Системные аспекты применения технологий постоянного тока и устройств FACTS в ЕЭС России

Герасимов А.С.
ОАО «НТЦ ЕЭС»

2016

Области применения объектов постоянного тока

- **Наиболее важными положительными свойствами объектов постоянного тока являются**:
  - Более простая конструкция опор с меньшими затратами стали, железобетона на фундаменты, изоляционных материалов, меньшая полоса отчуждений земли.
  - Существенно более высокая (в три-четыре раза) электрическая прочность кабельной изоляции при приложении постоянного напряжения, чем при воздействии напряжения промышленной частоты. При постоянном напряжении отпадает ограничение по длине кабельной передачи.
  - Быстродействующее регулирование преобразователей ППТ позволяет, с одной стороны, практически безынерционно управлять мощностью ППТ, а с другой - резко ограничить величину протекающих через них аварийных токов.
  - Режим загрузки ППТ не зависит от отклонений частоты в объединяемых энергосистемах.
  - Способность ППТ работать как в биполярном, так и в униполярном режимах.
  - ППТ обладают более благоприятными по сравнению с ВЛ переменного тока экологическими характеристиками:
    - меньшее воздействие электрического поля и ионных токов;
    - меньший уровень радиопомех.

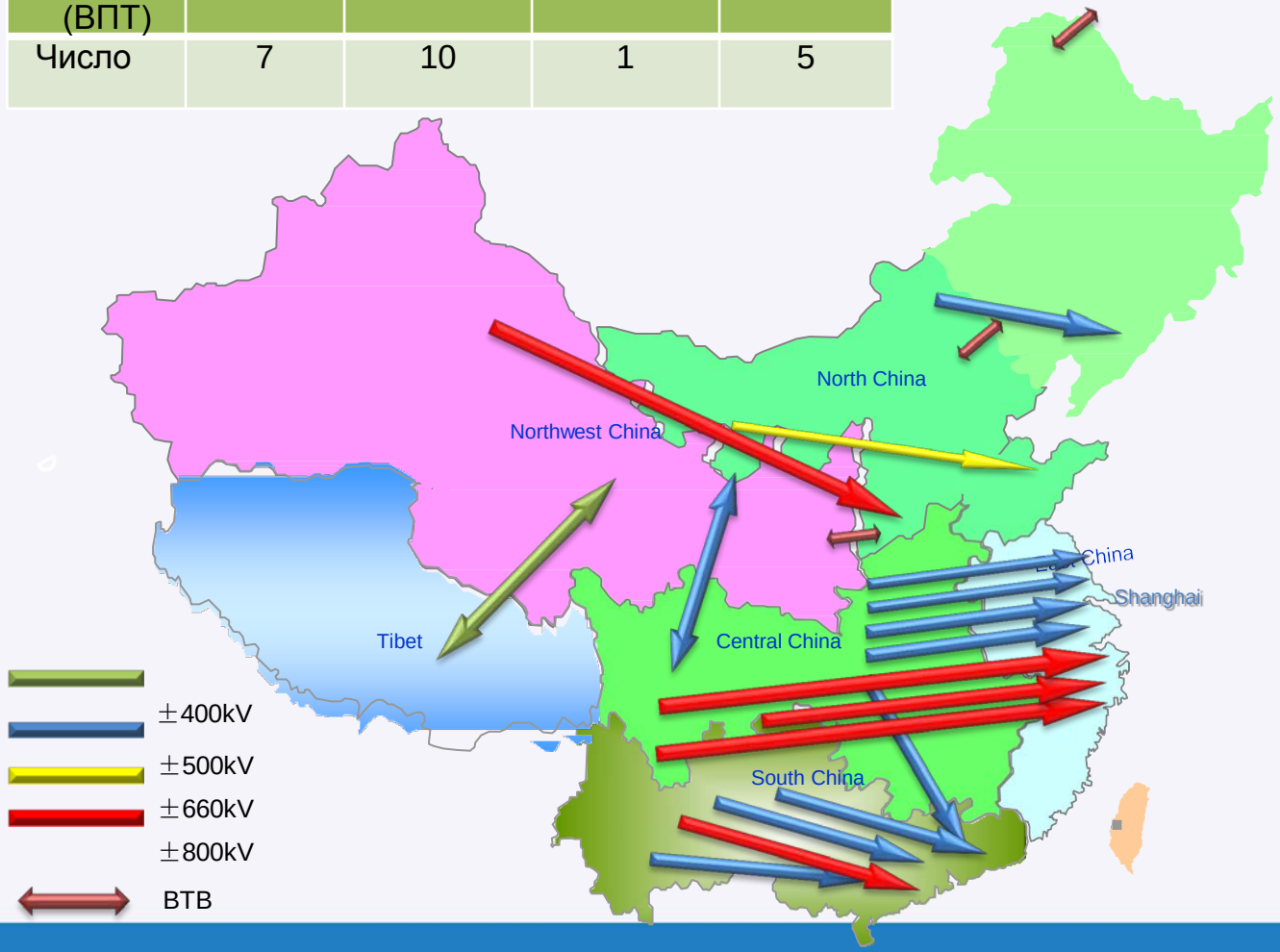
Области применения объектов постоянного тока

