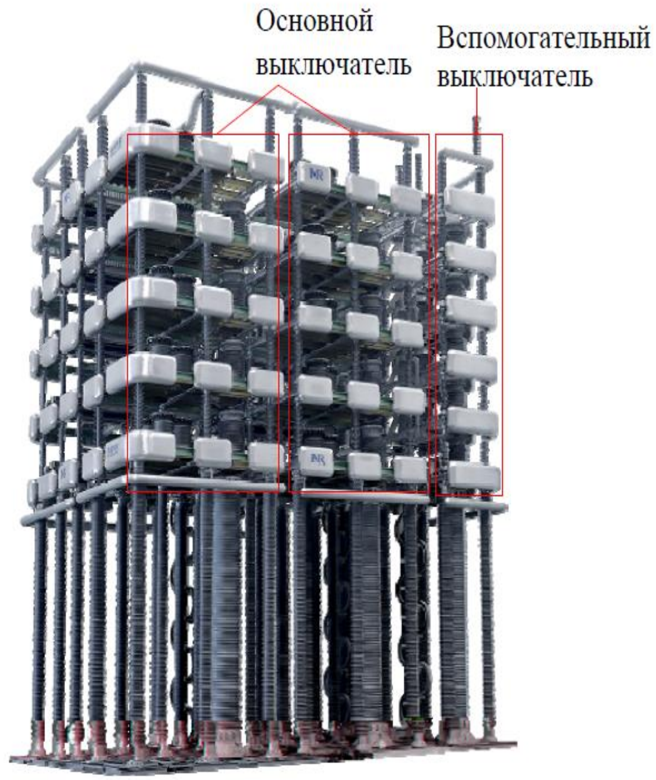
Номинальное напряжение	535 кВ
Выдерживаемое напряжение коммутационного импульса	1175 кВ
Выдерживаемое напряжение грозового импульса	1425 кВ
Выдерживаемый импульс тока длительностью 100 мс	32 кА
Выдерживаемый импульс тока длительностью 10 мс	80 кА
Размер вентиля	11м×6м×13м

B4-121. Characteristics of system and parameter design on key equipment for Zhangbei DC grid. G. Tang, Z. He, H. Pang, Y. Wu, J. Yang, X. Zhou, M. Kong (Китай)

Выключатель постоянного тока для СПТ Жанбей



Q1- вспомогательный выключатель, Q2 - основной выключатель.



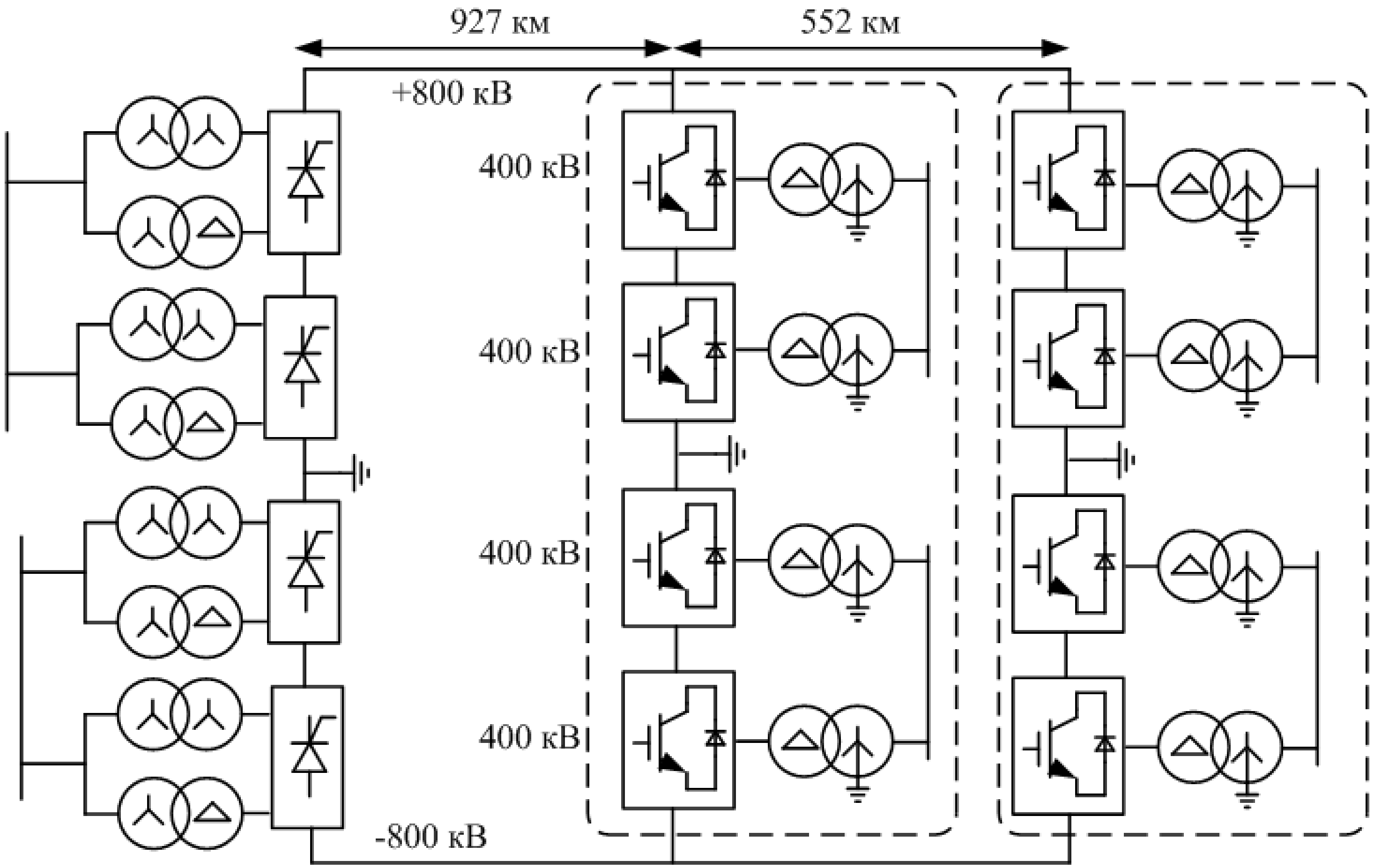
Номинальное напряжение	535 кВ
Номинальный ток	3 кА
Время отключения	≤3 мс
Отключаемый ток	≥25kА
Электрическая прочность в открытом состоянии	≥800кВ
Время паузы АПВ	≤300 мс

Гибридные передачи постоянного тока

Проект Ву Донгд (Wu Dongde (WDD))
УВН ±800 кВ
Трехтерминальная
Преобразователь тока ПТ (LCC)
+ преобразователь напряжения ПН (VSC)
Воздушная линия
Ввод в эксплуатацию 2020 г.

