



ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



**Использование КПМ РИТМ
в исследованиях УрО РАН
по применению технологии
СМГР в электроэнергетике**

energy.exponenta.ru



□□□□□□

Лаборатория энергетических систем Института социально-экономических и энергетических проблем Севера

Основные направления научной деятельности Лаборатории энергетических систем ИСЭиЭПС ФИЦ «Коми НЦ УрО РАН» (г. Сыктывкар) – это разработка методов исследования и обеспечения надежности функционирования и развития электроэнергетических систем, а также новых информационных технологий в задачах оперативного управления нормальными и аварийными режимами функционирования региональных энергосистем.

ВНЕДРЕНИЕ КПМ РИТМ

Лаборатория энергетических систем ИСЭиЭПС при поддержке инженеров ЦИТМ Экспонента внедрила стенд на базе программно-аппаратного комплекса реального времени КПМ РИТМ. Стенд позволяет разрабатывать и исследовать в реальном времени методы и алгоритмы решения задач оперативно-диспетчерского и автоматического режимного управления по данным системы мониторинга переходных режимов (СМПР).



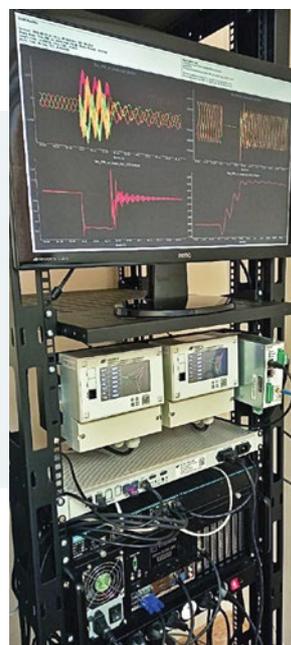
КПМ РИТМ

ЗАДАЧА

В современной электроэнергетике активно внедряется технология СМПР для наблюдения за режимами и управления ими. Это непрерывное измерение и регистрация векторных величин режима, синхронизируемых с помощью сигналов системы единого времени.

- СМПР позволяет получать более детальную информацию о параметрах установившихся и переходных режимов энергосистемы, возникающих из-за технологических нарушений или аварий.
- Все больше объектов единой энергосистемы оснащаются векторными измерителями, и актуальность исследования этой сферы возрастает.

Лаборатории энергетических систем в рамках модернизации оборудования потребовался современный киберполигон на базе программно-аппаратного комплекса реального времени, на котором можно решать весь спектр задач в области применения СМПР



СМПР включает в себя:

- 1 технологии точной синхронизации времени от глобальных навигационных спутниковых систем
- 2 информационно-коммуникационные технологии, которые обеспечивают возможность передачи и обработки в режиме реального времени больших потоков данных
- 3 устройства синхронизированных векторных измерений (УСВИ) и концентраторы синхронизированных векторных измерений (КСВД) для измерения и вычисления векторных параметров электрической сети с высоким разрешением



ЦИТМ Экспонента в сложных условиях весны 2022 года смогла подобрать оборудование под цели, задачи и, что немаловажно, бюджет Лаборатории института. Оптимальным решением, соответствующим техническому заданию и требованиям Лаборатории, стал программно-аппаратный комплекс реального времени КПМ РИТМ, разработанный российской компанией ООО «РИТМ».

В 2023 году инженеры ЦИТМ Экспонента установили стенд в Лабораторию института и провели необходимые приемо-сдаточные испытания оборудования: КПМ РИТМ, УСВИ, КСВД, сетевой коммутатор, сервер точного времени.

Стенд по своим техническим характеристикам позволяет проводить эксперименты по широкому кругу тем, например:

