



КПМ РИТМ

РОССИЙСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РИТМ



ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЛЯ HIL-ТЕСТИРОВАНИЯ



Моделирование ЭЭС и силовой электроники для исследования переходных процессов

Разработка алгоритмов для терминалов РЗА, первичного оборудования, СНЭ и ВИЭ

Киберполигоны для оценки устойчивости оборудования ЭЭС к киберугрозам

Поддержка протоколов МЭК 61850, С37.118, РТрРv2, РРР, Aurora

Лабораторные стенды, обучение и тренинги для повышения квалификации

Цифровые двойники оборудования для предиктивного обслуживания

HIL-тестирование встраиваемых систем управления в режиме жесткого реального времени

Испытания реальных терминалов РЗА, УСВИ и КСВД

PHIL-тестирование силовых преобразователей

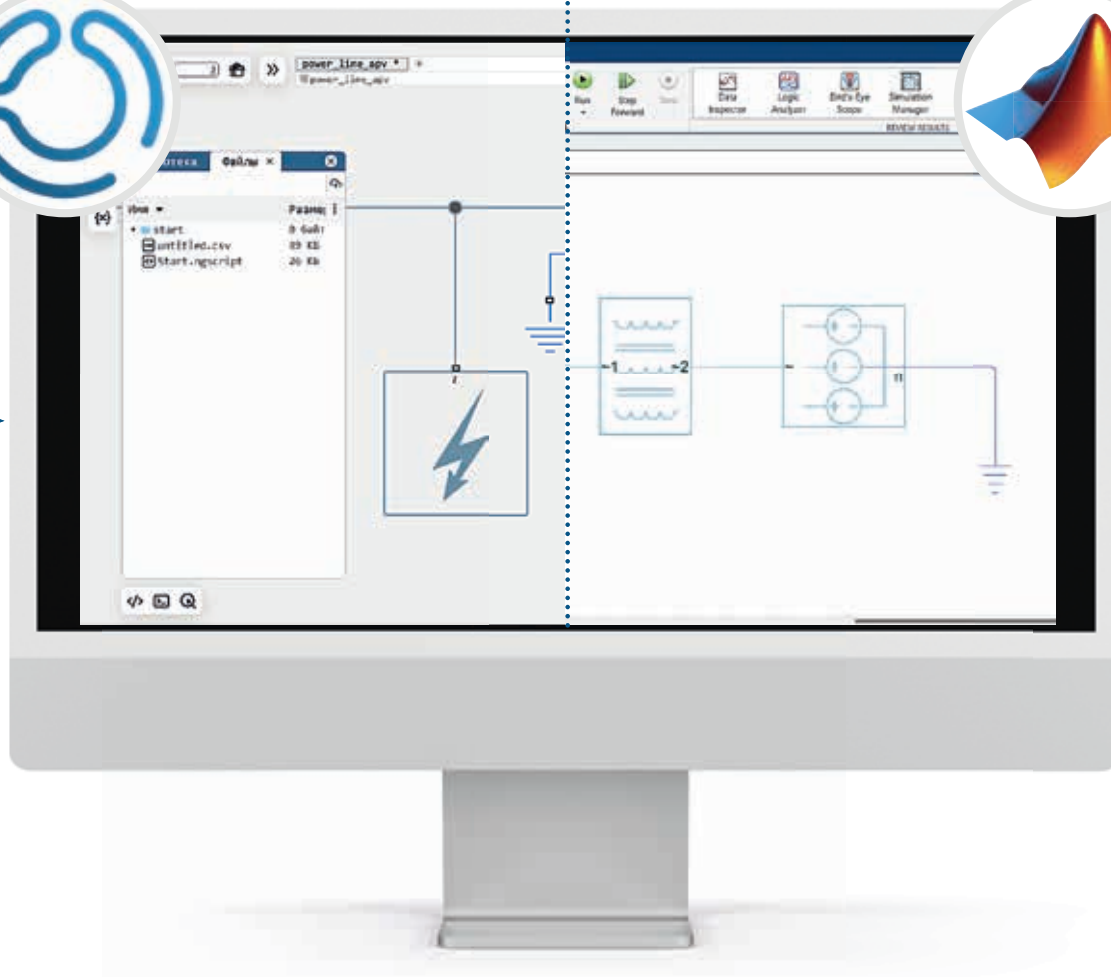
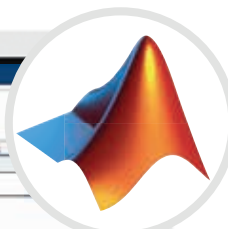
ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА

Вариант №1

Российская среда моделирования
EngEE

Вариант №2

Среда моделирования
MATLAB/ Simulink



Автоматическая генерация встраиваемого программного С кода из математических моделей с оптимизацией под микропроцессоры

Библиотека блоков: электрические машины, ЛЭП, нагрузка, КЗ, измерительные ТТ и ТН, полупроводники и др.

