



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Разработка централизованной системы управления электроснабжением объектов промышленности

Шескин Евгений Борисович,
нач. лаб., к.т.н.

Санкт-Петербург, 2023



Актуальные задачи электроснабжения промышленных предприятий

- Повышение надежности электроснабжения;
- Улучшение качества планирования и ведения режимов электроэнергетических систем предприятия;
- Перспективное развитие электрической сети;
- Оптимизация режимов электрической сети.

Все перечисленные задачи требуют особого материально-технического и кадрового оснащения подразделений техблока промпредприятий в части:

- специализированного программного обеспечения;
- средств измерений и контроля состояния агрегатов и систем;
- высококвалифицированных кадров, способных выполнять работу по выставлению режимов работы электроэнергетической системы, корректировке расчетных моделей, проведению расчетов и т.п.



Автоматизированная система оперативно-диспетчерского и ситуационного управления энергосистемой (АСОДСУЭ)

Одним из решений, позволяющих оптимизировать ведение режима и планирование, является автоматизированная система обновления расчетных моделей, которая могла бы:

- Использовать существующие системы телеизмерений для формирования текущего режима электроэнергетической системы в расчетных моделях;
- Анализировать установившиеся режимы и переходные процессы с учетом возможных изменений в схеме сети относительно текущего режима ЭЭС;
- Предлагать решения по оптимизации текущего режима работы ЭЭС с учетом технологических возможностей ЭЭС и установленного оборудования;
- Выявлять и сигнализировать о возможных перегрузках контролируемых сечений;
- Сигнализировать о возможном нарушении устойчивости в условиях текущего режима и заданных наперед сценариях расчетных возмущений.



Для решения этих задач необходим ПВК

Для успешного решения заявленных задач программно-вычислительный комплекс должен иметь следующий функционал:

- Проведение расчетов установившихся режимов, эквивалентирования электрической сети и режима, оптимизации режима по реактивной мощности и напряжению, утяжеления режима.
- Проведение расчетов электромеханических переходных процессов с использованием актуальных математических моделей электрооборудования, систем и устройств автоматического регулирования и управления.
- Возможность реализации пользовательских моделей электрооборудования, систем и устройств автоматического регулирования и управления.
- Возможность приема и обработки телеизмерений и телесигналов от серверов SCADA.
- Возможность масштабирования функционала ПВК за счет отдельно лицензируемых модулей.



Создание АСОДСУЭ для ООО «РН-Уватнефтегаз»

АСОДСУЭ для ООО «РН-Уватнефтегаз» разработана и реализована совместно с производителем SCADA-систем АО «Монитор Электрик» на базе СК-11 и ПВК *RastrWin*:

- Закупка, установка и тестирование серверного оборудования для сбора ТИ и ТС с объектов ЭС ООО «РН-Уватнефтегаз» (**выполнено АО «Монитор Электрик»**).
- Разработка моделей ЭС ООО «РН-Уватнефтегаз» для расчетов и исследования установившихся режимов, оценивания состояния энергосистемы, расчета и анализа потерь электроэнергии, анализа режимной надежности по критерию « $n-1$ », моделирования электромеханических переходных процессов (**выполнено АО «НТЦ ЭЭС»**).

Состав:	РМ ООО «РН-Уватнефтегаз»
Узлы	более 2000
Ветви:	более 2000
в т.ч. ЛЭП	более 1400
в т.ч. трансформаторы	более 600

