ЭКСПОНЕНТА



КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РИТМ

Российский комплекс для моделирования электроэнергетических систем в режиме реального времени

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЛЯ HIL-ТЕСТИРОВАНИЯ

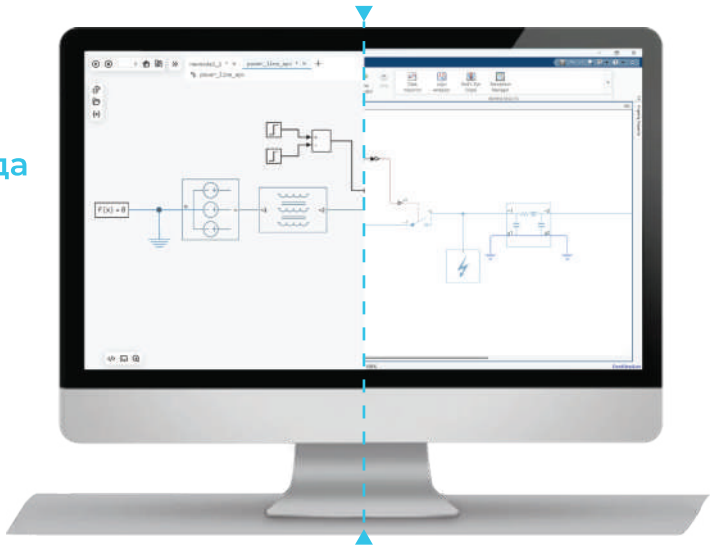
КПМ РИТМ



- Моделирование ЭЭС и силовой электроники для исследования переходных процессов
- Разработка алгоритмов для терминалов РЗА, первичного оборудования, СНЭ и ВИЭ
- Поддержка протоколов МЭК 61850 (в т.ч. профиль ФСК), C37.118, PTPv2, PRP, Aurora
- Киберполигоны для оценки устойчивости оборудования ЭЭС к киберугрозам
- Испытания реальных терминалов РЗА, УСВИ и КСВД
- Цифровые двойники оборудования для предиктивного обслуживания
- Лабораторные стенды, обучение и тренинги для повышения квалификации
- PHIL-тестирование силовых преобразователей
- HIL-тестирование встраиваемых систем управления в режиме жесткого реального времени

БЕСШОВНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ С ВЕДУЩИМИ МОДЕЛИРУЮЩИМИ ПЛАТФОРМАМИ

Российская среда моделирования Engee



Среда моделирования MATLAB / Simulink

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

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

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

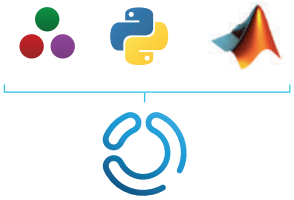
Высокоуровневый язык для скриптов, обработки данных и визуализации

Engee

Ключевые преимущества

- Уникальный скриптовый язык и редактор
- Физическое 1D моделирование с помощью библиотек блоков
- Обеспечивает быстрый старт и миграцию
- Современная клиент-серверная архитектура
- Эргономичный интерфейс и инженерные приложения
- Генерация С кода и полунатурное тестирование
- МУЛЬТИЯЗЫЧНОСТЬ: ML, PY, JL, DLL

Engee позволяет запускать скрипты, написанные на различных языках.



```
Сейчас мы работаем в Engee (jl)
1 A = [1, 2, 3];

Переключимся на MATLAB
2 using MATLAB
3 mat"A = [1, 2, 3]"

А теперь перейдем на Python
4 using PyCall
5 py"""
6 import numpy as np
7 """
8 py"""
9 A = np.array([1, 2, 3])
10 """
```



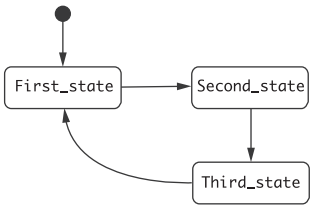
МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Моделирование алгоритмов управления и логики

Основа для МОП и графического моделирования с помощью привычных блок-схем из базовых и специализированных прикладных библиотек.

