КОНФЕРЕНЦИЯ CIM COMMON INFORMATION MODEL В РОССИИ И МИРЕ • 2025

СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

О подходах к моделированию ФПТ и ВДТ в информационной модели по стандартам CIM

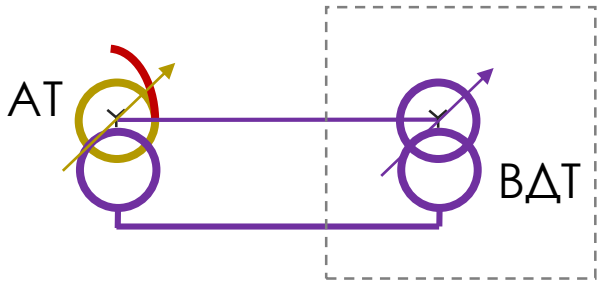
Токарев Андрей Иванович

Главный специалист, Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Урала

Способы регулирования напряжения

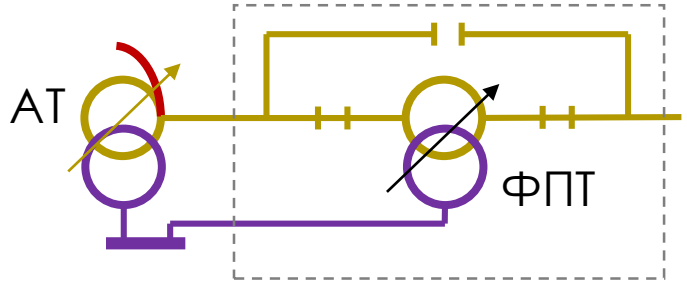
Регулирование напряжения

Продольное регулирование



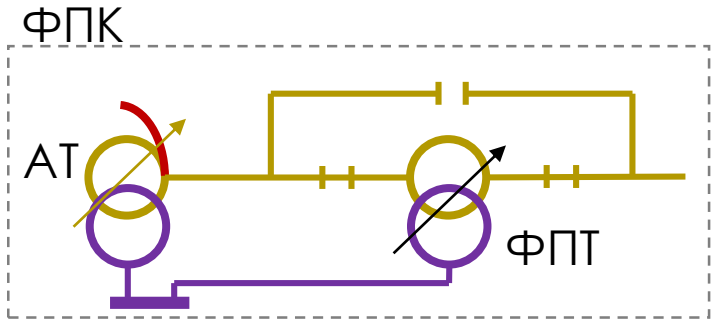
Вольтодобавочный трансформатор

Поперечное регулирование



Фазоповоротный трансформатор

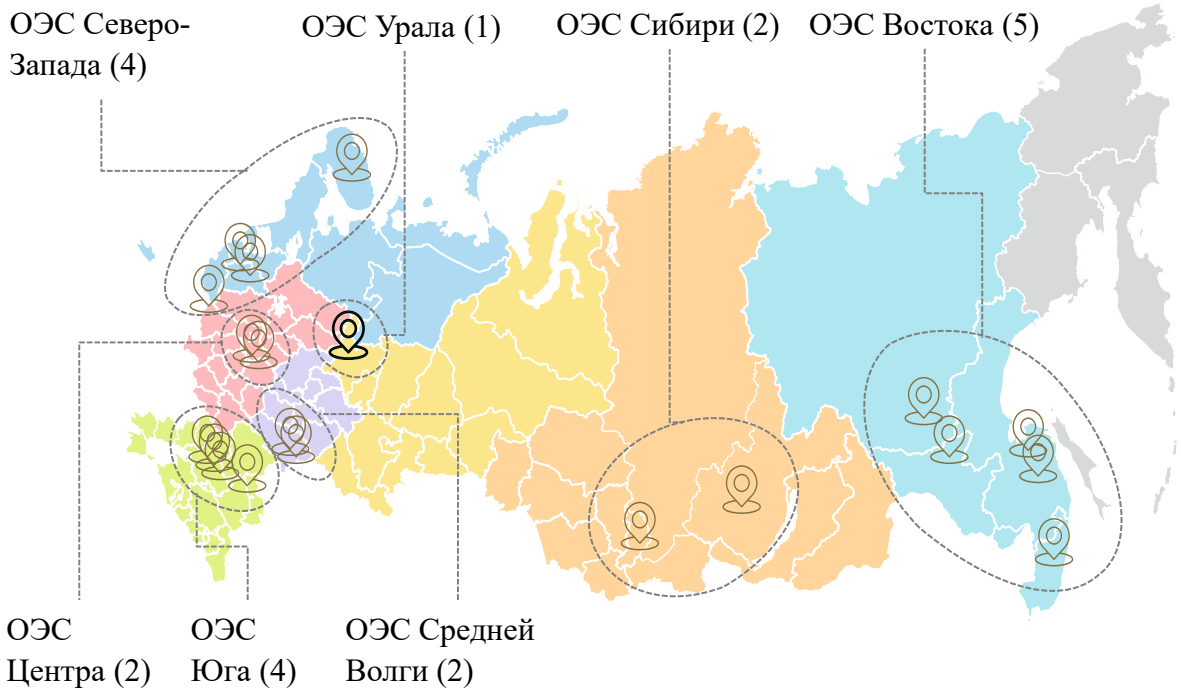
Продольно-поперечное регулирование