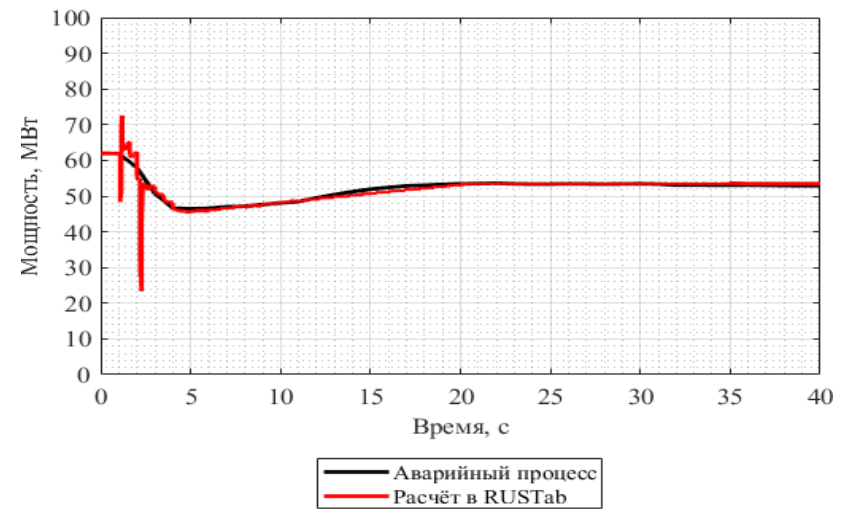
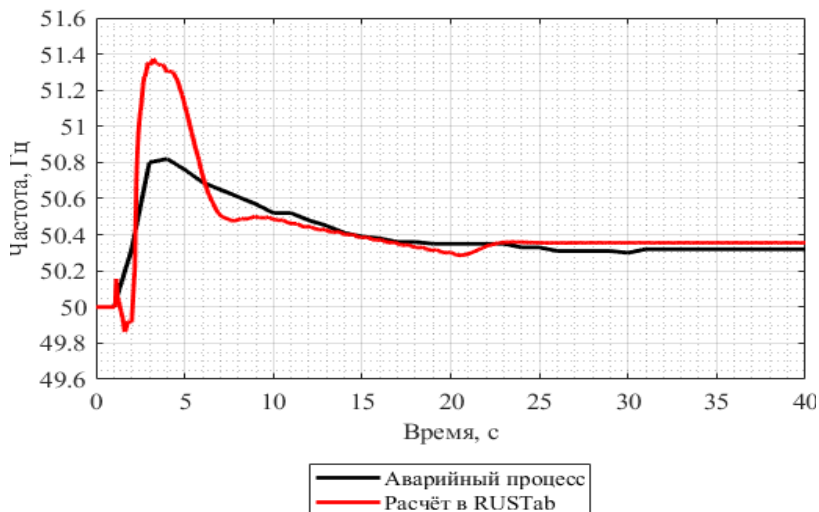


Расчетная динамическая модель ЭС ООО «РН-Уватнефтегаз»

- Разработанная динамическая модель энергосистемы ООО «РН-Уватнефтегаз» включает в себя:
 - цифровые динамические модели синхронных генераторов электростанций;
 - цифровые динамические модели первичных двигателей (газотурбинные и газопоршневые установки);
 - цифровые динамические модели систем возбуждения и автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов электростанций;
 - цифровые динамические модели нагрузки, включающие модели синхронных и асинхронных двигателей;
 - цифровые динамические модели систем возбуждения и автоматических регуляторов возбуждения синхронных двигателей;
 - модели быстродействующих устройств регулирования напряжения в узлах нагрузки;
 - модели устройств режимной и противоаварийной автоматики;
 - модели устройств сетевой автоматики (БАВР, АВР, ВНР).
- Выполнено тестирование корректности работы моделей отдельных устройств и динамической модели в целом путем моделирования электромеханических переходных процессов при тестовых возмущениях.
- Выполнена верификация разработанной динамической модели энергосистемы путем воспроизведения реальных аварийных возмущений, произошедших в энергосистеме.

