

## Использование технологии многоядерных вычислений при моделировании энергосистем в режиме реального времени

Тимофеев Даниил

Инженер лаборатории цифрового моделирования в  
электроэнергетике ЦИТМ «Экспонента»

# Рассматриваемые вопросы:

- Преимущества применения технологии
- Особенности моделирования энергосистем с использованием **многозадачного выполнения**
- **Моделирование энергосистем в реальном времени на КПМ РИТМ с использованием технологии многозадачного выполнения**

# Моделирование в реальном времени на КПМ РИТМ

Российский программно-аппаратный комплекс моделирования в жестком реальном времени (ПАК РВ).

Распространенные режимы работы:

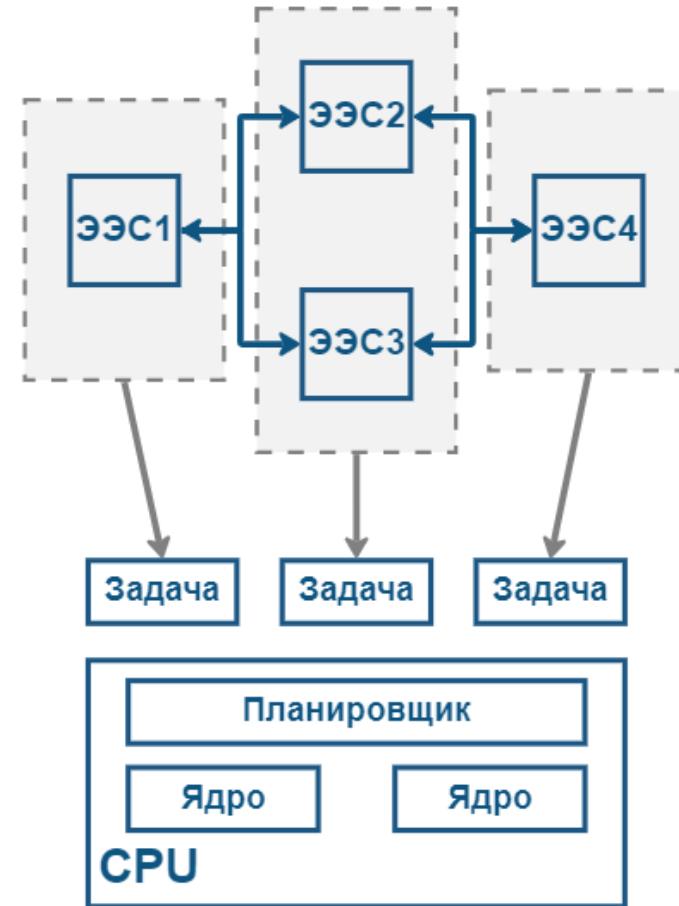
- **Быстрое прототипирование** алгоритмов управления (Rapid Prototyping);
- **Полунатурное моделирование** энергосистем и тестирование устройств управления (РЗА, ПА и т.д.) (Hardware-in-the-loop);
- Работа по «меди», МЭК61850, С37.118, Aurora и не только.



# Введение в многозадачное выполнение

Многозадачное выполнение (**Concurrent Execution**) – выполнение алгоритма  $F()$  на нескольких потоках многоядерного процессора.

В рамках электроэнергетики – **параллельное моделирование** энергосистем на разных ядрах **одновременно**.



# Применение многозадачного выполнения

Масштабирование моделей  
ЭЭС

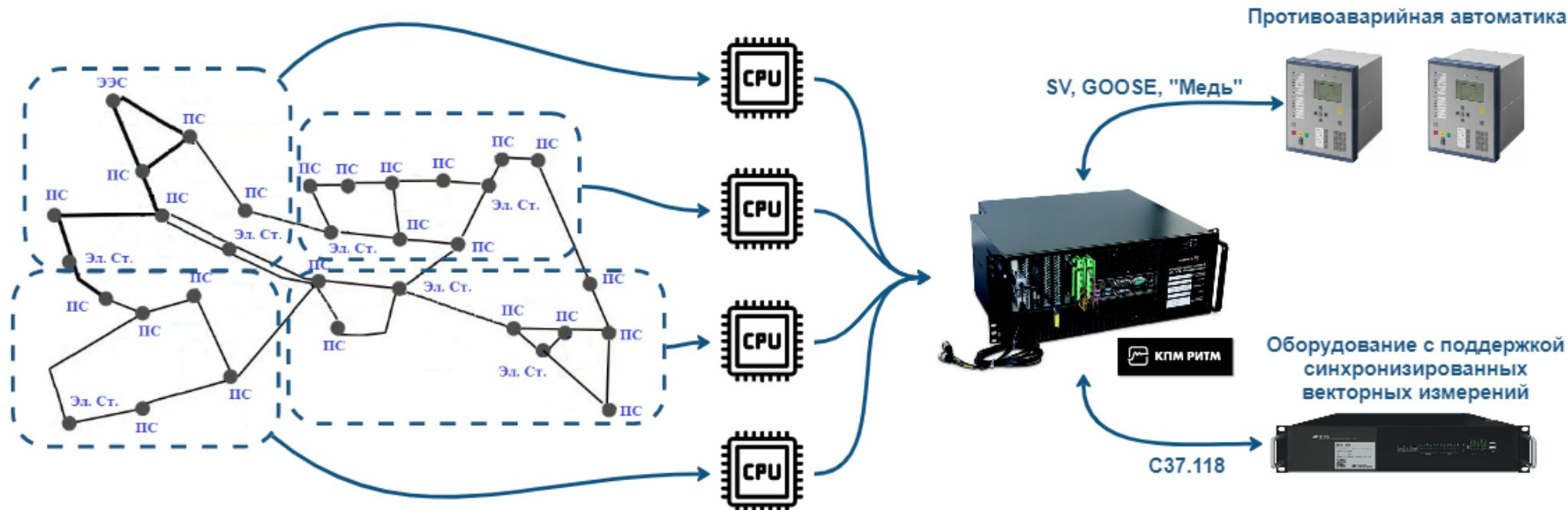
Исследование эффектов при  
развертывании алгоритмов  
на многоядерных системах