Фазоповоротный комплекс

ФПТ и ВДТ – средства регулирования напряжения силового трансформатора с целью перераспределения перетоков активной мощности и увеличения пропускной способности сети

Актуальность определения подходов к моделированию



Потенциальные места установки ФПК

- По результатам НИР определено порядка **20 мест установки ФПК**
- СиПР 2025-2030:
  ФПК на Воткинской ГЭС - 2027 год

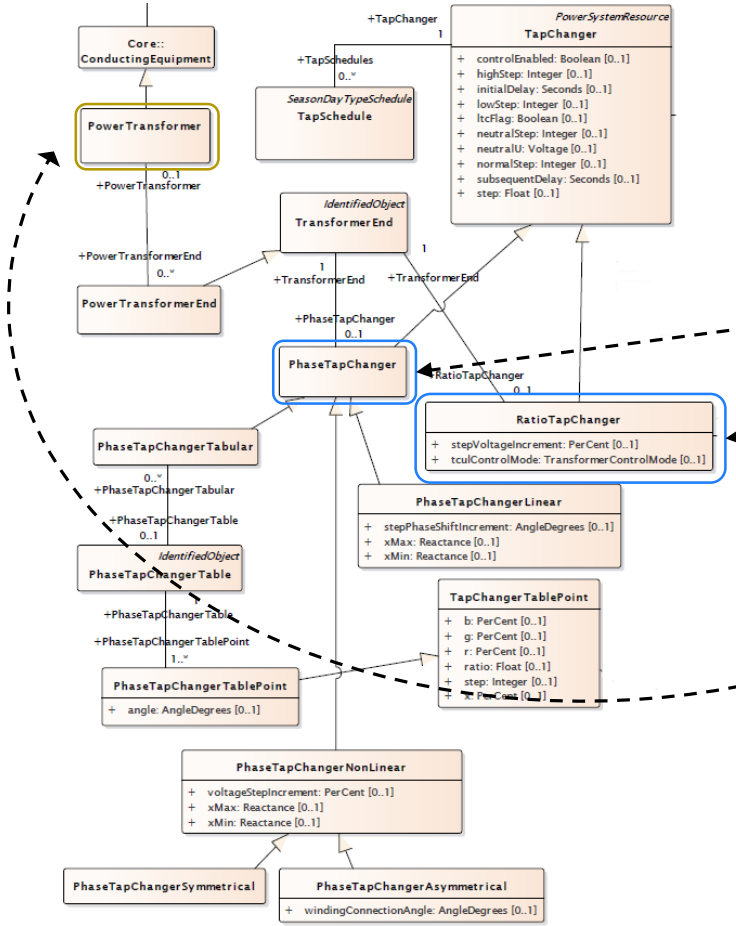
Предоставление информации в СО

- Приказ Минэнерго от 20 декабря 2022 г. № 1340: Выполнение требований обеспечивается посредством использования субъектами электроэнергетики **интернет-портала (CIM-портал)**