Пример полученных результатов

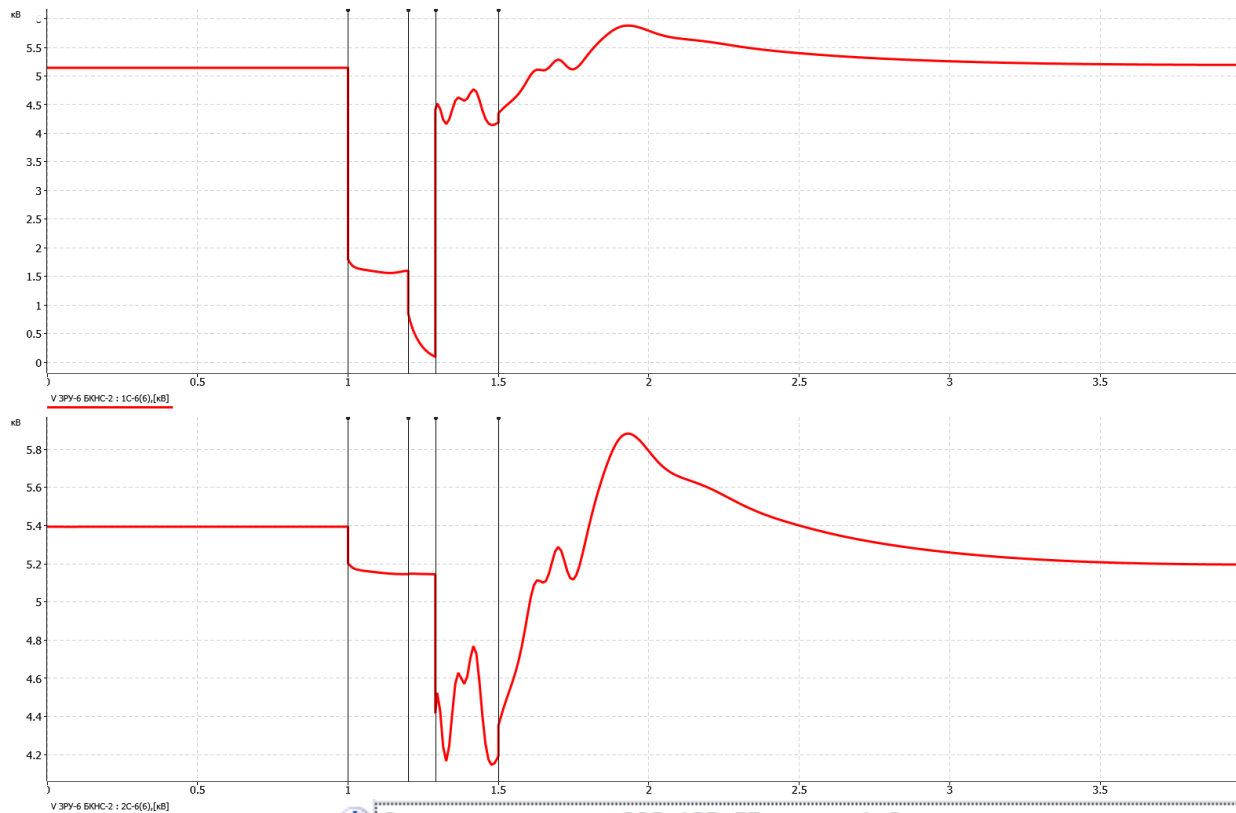
- Верификация путем воспроизведения технологического нарушения, связанного с отключением ЛЭП 110 кВ и выделением генерирующих станций ЭС ООО «РН-Уватнефтегаз» на изолированную от ЕЭС России работу.





Пример полученных результатов

Пример тестирования АВР.

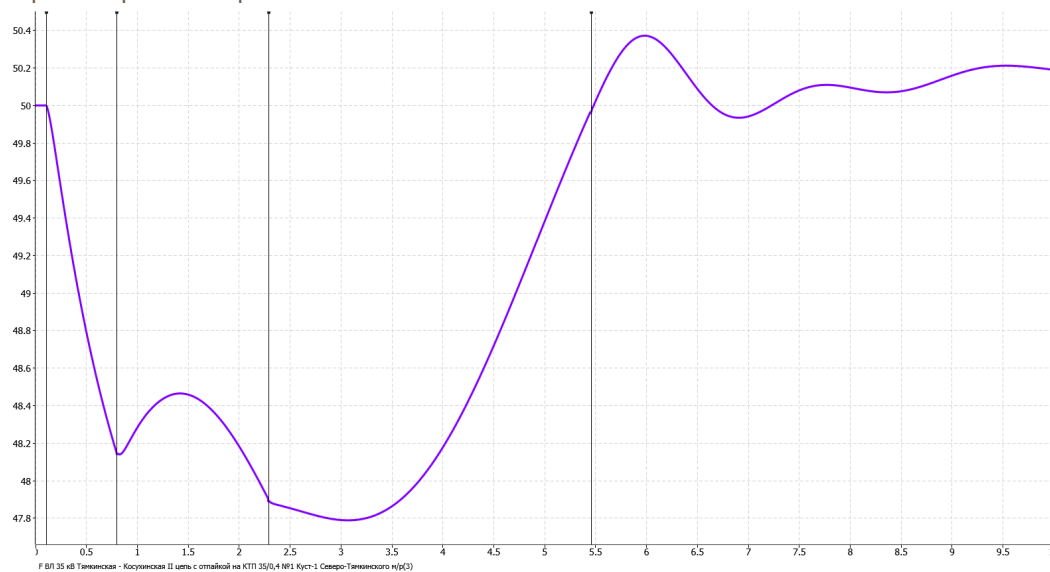


- Отключение ввода 295 АВР 37 при $t=1.2$
- Установлен параметр `vetv[295,216,0].sta = 0`
- Включение ШСВ 295-296 АВР 37 при $t=1.29$
- Установлен параметр `vetv[295,296,0].sta = 1`