- перспективные направления применения передач постоянного тока:
  - дальние воздушные электропередачи;
  - кабельные и воздушно-кабельные электропередачи для пересечения морских проливов или участков с особо сложными геофизическими характеристиками, для осуществления глубоких вводов в промышленные центры и большие города и т.п.,
  - межсистемные связи для осуществления несинхронного объединения энергосистем, для объединения энергосистем с разными частотами или разными стандартами поддержания частоты, для размыкания кольцевых структур с целью увеличения пропускной способности сети, снижения потерь и т.д.;
  - Подключение объектов распределенной генерации к крупным энергосистемам

ППТ УВН в Китае

- Мощность ППТ±800kV около 35 ГВт
- Общая мощность ППТ 70 ГВт

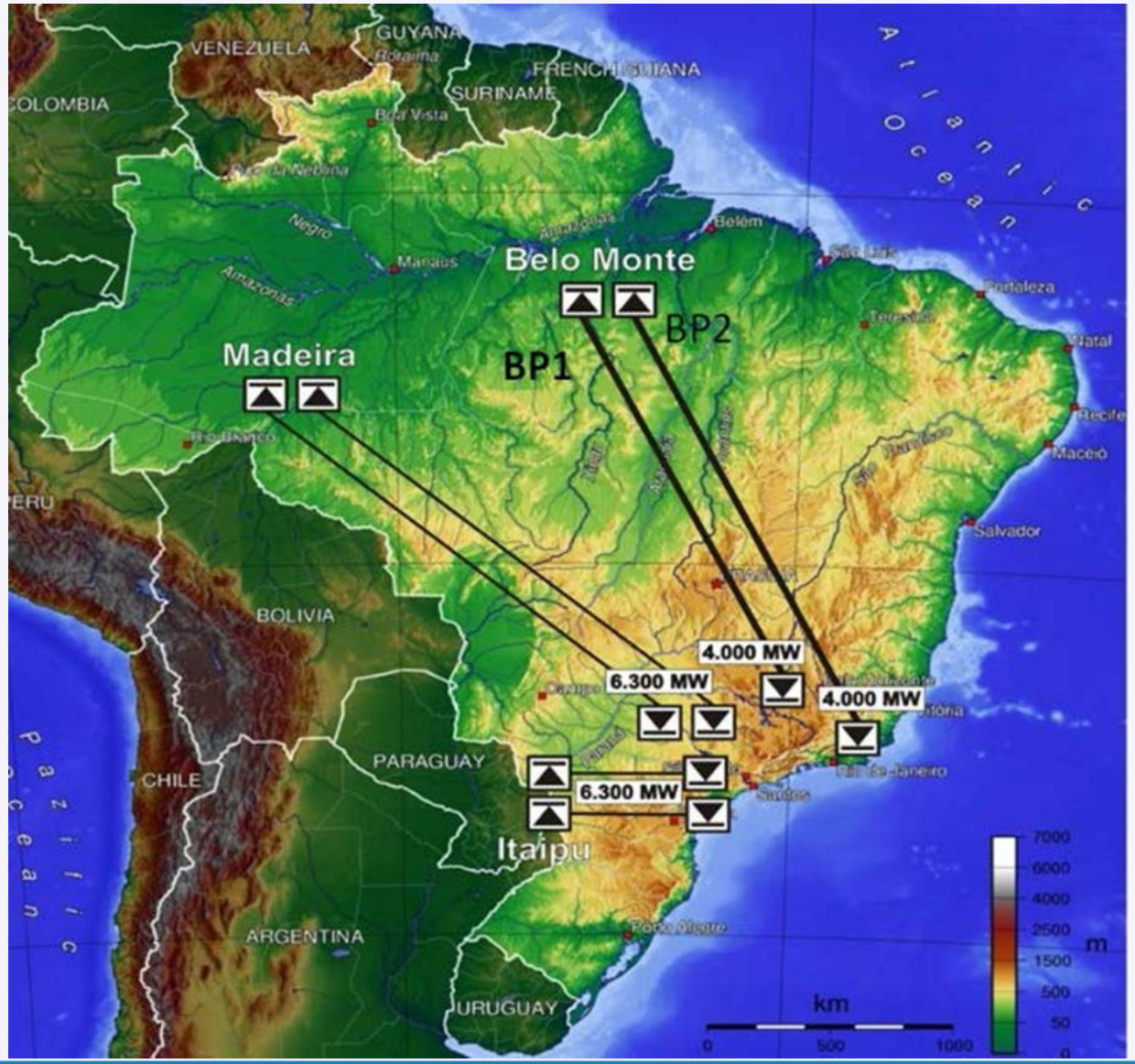
ППТ (ВПТ)	ВТВ	±500kV	±660kV	±800kV
Число	7	10	1	5