В настоящее время в центрах нагрузки ЭС Китая расположены 9 инверторов тока общей мощностью 32,3 ГВт, обеспечивающие около 30 % потребляемой мощности. Наличие преобразователя напряжения позволит улучшить переходные процессы при коротких замыканиях в примыкающей сети переменного тока, снизить риск нарушения коммутаций в расположенных близко инверторах тока других ППТ и дальнейшего развития аварийных процессов после нарушения коммутаций, обеспечить стабилизацию напряжения в примыкающей сети.

Схема ППТ WDD ±800 кВ

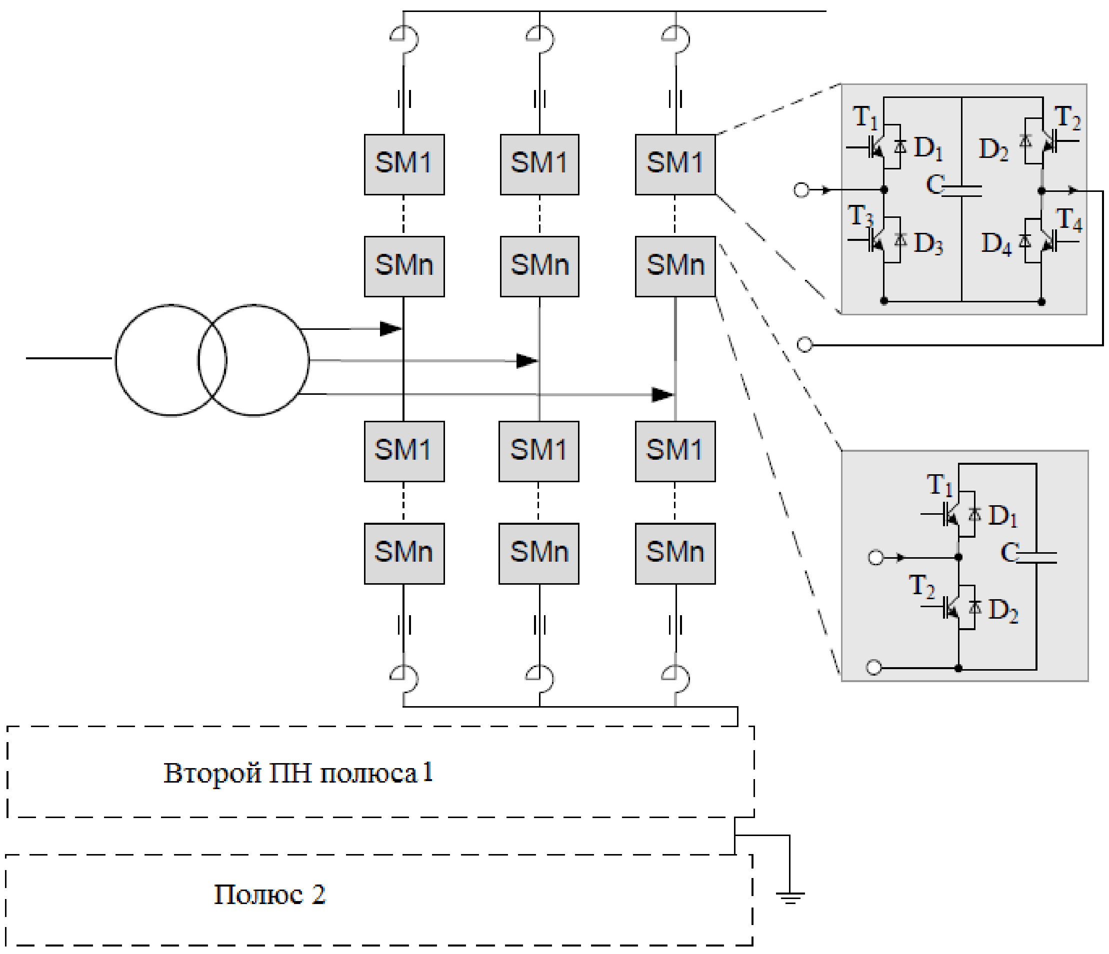


B4-120.Research and development of Ultra-High-Voltage VSC for the multi-terminal hybrid ±800kV HVDC project in China Southern Power Grid.
H. Rao, Y. Zhou, S. Xu, Z. Zhu (Китай)

Структура преобразователя напряжения ППТ WDD ±800 кВ

- Преобразователь с полумостовыми модулями :
- + Возможность отключать ТКЗ на стороне постоянного тока
- - Повышенные потери, высокая стоимость

- Для обеспечения возможности ограничения ТКЗ и уменьшения стоимости ПН и потерь в нем используются полномостовые и полумостовые модули в соотношении 80% на 20 % в одном плече

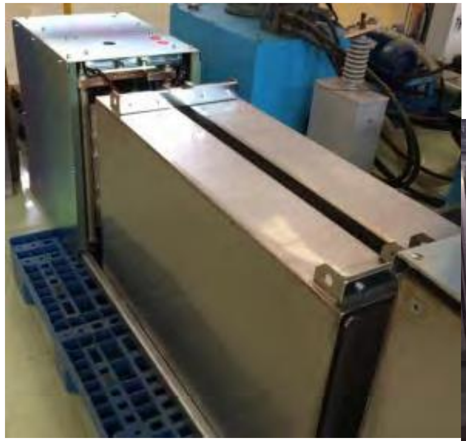


3D модель преобразовательной подстанции WDD

- Площадь: вентильный зал 800 кВ - 7700 m^2, вентильный зал 400 кВ 5800 m^2
- Потери мощности менее 1.0%, стоимость вентильного оборудования $50/кВт/подстанция