Библиотеки цифр. протоколов Sampled Values, GOOSE, C37.118, PRP, PTPv2, UDP, TCP/IP, Modbus, Aurora

Библиотека блоков для работы с цифровыми и аналоговыми модулями ввода/вывода КПМ РИТМ

Разработка алгоритмов систем управления и цифровой обработки сигналов

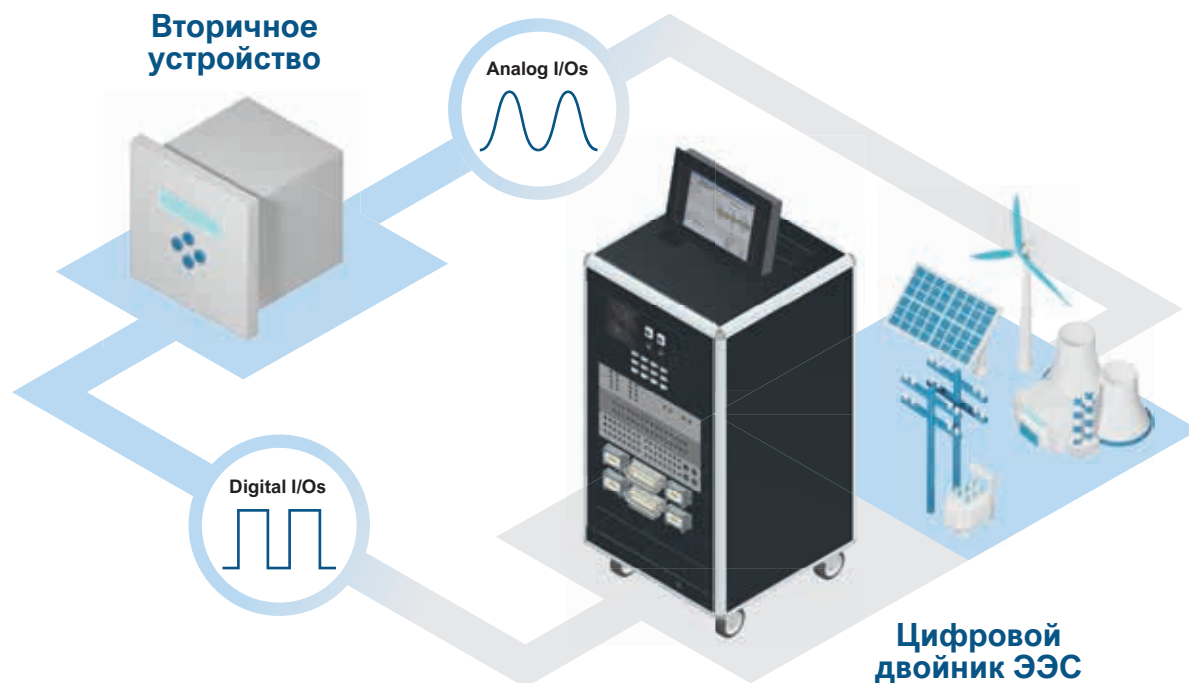
Модельно-ориентированное проектирование (МОП) сложных технических систем

Разработка моделей на базе данных и методов искусственного интеллекта

Графический редактор для построения моделей ЭЭС

Высокоуровневый язык для скриптов, обработки данных и визуализации

ТЕСТИРОВАНИЕ И ОТЛАДКА ТЕРМИНАЛОВ РЗА НА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ ЭНЕРГОСИСТЕМ



Порядок работы с КПМ РИТМ:

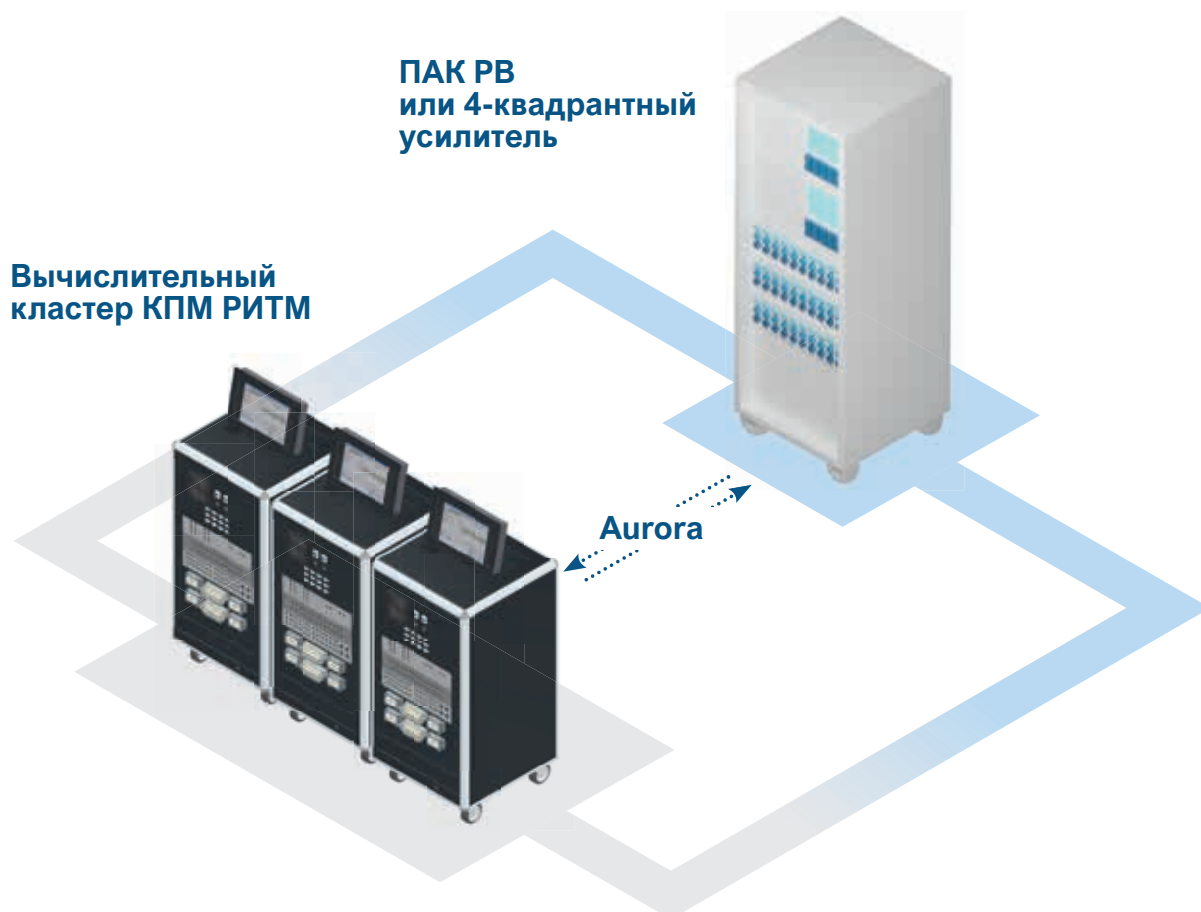
- 1 **Разработка модели энергосистемы** выполняется с использованием готовых блоков (ЛЭП, генераторов, трансформаторов и др.) графической среды моделирования на ПК.
- 2 **Отладка модели** осуществляется путем сравнения результатов моделирования с результатами аналитических расчетов, расчетами в других средах или с экспериментальными данными. Далее, происходит подготовка модели к запуску в реальном времени, настройка дискретных решателей, написание скриптов для автоматического тестирования, добавление блоков для работы с цифровыми или аналоговыми интерфейсами КПМ РИТМ.
- 3 **Запуск на КПМ РИТМ.** Отлаженная модель автоматически компилируется в С код или HDL-код для запуска в реальном времени на КПМ РИТМ.
- 4 **Подключение вторичного устройства к КПМ РИТМ.** К модели на КПМ РИТМ через необходимые интерфейсы и усилители подключается исследуемое первичное или вторичное оборудование.

ТЕХНОЛОГИИ

В основе КПМ РИТМ находится ядро реального времени, позволяющее запускать детерминированные симуляции с фиксированным шагом расчета.

Для увеличения производительности используются четыре дополнительные технологии:

- **InfiniBand** — объединение нескольких КПМ РИТМ в единый вычислительный кластер для расчета больших ЭЭС.
- **Aurora** — высокоскоростной протокол, с помощью которого можно соединяться со сторонними ПАК РВ и четырехквadrантными усилителями для PHIL-тестирования.



- **Concurrent Execution** — технология многоядерных вычислений для расчета сложных энергосистем с шагом расчета 50-200 микросекунд.
- **ПЛИС** — высокопроизводительные программируемые логические интегральные схемы для создания моделей промышленной силовой электроники с шагом расчета 20-4000 наносекунд.