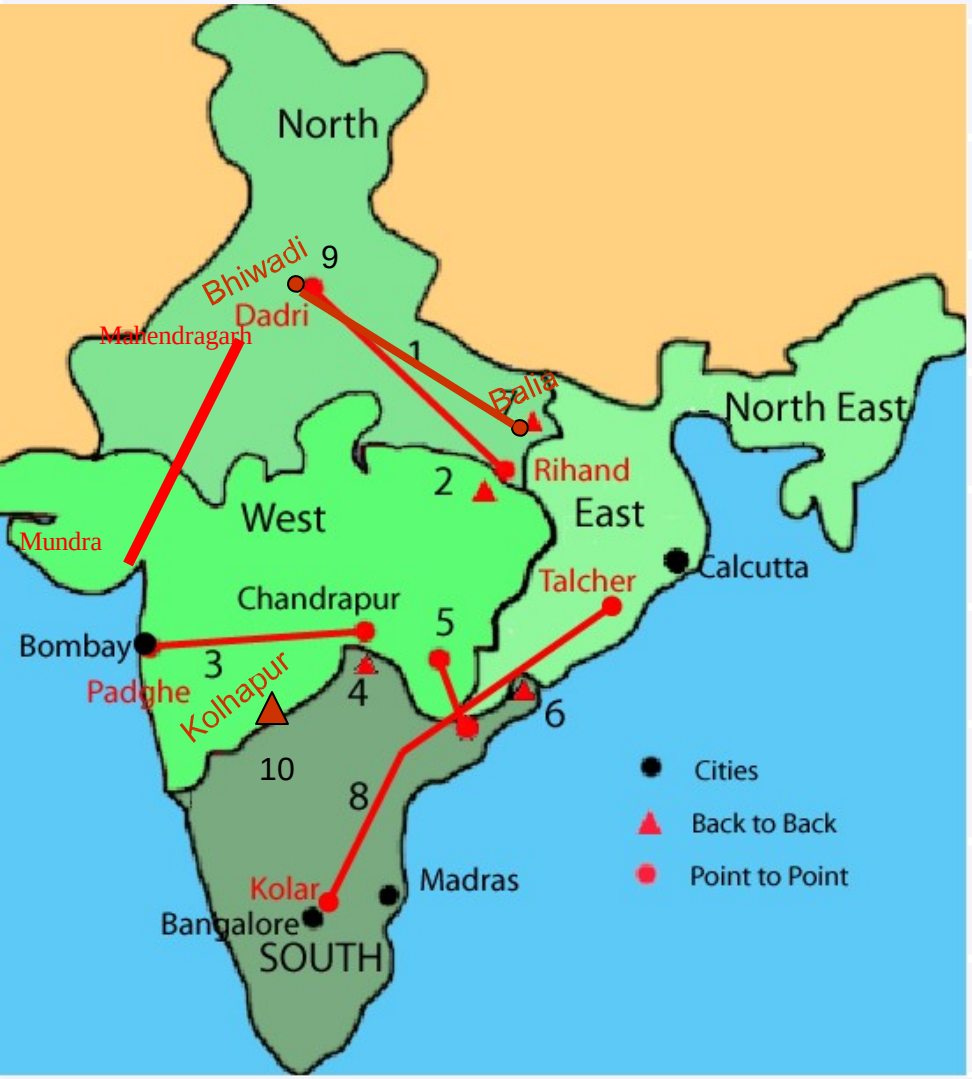
800kV projects	Capacity
Yunnan-Guangdong	5000MW
Xiangjiaba-Shanghai	6400MW
Jinping-Sunan	7200MW
Hami-Zhengzhou	8000MW
Xiluodu-Zhejiang	8000MW

500kV projects	Capacity
Gezhouba-Shanghai	1200MW
Tianshengqiao-Guangdong	1800MW
Three Gorges-Changzhou	3000MW
Guiyang-Guangdong I	3000MW
Three Gorges - Guangdong	3000MW
Three Gorges - Shanghai	3000MW
Guiyang-Guangdong II	3000MW
Deyang-Baoji	3000MW
Hulubeier-Liaoning	3000MW
Three Gorges - Shanghai II	3000MW

ППТ УВН в Бразилии, планируемые к реализации до 2019 г



Существующие ППТ и ВПТ в Индии



1– Rihand-Dadri (1500MW)

2 - Vindyachal (500MW)

3 - Chandrapur-Padghe (1500 MW)

4- Chandrapur-Ramagundam (1000MW)

5 – Gajuwaka 1 & 2(500MW each)

6 Sasaram (500MW)

7 - Talcher-Kolar (2500MW)

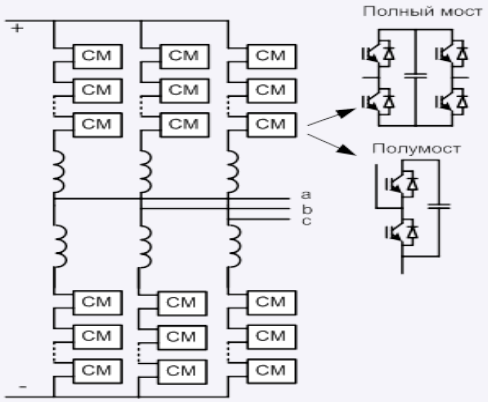
8 – Balia – Bhiwadi (2500 MW)

9 – Mundra – Mahendragarh (2500MW)

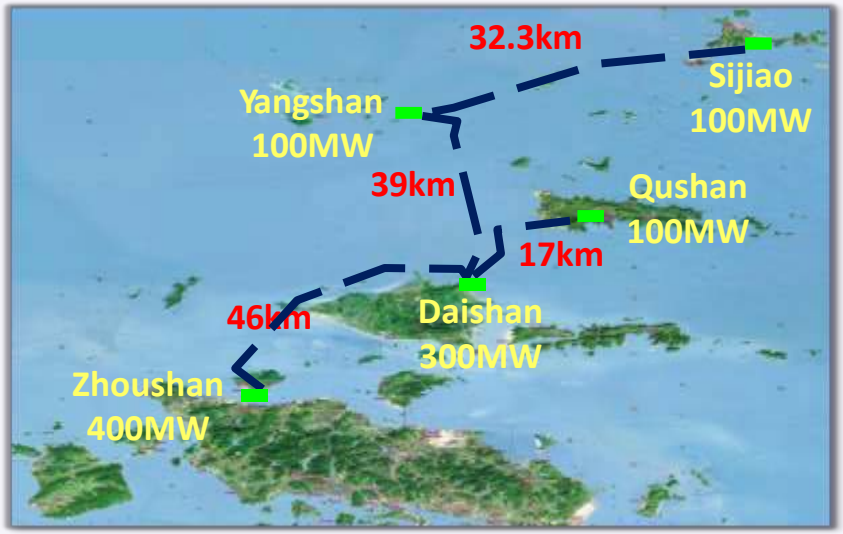
Модульные многоуровневые преобразователи напряжения