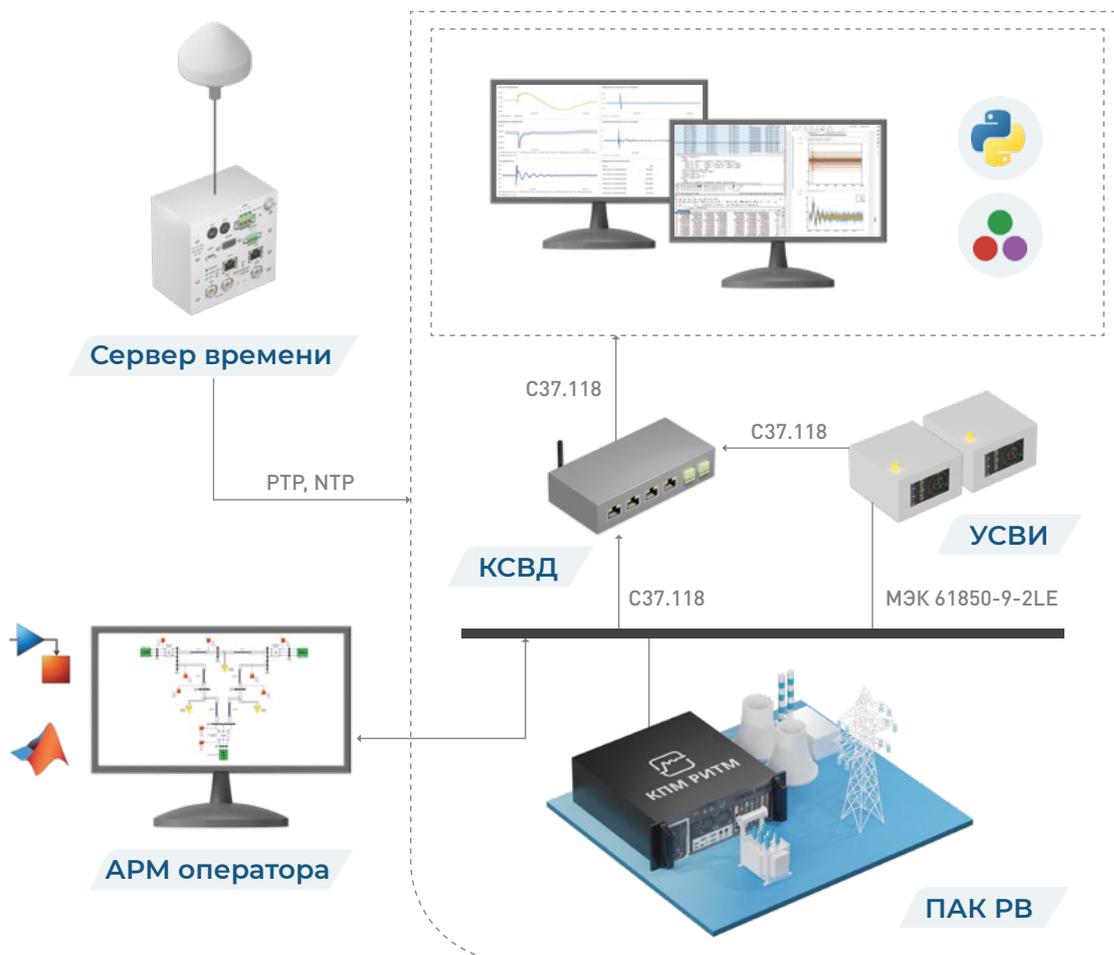
- » обнаружение различных процессов и событий (определение повреждений, ненормальных режимов работы, низкочастотных колебаний и др.)
- » определение в реальном времени параметров схем замещения элементов ЭЭС
- » оценка состояния ЭЭС, ее статических и динамических характеристик
- » управление режимами работы электрической сети.



Фото стенда в Лаборатории



ТЕКУЩАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СТЕНДА



АРХИТЕКТУРА СТЕНДА

включает в себя четыре уровня:

- 1 уровень физической энергосистемы, имитационное моделирование многомашинной регулируемой электроэнергетической системы (ПАК РВ) КМП РИТМ
- 2 уровень сетевых устройств — измерительные устройства УСВИ и концентраторы синхронизированных векторных данных КСВД (программные или аппаратные)
- 3 уровень коммуникационной сети — эмуляция коммуникационной сети на основе интернет-протоколов (запланирован)
- 4 уровень приложений — алгоритмы решения задач анализа и управления режимами электроэнергетической системы (ЭЭС) по синхронизированным векторным измерениям (СВИ)



РЕЗУЛЬТАТ



Лаборатория энергетических систем уже успела провести несколько исследований на стенде на темы "Идентификация параметров схем замещения элементов ЭЭС" и "Оценивание состояния ЭЭС". Специалисты Лаборатории института отметили простоту интерфейса для работы с КПМ РИТМ, а также возможность гибкой настройки параметров коммуникационной сети оборудования стенда. Об опыте использования стенда в исследованиях Лаборатории подробно было рассказано в докладе на секций НП «НТС ЭЭС».

Для исследования задач СМПР размерность моделей ЭЭС может составлять сотни и более узлов. Соответственно, при запуске подобных моделей в реальном времени на одном ПАК РВ возникает проблема ограничения количества узлов.

Эту проблему можно решить тремя возможными способами:

- ➔ повысить эффективность вычислений;
- ➔ нарастить аппаратную базу;
- ➔ упростить модель.

В силу ряда ограничений первые два варианта для Лаборатории оказались недоступны, поэтому был выбран путь упрощения модели с созданием собственной библиотеки компонентов.

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ МОДЕЛЕЙ КОМПОНЕНТОВ



50 Гц

В электрической сети преобладает составляющая только основной частоты 50 Гц.