Исследования по определению мест установки ФПК проводятся повсеместно
Реализация проектов – вопрос времени

Моделирование ФПТ и ВДТ по стандарту МЭК 61970-301 Edition 6

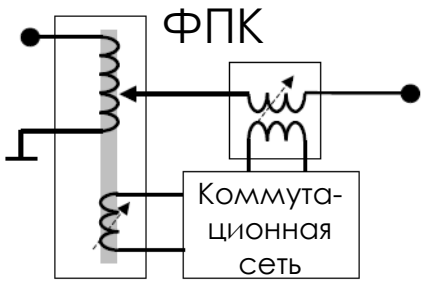
Моделирование трансформатора с ФПТ и ВДТ по стандарту IEC 61970-301 Edition 6

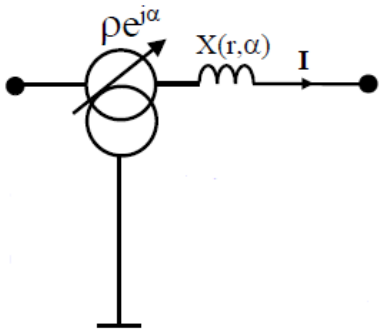


ФПК (АТ+ФПТ) представляется как единое целое

Средства регулирования трансформатора

- Поперечное регулирование описывается через класс **PhaseTapChanger**
- Продольное регулирование описывается через класс **RatioTapChanger**
- ФПК представляется одним объектом класса **PowerTransformer**