Преимущества:

- Более низкий уровень потерь по сравнению с многоуровневым преобразователем
- Модульная структура
- Высокая надежность
- Низкий уровень гармонических искажений
- Преобразователь на полномостовых схемах могут блокировать КЗ на стороне постоянного тока



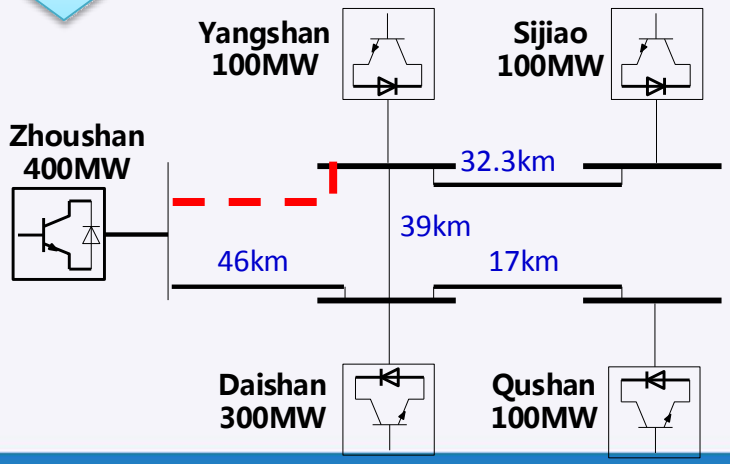
МОДЕРНИЗАЦИЯ ММППТ ZHOUSHAN



В эксплуатации	4th Июля 2014
Мощность	400/300/100/100/100 MW
Напряжение	±200 кВ

Текущее состояние

- Энергоснабжение островов
- 5-терминальная радиальная сеть
- Нет резервирования
- КЗ ПТ отключается на стороне АС



Модернизация

- Трансформация в сеть ПТ
- Обеспечение резервирования
- КЗ ПТ отключается выключателем ПТ

Устройства FACTS

Основные группы технических средств:

- устройства регулирования (компенсации) реактивной мощности и напряжения, подключаемые к сетям параллельно;
- устройства регулирования параметров сети (сопротивление сети), подключаемые в сети последовательно;
- устройства ограничения токов короткого замыкания.

ОЭС Северо-Запада

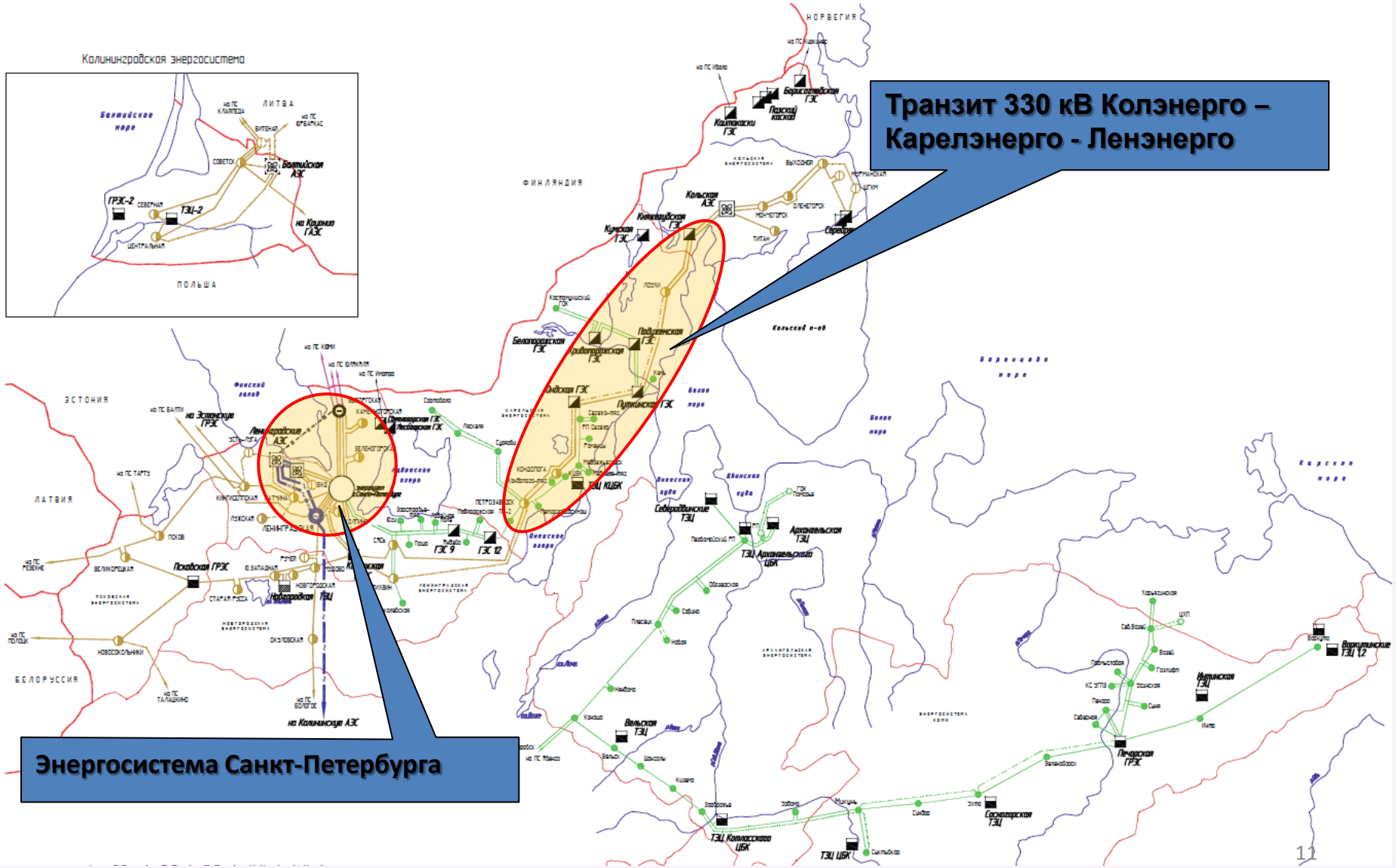
В состав ОЭС Северо-Запада входят энергосистемы:

- *Кольская*
- *Карельская*
- *Ленинградская*
- *Новгородская*
- *Псковская*
- *Архангельская*
- *Коми*
- *Калининградская*

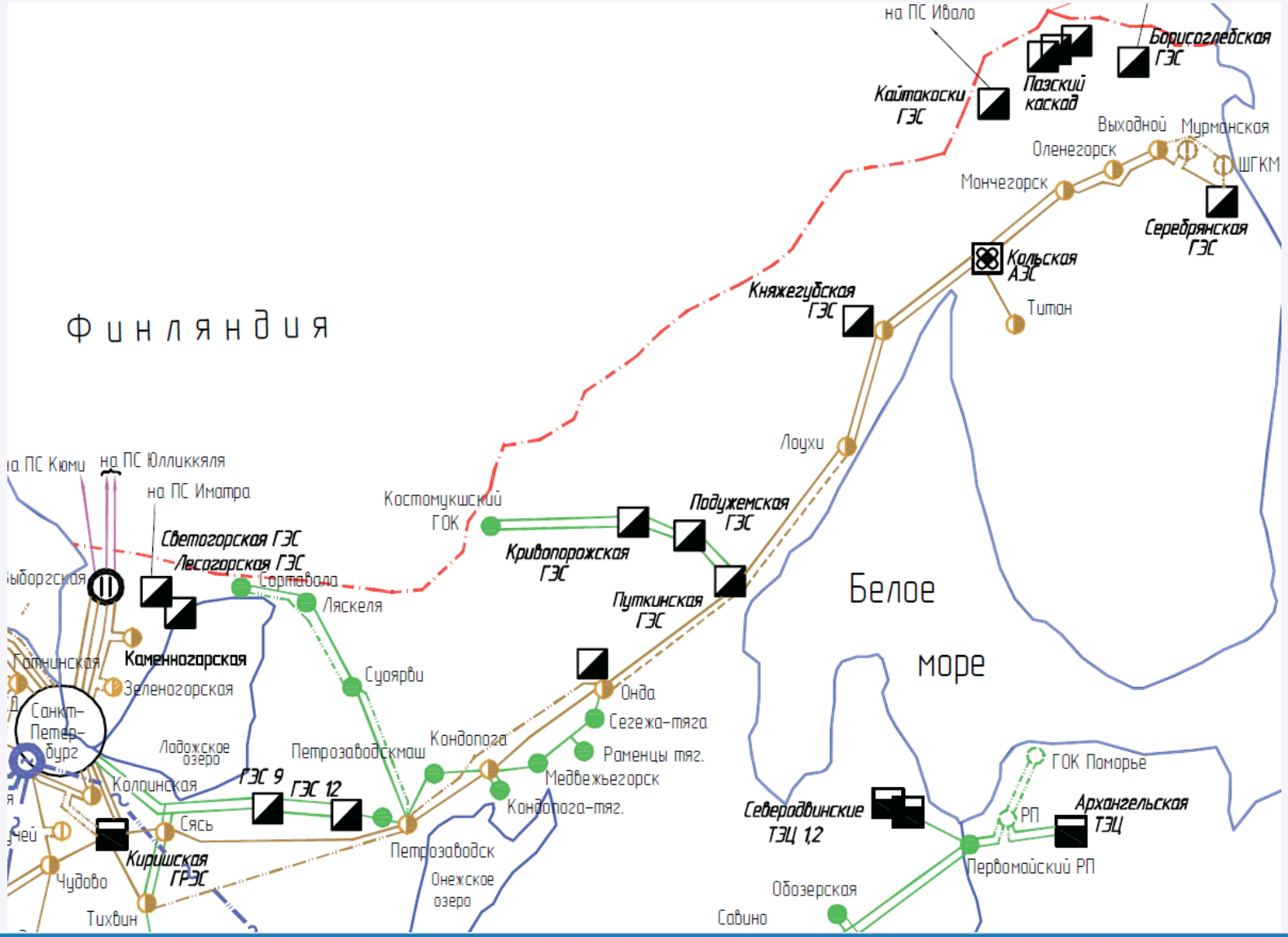
В силу особенностей своей структуры ОЭС Северо-Запада делится на три не связанные электрически напрямую части:

- Кольская, Карельская, Ленинградская, Новгородская и Псковская энергосистемы
- Архангельская и Коми энергосистемы;
- Калининградская энергосистема.