Детализация моделей ЭЭС и  
вторичных устройств

Генерация кода и его  
профилирование для систем  
с поддержкой  
многоядерности

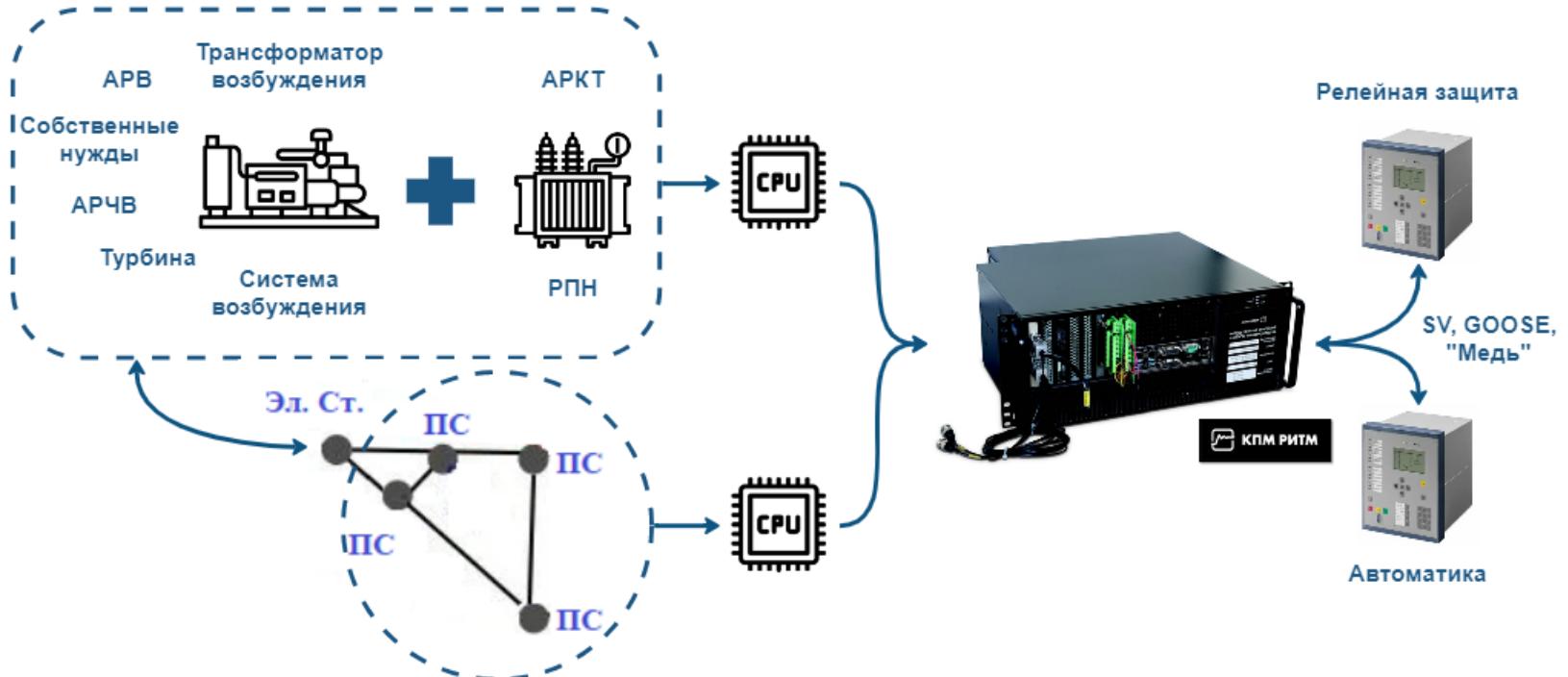
# Применение многозадачного выполнения

**Увеличение количества узлов модели энергосистемы, что особенно важно при исследовании в динамике крупных сетей, например, для тестирования и разработки противоаварийной автоматики или систем мониторинга.**