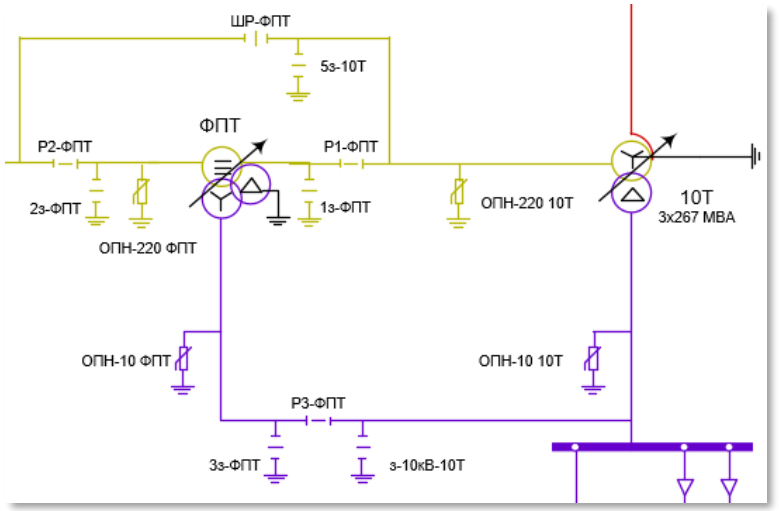




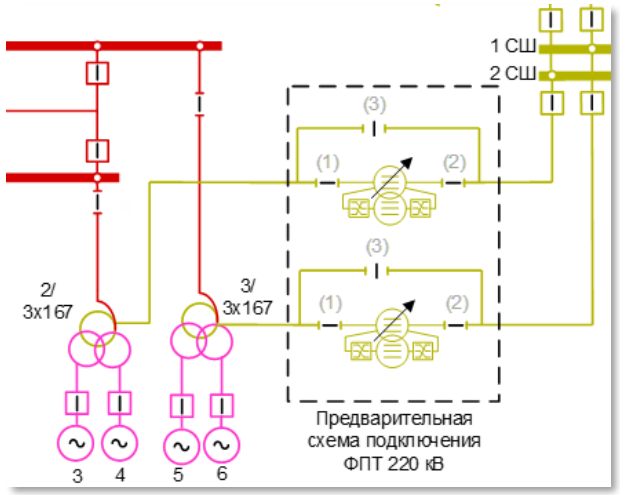
Моделирование ФПТ и ВДТ в АО «СО ЕЭС»

