

# Разработка программного и аппаратного обеспечения для управления инверторами в распределенной сети

**Ильдар Идрисов**

[i.idrisov@skoltech.ru](mailto:i.idrisov@skoltech.ru)

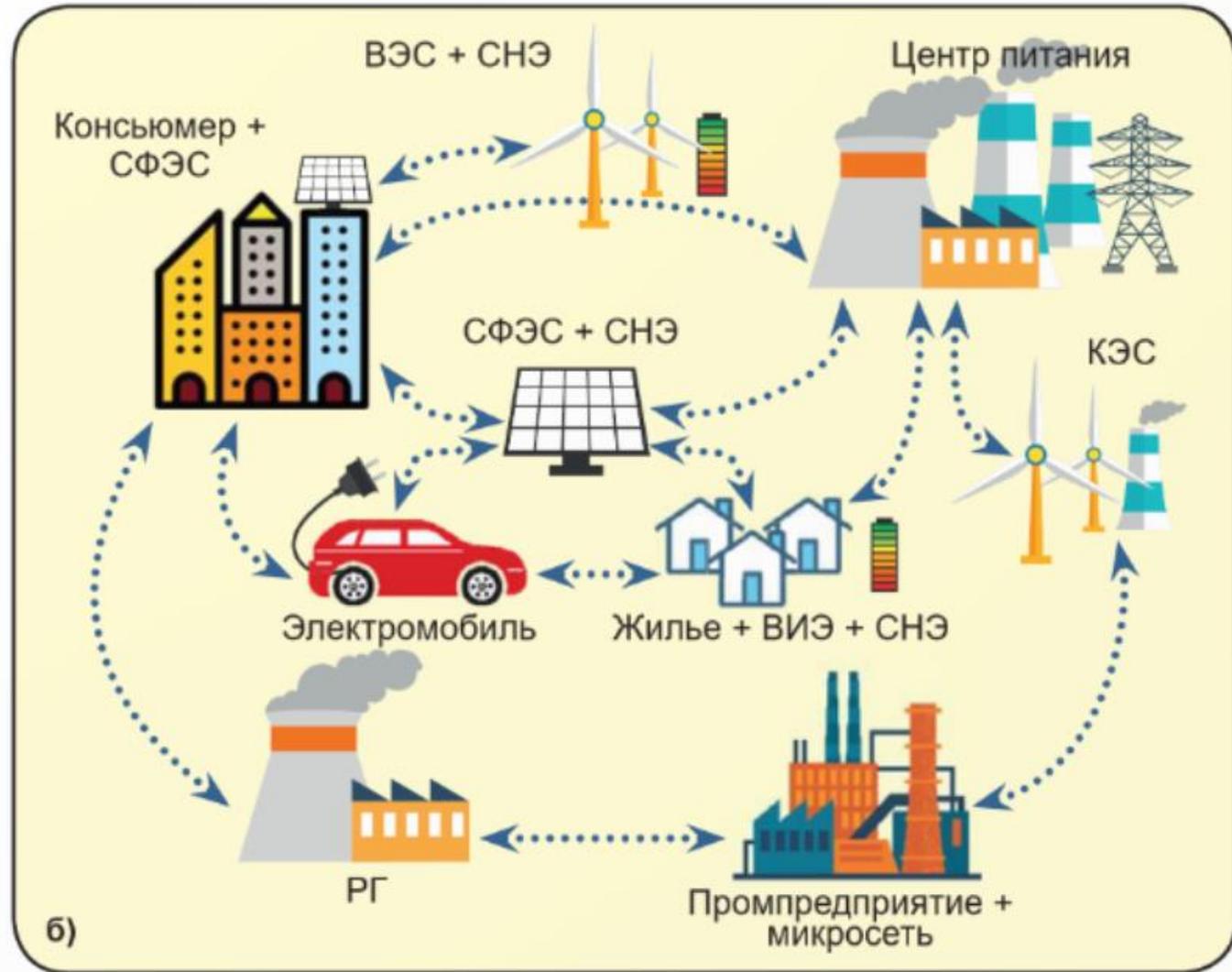


**Federico M. Ibañez**  
Руководитель

# МИКРОСЕТИ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ

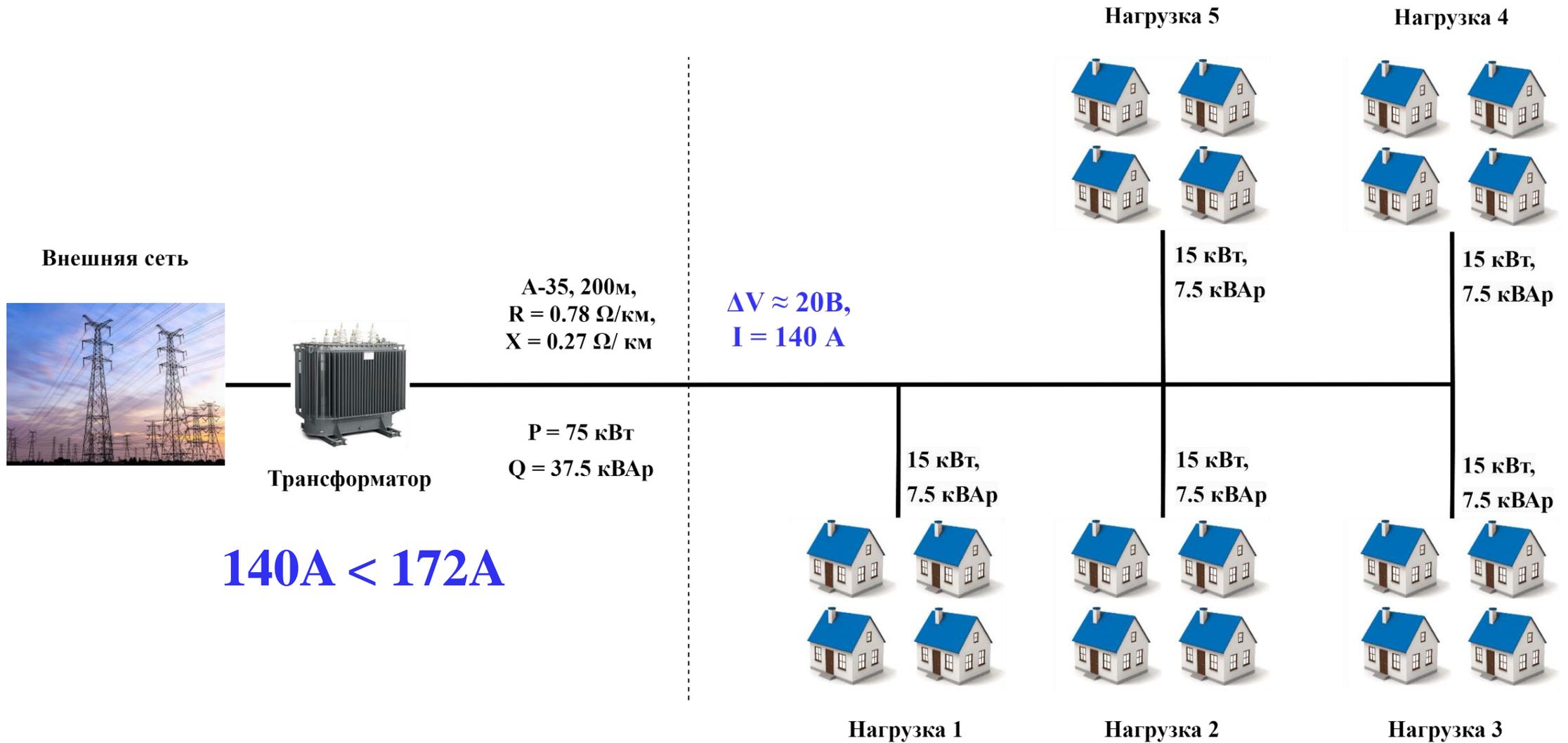