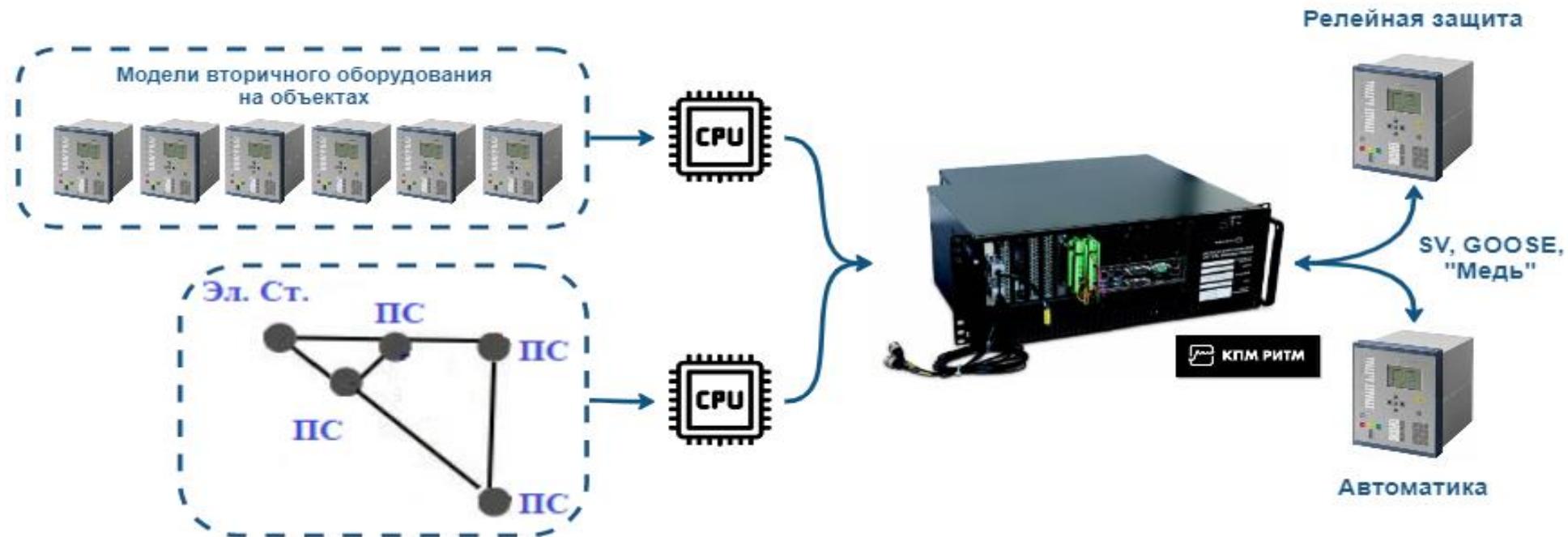
# Применение многозадачного выполнения

Детализация отдельных участков модели энергосистемы, для повышения качества отдельных моделируемых процессов и систем.

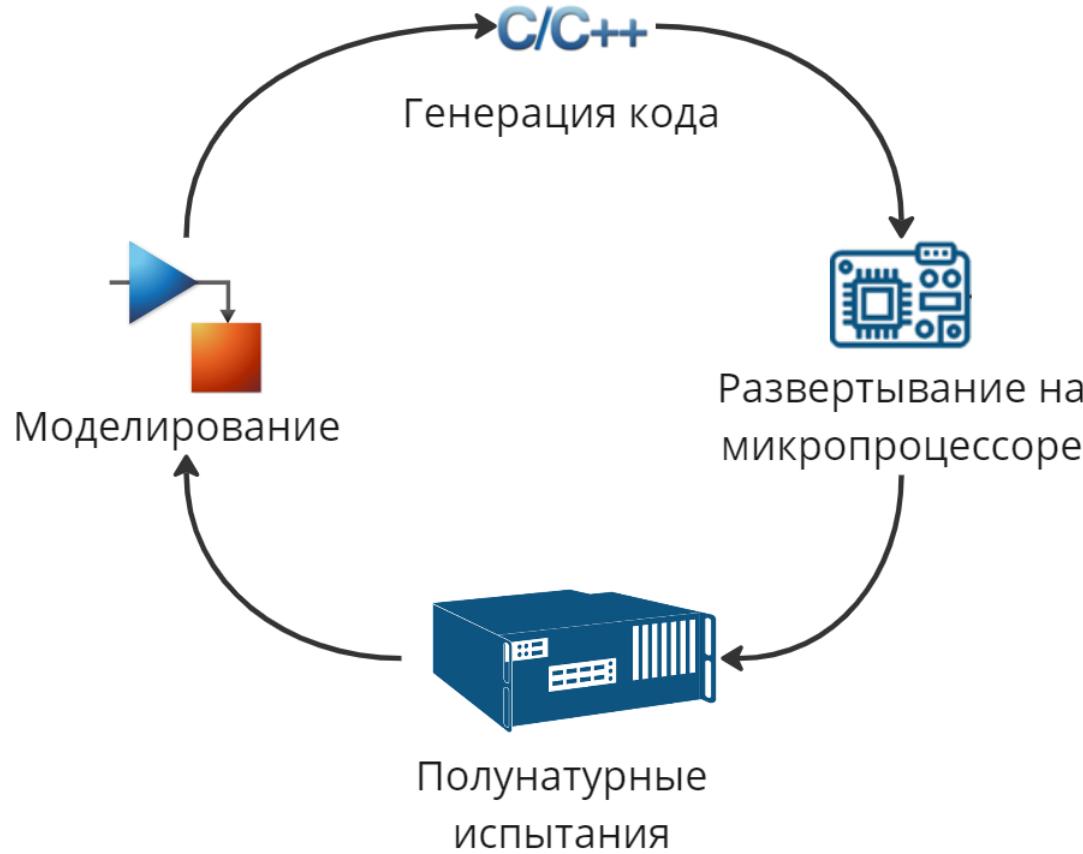


# Применение многозадачного выполнения

Построение моделей математики и логики комплексов вторичных устройств в сети параллельно «физике», для комплексного исследования совместно с реальным оборудованием.



# Применение многозадачного выполнения



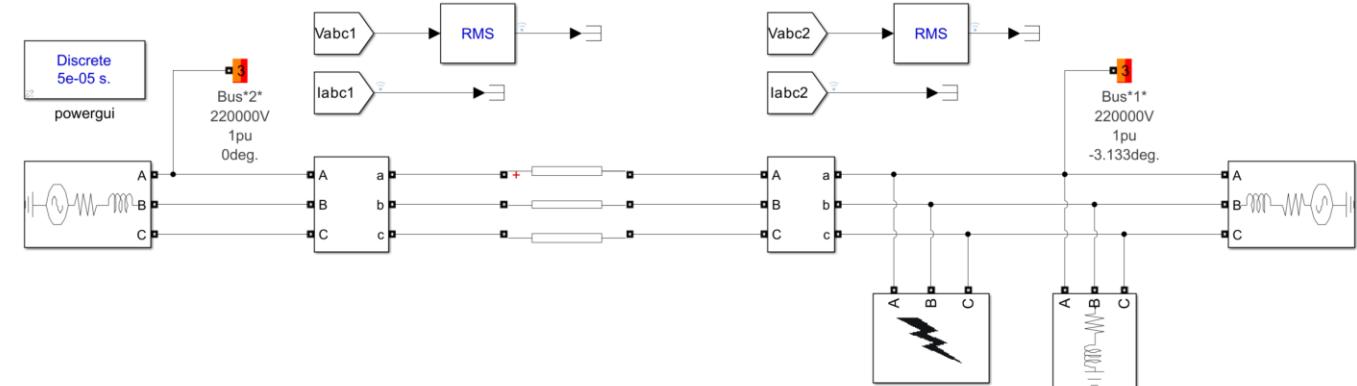
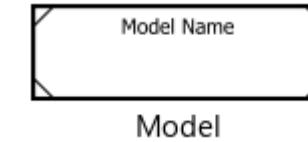
- **Разработка алгоритмов РЗА и ПА;**
- **Автоматическая генерация кода под целевую платформу;**
- **Поддержка многозадачности выполнения**