- Напряжение СШ1 (верх) снижается до уставки срабатывания АВР $U_{\text{АВР}}=2,4$ кВ и остаётся ниже этого значения в течение заданной выдержки времени $T_{\text{АВР}}=0,2$ с.
- Напряжение СШ2 (низ) при этом выше напряжения блокировки АВР $U_{\text{б_АВР}}=4,8$ кВ и остаётся выше этого значения в течение заданной выдержки времени $T_{\text{АВР}}=0,2$ с.
- Происходит отключение вводного выключателя поврежденной ВЛ в момент времени $t = 1,2$ с.
- После отключения вводного выключателя происходит включение ШСВ с задержкой $T_{\text{АВР_ШСВ}}=0,09$ с, то есть, в момент времени $t = 1,29$ с.

Пример полученных результатов

Пример тестирования АЧР.



```

④ Исполняется действие сценария с Id 2 [Отключение ветви 2054-2399] при t=0.102887
④ Установлен параметр vetv[2054,2399].sta = 0
④ Исполняется действие сценария с Id 1 [Отключение ветви 2054-2400] при t=0.102887
④ Установлен параметр vetv[2054,2400].sta = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 2 [АЧР-1] при t=0.797606
④ Установлен параметр node[2047].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 1 [АЧР-1] при t=0.797606
④ Установлен параметр node[2046].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 17 [АЧР-1] при t=2.28424
④ Установлен параметр node[1429].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 16 [АЧР-1] при t=2.28424
④ Установлен параметр node[1421].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 15 [АЧР-1] при t=2.28526
④ Установлен параметр node[1618].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 14 [АЧР-1] при t=2.28748
④ Установлен параметр node[1433].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 13 [АЧР-1] при t=2.28748
④ Установлен параметр node[1425].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 12 [АЧР-1] при t=2.28748
④ Установлен параметр node[1431].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 11 [АЧР-1] при t=2.28748
④ Установлен параметр node[1423].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 154 [АЧР-2] при t=5.45221
④ Установлен параметр node[2032].pnqn0 = 0
④ Исполняется действие автоматики с Id 153 [АЧР-2] при t=5.45221
④ Установлен параметр node[2031].pnqn0 = 0
    
```

- В $t=0,1$ с произошло выделение ЭС на изолированную работу с дефицитом генерирующих мощностей.
- Частота снижается до значения $F_{АЧР1}=48,8$ Гц в $t=0,497$ с, и с выдержкой $T_{АЧР1}=0,3$ с в $t=0,797$ с происходит отключение части заведенной под I очередь АЧР нагрузки.
- Частота снижается до значения $F_{АЧР1}=48,2$ Гц в $t=1,98$ с, и с выдержкой $T_{АЧР1}=0,3$ с в момент времени $t=2,28$ с происходит части заведенной под I очередь АЧР нагрузки.
- Частота снижается до значения $F_{АЧР2}=49,1$ Гц в $t=0,39$ с. С учетом задержки на срабатывание пускового реле (0,06 с) и заданной выдержки $T_{АЧР2}=5$ с в $t=5,45$ с происходит отключение заведенной под II очередь АЧР нагрузки.



Итоги

- На сегодняшний день **на базе существующих технических и программных решений возможно создание автоматизированной системы оперативно-диспетчерского и ситуационного управления энергосистемой**, способной:
 - Обеспечивать функционал SCADA-системы;
 - Обеспечивать функционал для проведения расчетов, необходимых для ведения, планирования, оптимизации режимов электроэнергетических систем промышленных предприятий.
- АО «НТЦ ЕЭС» **обладает большим опытом и достаточными компетенциями** для формирования необходимых для полноценной работы АСОДСУЭ расчетных моделей, включая модели сложных устройств автоматического регулирования и автоматики энергосистем.
- На сегодняшний день существует пример успешной реализации подобной системы на предприятии нефтегазового комплекса, электроэнергетическая система которого содержит большое количество объектов, оборудования, систем и устройств автоматического управления, которые были учтены при разработке расчетных моделей, что позволяет обеспечивать достаточную для заявленных целей точность расчетов.



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Благодарим за внимание!

АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы»

Россия, 194223, г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 1, лит. А
+7 (812) 297-54-10; факс: +7 (812) 552-62-23
ntc@ntcees.ru

ntcees.ru