ОЭС Северо-Запада



Транзит 330 кВ «Кола – Карелия»



Транзит «Кола – Карелия»

Основные проблемы:

- Большая протяжённость транзита;
- Снижение напряжения в промежуточных точках;
- Периодическое возникновение синхронных качаний мощности по транзиту;
- Наличие запертой мощности в Кольской энергосистеме.

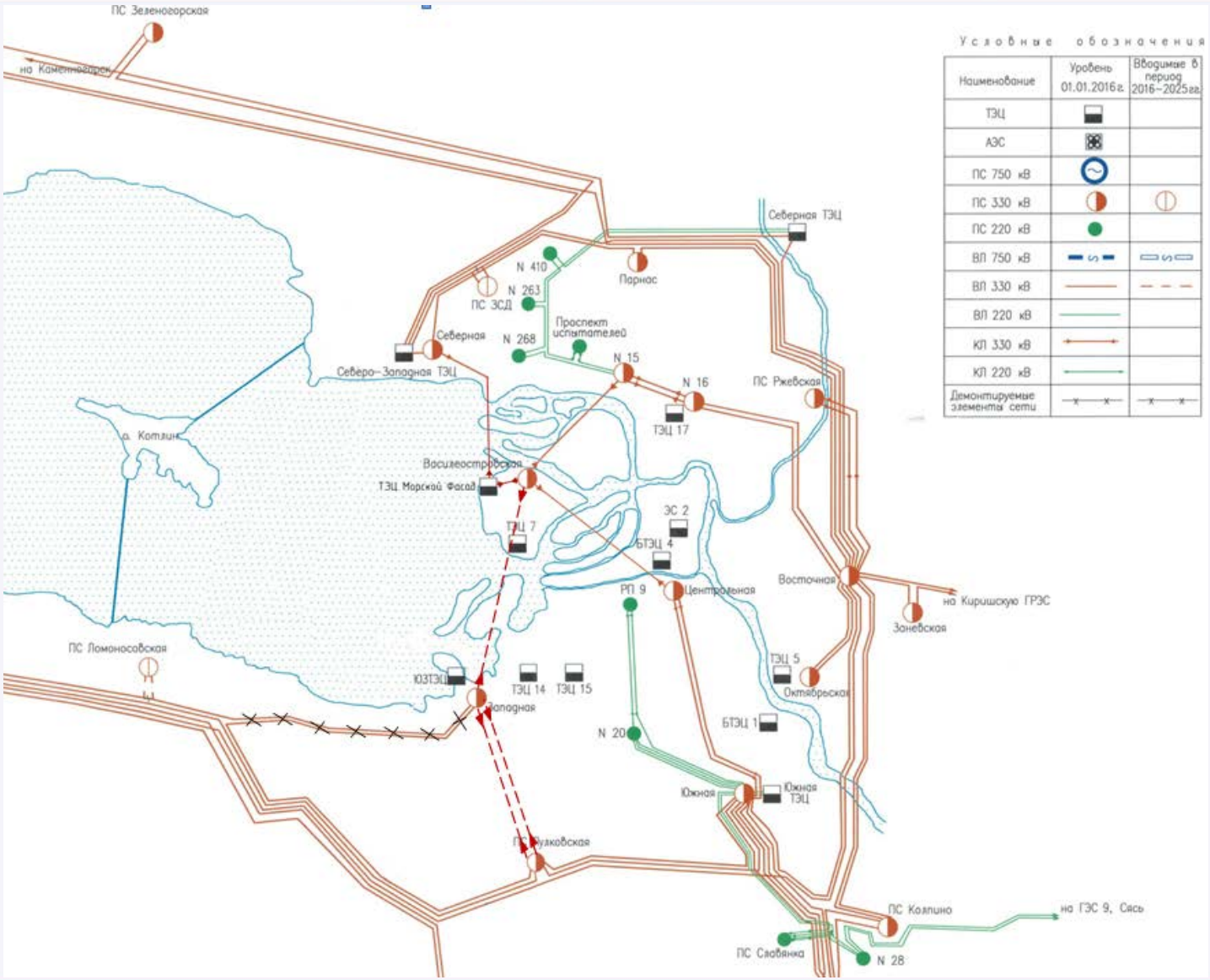
Технические решения:

- Строительство вторых цепей – завершение к 2017 году;
- Использование устройств компенсации реактивной мощности и продольной компенсации реактивности ВЛ:
  - УКРМ на ПС 330 кВ Онда и Путкинская;
  - УПК на ВЛ, отходящих от ПС Онда.