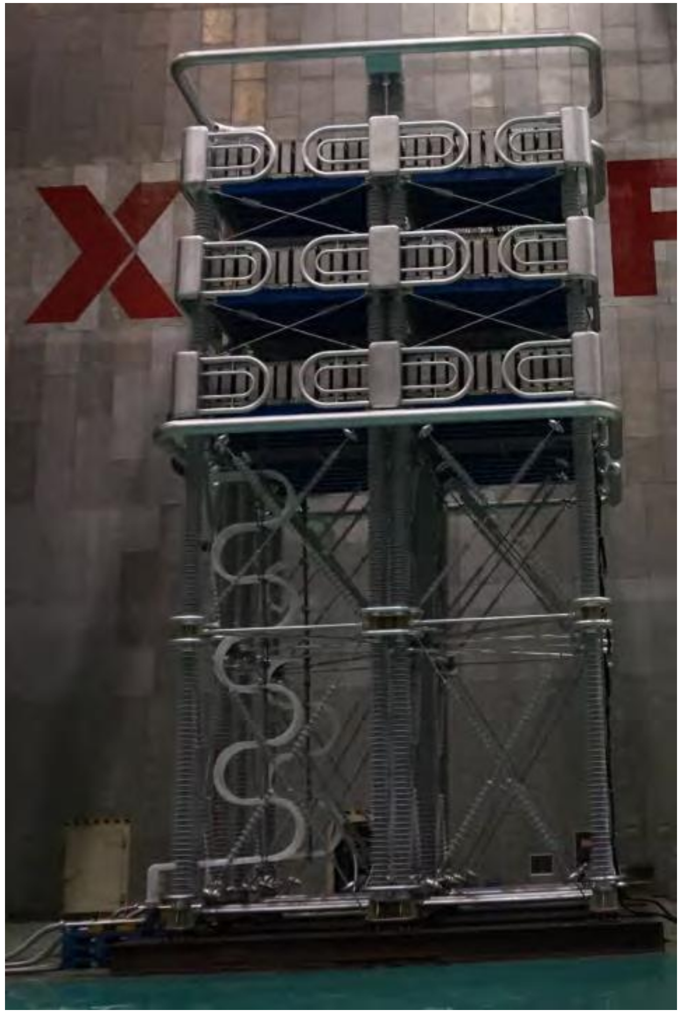
Вентиль преобразователя напряжения ±800 кВ