# Применение многозадачного выполнения



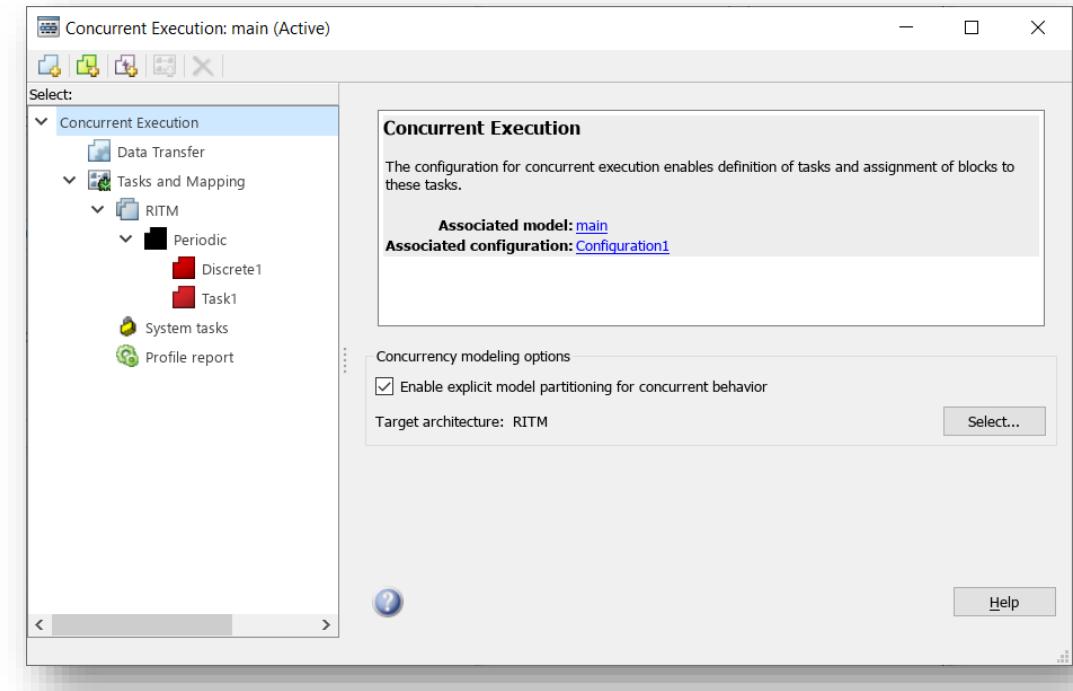
# Подготовка модели

- Вынести блоки модели в **Model Reference** или подсистему;
- Использование блоков **Decoupling Line** для деления «физики»;
- Вне подсистем использовать только:
  - MATLAB® System
  - MATLAB Function
  - Stateflow® charts
  - Rate Transition
  - Виртуальных соединений



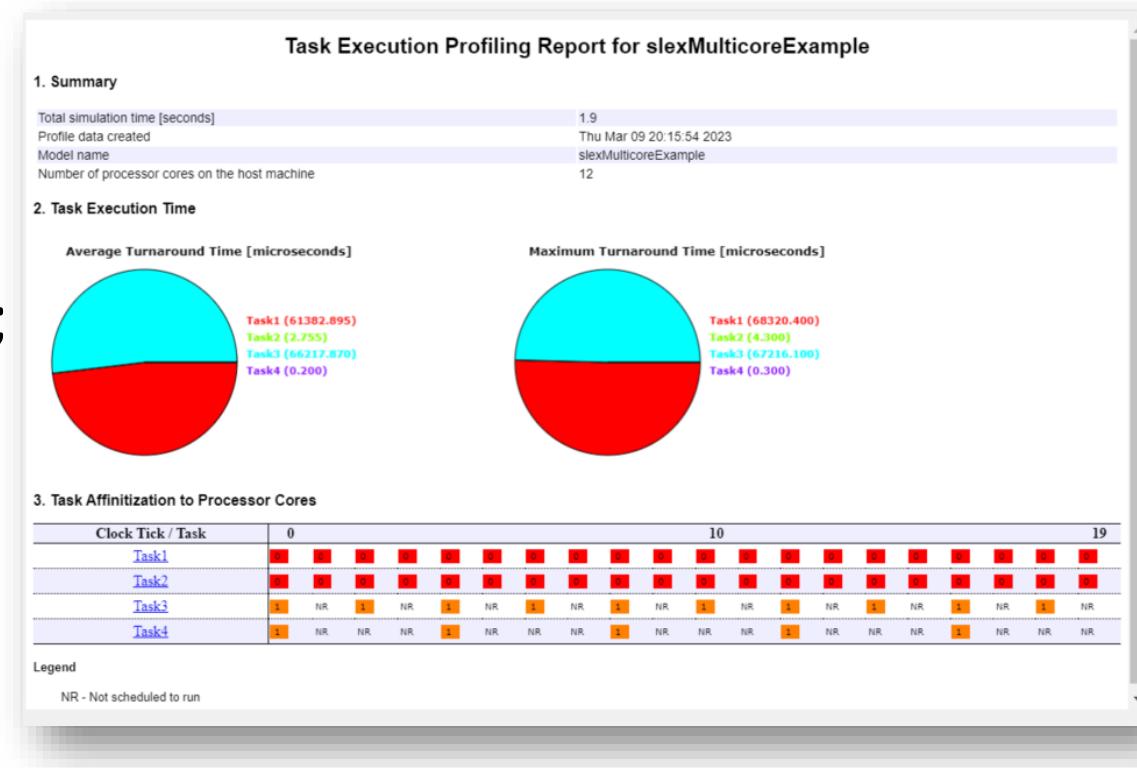
# Настройка конфигурации

- Учесть необходимость использования решателей с **фиксированным шагом расчета (fixed-step solver)**;
- Активировать в окне конфигурации **опцию многозадачного выполнения**;
- Провести конфигурацию под **многоядерное выполнение**.