Примеры нормальных схем электрических соединений

ФПТ

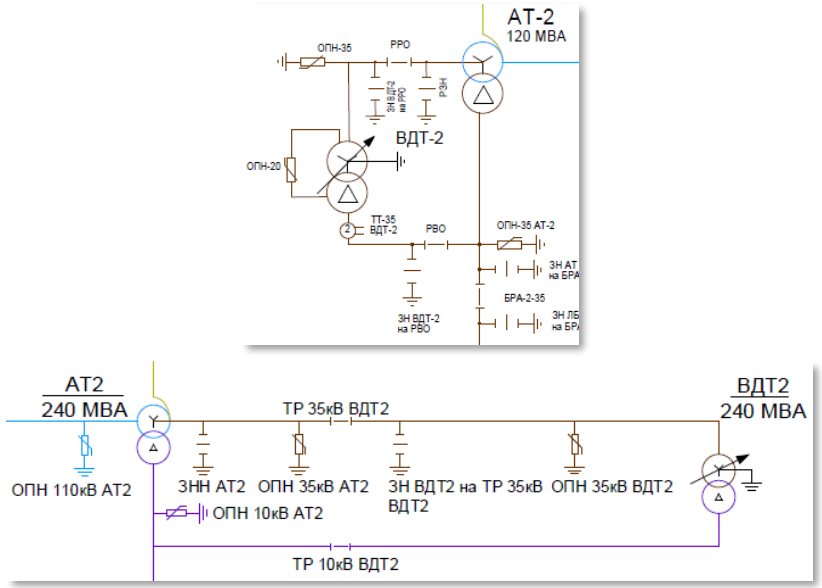


Участок схемы Волжской ГЭС



Участок схемы Воткинской ГЭС

ВДТ

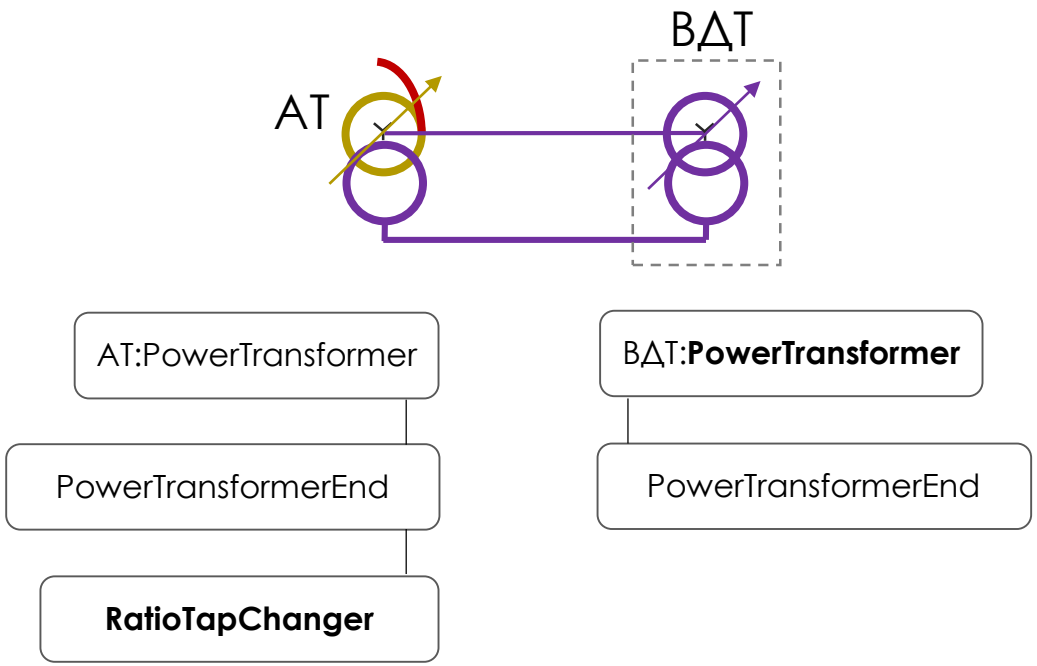


Участки схем ПС 220 кВ Чебаркуль, ПС 220 кВ Аксаково

ФПТ и ВДТ являются отдельными элементами с возможностью коммутации

ФПТ – объекты диспетчеризации

Текущее моделирование ВДТ

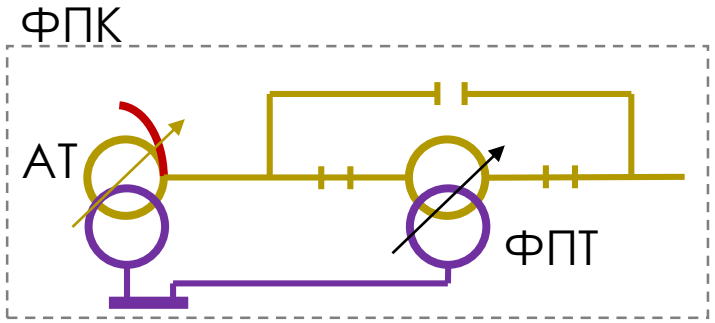


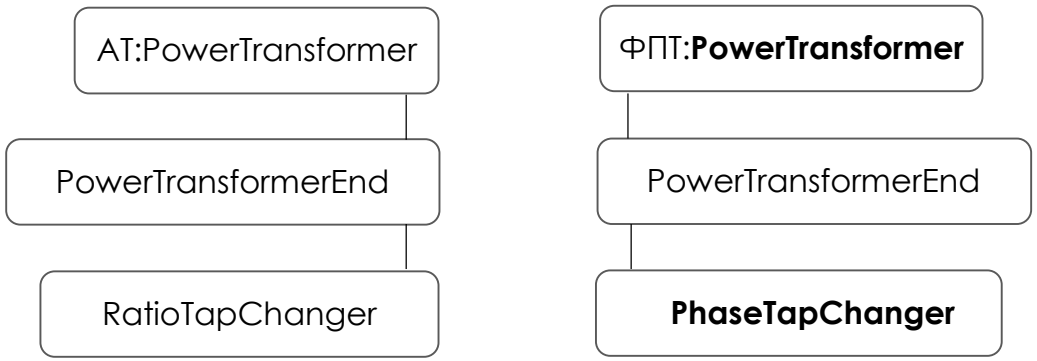
Модель ВДТ

1. ВДТ представлен отдельным элементом класса PowerTransformer
2. ВДТ подключен в нейтраль трансформатора
3. Вольтодобавка реализована через описание класса RatioTapChanger на АТ

Подобный способ моделирования позволяет изобразить ВДТ в соответствии с нормальной схемой и учитывать в расчетах УР и ОС