В модулях вентиля использованы транзисторы 4500В/3000А IGBTs



Модуль

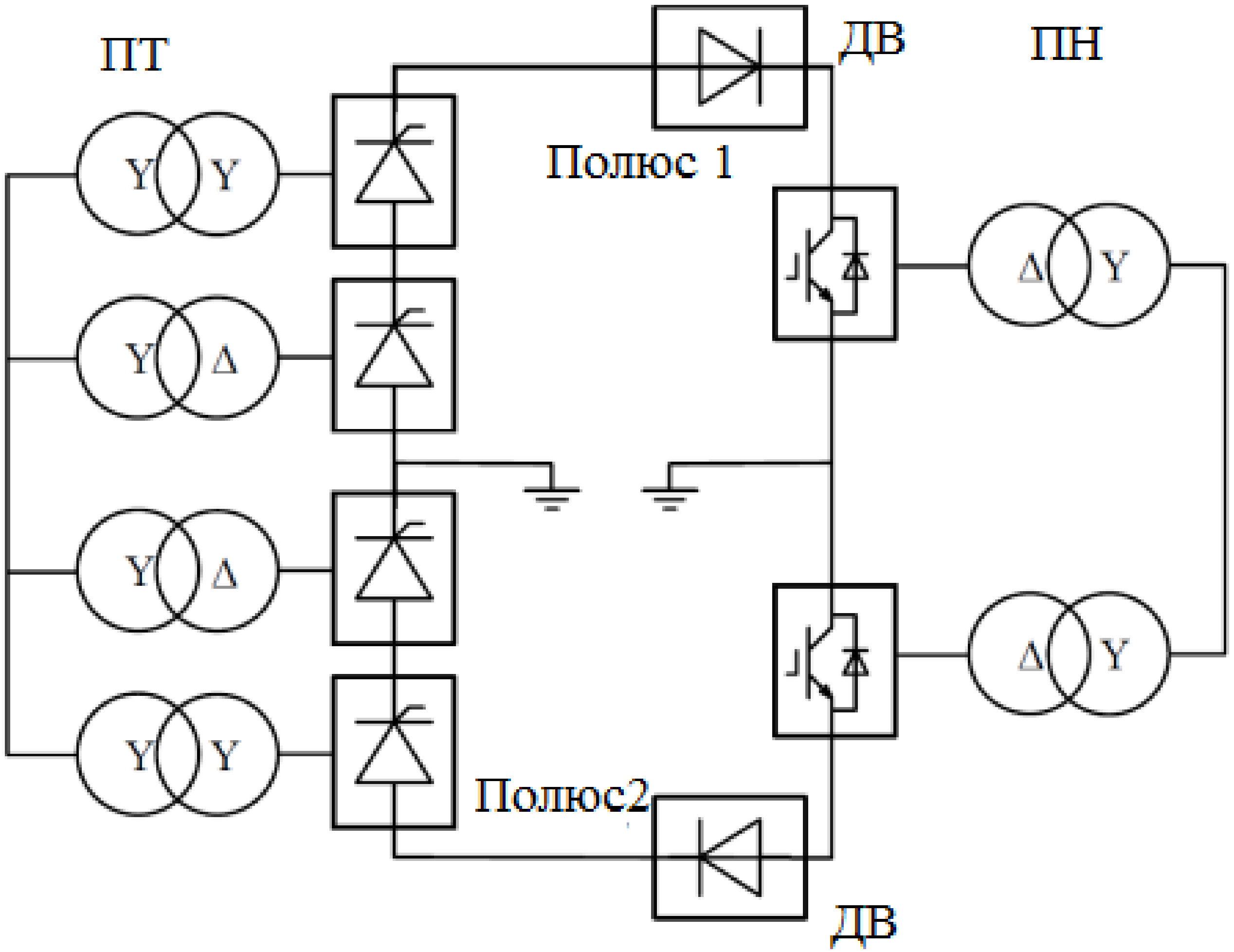
Секция



Вентиль

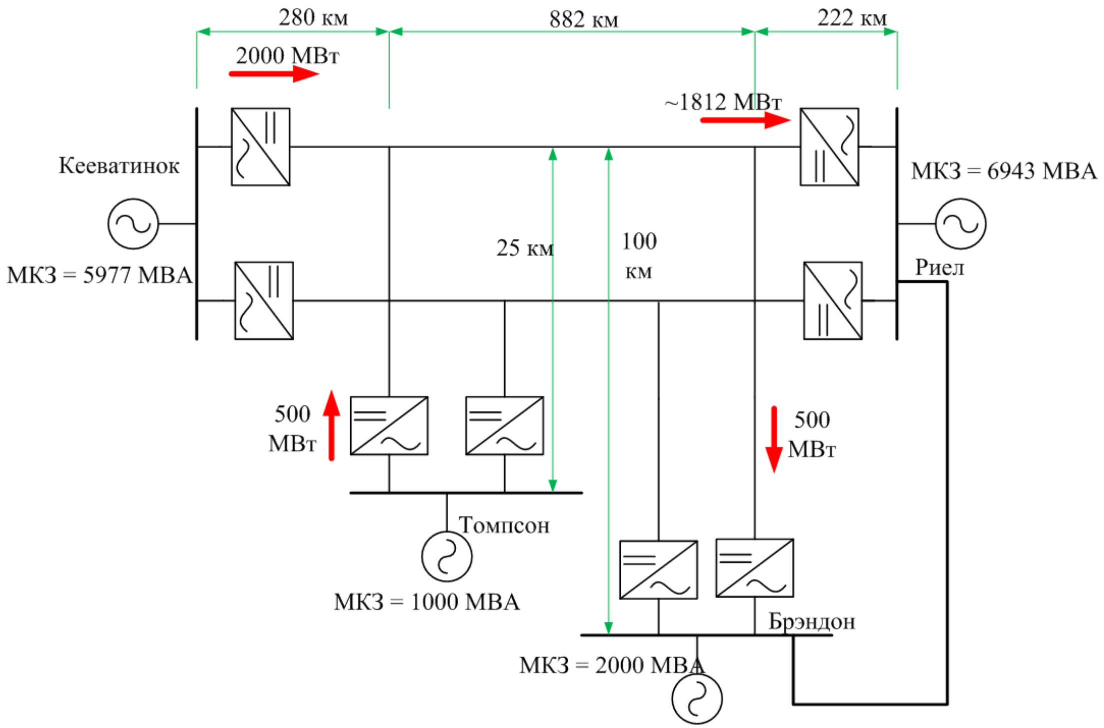
Гибридная система ПТВН напряжением ±500 кВ мощностью 3 ГВт (Китай)

- Для блокирования тока при коротком замыкании на стороне постоянного тока предлагается использовать диодный вентиль (ДВ), подключенный последовательно с ПН. Это обеспечивает быстрое восстановление линии постоянного тока после короткого замыкания без потери управления реактивной мощности во время сброса тока после короткого замыкания.
- Использование ПН с полумостовыми модулями позволяет уменьшить стоимость и потери в преобразовательной подстанции по сравнению с решением для ППТ WDD



B4-117. A cost effective hybrid HVDC transmission system with high performance in DC line fault handling.
Mats Andersson, Xiaobo Yang (Китай), Ying-Jiang Häfner (Швеция).

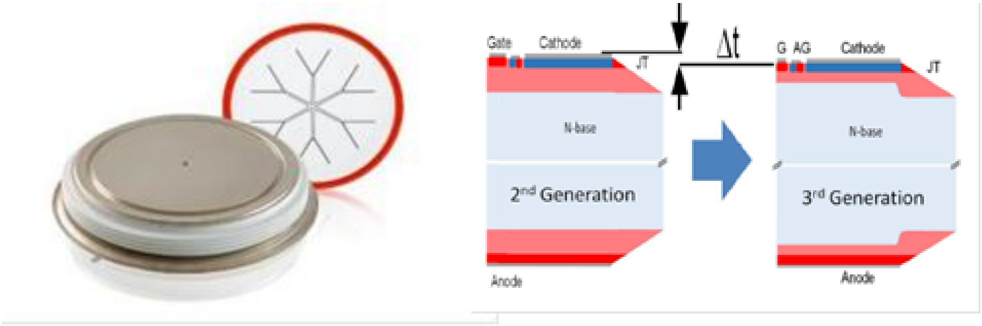
Гибридная ППТ с промежуточными подстанциями (Канада)



- ППТ мощностью 2 ГВт с основными подстанциями на преобразователях тока, промежуточные подстанции – на базе преобразователей напряжения ММПН пропускной способностью 500МВт каждая.
- Преобразователь напряжения с полномостовыми модулями обладает рядом характеристик для обеспечения такого многотерминального соединения.

B4-109. Hybrid Multi-Terminal HVDC – LCC with VSC Converter Taps: A Manitoba Case Study. D.A.N. Jacobson, P. Wang, S. Howell1, C. Karawita, H. Suriyaarachchi, M. Mohaddes (Канада).

Силовые электронные приборы с улучшенными характеристиками

Тип	Основные параметры	
Тиристор	8.5 кВ/ 5,5 кА и 6,25 кА	
Bimode Insulated Gate Transistor BIGT Stakpak	4.5кВ /3000 А	
Reverse Conducting RC-IGCT (Двухрежимный IGCT)	4,5кВ/3кА и 6,5кВ/2,15кА	

B4-305. Power Semiconductor Technology Advancements for Enabling Next Generation Grid Systems.
M. Rahimo, J. Vobecky, F. Dugal, A. Kopta, T. Wikström, M.Hämmerli (Швецария).

