

An abstract graphic in the top right corner consisting of a network of light blue lines and dots, resembling a digital or neural network structure.

Архитектура локальной интеллектуальной сети с большим количеством объектов малой энергетики

Нетребба Кирилл Иванович

Компоненты архитектуры

	Компонент	Описание
	Локальный агент	Интерфейс пользователя в сети. Формирует спрос и/или предложение. Персональное управление потреблением и производством электроэнергии Функции: Регистрация, графики производства и потребления, рыночная стратегия, интерфейсы обмена данными, пользовательский интерфейс
	Локальный рынок электроэнергии	Место взаимодействия локальных агентов. Обеспечение баланса мощности. Функции : принимает заявки на производство и потребление электроэнергии, рассчитывает цену и заключает контракты между локальными агентами (время проведения сделки до 5 секунд)
	Администратор	Надежность электроснабжения за счет быстрого реагирования Функции : качество электроэнергии, быстрое управление
	Сетевой агент	Рассчитывает сетевые ограничения на торговлю электроэнергией для BM и AA. Осуществляет мониторинг состояния силовых линий и оборудования Функции : вычисление состояния системы в реальном времени (перетоки мощности, напряжения), предоставление информации о состоянии на локальный рынок, расчет стоимости передачи электроэнергии
	Система безопасности	Контроль за информационной безопасностью Функции : Обнаружение ошибочного или несанкционированного подключения к сети, информационная безопасность