Текущее моделирование ФПК





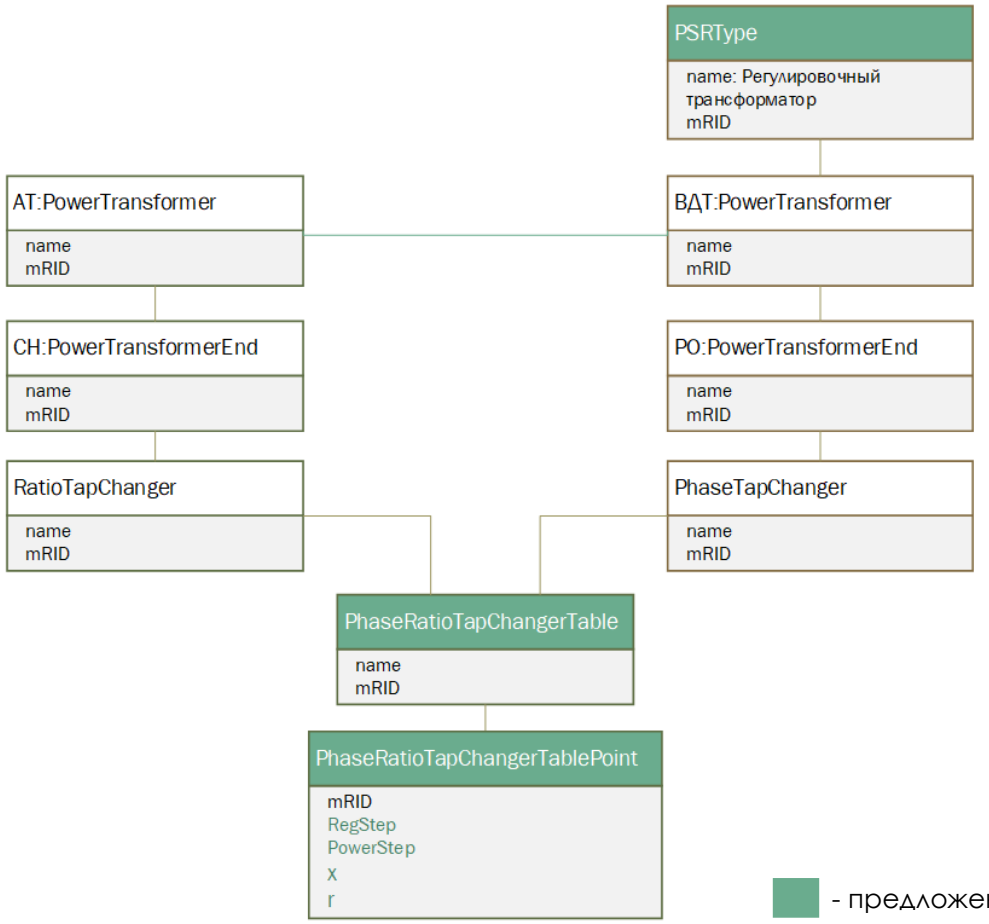
Модель ФПК

1. ФПТ и АТ представлены отдельными элементами класса PowerTransformer
2. Сдвиг фазы реализован через описание класса PhaseTapChanger
3. Необходима корректировка значений PhaseTapChanger при каждом изменении РПН АТ
4. Принимается допущение, что сопротивление ФПК постоянно и не зависит от положений РПН АТ и РПН ФПТ

Подобный способ моделирования позволяет изобразить ФПК в соответствии с нормальной схемой и учитывать в расчетах УР и ОС, но имеет ограничения в части заполнения всех параметров