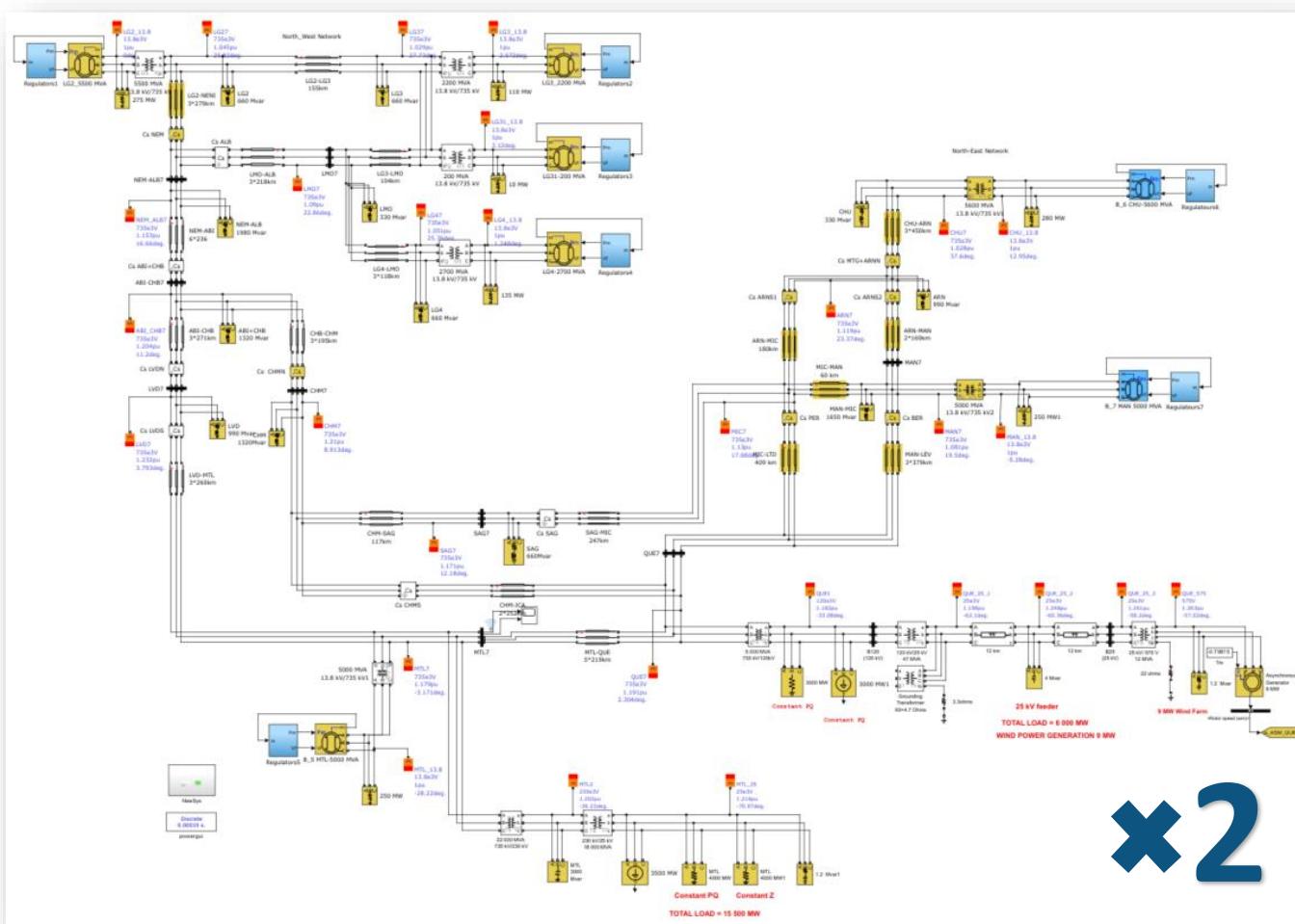


# Генерация кода и профилирование

- Для **Linux** и **Windows** выбрать системный файл для генерации кода **ert.tlc** или **grt.tls**;
- Для **КПМ РИТМ** использовать **ritm.tlc**;
- С помощью пакета расширения **Simulink Coder** или **Embedded Coder**;
- Провести профилирование кода и оценить выполнение.