Архитектура системы

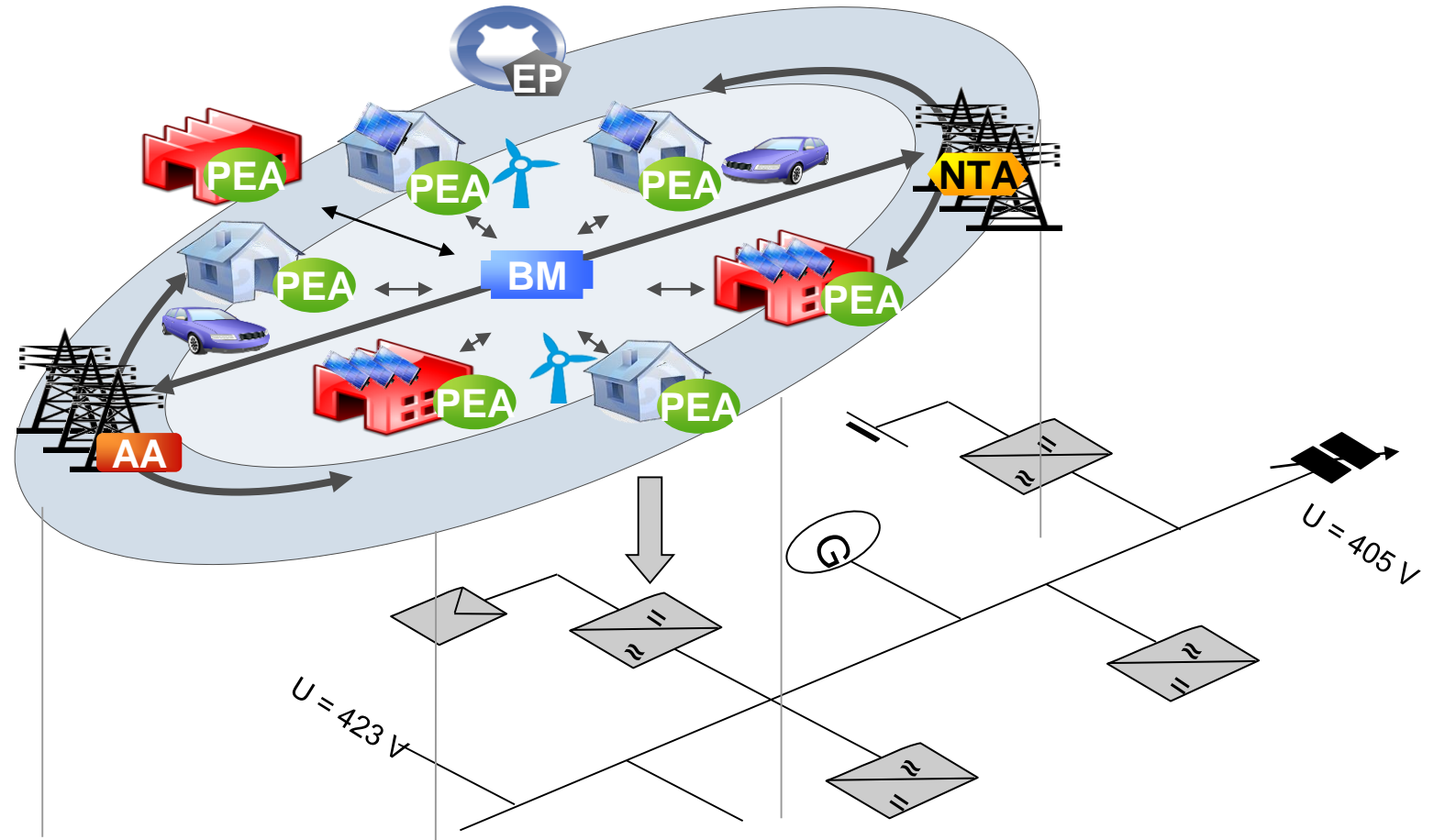
PEA Personal Energy Agent

BM Balance Master

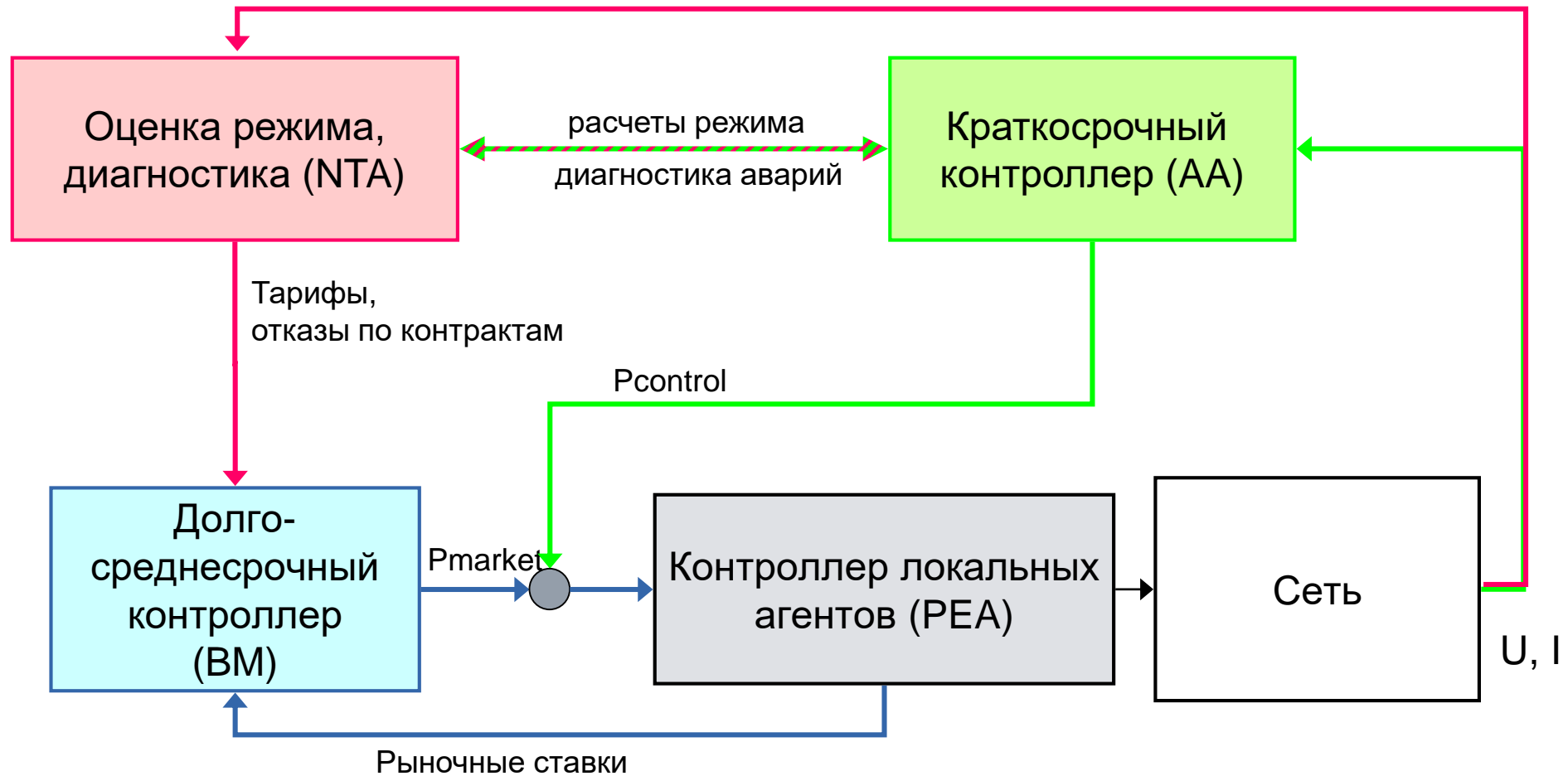
AA Area Administrator

NTA Network Transport Agent

EP Energy Police



Блок-диаграмма архитектуры



Территория тестирования

Поселок Вильдпольдсрид
(Бавария)

2500 жителей

Сетевая компания AÜW

На 2009 год производство
э/э в 3,5 раза потребления

На июнь 2018:

Генерация 500% от
потребления

5 МВт ВИЭ (солнце)

11 ветрогенераторов

1 гидроустановка

5 биогазовых станций



Модель сети

● потребитель

● просьюмер

Состав:

167 узлов

2 трансформатора с РПН

134 домовладений

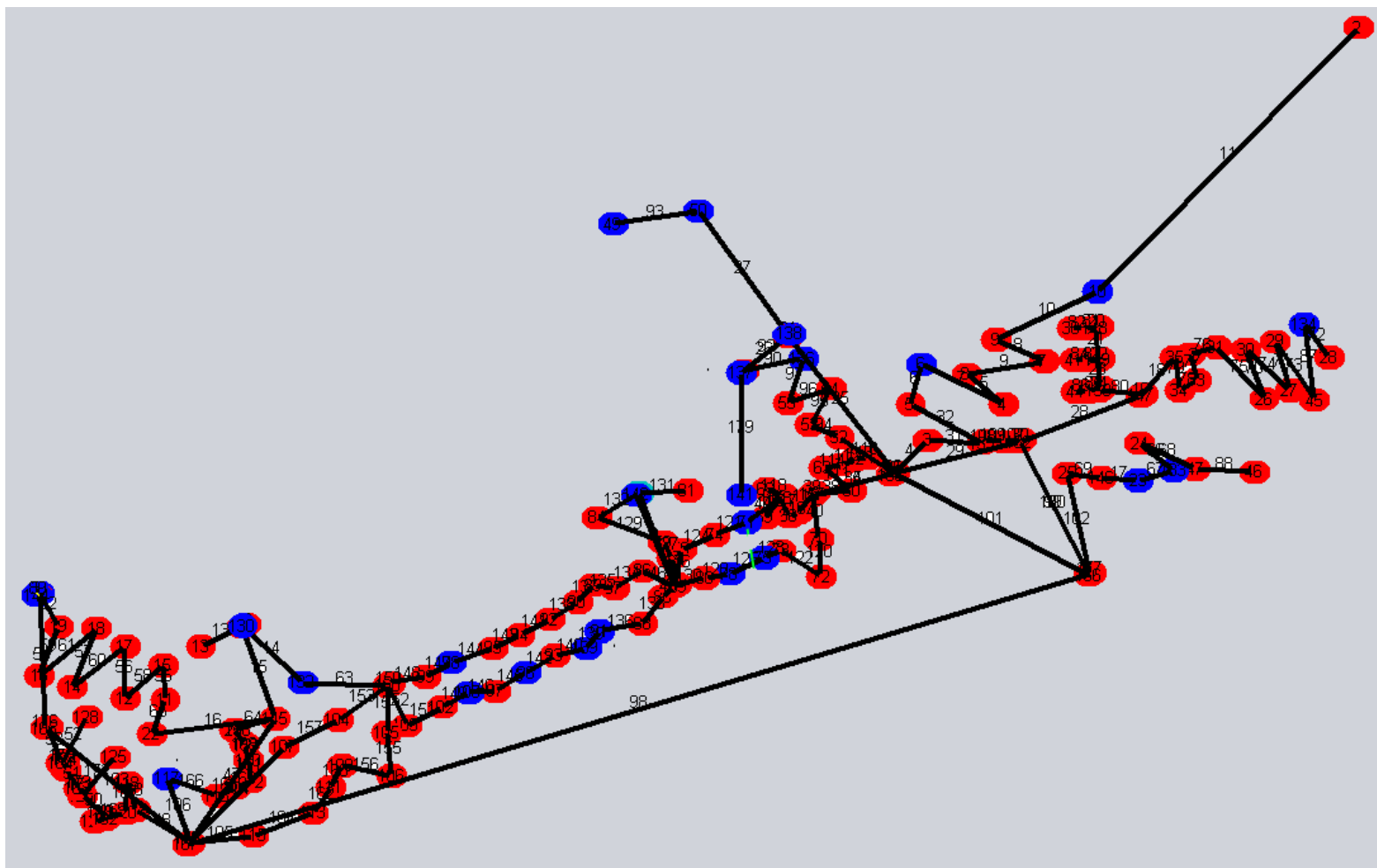
26 просьюмеров

23 солнечные панели

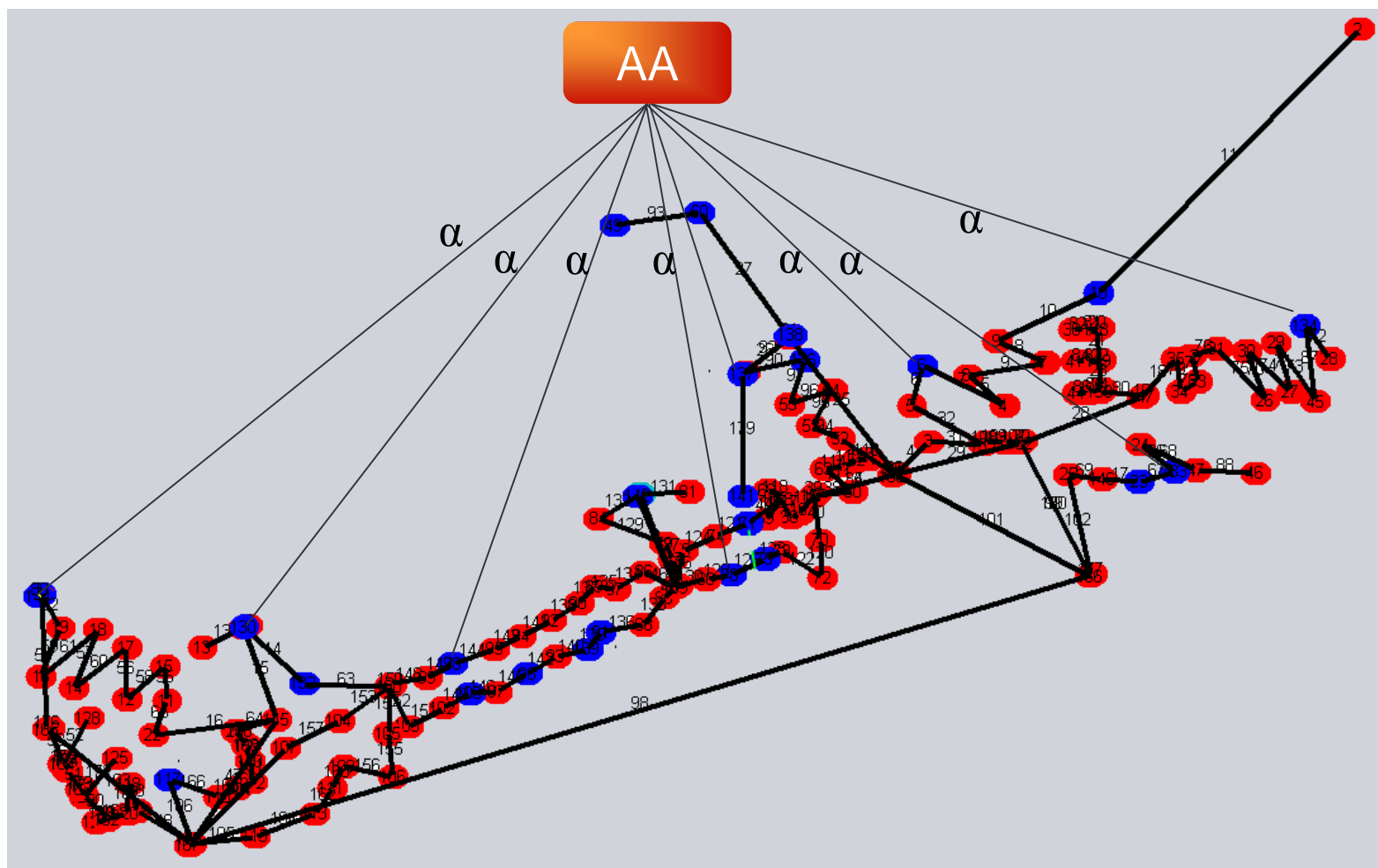
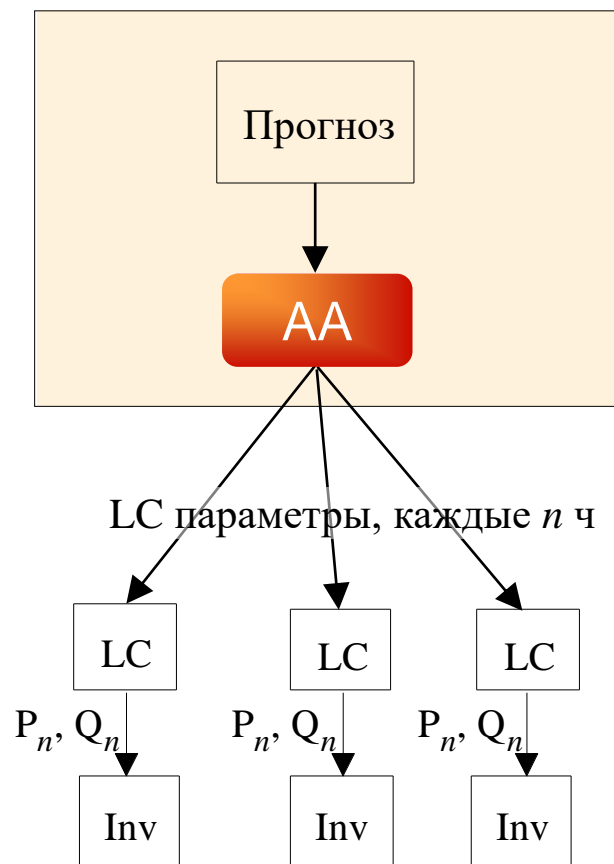
2 накопителя э/э