Указанные технические решения позволяют поднять допустимый переток по транзиту и снять проблему «запертой» мощности Кольской АЭС

«Большое кольцо» г.Санкт-Петербург

«Малое кольцо» г.Санкт-Петербург



«Малое кольцо» г.Санкт-Петербург

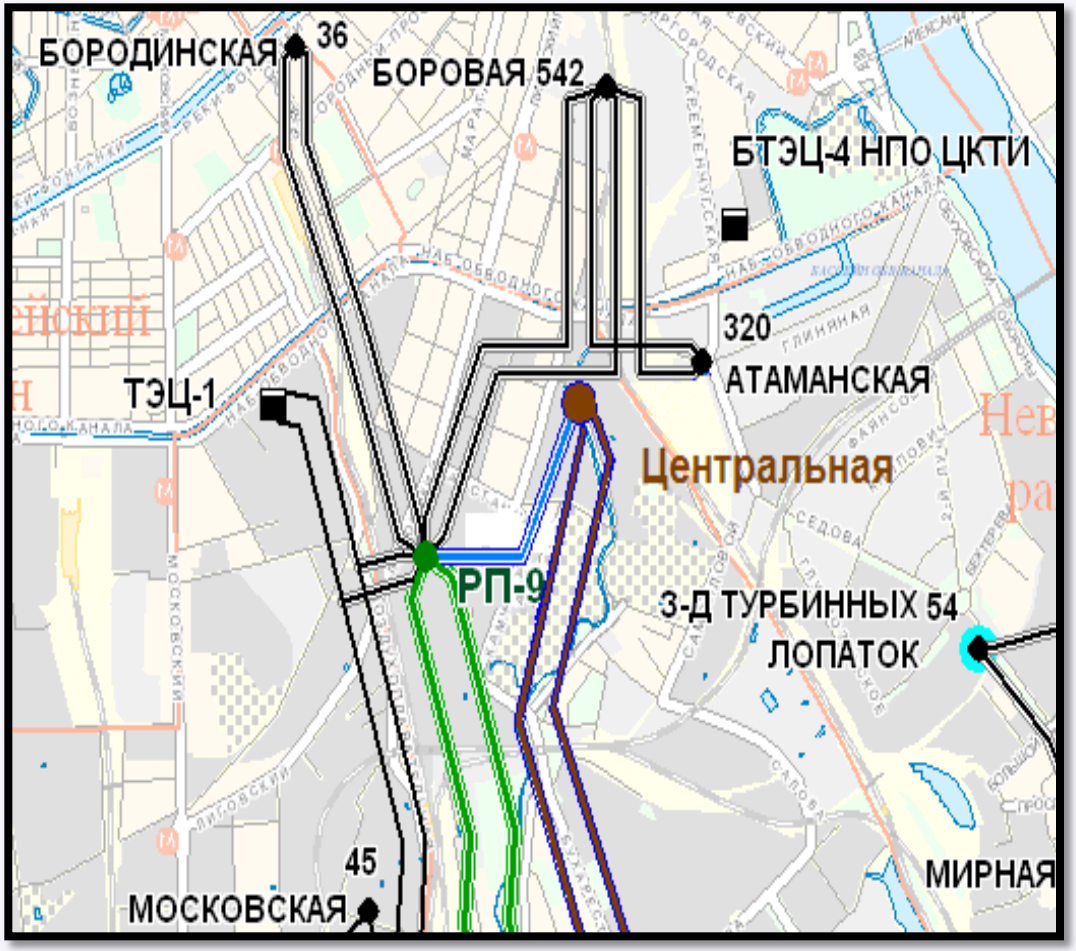
Основные проблемы:

- **Высокая загрузка КЛ в нормальных режимах;**
- **Перегрузка КЛ в послеаварийных режимах;**
- **Надёжность электроснабжения центральных районов города;**
- **Рост токов к.з. на шинах подстанций.**

Технические решения:

- **Использование устройств ограничения токов к.з.;**
- **Использование фазоповоротных устройств;**
- **Использование электропередач (или вставок) постоянного тока.**

«ПС Центральная – РП-9»