# Запуск в реальном времени на КПМ РИТМ



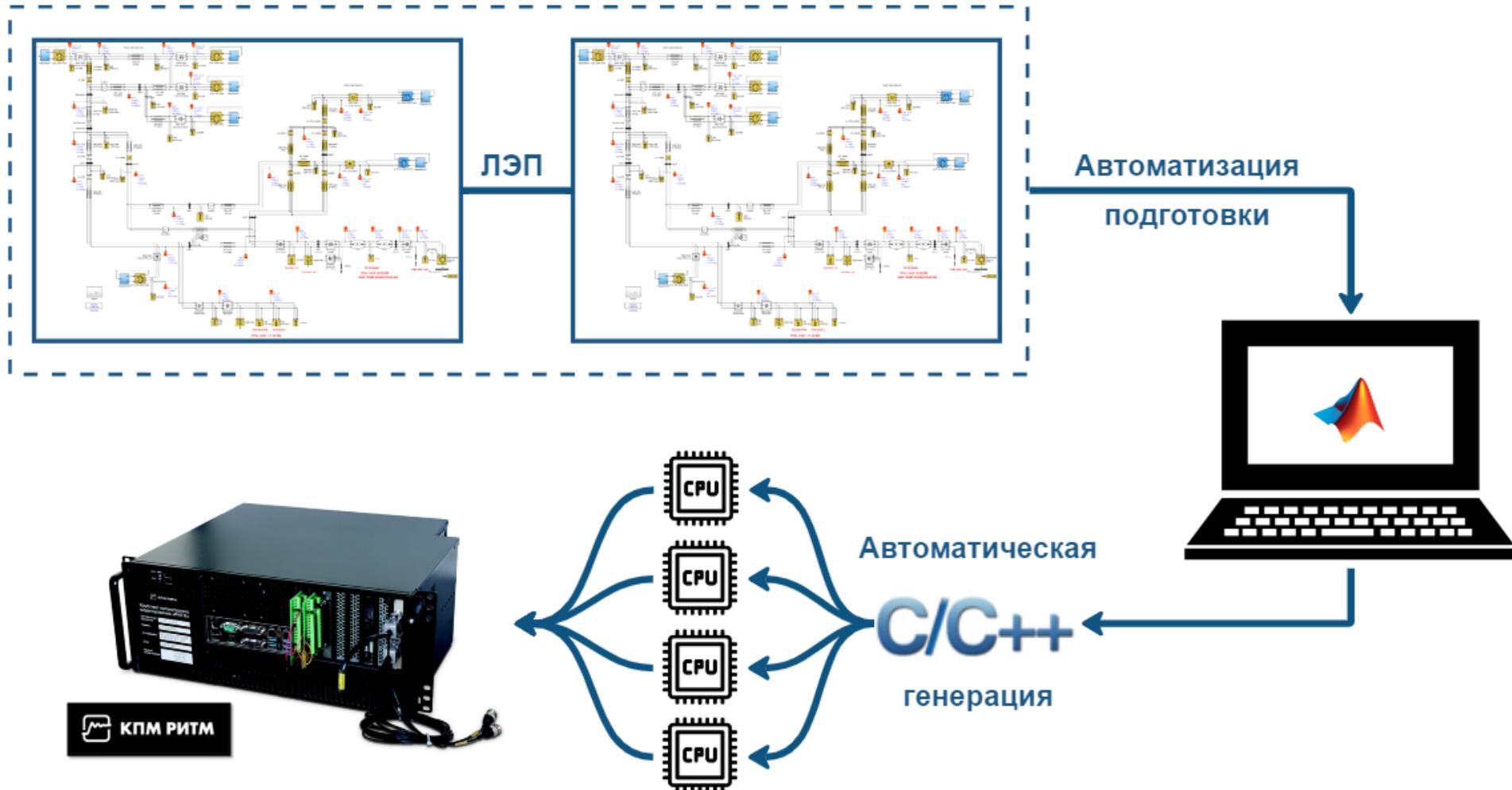
## Модель «29-Bus, 7-Power Plant Network»

## Расчет в мгновенных значениях.

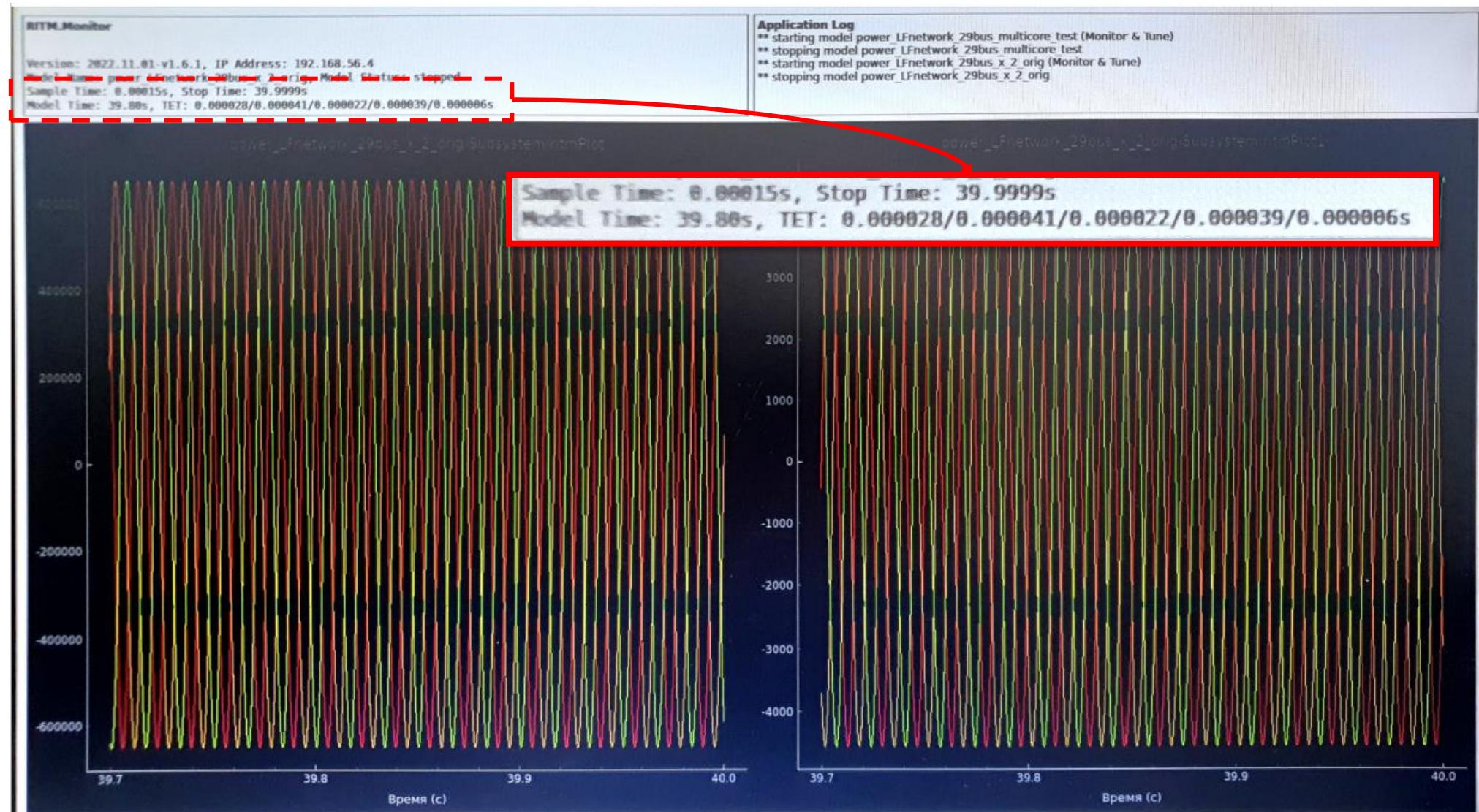
Содержит в себе элементов:

- **258 однофазных узлов**
  - 14 синхронных генераторов с системами возбуждения и турбинами
  - 2 асинхронных генератора

# Запуск в реальном времени на КПМ РИТМ

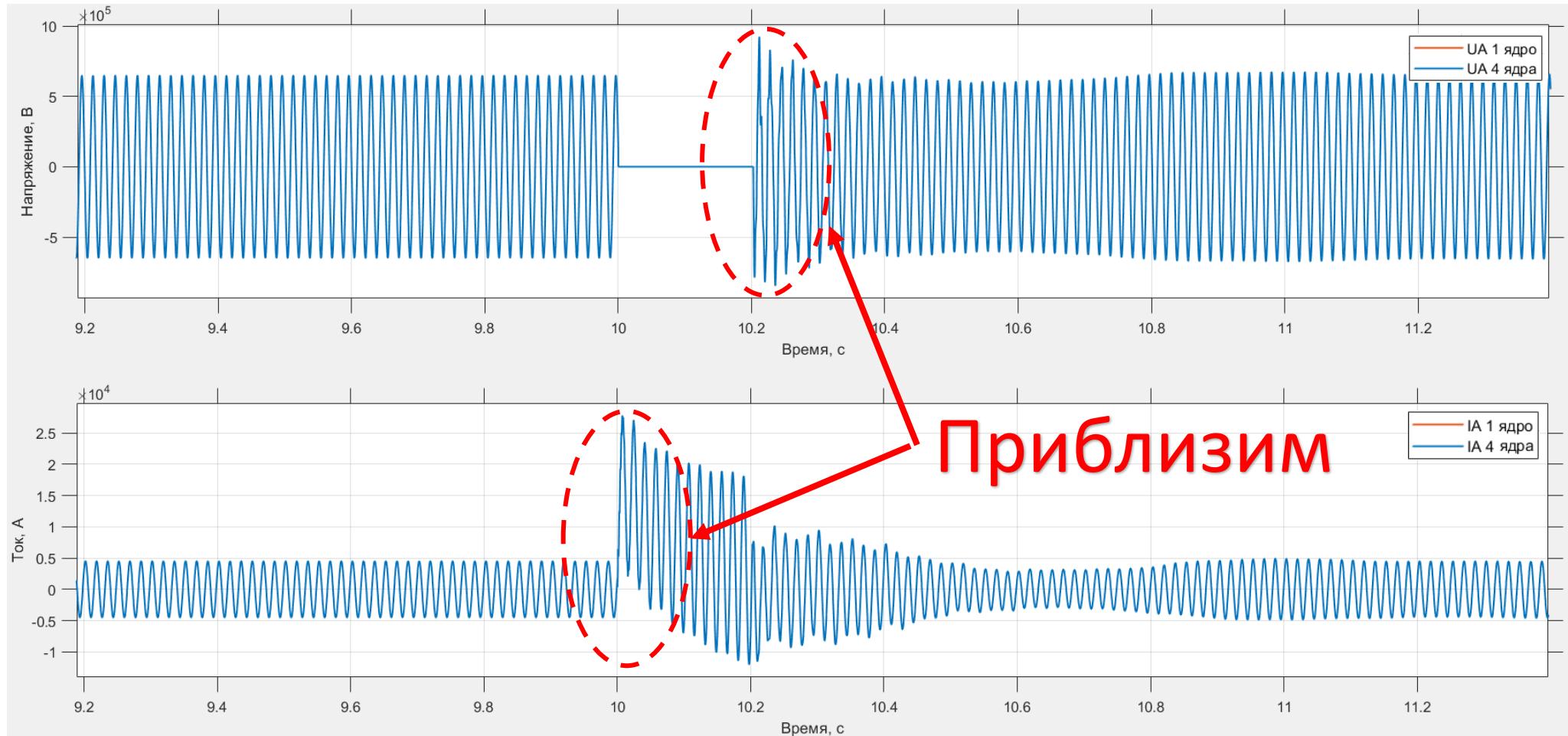


# Результаты моделирования



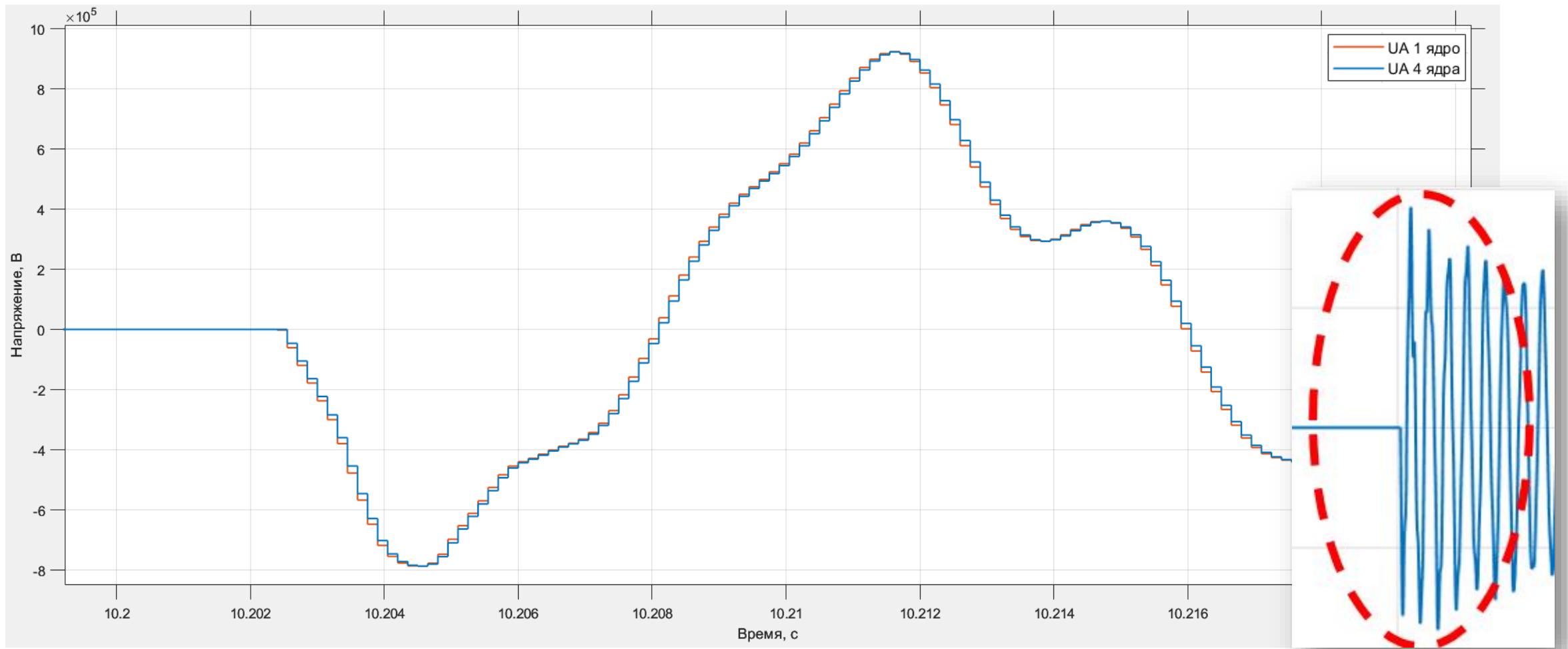
Системная информация о ходе моделирования