ПТ2 – Системы постоянного тока для распределительных энергосистем

2.1. Системы постоянного тока среднего напряжения и их применение для распределительных энергосистем

- Перевод линий переменного среднего напряжения на постоянное напряжение (B4-202)

2.2. Планирование и реализация новых систем постоянного тока для распределительных энергосистем

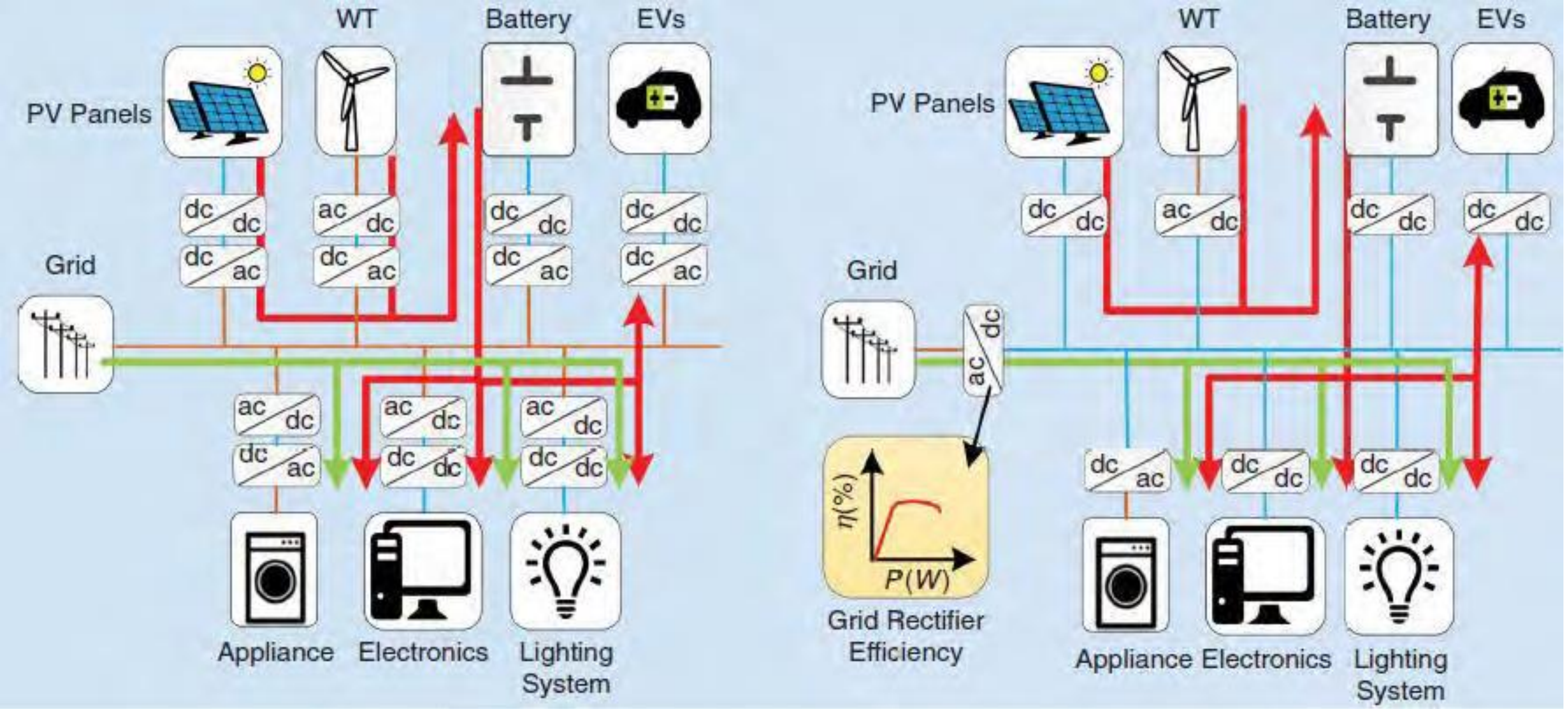
- Реализация сетей постоянного тока на низком напряжении (B4-201)

Предпосылки развития распределительных и микро СПТ

- В промышленности и в быту появились нагрузки постоянного тока, многие нагрузки переменного тока, например, регулируемые асинхронные электродвигатели, получают питание от электрической сети через выпрямительно-инверторное оборудование, содержащее звено постоянного тока.
- Расширяется использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Для присоединения генераторов на основе ВИЭ, которые характеризуются нестабильным уровнем генерации, зависящим от условий окружающей среды, к нагрузке используются преобразовательные устройства и линии постоянного тока.
- Из-за установки солнечных панелей и ветровых турбин поток энергии стал двунаправленным: потребитель, имея собственную генерацию, в определенные интервалы времени может выдавать электроэнергию в сеть.
- Балансирование потребление и генерации энергии постоянного тока в локальной сети постоянного тока приведет к снижению затрат для потребителей и оператора сети

Распределительные СПТ: преимущества

- Присоединение к сети генераторов на базе ВИЭ, нагрузок постоянного тока с использованием преобразователей напряжения.
- Обеспечение двунаправленного потока энергии (сеть – потребитель, потребитель- сеть).
- Снижение необходимого числа преобразователей по сравнению с распред. сетью переменного тока