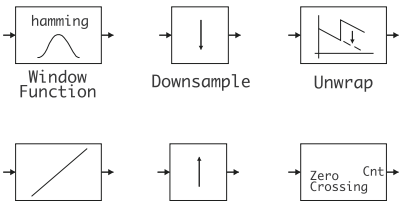
Конечные автоматы

Отработка отказов, управляющая логика



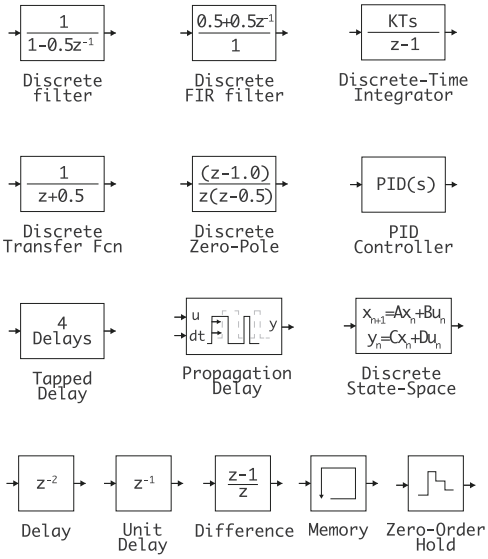
Многоскоростные системы

Подсистемы с разным временем

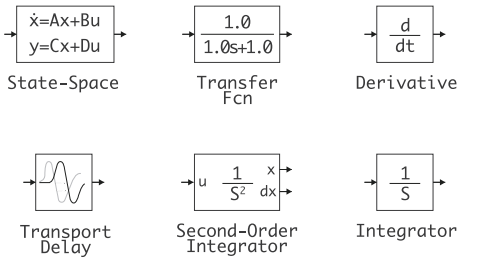


Гибридные системы

▼ Дискретные

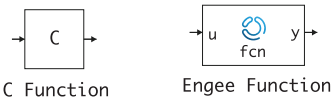


▼ Непрерывные



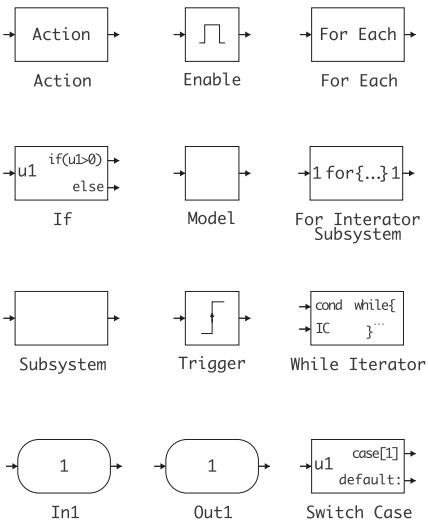
Пользовательские блоки

Интеграция кода C и пользовательского кода



Архитектура моделей

Подсистемы, циклы, условные конструкции



Полное описание, документация и обучение:

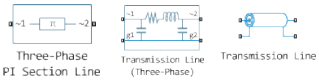
▶ start.engee.com

Engee

Готовая библиотека блоков энергетических элементов

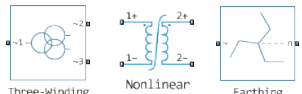


Линии электропередачи



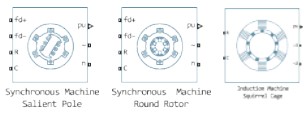


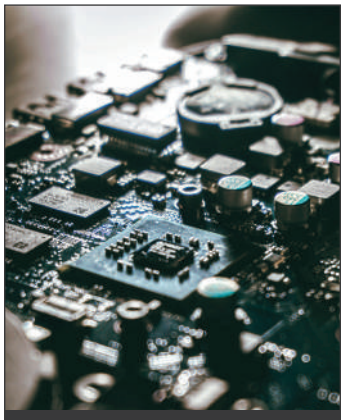
Электрические машины





Трансформаторы





Полупроводники



Области применения

Исследование электромагнитных и электромеханических переходных процессов

Моделирование силовой электроники

Разработка цифровых протоколов связи

Разработка систем управления электрическими машинами

Проверка работы новых стратегий управления ЭЭС

Создание цифровых двойников электро-оборудования

Исследование работы ЭЭС при работе РЗА

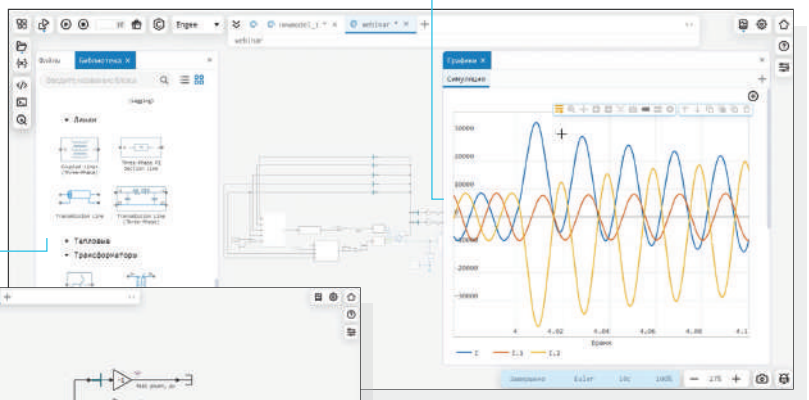
МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

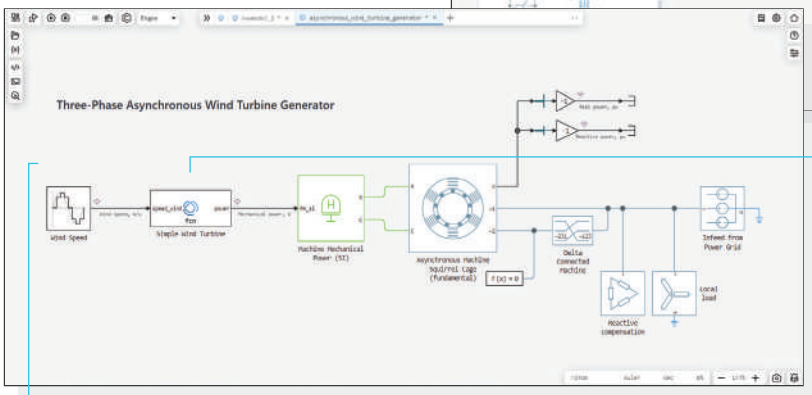
Мультидоменное моделирование физических систем

Верифицированные библиотечные компоненты для моделирования энергосистем с традиционными и возобновляемыми источниками энергии:

- источники тока и напряжения
- линии электропередачи
- нагрузки
- коммутационные аппараты
- трансформаторы
- электрические машины
- полупроводниковые элементы

Отображение осциллограмм в реальном времени





Универсальный блок Engee Function позволяет создавать пользовательские компоненты.

Модель может состоять из блоков, находящихся в разных физических областях: электрические, магнитные, механические, термо и гидродинамические компоненты.

Программирование

Создавайте скрипты и функции для программного управления моделью и автоматизации опытов.

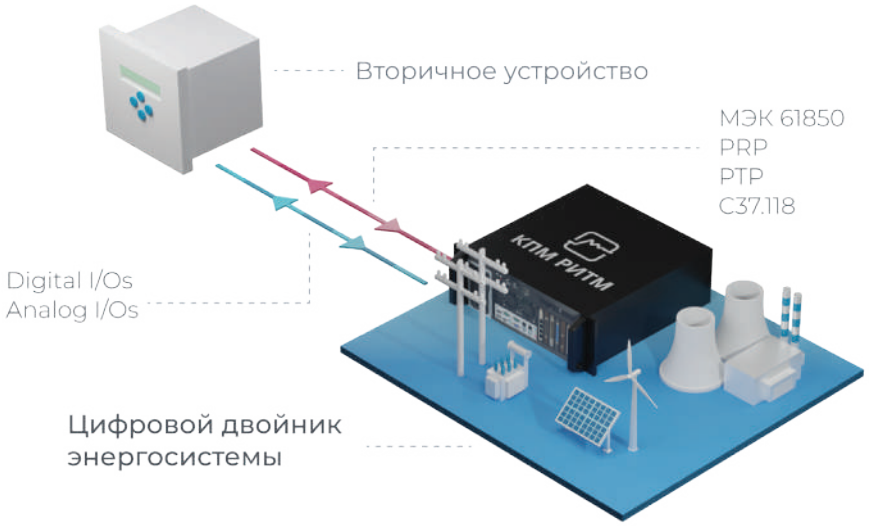
Импортируйте ваши данные в виде сигналов внутрь модели или экспортируйте их из модели, проводите сравнение, обработку и анализ с помощью скриптов.

```
22  model = “GenModel”;
23  result = Array{Any}(undef,3,1)
24  L_kz1 = Float64(1);
25  L_kz2 = Float64(39);
26  for i = 1:3
27  result[i] = engee.run(model; verbose=false)
28  L_kz1 = L_kz1 + 10;
29  L_kz2 = 40 - L_kz1;
30  end
```

СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КПМ РИТМ

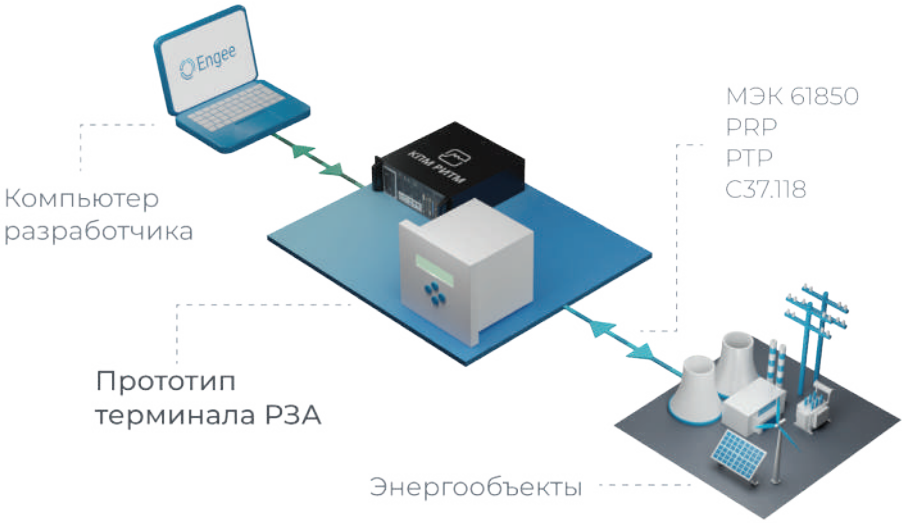
Тестирование вторичных устройств

Предварительное испытание и отладка прототипа разрабатываемого устройства, подготовка устройства к сертификации. Проведение полунатурных испытаний готового вторичного устройства, например, терминала РЗА, на цифровой модели энергосистемы в режиме жесткого реального времени. В рамках сценария можно подключить терминал по различным интерфейсам.



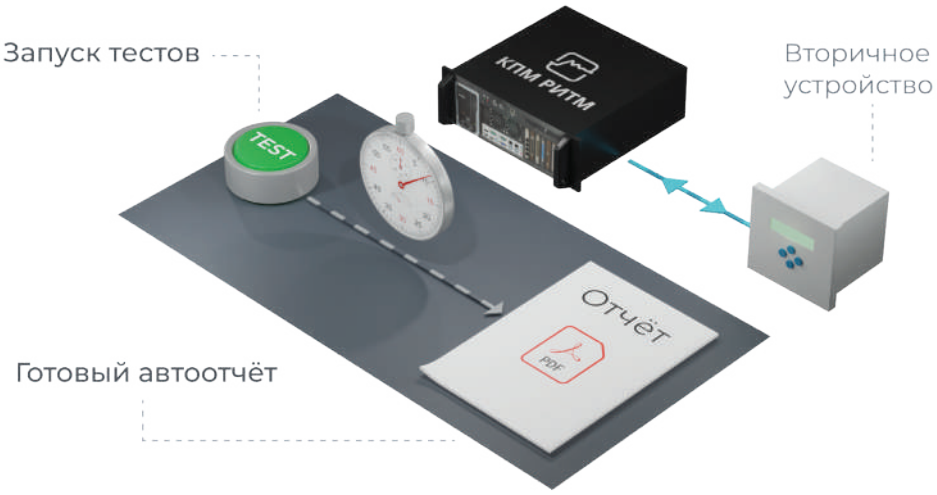
Быстрое прототипирование

Реализация алгоритма с определенной частотой расчета для быстрого прототипирования. КПМ РИТМ с алгоритмом работы терминала РЗА подключается к испытываемой системе вместо реального терминала, который на данный момент еще не произведен. Таким образом можно убедиться, что выбранный алгоритм работает корректно.