Традиционные электрические сети

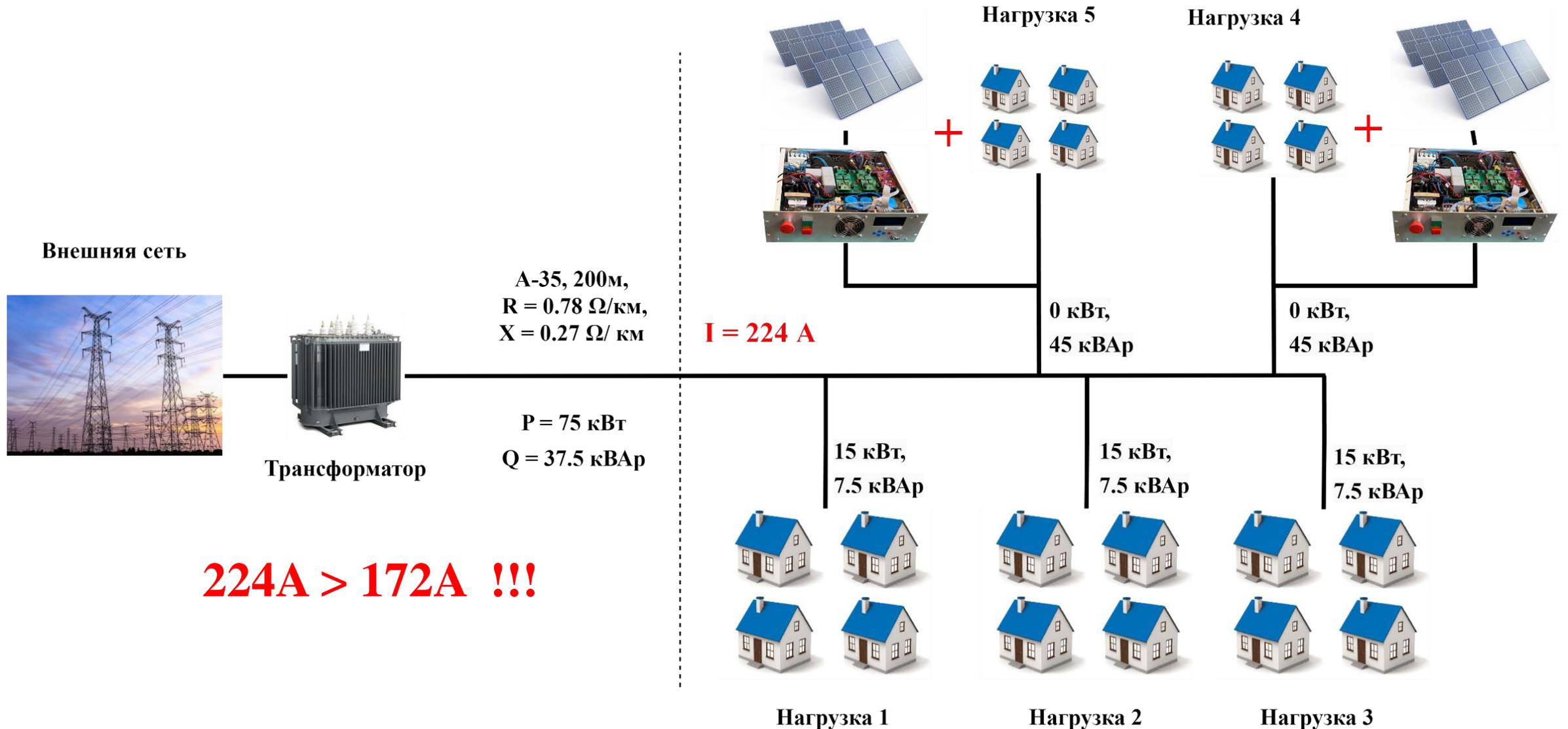


Активные просьюмеризованные электрические сети

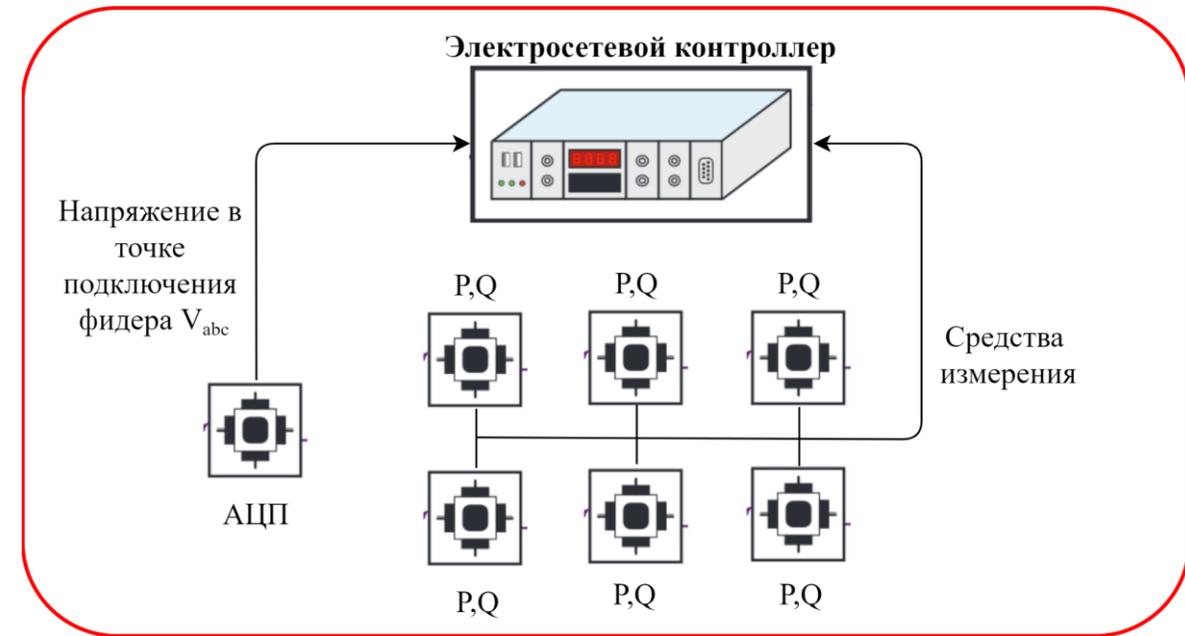
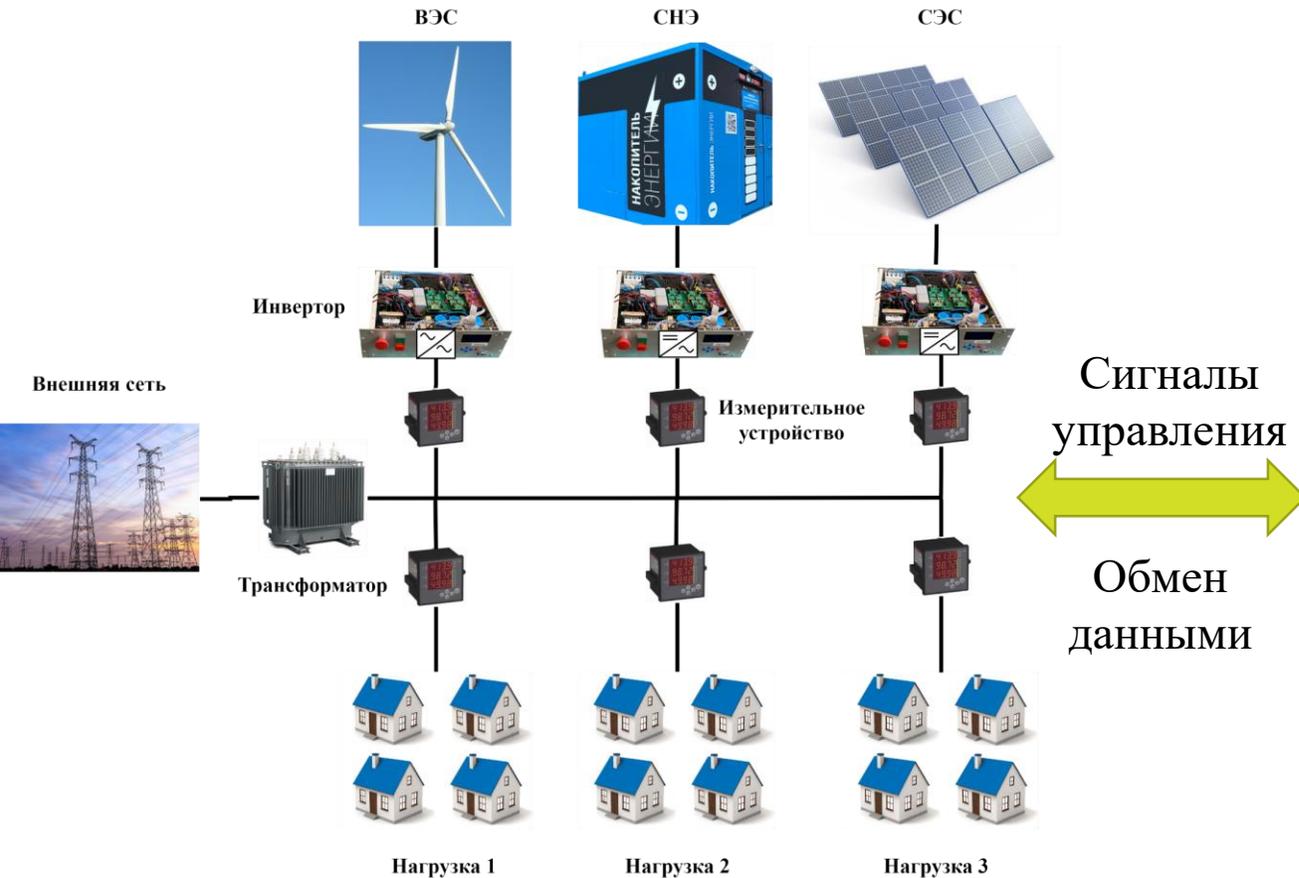
# АКТИВНАЯ ПРОСЬЮМЕЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ 0.4 кВ



# АКТИВНАЯ ПРОСБЮМЕЗИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ 0.4 кВ

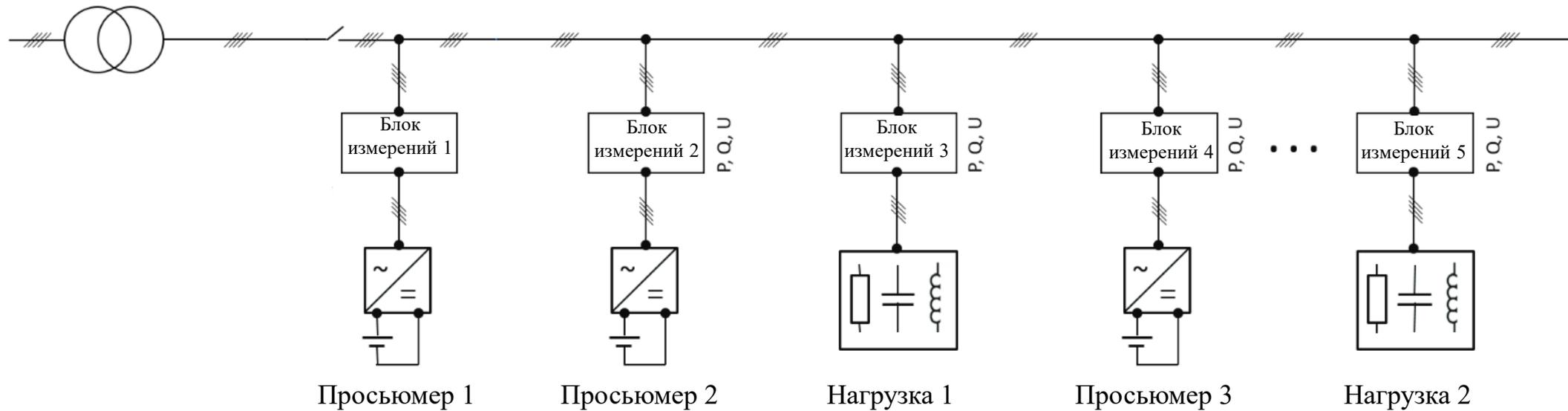


# АО «ФИЦ»: ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОНТРОЛЛЕР



- Балансировка мощности
- Стабилизация энергосети
- Смещение пиков нагрузки
- Управление спросом
- Интеграция ВИЭ
- Оптимизация энергетических рынков
- Энергоэффективность
- Функции РЗА