# Сравнение результатов моделирования



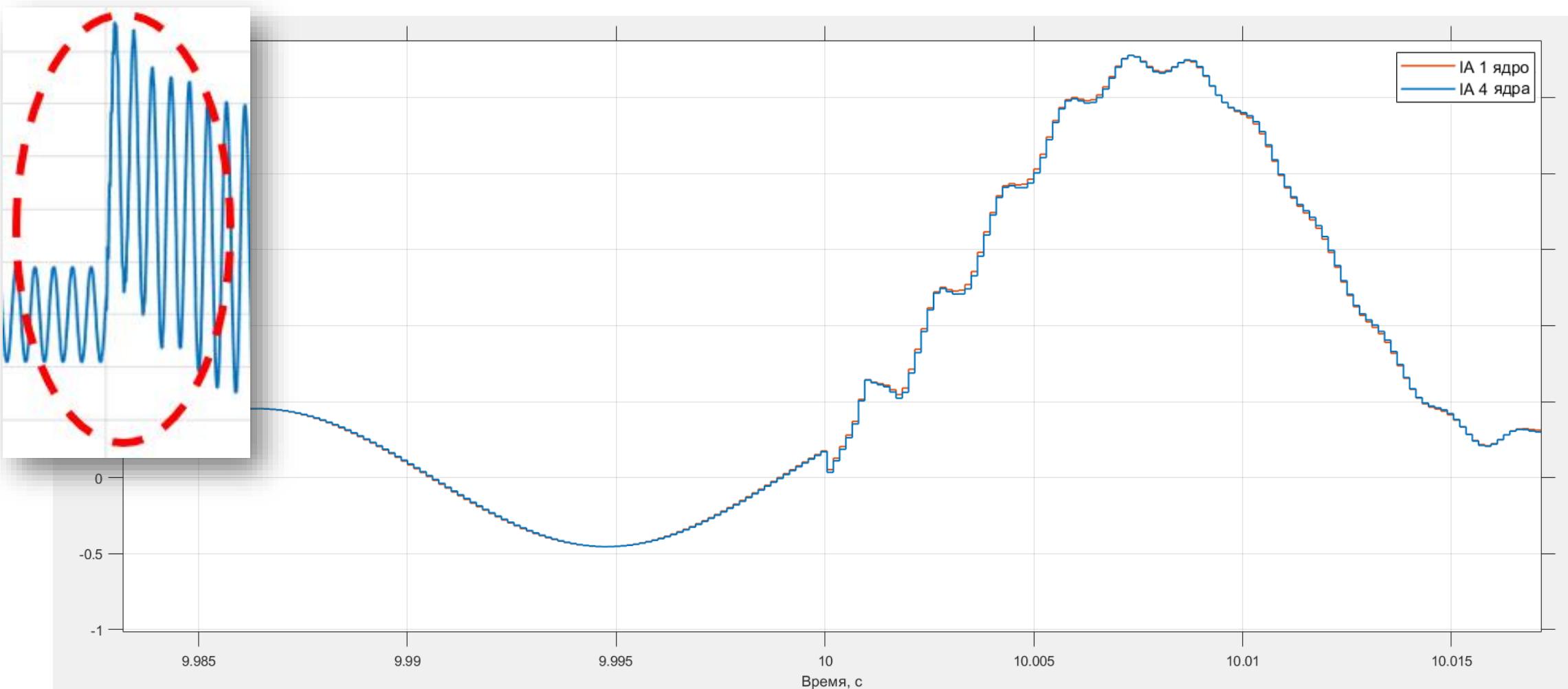
Наложение графиков напряжения и тока фазы А при единой модели и  
разбитой на ядра

# Сравнение результатов моделирования



Наложение графиков напряжения фазы А при единой модели и разбитой на ядра

# Сравнение результатов моделирования



Наложение графиков тока фазы А при единой модели и разбитой на ядра

# Выходы

- Рассмотрели **базовые понятия и примеры** использования технологии многозадачного выполнения;
- Рассмотрели процесс подготовки имитационных моделей **энергосистем для многоядерного выполнения**;
- Запустили **большую модель энергосистемы** на параллельно разных **ядрах КПМ РИТМ**, а также рассмотрели возможности **программного управления моделями**.

[tech@exponenta.ru](mailto:tech@exponenta.ru)  
[exponenta.ru](http://exponenta.ru)



**ЭКСПОНЕНТА**  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



**Спасибо за внимание!**

**Задавайте Ваши вопросы**