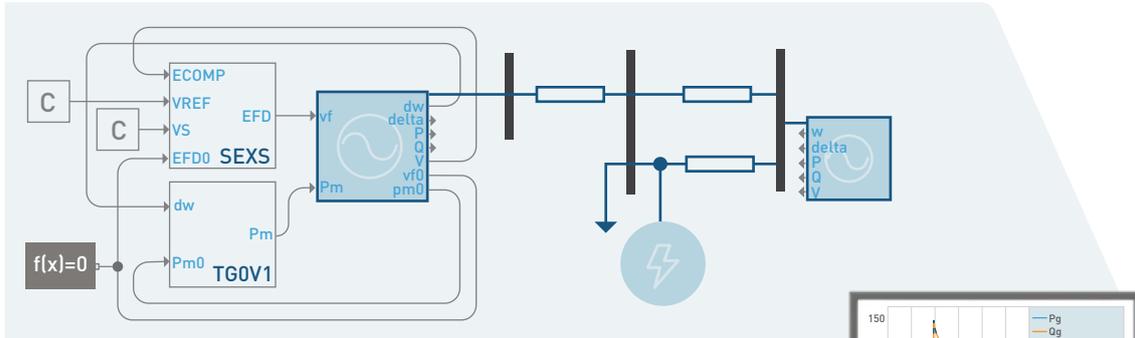
СЛЕДСТВИЕ

Моделирование электромеханических переходных процессов допустимо в силу измерения СМПР параметров электрического режима на периоде промышленной частоты в 20 мс.

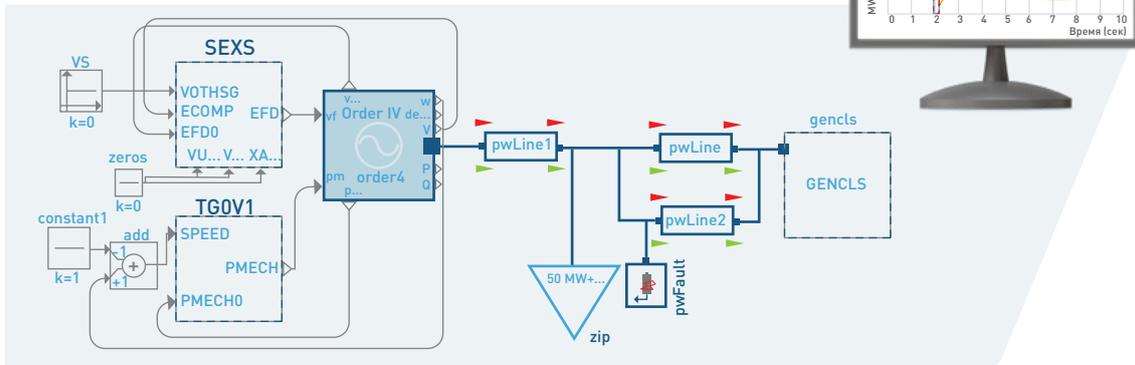
ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КОМПОНЕНТОВ



Разработанная библиотека



OpenIPSL (Modelica)



Максимальное расхождение в графиках: $1E-5$ о.е.

Таким образом в задачах СМПР был осуществлен переход от расчетов в мгновенных величинах с шагом 50 мкс к моделированию в так называемой векторной области с сохранением динамики электромеханических процессов в энергосистеме.

Для данного исследования в Лаборатории в дополнение к существующим компонентам была разработана своя библиотека компонентов, содержащая нагрузки, линии электропередачи, трансформаторы, датчики измерения, электрические машины. Каждый блок тщательно верифицирован в сравнении с библиотекой OpenIPSL (Modelica) как по отдельности, так и в составе небольших схем.

Применение разработанных моделей компонентов помогло увеличить количество узлов до тысячи при расчете на одном ядре процессора.



Сейчас стенд позволяет проводить исследование и тестирование методов и алгоритмов решения задач по данным СВИ в условиях, приближенных к реальным, которые включают в себя:

- динамические процессы;
- реальное время;
- физическое оборудование.



Кроме того, стенд используется в учебном процессе. На этом оборудовании под руководством заведующего Лабораторией к.т.н. Михаила Хохлова два студента Сыктывкарского лесного института (филиала) Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова подготовили дипломные работы.



Хабр

Подробнее о поддерживаемых в КПМ РИТМ электроэнергетических протоколах передачи данных, применяемых в СМПР и не только, читайте в нашей статье на Хабре:

“Что такое синхронизированные векторные измерения и как их моделировать”

https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/788116/

НАШИ ПЛАНЫ



Лаборатория будет модернизировать стенд совместно с инженерами Экспоненты.

Планируется добавить уровень эмуляции коммуникационной сети, чтобы получить возможность моделировать задержки при передаче данных СВИ, внедряться, перехватывать и подменять данные, моделировать кибератаки.

Также будет расширена собственная библиотека для моделирования электромеханических переходных процессов: наращивание состава компонентов, вычисление частоты, разработка тестовых моделей ЭЭС, интеграция с электромагнитными моделями.

КОНФИГУРАЦИИ КПМ РИТМ

Создаем с нуля и расширяем существующие испытательные киберполигоны за счёт внедрения КПМ РИТМ с точным соответствием всем необходимым техническим требованиям

МОБИЛЬНЫЙ

3 платы расширения

Позволяет проводить испытания в полевых условиях



ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ

до 7 плат расширения

Универсальная конфигурация

СТЕНД

количество плат без ограничения

Конфигурация настраивается под заказчика





ЭКСПОНЕНТА

ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

НАШИ КОНТАКТЫ

 energy.exponenta.ru

 +7 (495) 099 65 85

Telegram



@exponenta_energy

Свяжитесь с нами!