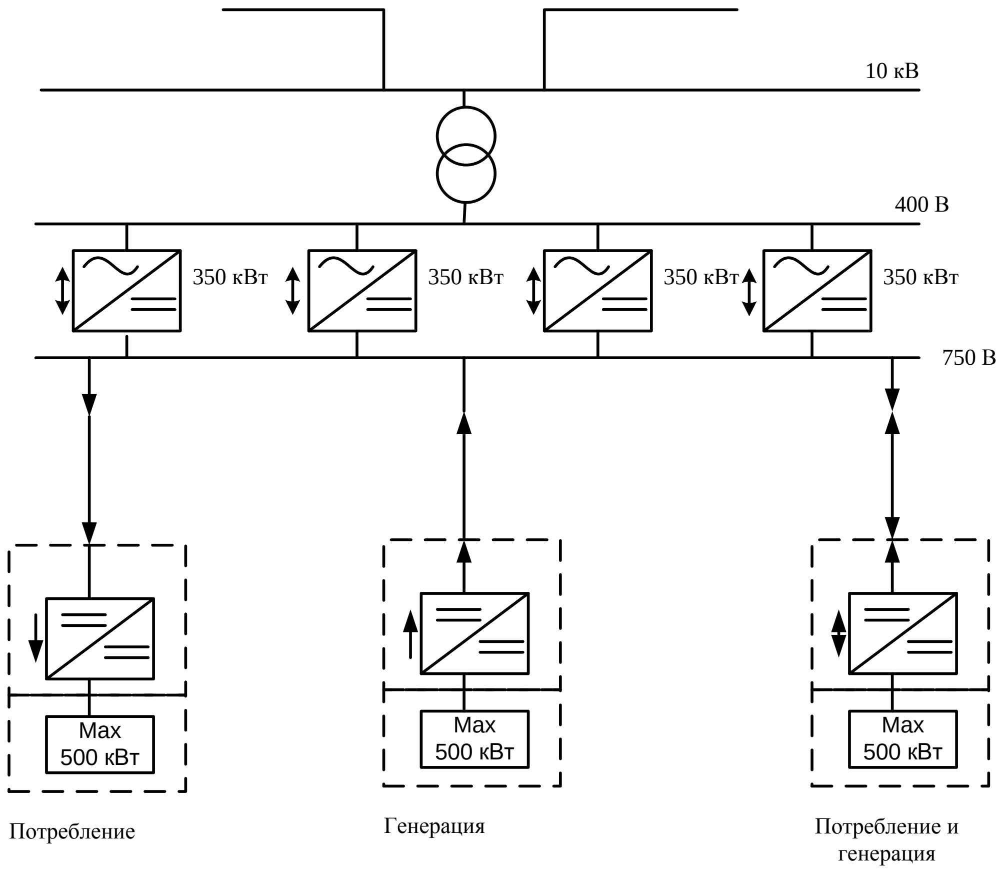


Распред сеть переменного тока

Распред сеть постоянного тока

Сети постоянного тока низкого напряжения

Схема СПТ 750 В для энергоснабжения бизнес-парка Аэропорта Lelystad (Нидерланды)

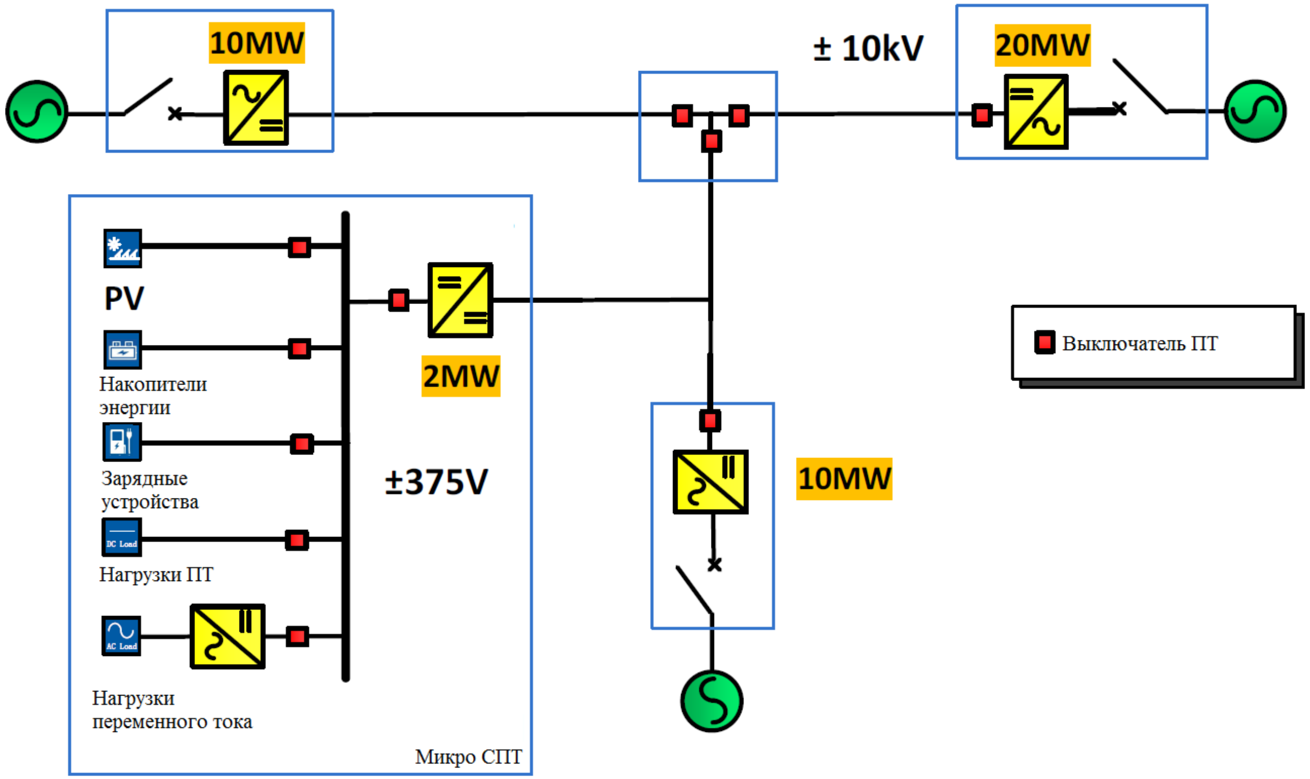


B4-201. Design of the first public DC distribution grid in The Netherlands. W.A.G. De Jager, I. Melnik, P.J. Bos, T. Brand (Нидерланды).

- К сети подключены нагрузки постоянного тока (насосы, зарядные устройства на общественных автомобильных стоянках, светодиодные осветительные системы), а также источники постоянного тока, (фотогальванические системы).
- Сеть имеет радиальную конфигурацию.
- Подключена к сети переменного тока через трансформатор 10 кВ/400 В.
- Присоединение нагрузок постоянного тока, нагрузок переменного тока через преобразователи.
- Балансирование потребление и генерации энергии постоянного тока в локальной сети постоянного тока приведет к снижению затрат для потребителей и оператора сети.