1 ТЭЦ

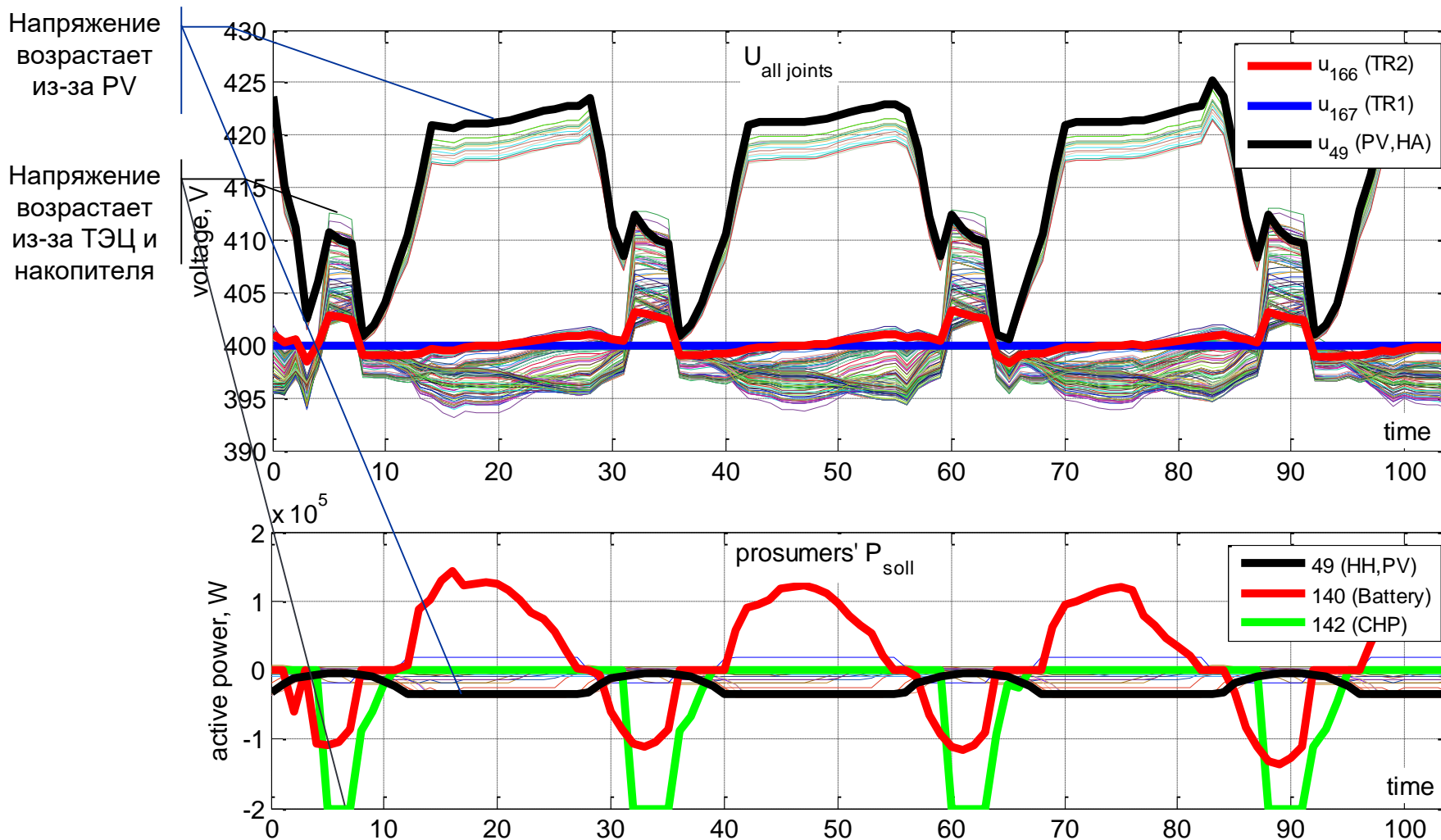
others



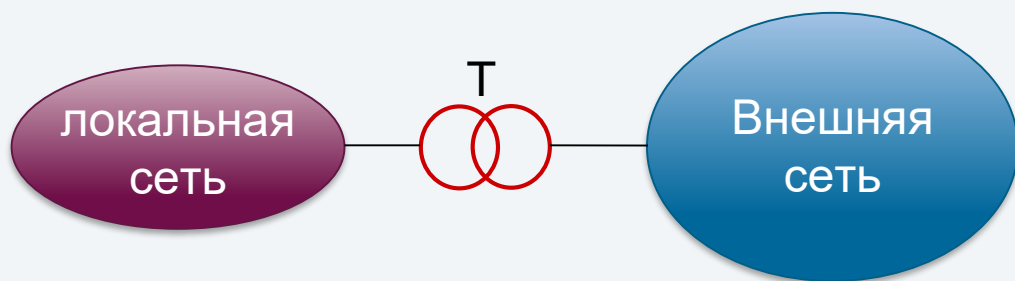
Центральное и локальное управление



Данные по генерации и напряжениям



Задача АА-модуля



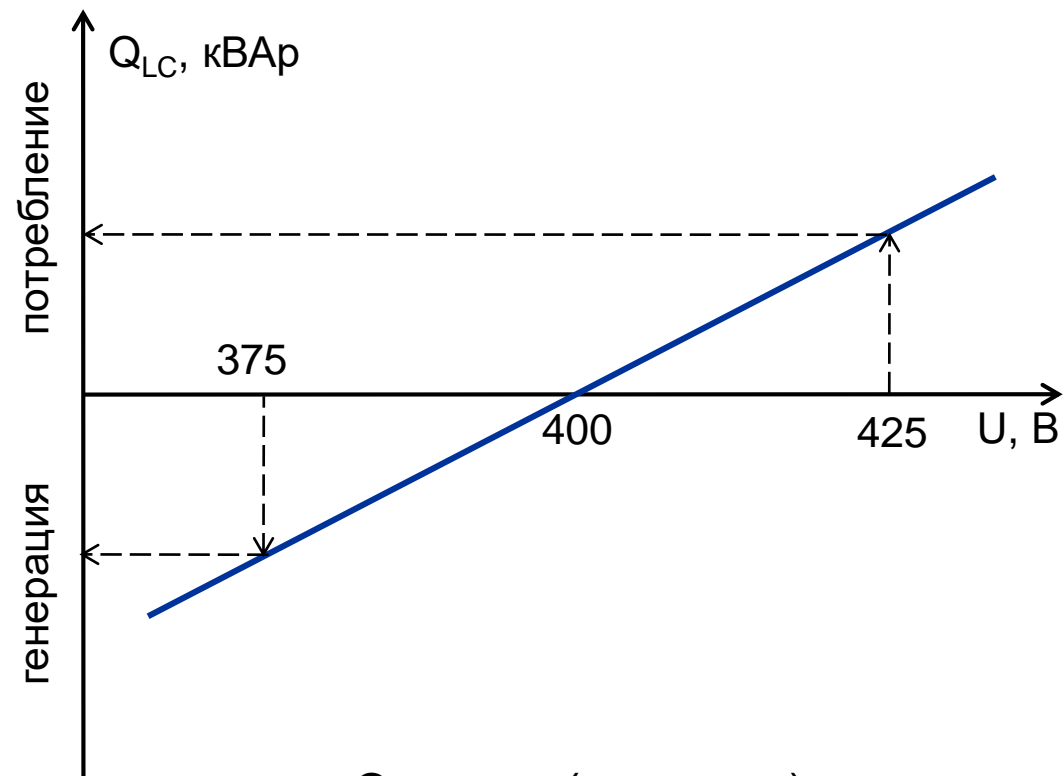
Формулировка оптимизационной задачи с ограничениями:

$$Q_T (Q_{LC}) \rightarrow \min$$

$$Q_{\min} < Q_{LC} < Q_{\max}$$

$$u_{\min} < u < u_{\max}$$

Локальное управление

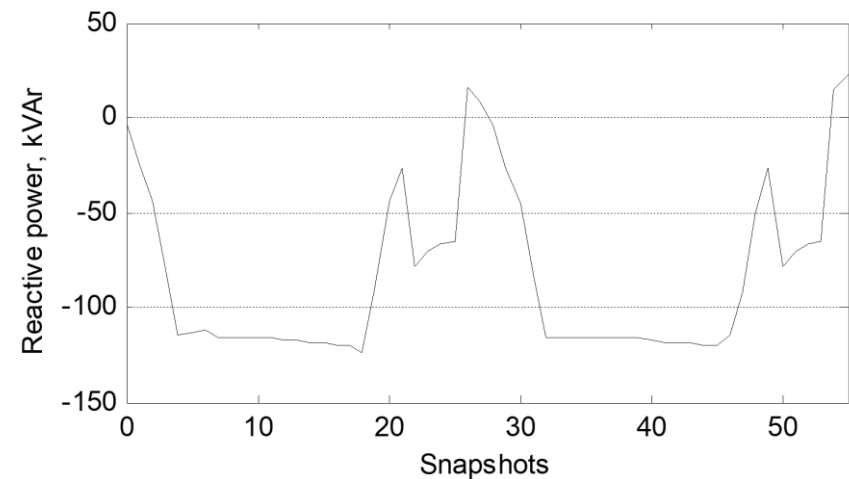
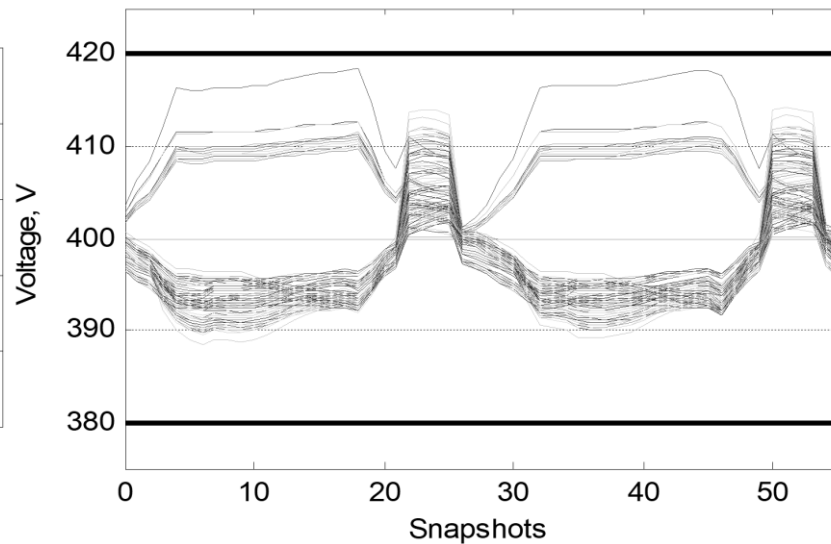
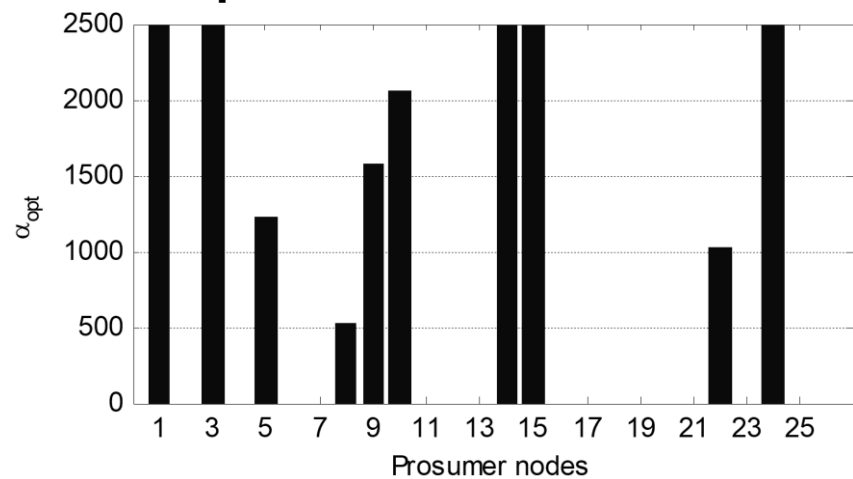