# ЭСК: ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД



Управляемый просьюмер



Средства измерения



Неуправляемый просьюмер

# АО «ФИЦ»: ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОНТРОЛЛЕР

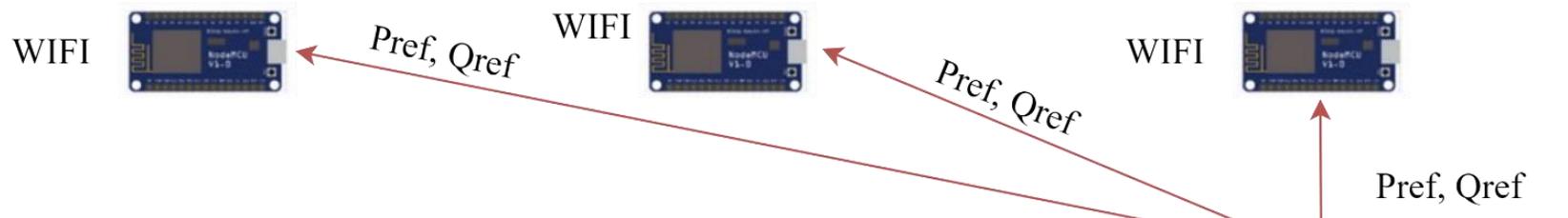
Инвертер 1



Инвертер 2

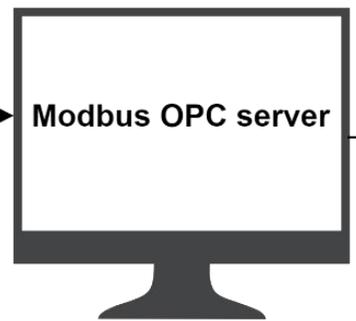


Инвертер 3



Приборы анализа качества электроэнергии

U, P, Q

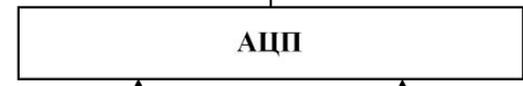


Modbus OPC server

$I_d, I_q$



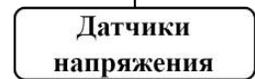
**Электросетевой контроллер**



АЦП

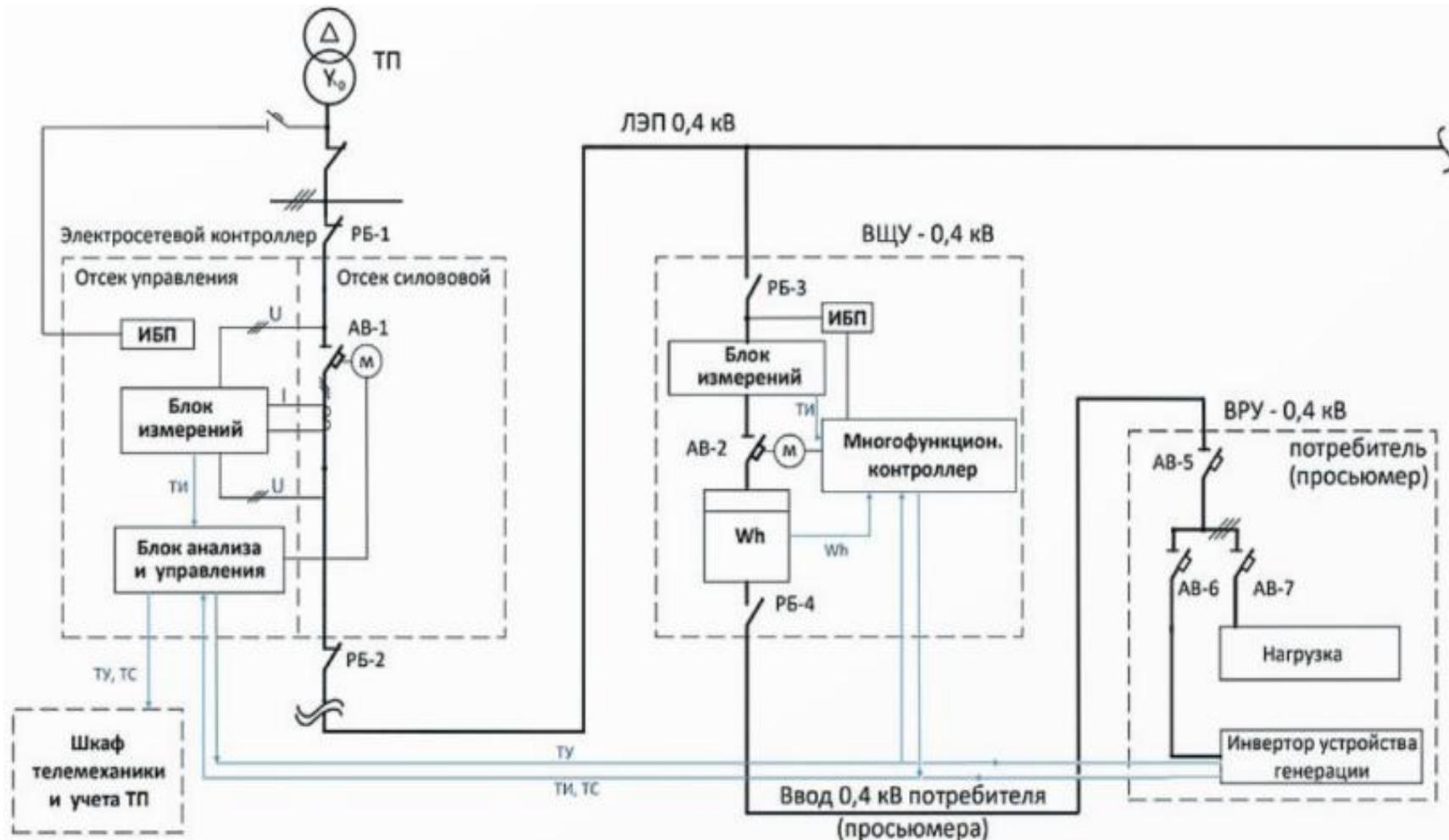


Датчики тока



Датчики напряжения

# АО «ФИЦ»: ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОНТРОЛЛЕР



- Поддержка баланса активной и реактивной мощности в фидере
- Управление выдачей Активной и Реактивной мощности для просьюмеров
- Переключение в изолированный режим работы микросети
- РЗА

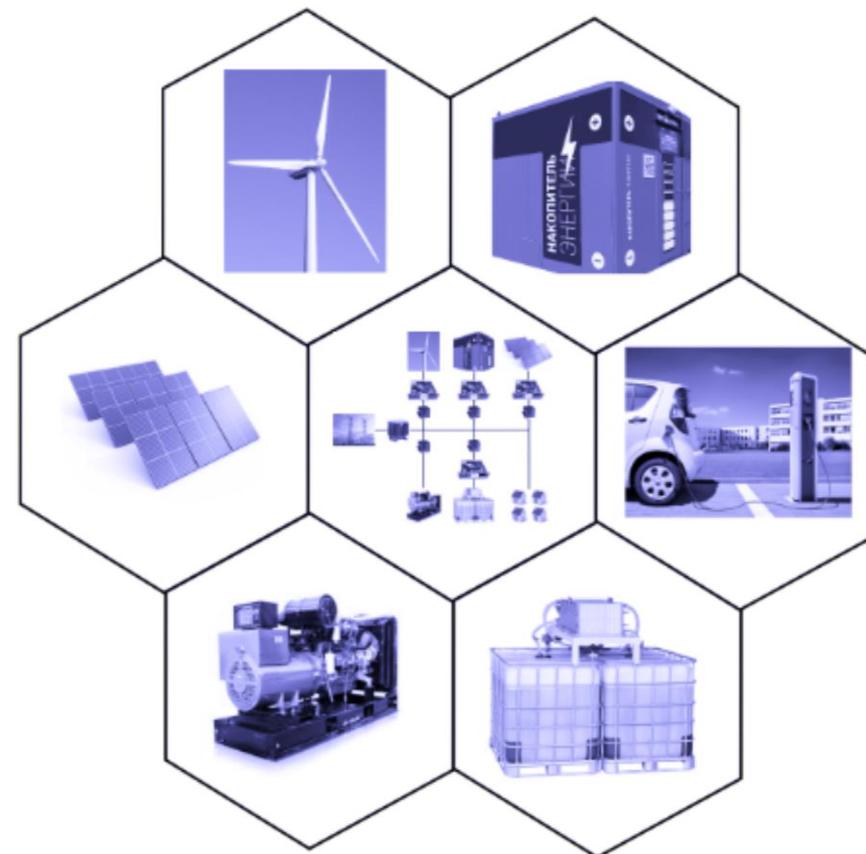
Структурно-функциональная схема ЭСК в привязке к однолинейной электрической схеме тупикового фидера 0.4 кВ.