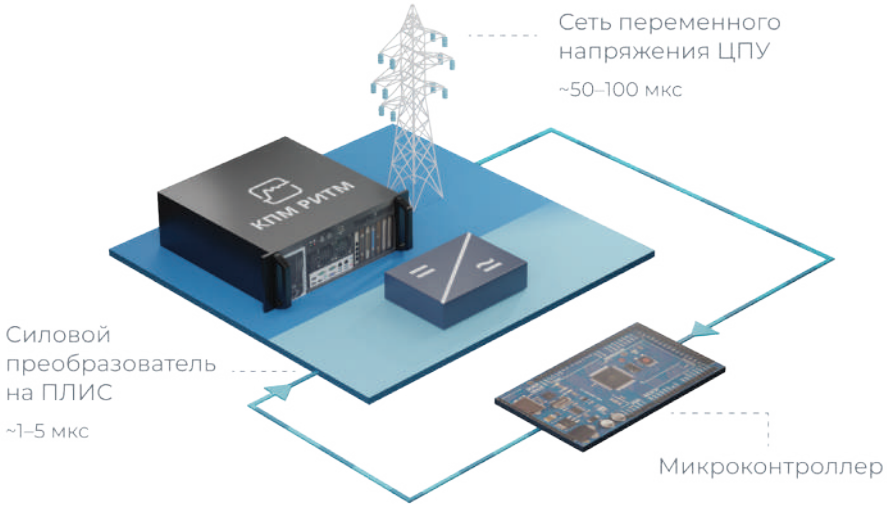
Автоматизация тестирования

Моделирование, обучение и тестирование автоматизированных систем, оптимизация их работы. Специальные скрипты или программы с выбранным программным обеспечением для автоматизации будут управлять работой КПМ РИТМ, загрузкой модели, запуском тестовых сценариев различных режимов работы энергосистемы и сбором данных. Система выдаст отчет о результатах тестирования — графику, таблицы и аналитические выводы.



Тестирование силовой электроники

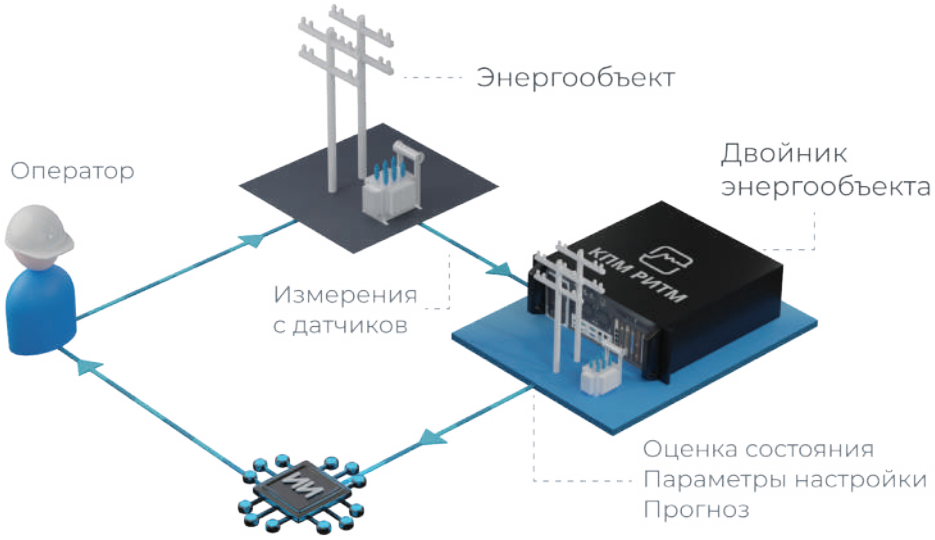
Использование КПМ РИТМ для тестирования микроконтроллеров инверторов — это эффективный способ верифицировать управляющее ПО и аппаратные компоненты. Если в ходе тестов обнаружены проблемы или несоответствия, можно внести необходимые изменения в управляющее ПО микроконтроллера или элементную базу и провести повторное тестирование.



СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КПМ РИТМ

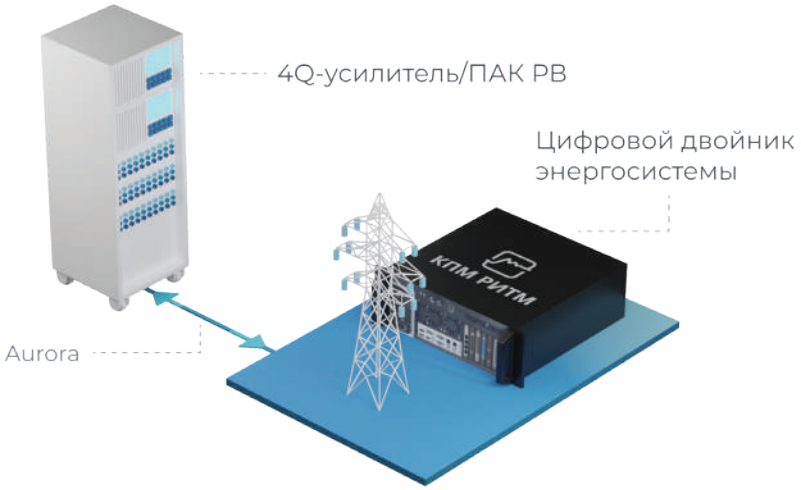
Генерация данных для ИИ

В условиях отсутствия или недостатка реальных измерений КПМ РИТМ — удобный инструмент для генерации данных различных режимов для обучения моделей предиктивного обслуживания. Модели предиктивного обслуживания позволят предсказывать возможные неисправности или сложные дефекты с помощью машинного обучения, временных рядов или других методов.



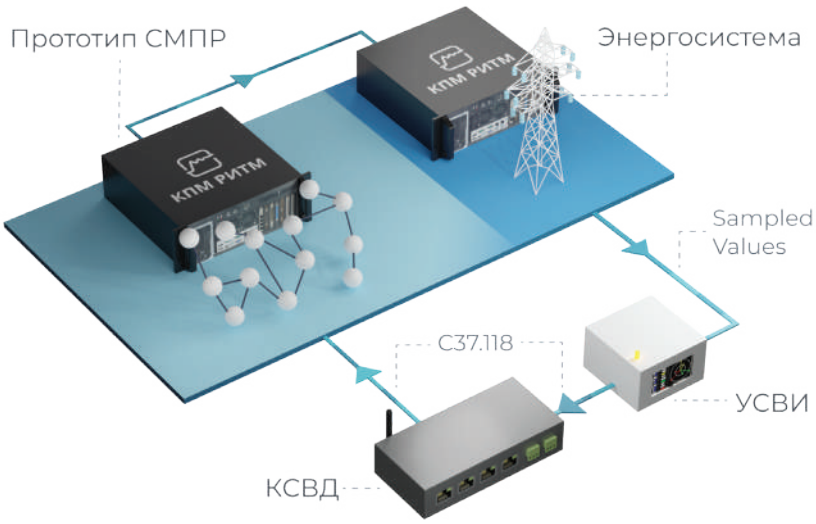
Модернизация киберполигонов

Функциональная замена зарубежных ПАК РВ в области моделирования в реальном времени в современных реалиях. Также КПМ РИТМ может быть интегрирован с уже установленным зарубежными ПАК РВ и предоставляет дополнительные инструменты и функциональность за счет более современного моделирующего ПО для более глубокого и детального анализа работы электроэнергетических систем.



Моделирование СМПР

Принятие обоснованных решений и снижение рисков возникновения аварийных ситуаций в рамках системы мониторинга переходных режимов (СМПР). КПМ РИТМ благодаря поддержке протокола С37.118 и возможности работы с внешними устройствами (УСВИ, КСВД) является удобным инструментом для исследования и разработки новых алгоритмов управления режимами электрических сетей в рамках СМПР.



Моделирование киберугроз

КПМ РИТМ предоставляет возможности для тестирования вторичных устройств по цифровым протоколам связи с моделированием киберугроз, пропаж пакетов, подмены трафика и т. п. Существует библиотека блоков для удобного и простого моделирования информационных потоков в сети по МЭК61 850, С37.118, PTP, PRP.



ТЕХНОЛОГИИ

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

ОС «РИТМ.Реальное время» — специальная операционная система для запуска приложений пользователя в реальном времени с подключением к внешнему оборудованию через интерфейсные модули ввода-вывода. Входит в российский реестр ПО.