Предложения по моделированию ФПТ и ВДТ

Предлагаемые подходы по моделированию ФПТ и ВДТ



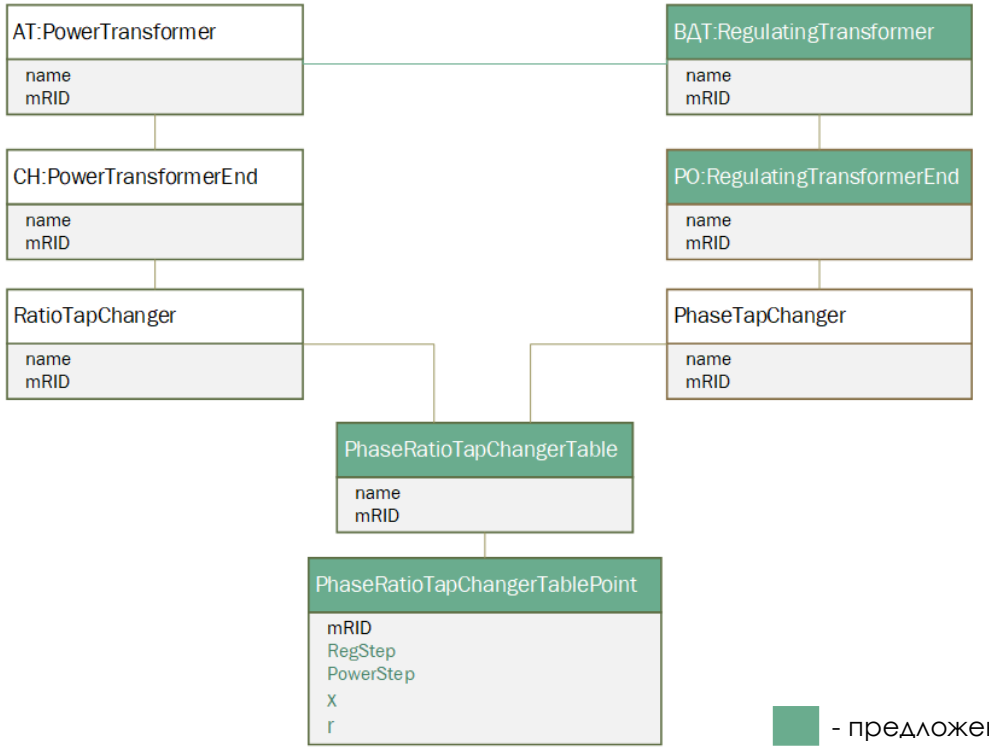
- предложения по расширению ГОСТ Р 58651.3-2020

Вариант 1. Предлагаемая схема классов и связей для моделирования ФПТ и ВДТ

- Все трансформаторы, целевая задача которых продольное и поперечное регулирование – PowerTransformer с **новым типом «Регулировочный трансформатор»**
- Параметры ФПК задавать в табличном виде – **новый класс PhaseRatioTapChangerTable**

Силовой трансформатор и регулировочный моделируются одним классом. Подход позволяет использовать данные как отдельного ФПТ/ВДТ, так и целиком трансформаторного агрегата (ФПК)

Предлагаемые подходы по моделированию ФПТ и ВДТ



Вариант 2. Предлагаемая схема классов и связей для моделирования ФПТ и ВДТ

- Все трансформаторы, целевая задача которых продольное и поперечное регулирование – **новый класс RegulatingTransformer**
- Параметры ФПК задавать в табличном виде – **новый класс PhaseRatioTapChangerTable**
- Для учета изменения сопротивлений ФПТ/ВДТ – **новый класс RegulatingTransformerEnd**

- предложения по расширению ГОСТ Р 58651.3-2020

Силовой трансформатор и регулировочный моделируются разными классами. Подход позволяет использовать данные как отдельного ФПТ/ВДТ, так и целиком трансформаторного агрегата (ФПК)

Выводы

- Вопрос моделирования ФПТ и ВДТ является актуальным для ЕЭС России
- Текущие подходы моделирования позволяют изобразить ФПТ в соответствии с нормальной схемой и учитывать в расчетах УР и ОС, но имеют ограничения в части заполнения всех параметров
- Предложены новые подходы по моделированию ФПТ и ВДТ, требующие расширения ГОСТ Р 58651.3-2020

КОНФЕРЕНЦИЯ CIM COMMON INFORMATION MODEL В РОССИИ И МИРЕ • 2025

СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

Спасибо за внимание!

Токарев Андрей Иванович
tokarev-ai@ural.so-ups.ru, (343) 359-22-29