Пилотный проект распределительной СПТ Тангья (Tangjia) - Китай

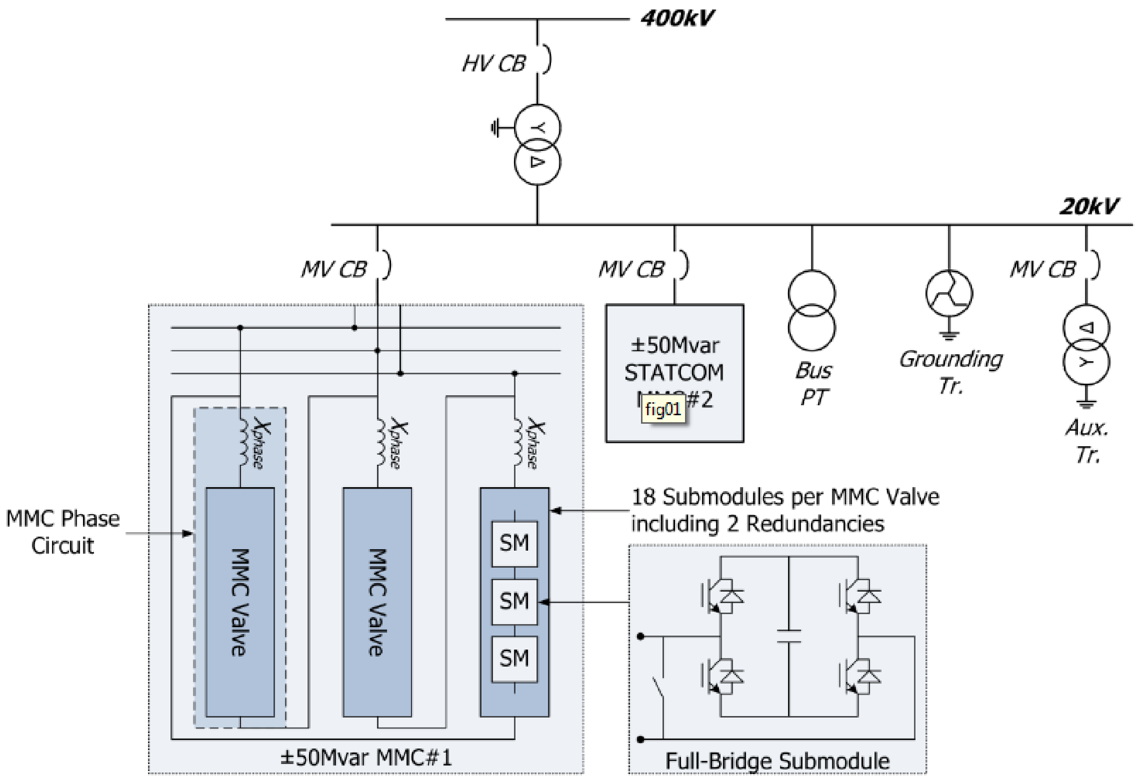
- Четырехтерминальная распределительная сеть в Жухае (Zhuhai), Китай, длина кабеля ПТ 18 км.
- Сдача в эксплуатацию в декабре 2018
- Все преобразователи встроены в существующие подстанции
- Распределительная СПТ 10 кВ + микро СПТ 375 кВ



ПТ3 – FACTS и другие системы силовой электроники (СЭ) для систем передачи электроэнергии

3.1. Планирование и реализация новых проектов (B4-307)

3.2. Реконструкция и модернизация существующих устройств (B4-306, B4-302, B4-301)



- Опыт проектирования и ввода в эксплуатацию СТАТКОМ на основе ММПН, установленного на подстанции 400 кВ НП Кунта в Индии рядом с солнечной электростанцией 1500 МВт.
- Назначение СТАТКОМ – поддержание напряжения на шинах 400 кВ.
- Система состоит из двух ММПН мощностью ±50Мвар каждый для обеспечения более высокой надежности.

B4-307. Development and Design of ±100Mvar MMC STATCOM at NP Kunta substation in India.
J. Park, J. Kim, D. Lee, J. Choi, H. Yang, and W. Song (Корея).

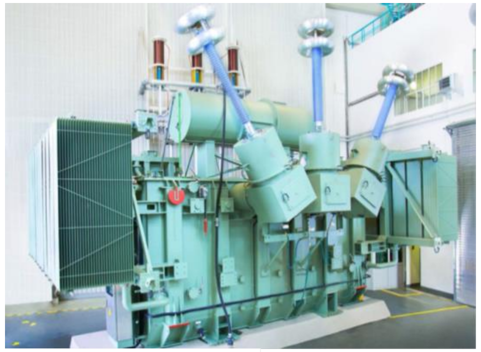
2.5. Семинары по тематическому направлению B4

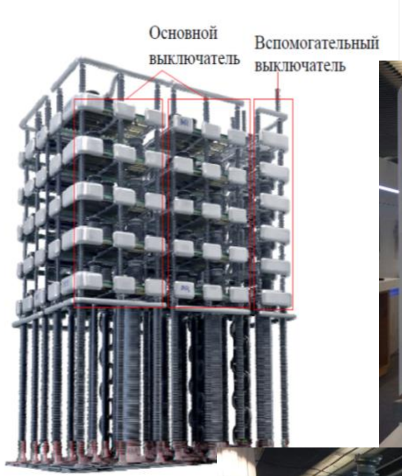
«System aspects of HVDC grids» («Системные аспекты сетей постоянного тока»)
Были представлены результаты работы технической комиссии CLC/TC 8X/WG 06 System aspects for HVDC grid организации CENELEC (Европейского комитета по стандартизации в области электротехники). На семинаре представлены результаты работы по следующим направлениям:
- координация сетей постоянного и переменного тока;
- управление сетями постоянного тока;
- защита сетей постоянного тока;
- главная схема преобразователей для сетей постоянного тока;
- моделирование сетей постоянного тока;
- испытания для сетей постоянного тока.