$$Q_{LC} = \alpha_{LC} \cdot (u_{LC} - u_{nom})$$

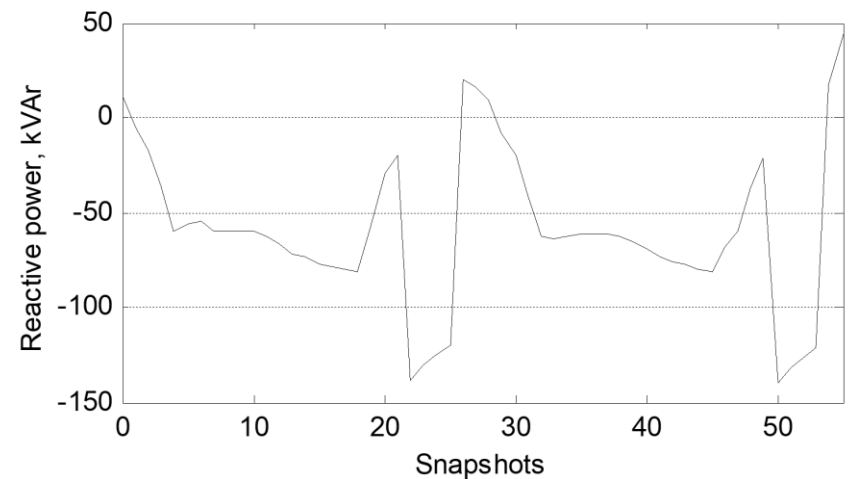
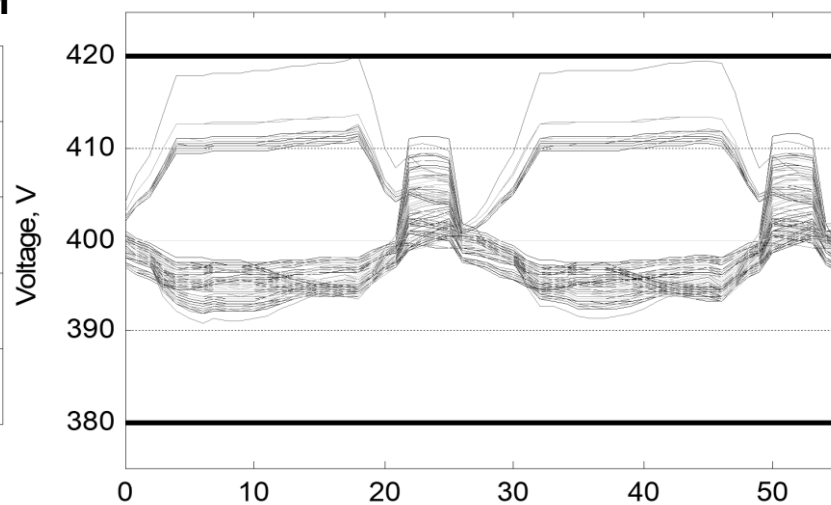
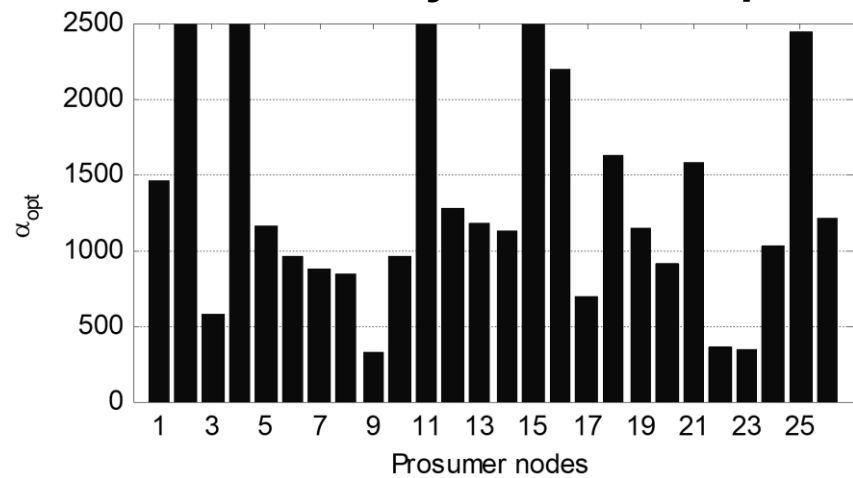
$$Q_T (\alpha) \rightarrow \min$$

