

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ

В рамках соглашения с Министерством науки и высшего образования РФ НИЦ «Курчатовский институт» выполнил научно-исследовательские работы по теме разработки передовых технологий для развития распределенной энергетики. Инженеры ЦИТМ Экспонента были привлечены для разработки модели распределенной энергетической системы и оценки эффективности ускорения на различных конфигурациях вычислительного кластера.

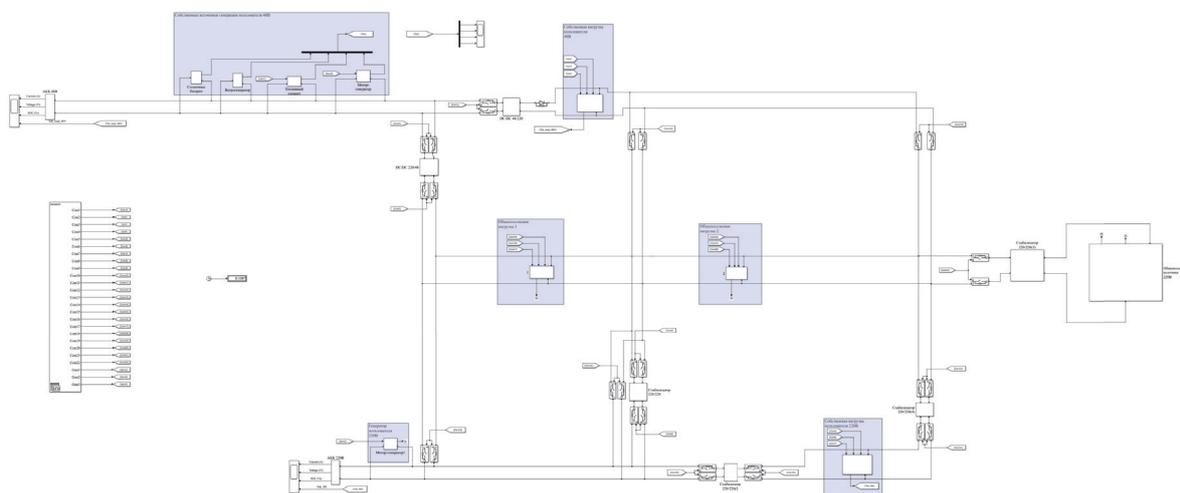


Рис. 1. Simulink-модель энергосети

### Задача

Цель проекта – исследование методов ускорения симуляции Simulink-модели энергосети, распараллеливание расчетов различных сценариев работы и разработка конфигураций вычислительных кластеров.

Для решения этой задачи нужно отработать различные сценарии работы энергосети на математической модели, запущенной на разных конфигурациях.

Модель распределенной энергетической системы включает в себя большое количество взаимосвязанных моделей отдельных элементов:

- модели генерирующих элементов (солнечные батареи, ветрогенераторы, мотор-генераторы и т.п.)
- модели накопителей на базе аккумуляторных батарей
- модели элементов преобразования и распределения электроэнергии
- модели полезных нагрузок

Для создания модели была использована среда моделирования Simulink и инструмент Simscape Electrical.

## Решение

### Работы были разбиты на 2 этапа

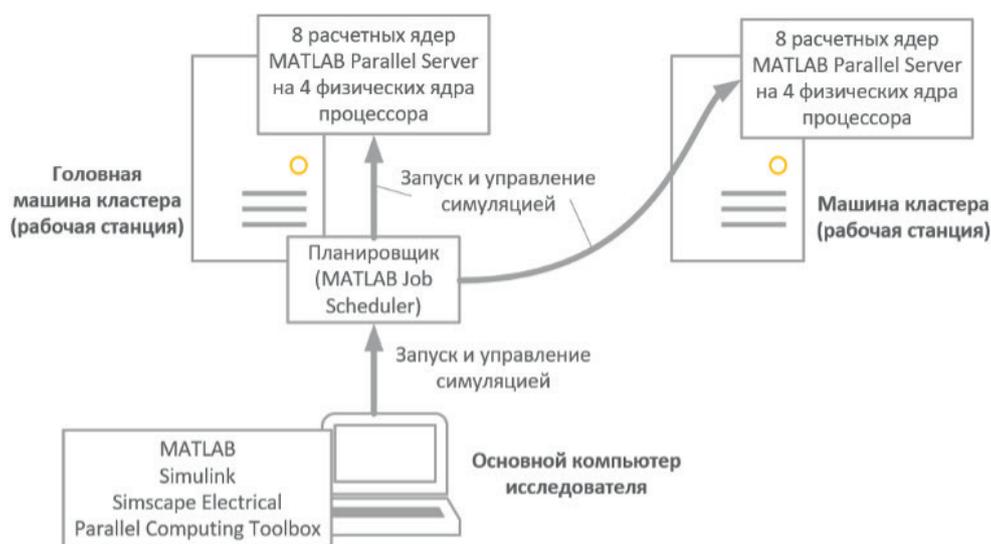
**Первый этап** связан с доработкой модели энергетической системы. Создание оптимизированных моделей и работа в Simulink – сложная задача, потому были привлечены инженеры Экспоненты. Они оказали услуги по оптимизации модели и в частности поработали над скоростью счета самой модели без параллелизма:

- Оценка и доработка архитектуры модели
- Выбор корректных блоков для решения частных задач
- Создание скриптов для автоматизированного запуска сценариев
- Подбор настроек математического решателя

Прежде всего была проведена работа с настройками решателей. Изменены настройки решателя, скорректирован его тип, выбраны требования по точности и шаг выполнения модели. Подобная настройка многократно ускорила ее расчет.