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ



**Физическая  
электрическая сеть**

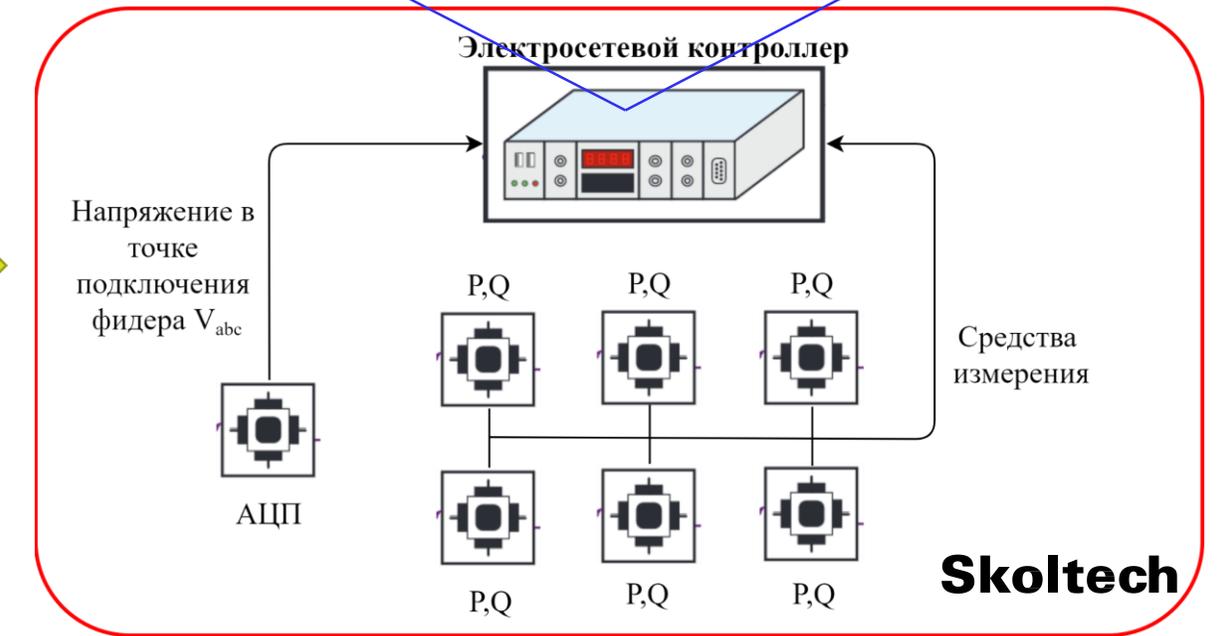
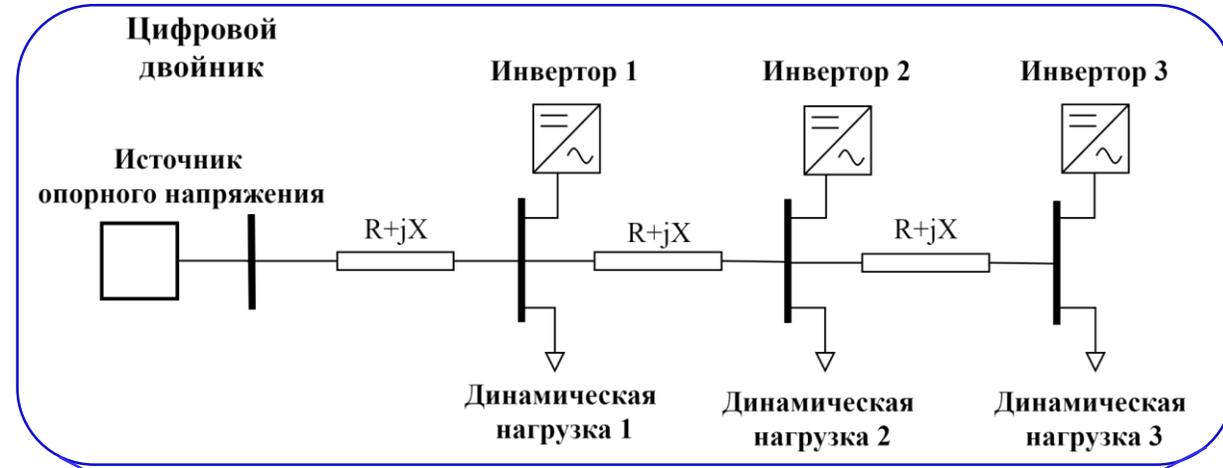
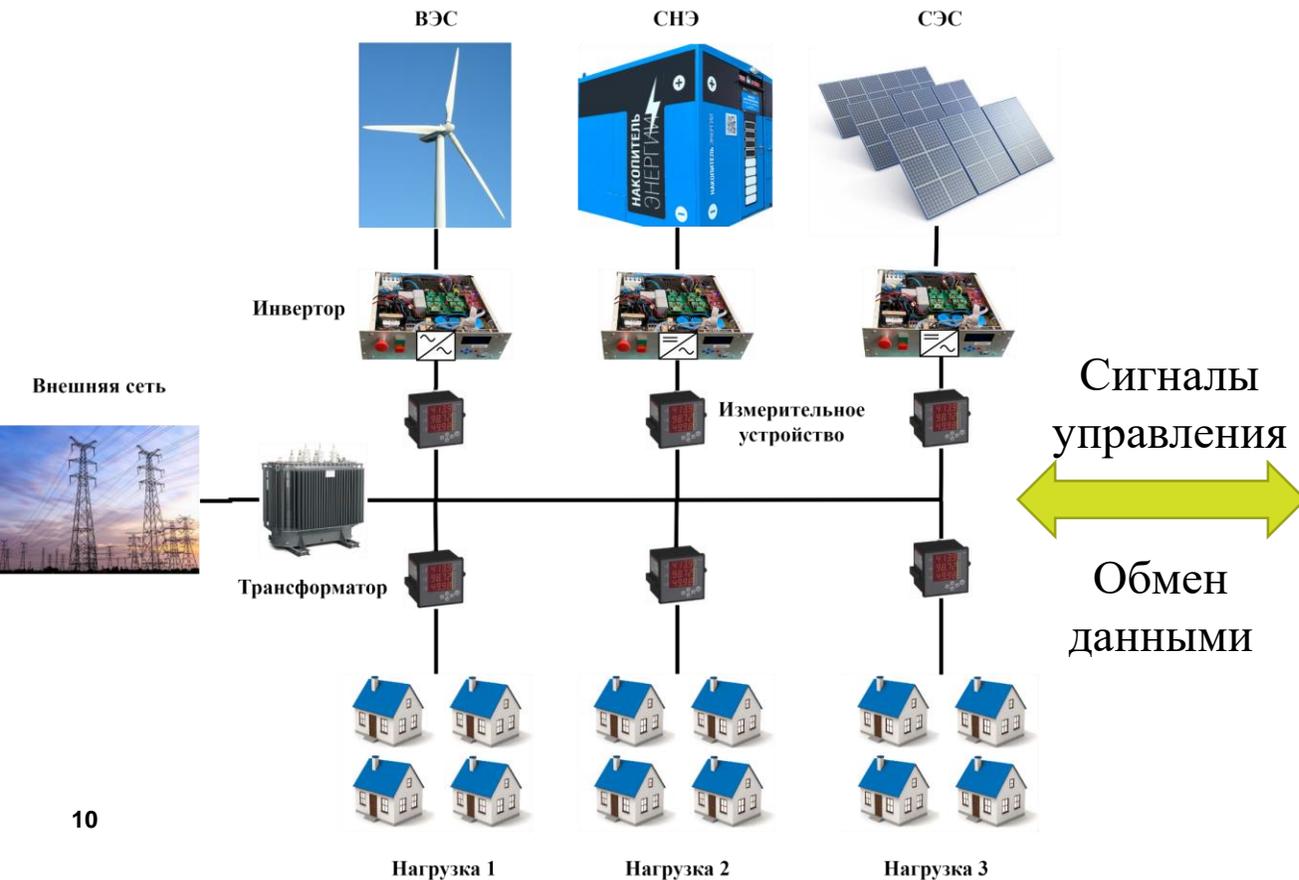
**Измерения**  
←→  
**Управляющие  
воздействия**