Подходы к определению α и результаты расчетов

Итеративный подход

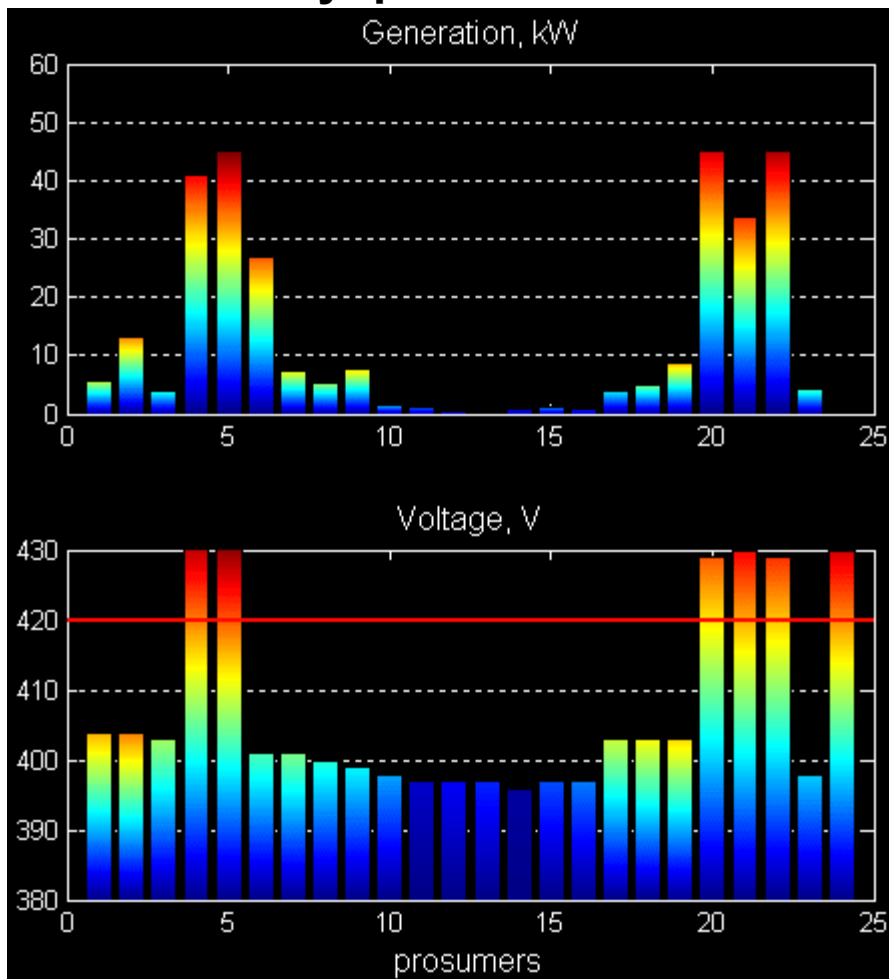


Подход по худшим сценариям

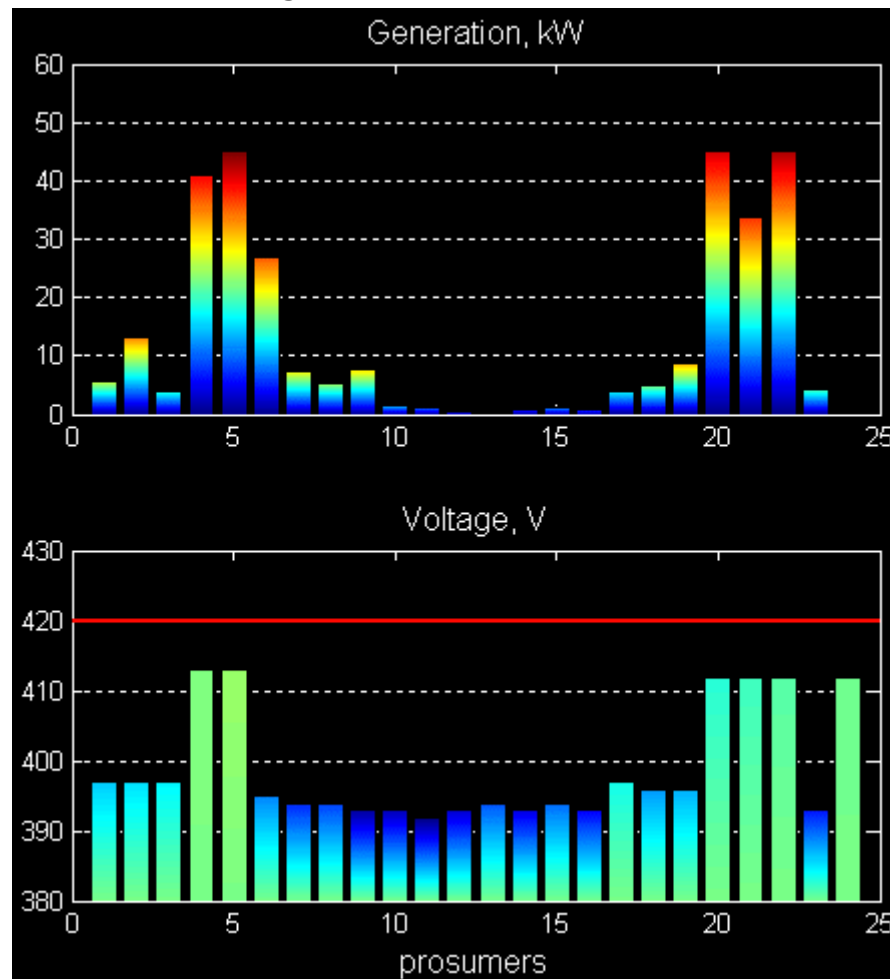


Анимация результатов работы алгоритма

Без управления LC



С управлением LC



Архитектура системы