Разработано 32 сценария симуляции. Первый сценарий, он же базовый, повторяет режим исходной модели. При этом время окончания сценария моделирования было расширено до одной секунды. Следующие режимы формировались вокруг источников или генераторов подпитки для накопителя и его собственной нагрузки.

**Второй этап** связан с доработкой модели и настройкой инфраструктуры для запуска модели Simulink на вычислительном кластере. Распараллеливание на кластере требует аккуратного подхода для эффективного использования вычислительных ресурсов.



**Рис. 2.** Настройка кластера, состоящего из двух ПК

Для проведения параллельных симуляций собран вычислительный кластер из двух компьютеров, которые объединены в одну локальную сеть.

На каждую машину кластера установлен MATLAB Parallel Server, который обеспечивает параллельные симуляции под управлением основного компьютера исследователя.

На первой машине также настроен планировщик MATLAB Job Scheduler, что делает ее головной машиной кластера, которая непосредственно принимает задания на симуляцию от основного компьютера и самостоятельно распределяет задачи по всем машинам кластера.

Основной компьютер управляет процессом симуляции на машинах кластера, а также служит для обработки и представления результатов.

### Создание тестового фреймворка для параллельной симуляции

На каждую из машин кластера установлен продукт MATLAB Parallel Server, который обеспечивает запуск множественных параллельных симуляций по заданию планировщика MATLAB Job Scheduler, настроенный на головной машине кластера.

Обе машины настроены таким образом, чтобы работать под управлением одного планировщика. Перед началом испытаний на каждой машине запущены расчетные ядра MATLAB.

Представленная тестовая обвязка предназначена для запуска на основном компьютере исследователя и способна запускать симуляцию как в параллельном режиме на вычислительном кластере, так и в обычном однопоточном режиме непосредственно на основном компьютере исследователя. В этих режимах и проводится сравнение времени симуляции для оценки ускорения за счет параллельных вычислений.

В качестве результатов симуляции тестовая обвязка сохраняет параметры симуляции, выходные сигналы модели, общее время симуляции всех сценариев, а также детализированный отчет о работе каждого расчетного ядра.

Сценарий симуляции от эксперимента к эксперименту остается прежним, меняется лишь количество расчетных ядер MATLAB кластера, которые участвуют в симуляции. При этом машины кластера в каждом эксперименте загружены равномерно: например, если эксперимент предполагает использование 4-х потоков, это значит, что на каждой машине используется по 2 расчетных ядра.

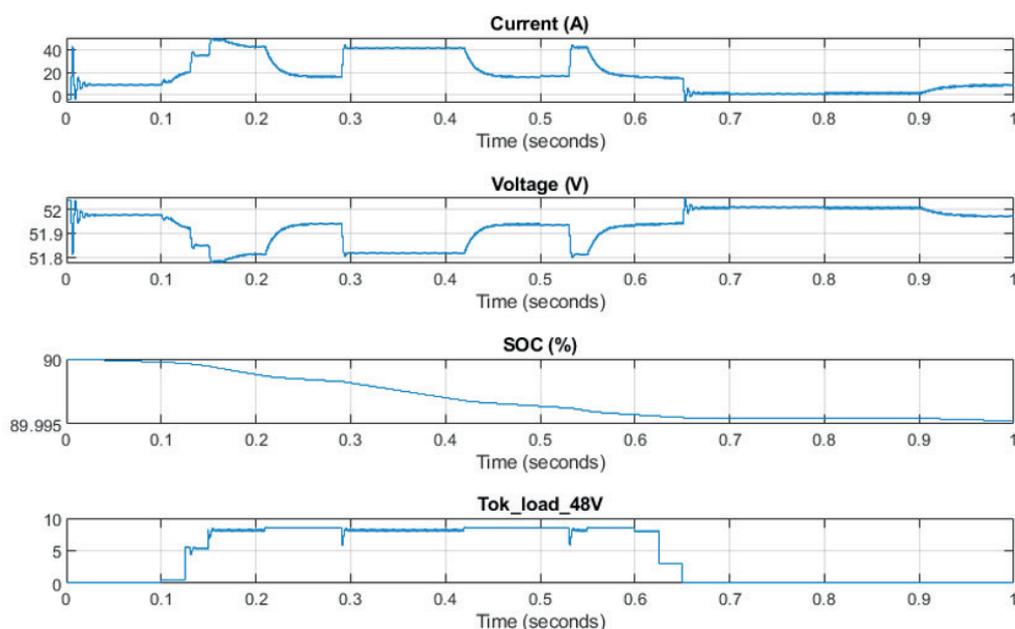


Рис. 3. Запуск 32 сценариев на 2, 4, 8, 16 потоков

## Результаты работ

Модель энергосети оптимизирована по быстродействию и подготовлена для распараллеленной симуляции. Настройка решателей позволила ускорить изначальную модель примерно в 4 раза.

Создан набор из 32-х сценариев симуляции работы энергосети.

В результате исследования ускорения на кластере была выбрана оптимальная конфигурация, которая позволила эффективно использовать ресурсы доступного оборудования.

### Используемые технологии:

- Системное моделирование
- Параллельные вычисления
- Автоматизация испытаний



НИЦ «Курчатовский институт» – один из ведущих научно-исследовательских центров мира, под эгидой которого объединена значительная часть ядерно-физического комплекса России. Одним из направлений науки, активно исследуемым и развиваемым Курчатовским институтом, является электроэнергетика.

Обсудите с нами ваш проект: [info@exponenta.ru](mailto:info@exponenta.ru)