КПМ РИТМ ИМЕЕТ МОДУЛЬНУЮ КОНСТРУКЦИЮ И СВОБОДНО КОНФИГУРИРУЕТСЯ ПЛАТАМИ ВВОДА/ВЫВОДА И ПЛИС:

Процессор	До 6 ядер с частотой 3.4 ГГц
ЦАП и АЦП Гибко настраиваемые аналоговые входы и выходы	Характеристики АЦП: - Количество каналов: до 32 - Диапазон напряжений: до ± 12.5 В - Разрядность: 16 бит - Одновременное считывание значений по всем каналам (ПЛИС) Характеристики ЦАП: - Количество каналов: до 32 - Диапазон напряжений: до ± 10 В - Разрядность: 16 бит - Одновременная установка значений по всем каналам (ПЛИС) - Скорость установки выходного напряжения 1 В/мкс
Цифровые входы и выходы Цифровые входы и выходы, дискретные сигналы	Характеристики цифровых входов: - Количество каналов: 32 канала - Диапазон напряжений: 0-24 В Характеристики цифровых выходов: - Количество каналов: 32 канала - Диапазон напряжений: 0-300 В
ПЛИС Разработка специализированных цифровых интерфейсов на базе ПЛИС с возможностью автоматической генерации HDL-кода	- На базе Xilinx Ultrascale - Возможность установки мезонинного модуля FMC - Модули цифровые, аналоговые, оптические (Fibre Channel)
Ethernet Поддержка Raw Ethernet, TCP/IP, UDP	- Скорость передачи данных 1 Гбит/с - Общее количество портов: 4
Fibre Channel (ПЛИС) Настраиваемый модуль аналоговых выходов на базе ПЛИС через протокол Аврора	- Количество каналов Fibre Channel: 4 - Количество каналов: до 12 аналоговых каналов на 1 канале Fibre Channel
Генерация и захват ШИМ (ПЛИС) Генерация и захват высокоскоростного ШИМ	- Количество каналов: до 128 - Частота вывода: 5 МГц
Квадратурный энкодер/декодер (ПЛИС) Прием и эмуляция сигналов датчика угла поворота	- Количество каналов: до 128 каналов - Частота сигналов A/B/C: до 1 МГц - Частота ввода/вывода: 5 МГц
Последовательный порт Передача и прием данных по интерфейсам RS-232/422/485	- Количество интерфейсов: до 16 портов с возможностью выбора типа приемопередатчика - Максимальная скорость: 921600 бод - Гальваническая изоляция: 4 кВ

КОНФИГУРАЦИИ КПМ РИТМ



**РИТМ
«Мобильный»**
3 платы



**РИТМ
«Производительный»**
до 7 плат



**РИТМ
«Стенд»**
без ограничений
по количеству плат

Область применения комплексов:

- исследование электромагнитных и электромеханических переходных процессов;
- тестирование вторичных устройств в режиме реального времени;
- проверка функционирования комплексов РЗА;
- исследование поведения энергосистем при работе РЗА;
- разработка новых алгоритмов РЗА;
- уточнение уставок;
- исследование силовых полупроводниковых комплексов;
- исследование работы ЭЭС при изменении их конфигурации;
- разработка и проверка новых стратегий управления ЭЭС;
- обучение и тренинги для персонала;
- изучение поведения операторов в экстремальных ситуациях;
- лабораторные стенды для вузов;
- исследование цифровых протоколов связи;
- испытания комплексов РЗА на киберустойчивость;
- создание цифровых двойников оборудования;
- совместная работа с электродинамическим моделям через 4-квадрантные усилители.

ЦИТМ ЭКСПОНЕНТА — ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КПМ РИТМ



Команда инженеров ЦИТМ Экспонента знает сложности и особенности электроэнергетики: растет уровень цифровизации и интеллектуализации сетей, появляются новые стандарты связи, вводятся новые отраслевые стандарты.

Рынок требует все более коротких сроков разработки — мы предлагаем полунатурное моделирование, которое является ключевой технологией для решения этих задач.

Мы делимся экспертизой и наработками — ведь это самый быстрый способ для вашего бизнеса интегрировать технологию полунатурного моделирования в проекты, чтобы оптимизировать время выхода на рынок и качество вашей продукции.

Лабораторные стенды

формирование компетенций
в области цифровой
электроэнергетики



Полунатурное моделирование

модели в режиме жесткого реального
времени на КПМ РИТМ



Построение моделей

моделирование объектов
электроэнергетики различной
сложности



Протоколы связи

разработка библиотек
компонентов для передачи
данных по сети



Тестирование и отладка

автоматическое формирование
отчетов и предварительная
аттестация устройств



Разработка алгоритмов

быстрое прототипирование
алгоритмов с использованием
кодогенерации



Контакты ЦИТМ Экспонента

Подробное описание



<https://energy.exponenta.ru/>

Наш телеграм канал с новостями об электроэнергетике



[@exponenta_energy](https://t.me/exponenta_energy)



www.exponenta.ru



info@exponenta.ru



+7 (495) 009 65 85



115088 г. Москва, 2-й Южнопортовый проезд, д. 31, стр. 4