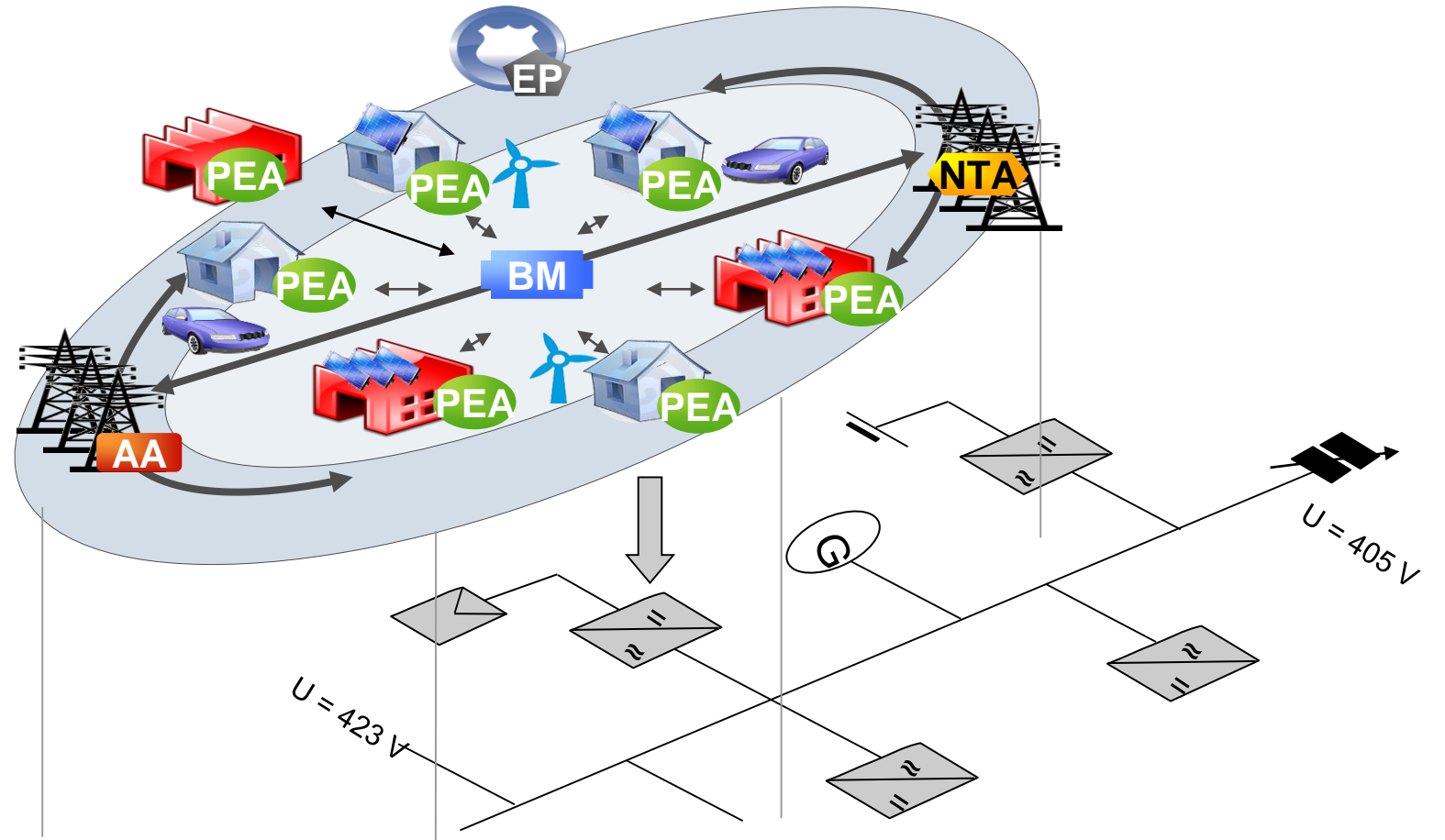
PEA Personal Energy Agent

BM Balance Master

AA Area Administrator

NTA Network Transport Agent

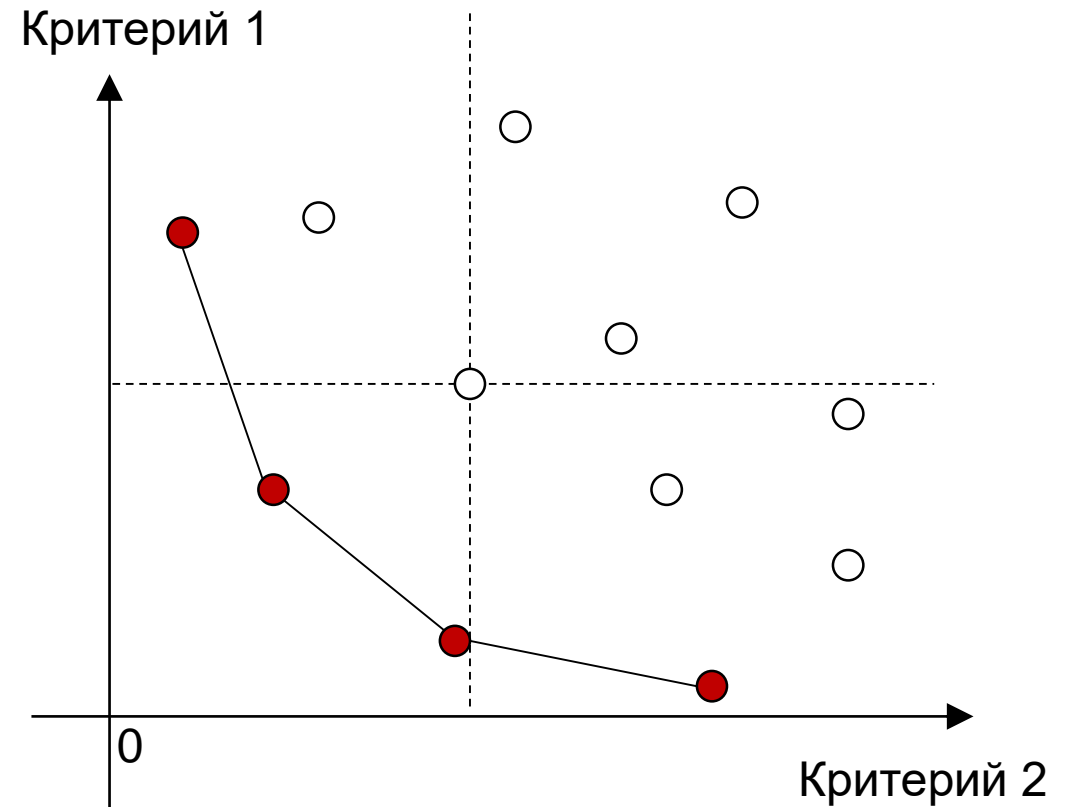
EP Energy Police



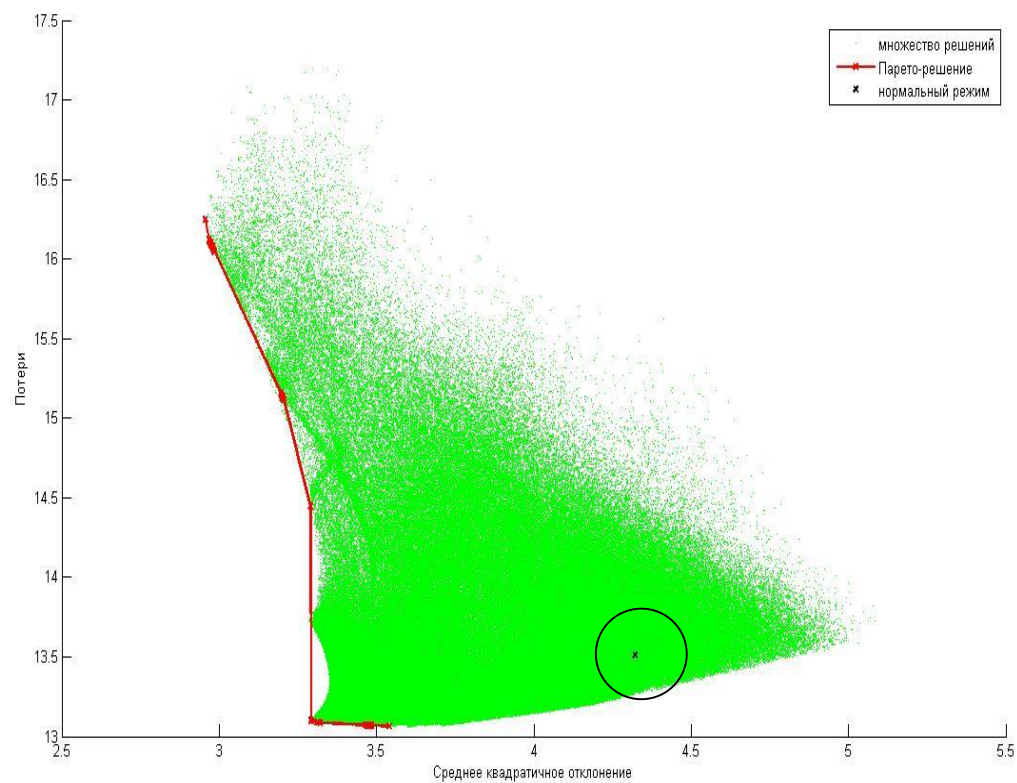
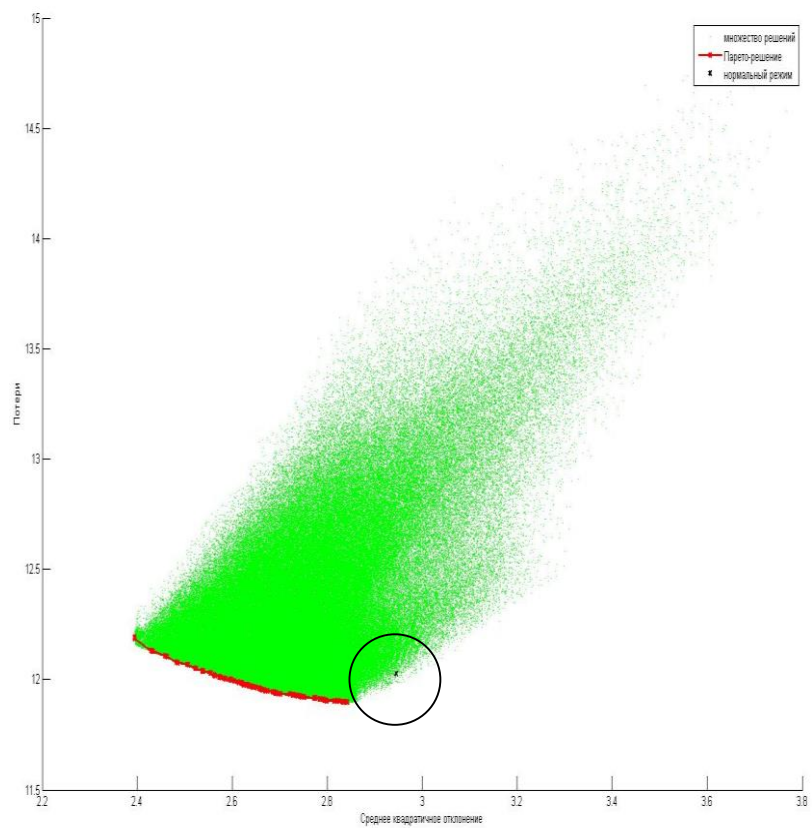
Критерии управления