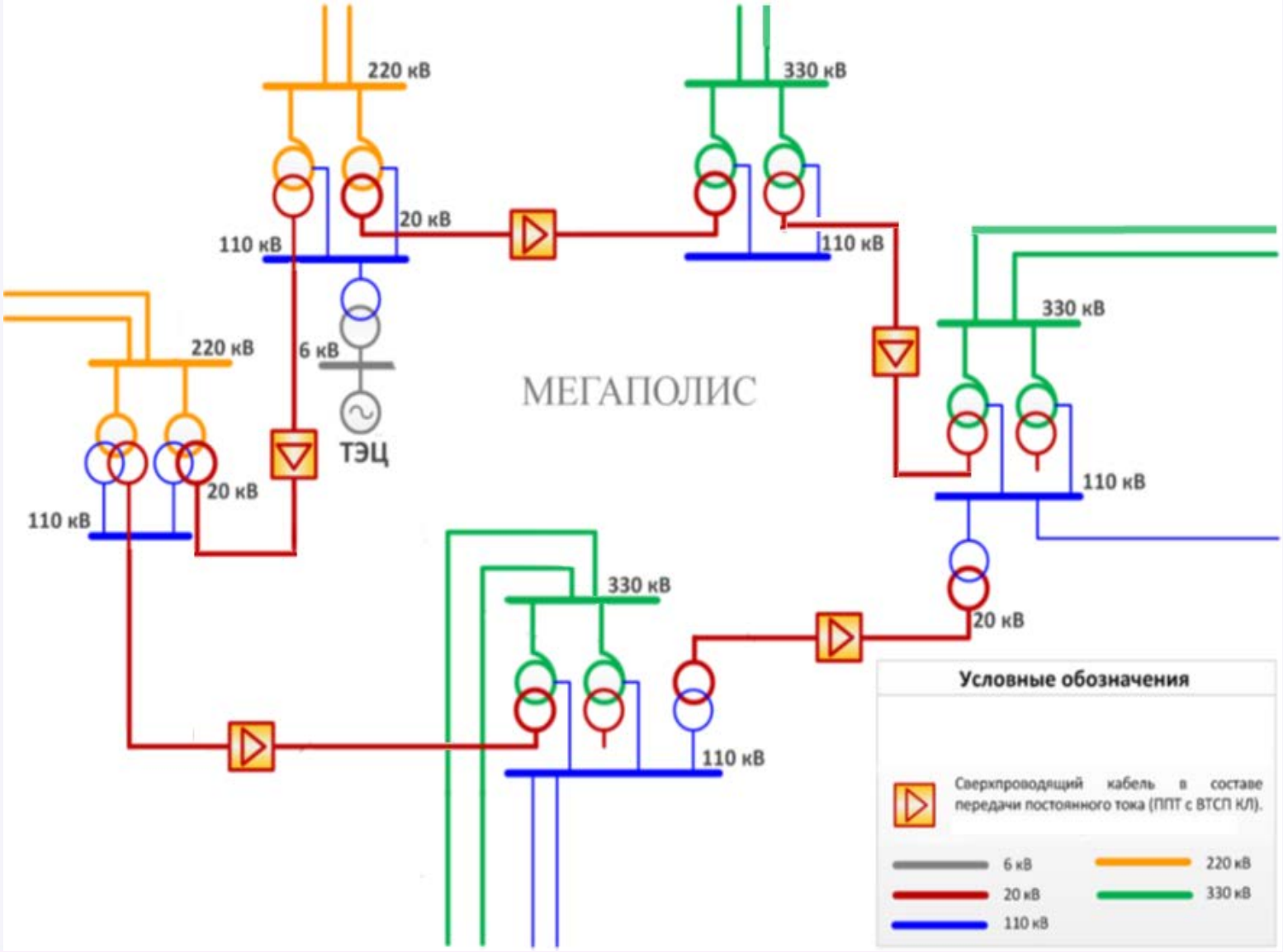
Ориентировочная трасса ВЛ 330 кВ

Ориентировочная трасса КЛ 110 кВ

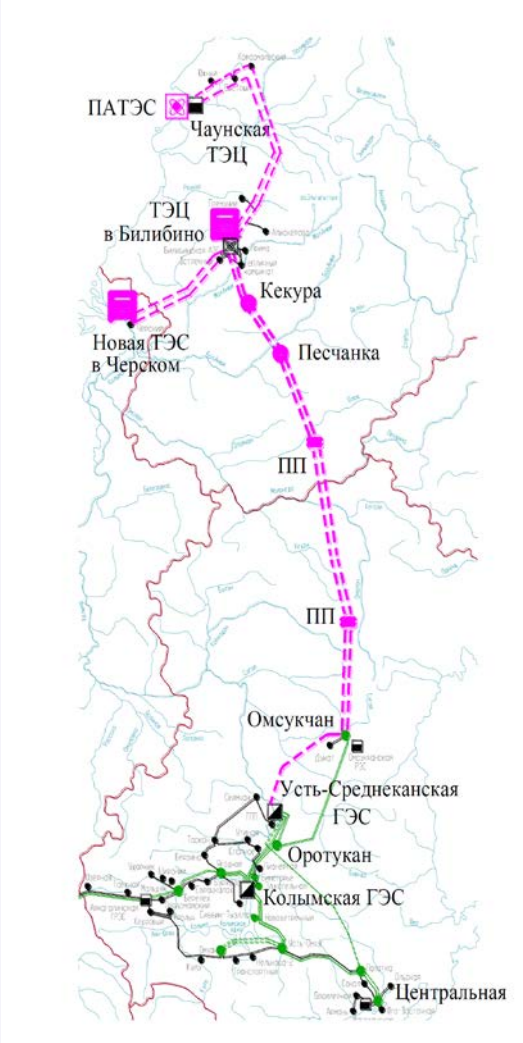
ППТ с ВТСП КЛ

Применение ППТ с ВТСП КЛ между ПС Центральная и РП-9 позволяет выполнить электрическую связь двух крупных «центров питания» (ПС 330 кВ Центральная и ПС 220 кВ РП-9) и осуществить взаимное резервирование указанных подстанций.

Концепция перспективного развития энергосистем мегаполисов с использованием сверхпроводящих кабельных линий постоянного тока



Энергомост Магадан - Чукотка



Вариант энергомоста Магадан – Чукотка, содержит следующее сетевое строительство:

- две ВЛ 220 кВ Омсукчан – ПП – Песчанка протяженностью 2х850 км;
- СКРМ на энергомосту Магадан – Чукотка. 4 синхронных компенсатора мощностью 60 Мвар на двух переключательных пунктах и ПС Песчанка и Омсукчан.

Вариант сооружения энергомоста на постоянном токе дешевле варианта на переменном токе (ППТ +/- 300 кВ) на 15%. При этом основными причинами отказа от этого варианта называются:

1. Отсутствие возможности промежуточного отбора мощности
2. Отсутствие отечественных производителей оборудования для линий и подстанций постоянного тока.

Заключение

- Электропередачи и вставки постоянного тока – наиболее интенсивно развивающаяся в настоящее время электроэнергетическая технология;

- В ЕЭС России электропередачи постоянного тока могут использоваться для:
  - повышения надежности энергоснабжения удаленных потребителей;
  - развития энергосистем мегаполисов;
  - подключения к энергосистеме малой и распределенной генерации

Спасибо за внимание !