«HVDC circuit breakers» (Выключатели постоянного тока для систем постоянного тока)
Были рассмотрены различные конструкции выключателей, опыт применения выключателей для сетей постоянного тока классом напряжения до 500 кВ, схемы для проведения лабораторных испытаний выключателей.

«Электромагнитные переходные процессы в системах постоянного тока с модульными многоуровневыми преобразователями напряжения»
Были рассмотрены переходные процессы в кабельной передаче ПТ при нормальных и аварийных возмущениях.
С презентациями можно ознакомиться здесь: https://sites.google.com/view/b4-70/

2.6. Техническая выставка





- Компании – лидеры в разработке технологий для передачи электроэнергии постоянным током представили новые технические решения на выставке в рамках 47 сессии СИГРЭ. Вот некоторые из них.
- Компания Siemens представала компактный трансформатор (offshore transformer module), разработанный для платформ, находящихся в открытом море, на которых расположено электрооборудование для передачи электроэнергии ветрогенераторов. Применение компактного трансформатора позволяет снизить вес платформы и ее размеры по сравнению с обычной платформой более, чем на 30 %.
- Китайская компания NR Electric представила четырёхтерминальную СПТ±500кВ Жанбэй и оборудование к ней.
- Китайская компания NARI Technology Development Limited Co. представила модуль многоуровневого вентиля, который применяется при создании ММПН, СТАТКОМ, объединенных регуляторов перетока мощности.
- Японская компания Mitsubishi Electric представила механический выключатель для систем постоянного тока.

3. Следующие мероприятия ИК В4 СИГРЭ (1/2)

Коллоквиум ИК В4 в 2019 году

1 – 5 октября 2019 г в Южной Африке г. Йоханнесбург коллоквиум CIGRE SC B4 «Передачи постоянного тока высокого напряжения (ППТВН) для и устройства FACTS для региональных электрических соединении и интеграции возобновляемой энергетики»

Предпочтительные темы SC B4 для коллоквиума:

ППТВН и устройства FACTS в следующих аспектах:

- Устойчивость энергосистем (Network stability)
- Возобновляемая энергетика (Renewable energy)
- Региональные электрические соединения (Regional interconnections)
- Сети постоянного тока среднего и низкого напряжения, микросети (LVDC and MVDC distribution and microgrids)
- Устройства FACTS для распределительных сетей (Distributed FACTS devices)
- Влияние возобновляемой энергетики на структуру электрических сетей (Impact of renewable energy/changes in transmission patterns)
- Накопители электроэнергии на базе инверторов (Inverter based energy storage technologies)
- Искусственная инерция (Synthetic inertia)
- Экономичные решения для отведения малой мощности от линий постоянного тока высокого напряжения (Economic solutions for tapping small power from HVDC lines)
- Модернизация и реконструкция ППТВН и устройств FACTS (Refurbishment and up-grades of HVDC and FACTS installations)

Основные сроки:

- представление текста доклада и презентации – **до 30 апреля 2019**
- **Web-сайт коллоквиума: https://www.cigresa.org.za/event/2019-b4-colloquium/**

3. Следующие мероприятия ИК В4 СИГРЭ (2/2)

2020 – 48-я сессия СИГРЭ, г. Париж, Франция, 23 – 28 августа 2020

- ПТ 1: СИСТЕМЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СПТВН И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.
- Планирование строительства СПТВН, включая ТЭО, проектирование, присоединение ВИЭ, вопросы экологии и экономической оценки.
- Новые технологии в СПТВН, включая вопросы кибербезопасности, современные средства управления применительно к энергосистемам, сети ПТ, многоподстанционные ПТВН, гибридные ПТВН, выключатели ПТВН.
- Модернизация существующих СПТВН, опыт эксплуатации преобразовательных подстанций, в том числе офшорных, перевод электропередач с переменного тока на постоянный.
- ПТ 2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК И СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СЭ) ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.
- Применение СПТ в распределительных системах.
- Применение СЭ и FACTS в распределительных системах, включая вопросы экономики и надежности.
- Разработка и создание нового оборудования.
- ПТ 3: Устройства FACTS.
- Планирование строительства, реализация, включая ТЭО, проектирование, присоединение ВИЭ, вопросы экологии и экономики.
- Применение новых технологий FACTS и оборудования СЭ, в том числе для подключения к сети генераторов и накопителей электроэнергии.
- Модернизация существующих FACTS и оборудования СЭ, опыт эксплуатации.

2021 конец сентября- начало октября – коллоквиум ИК В4 в Зальцбурге и Вене, Австрия.

.

Заключение

Наиболее обсуждаемые на 47-й сессии СИГРЭ вопросы по тематике ИК В4:

1. **Сети постоянного тока высокого напряжения (СПТВН)**
   - Обеспечение функциональной совместимости оборудования от разных производителей.
   - Обеспечение надежной работы сетей постоянного тока ВН.
   - Разработка нового оборудования для СПТВН – преобразователей, выключателей и др.
   - Планирование и реализация пилотных проектов.

2. **Сети постоянного тока среднего и низкого напряжения**
   - Обеспечение надежной работы сетей постоянного тока ВН.
   - Планирование и реализация пилотных проектов.

3. **Гибридные передачи постоянного тока, в том числе многоподстанционные, содержащие преобразователи тока и преобразователи напряжения**
   - Пилотные проекты.
   - Оптимизация структуры гибридных передач и преобразователей напряжения, входящих в их состав с целью обеспечения оптимальных переходных режимов, уменьшения стоимости преобразователя и потерь мощности в преобразовательной части.
   - Решения по организации промежуточного отбора мощности с помощью гибридных многоподстанционных передач постоянного тока.

Спасибо за внимание!

См. также материалы и отчеты по 45-й (2014 г.), 46-й (2016 г.) и 47-й (2018 г.) сессиям СИГРЭ и коллоквиумам В4 (2015 и 2017 г.)
на сайте НИК В4 РНК СИГРЭ: http://www.cigre.ru/research_commitets/ik_rus/b4_rus/