1. Минимизация суммарных потерь
2. Поддержка заданных уровней напряжений узлов
3. Оптимальная загрузка оборудования
4. Снижение экологического ущерба
5. Максимизация запаса статической устойчивости
6. Оптимизация структуры ЭЭС при введении новых устройств
7. Восстановление системы после аварий, алгоритмы самовосстановления
8. Управление и оптимизация распределенной генераций

Недоминируемая сортировка

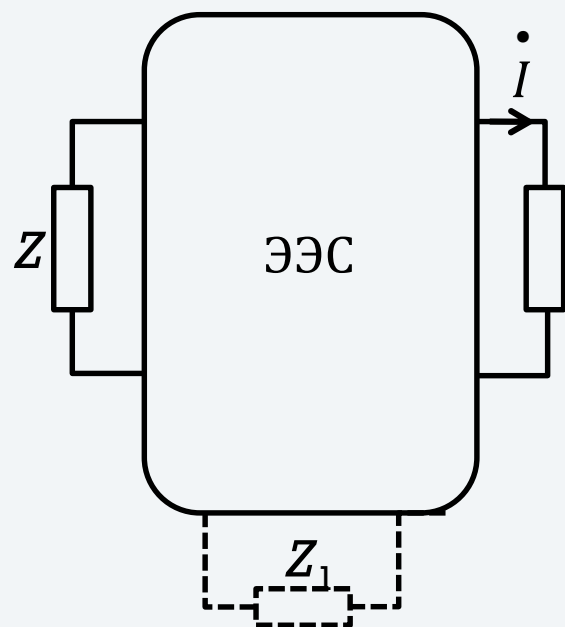


Примеры парето-множеств для тестовых схем



Способы снижения вычислительной нагрузки

Функциональные связи между критериями и параметрами оптимизации

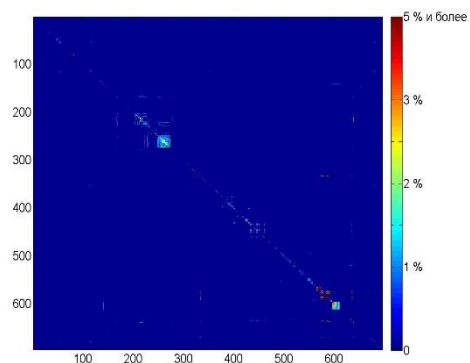


$$\dot{I} = \frac{aZ + b}{\alpha Z + 1}$$

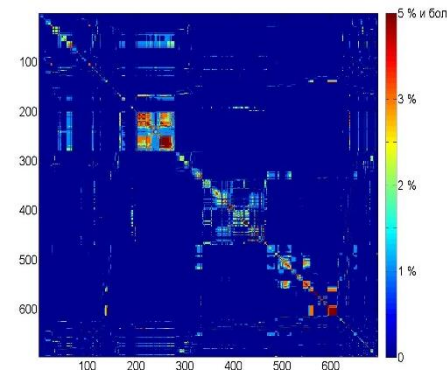
$$\dot{I} = \frac{a_0 + a_1 Z + a_2 Z_1 + a_3 Z Z_1}{1 + \alpha_1 Z + \alpha_2 Z_1 + \alpha_3 Z Z_1}$$

Кластеризация сети по зонам влияния воздействующих на режим устройств

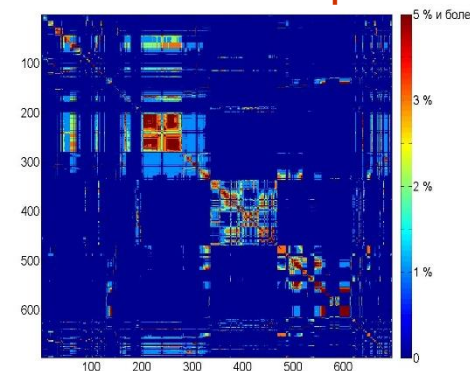
10 МВАр



50 МВАр



100 МВАр



Выводы

Правила, основанные на самоорганизации и дающие возможность локального принятия решений, являются предпочтительными для систем с большим количеством активных устройств.

Совместное использование централизованного и локального подходов к управлению сетью повышает надежность в условиях возможных перебоев связи и кибератак.

Применение современных математических подходов к решению оптимизационных задач позволяет осуществлять оптимальное управление в режиме реального времени.

Однокритериальная оптимизация не позволяет эффективно управлять сетью. Формирование наборов целевых функций представляется отдельной задачей.

При дальнейшем развитии технологий управление сетью сводится к управлению приоритетами.

Спасибо за внимание

Кирилл Нетреба



Для контактов

kirill.netreba@gmail.com

+7 911 159-18-44



Аннотация к докладу

Архитектура локальной интеллектуальной сети с большим количеством объектов малой энергетики.

Для построения эффективной системы электроснабжения с большим количеством объектов малой генерации, в т.ч. ВИЭ, необходим интенсивный обмен информацией между различными компонентами сети, а также установленные правила взаимодействия. Правила, основанные на самоорганизации и дающие возможность локального принятия решений, являются наиболее предпочтительными.

Предлагаемая архитектура определяет пять основных компонентов интеллектуальной микрогрид-сети, позволяющих обеспечить кибербезопасность, рыночные механизмы формирования цены на электроэнергию и эффективное технологическое управление сетью.

Решение по управлению такой сетью основано на совместном использовании централизованной и распределенной концепций управления. Централизованное управление олицетворяется центральным контроллером, допускающим медленную, не постоянную связь с сетью; распределенное управление представлено локальными контроллерами, непрерывно взаимодействующими с сетью.