**Цифровой двойник сети**

# ВИРТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА БАЗЕ ЦД

- Динамическая оценка состояния сети
- Поддержка уровня напряжения в заданных пределах



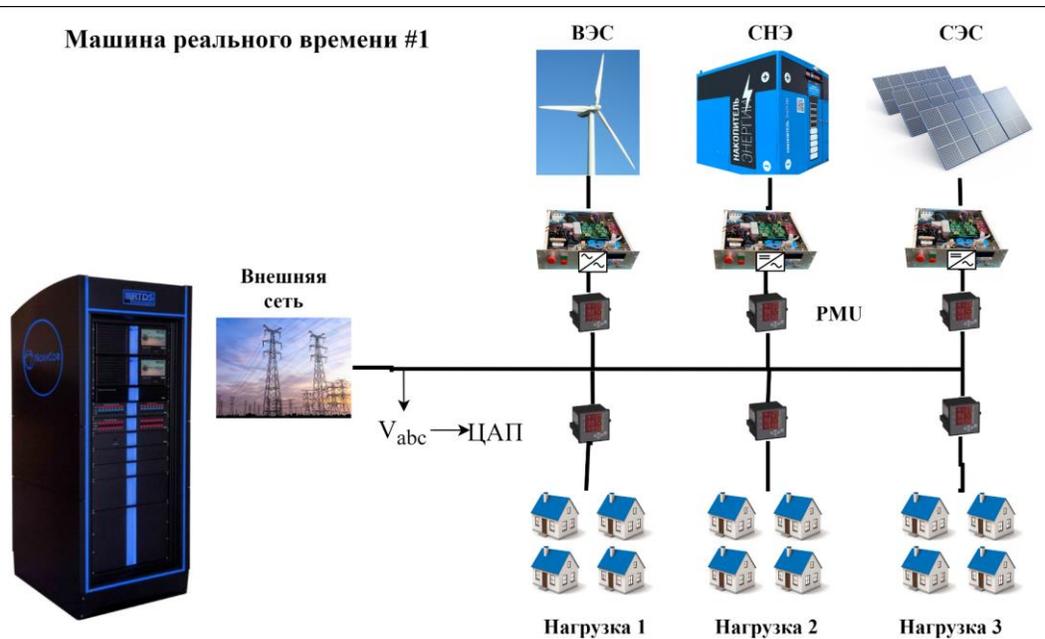
# КОНТРОЛЛЕР ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



Блок схема контроллера виртуальной электростанции на основе ЦД

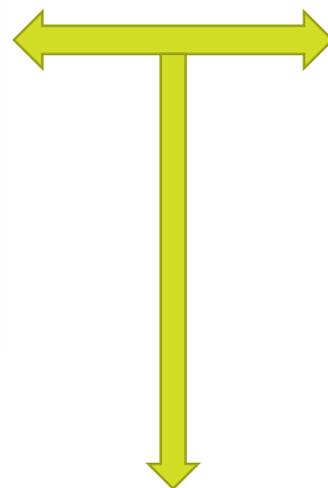
# ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД

Машина реального времени #1

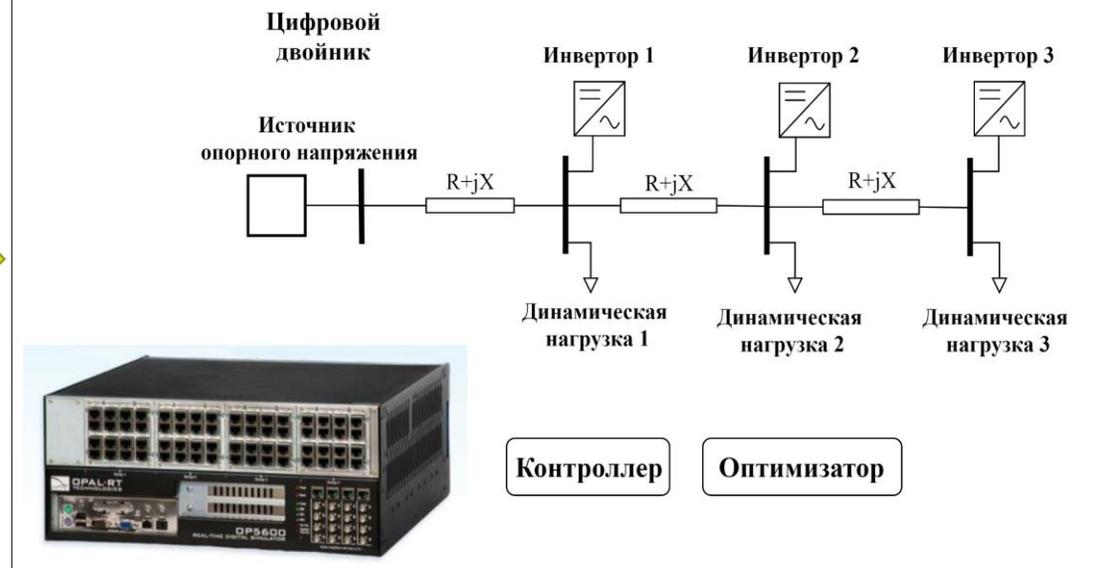


Физическая микросеть

Измерения  
Уставки  
TCP/UDP



Машина реального времени #2



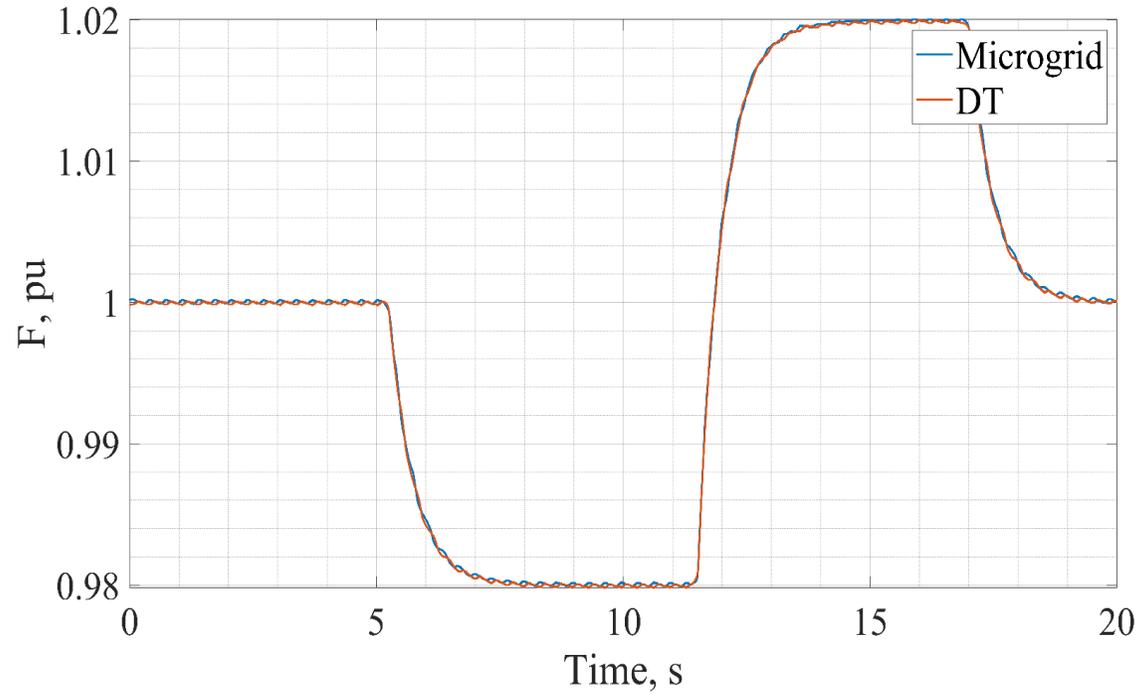
Цифровой двойник



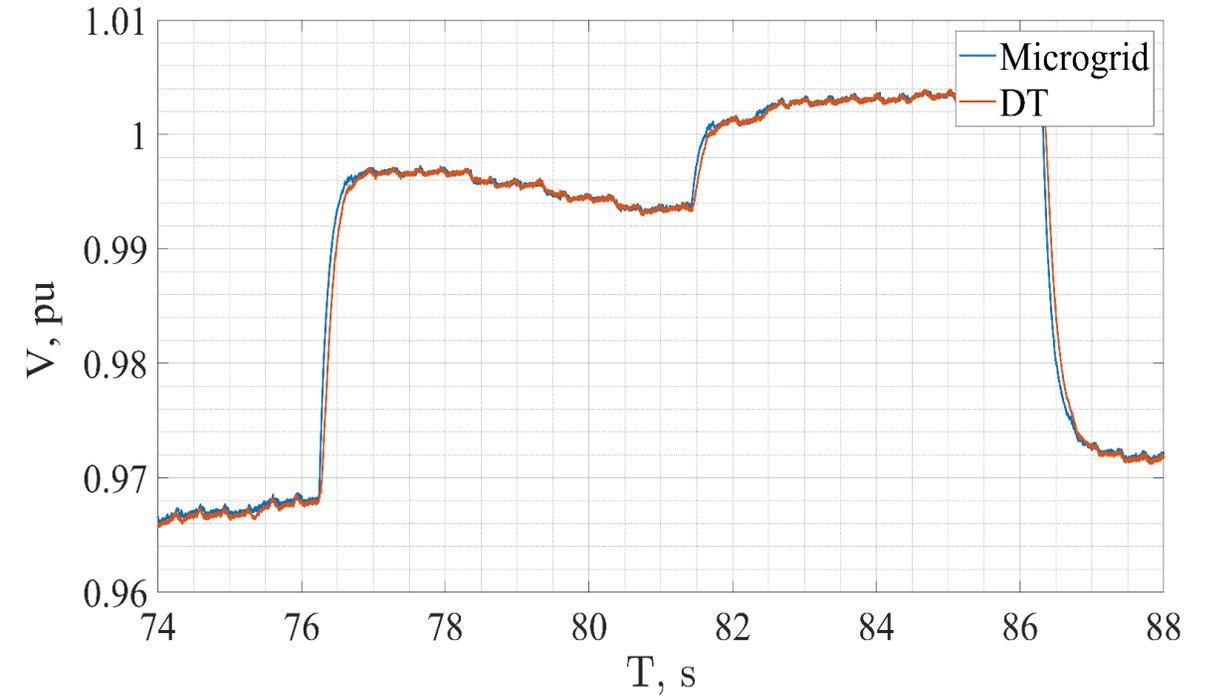
Аналоговые  
измерения

# РЕЗУЛЬТАТ: ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ

## Следование изменению частоты

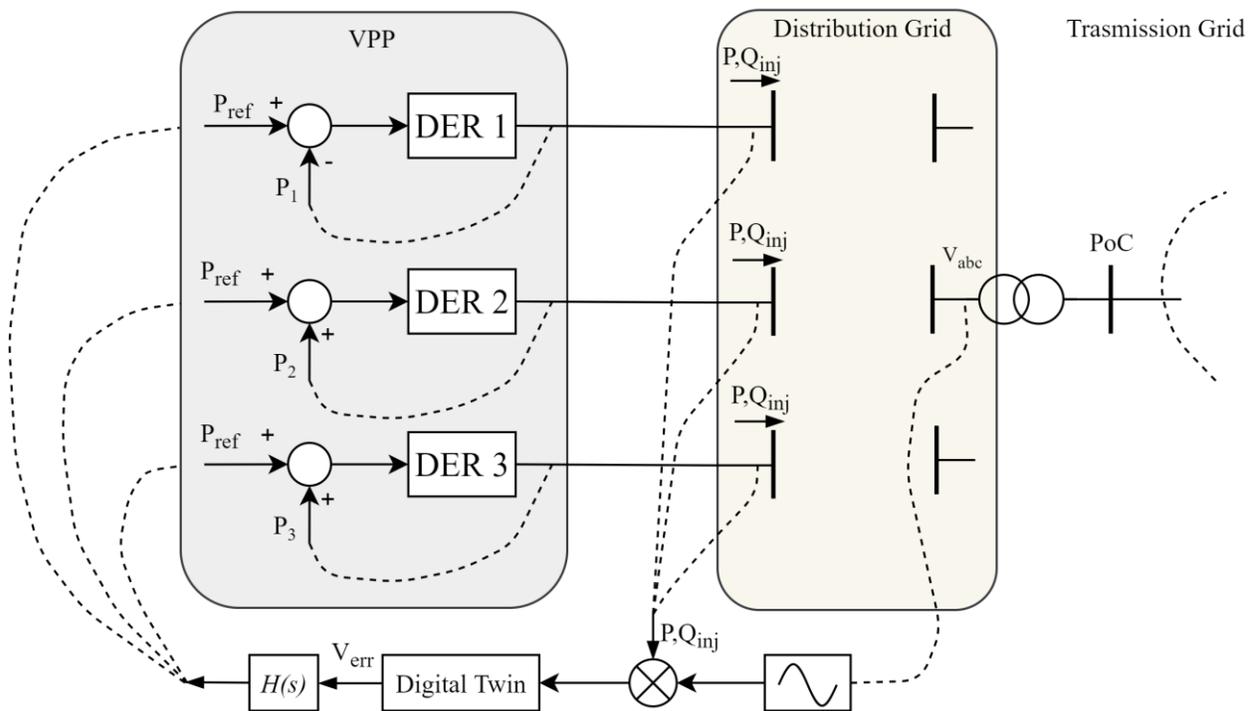


## Следование изменению напряжения

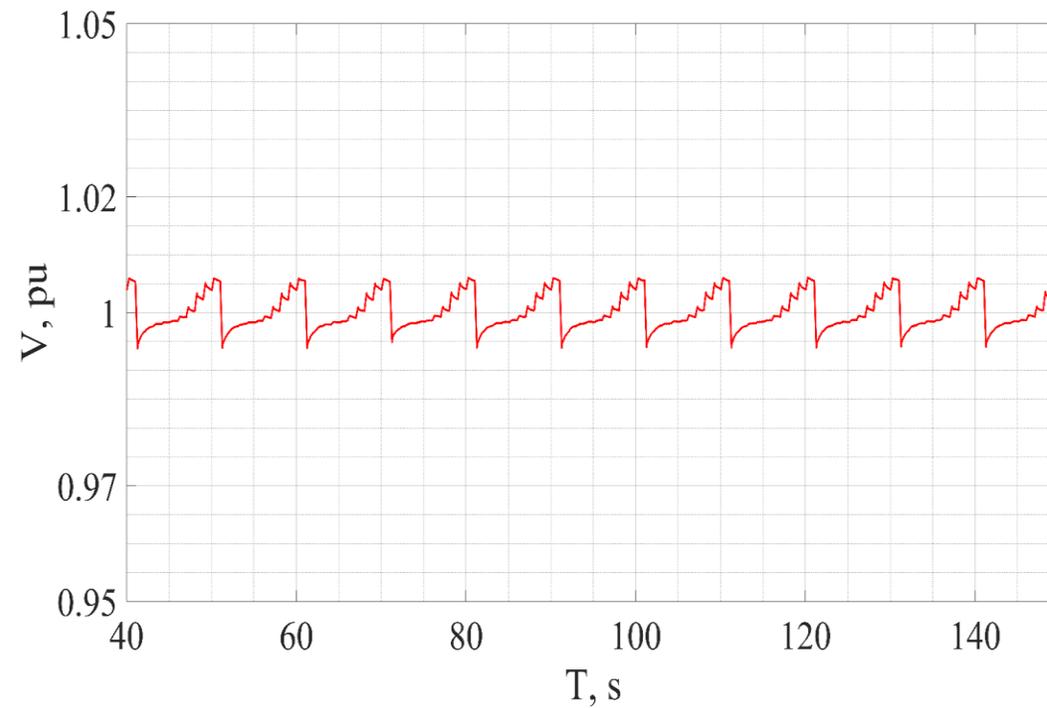


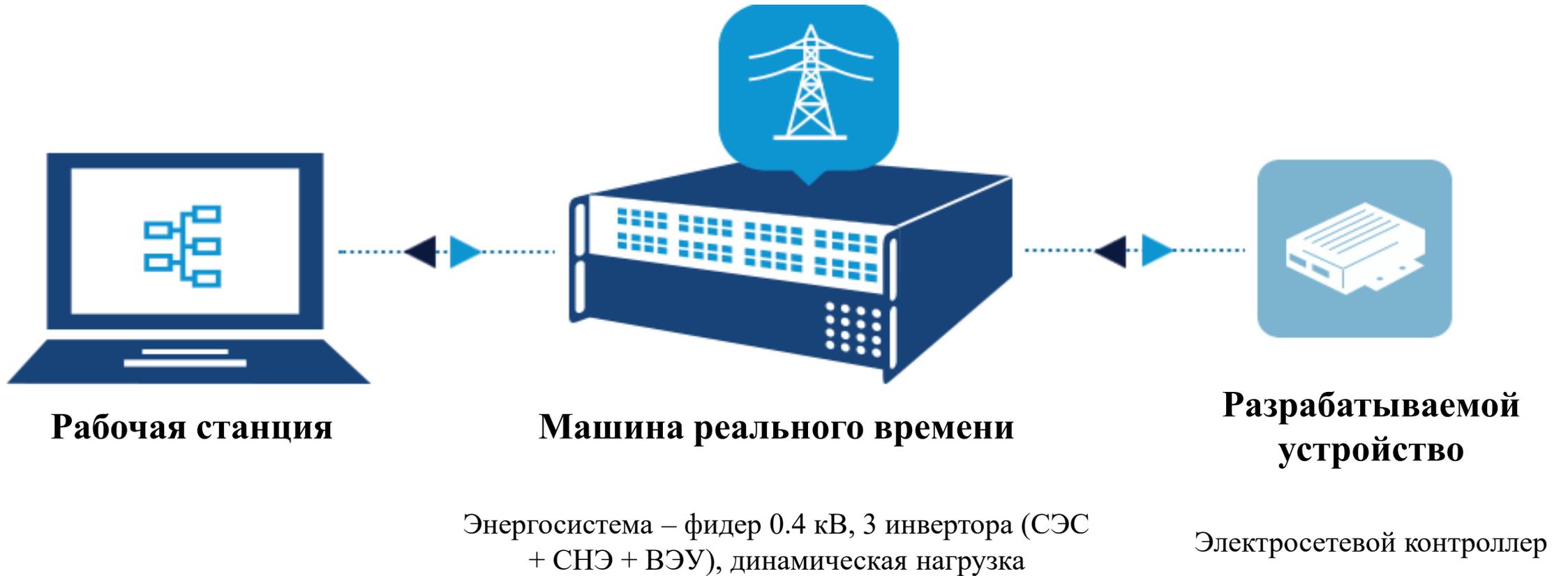
# РЕЗУЛЬТАТ: ПОДДЕРЖКА НАПРЯЖЕНИЯ

## Контур регулирования напряжения



## График изменения напряжения с замкнутой СУ





# ПРЕИМУЩЕСТВА

	Экономия времени		Снижение затрат		Снижение рисков и безопасность	
	Стенд	НП	Стенд	НП	Стенд	НП
Разработка инвертора	6 месяцев	1 месяц	1920 чч	160 чч	5 сгоревших транзистора + 1 месяц простоя	—
Проектирование электрической энергосети	6 месяцев	1 месяц	1920 чч	80 чч	Угроза удара током, усталость, сроки	—
Отладка	1 месяц	1 неделя	480 чч	160 чч	Ничего не работает и выходит из строя	—

# Спасибо за внимание

[I.Idrisov@skoltech.ru](mailto:I.Idrisov@skoltech.ru)

Настоящая презентация выполнена в рамках реализации постановления Правительства РФ № 220 от 09.04.2010 и Соглашения № 075-10-2021-067 от 17.06.2021, заключенного между Минобрнауки России и Сколтехом (ИГК 000000S707521QJX0002).