Дополнительно применяемые технологии:

Многоядерный ЦПУ — высокопроизводительный многоядерный процессор для моделирования энергосистем и алгоритмов (от 50 микросекунд). Количество задействованных при симуляции ядер зависит от количества электрических узлов и детализированности математической модели.

Интерфейсы связи — для проведения HIL-тестирования внешнего оборудования используются специализированные платы ввод-вывода: ЦАП-АЦП, релейные модули, Ethernet-платы с протоколами Sampled Values, GOOSE, C37.118, PTPv2, PRP, Aurora. В один КПМ РИТМ можно установить до 18 плат.

ПЛИС — высокопроизводительные программируемые логические интегральные схемы для создания моделей промышленной силовой электроники с шагом расчета 20-4000 наносекунд с возможностью генерировать и захватывать ШИМ.

Кластеризация — возможность объединения двух и более КПМ РИТМ в единый вычислительный кластер через мультигигабитный Ethernet для моделирования многоузловых энергосистем.

КПМ РИТМ

Технические характеристики вычислительных модулей и плат ввода-вывода

Процессор	До 8 ядер с частотой 3.6 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	Характеристики ЦАП: ▸ Количество каналов: до 32 ▸ Диапазон напряжений: до ±10 В ▸ Разрядность: 16 бит ▸ Одновременная установка значений по всем каналам ▸ Скорость установки выходного напряжения 1 В/мкс
Цифровые входы и выходы, дискретные сигналы	Характеристики цифровых входов: ▸ Количество каналов: 32 канала ▸ Диапазон напряжений: 0-5 В	Характеристики цифровых выходов: ▸ Количество каналов: 32 канала ▸ Диапазон напряжений: 0-200 В
ПЛИС Разработка специализированных цифровых интерфейсов на базе ПЛИС с возможностью автоматической генерации HDL-кода	На базе Xilinx Ultrascale: ▸ Возможность установки мезонинного модуля FMC (для работы с ЦАП/АЦП, цифровыми входами/выходами)	▸ Модули цифровые, аналоговые, оптические (Fibre Channel)
Ethernet Поддержка Raw Ethernet, TCP/IP, UDP	Поддержка: RJ45, SFP, SFP+, SFP28 Скорость передачи данных до 25 Гбит/с ▸ Общее количество портов: до 4	
Fibre Channel (ПЛИС) Настраиваемый модуль аналоговых выходов на базе ПЛИС через протокол Aurora	Количество независимых каналов для работы в дуплексном режиме Fibre Channel: 4	
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	▸ 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: 4кВ

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ

Лабораторные стенды, формирование компетенций в области цифровой электроэнергетики

Полунатурное моделирование в режиме жесткого реального времени на КПМ РИТМ

Протоколы связи, разработка библиотек компонентов для передачи данных по сети

КПМ РИТМ

Построение моделей, моделирование объектов электроэнергетики

Тестирование и отладка, автоматическое формирование отчетов и предварительная аттестация устройств

Разработка алгоритмов и быстрое прототипирование алгоритмов с использованием генерации кода

КПМ РИТМ
В ЭНЕРГЕТИКЕ



НАШИ ПРОЕКТЫ

Модернизация центра моделирования

НПП «ЭКРА»

Научно-исследовательский полигон

ЮГУ

Оснащение учебно-научного центра цифровых технологий

ДАЛЬГАУ

Имитационный стенд

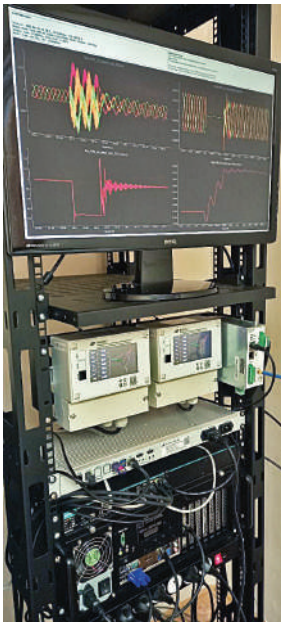
КОМИ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР «УРО РАН»

Имитационный стенд

НПО «ФАРВАТЕР»

Оснащение учебной лаборатории

НГТУ НЭТИ









НАШИ КОНТАКТЫ

energy.exponenta.ru

info@exponenta.ru

+7 (495) 009 65 85

Telegram

@exponenta_energy

ЭКСПОНЕНТА