



**ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ОПЫТ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И
МОДЕЛИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ПРИМЕНЕНИЯ**

26 июня 2018 г.

ТЕКУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ

РЫНОК НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

За последние 10 лет объем мирового рынка СНЭ вырос почти в 3 раза

Глобальный рынок систем накопления энергии к 2025 году составит 80 млрд долл. США

Основные
причины:

масштабное развитие ВИЭ

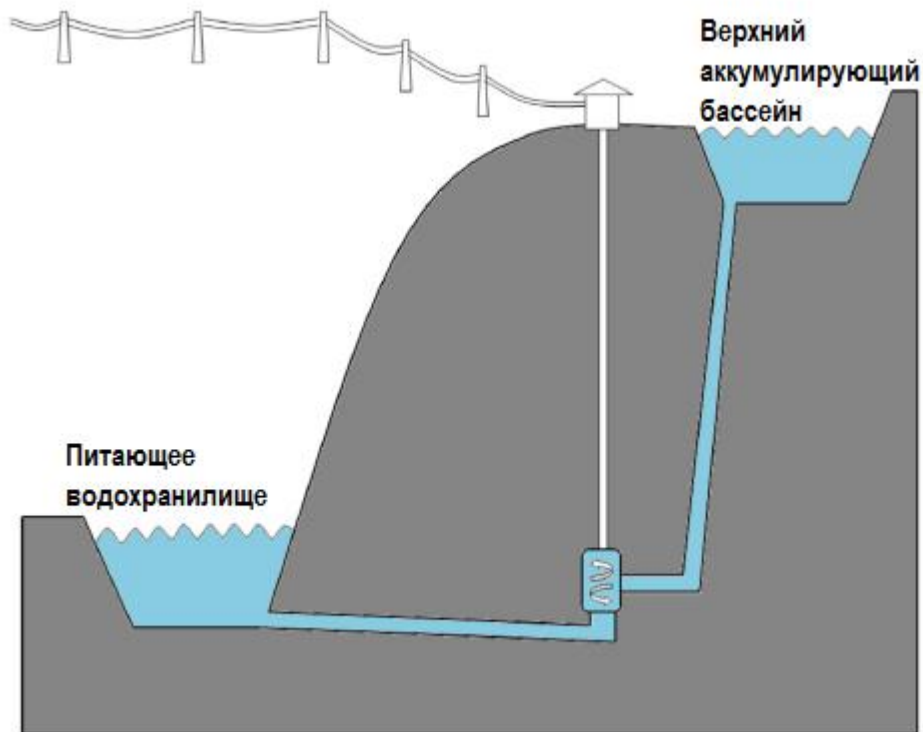
развитие электротранспорта

снижение стоимости литий-ионных АКБ
и силовой электроники

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГАЭС)

Первая крупномасштабная СНЭ была построена в 1929 г. – ГАЭС 31 МВт

Суммарная мощность установленных в мире ГАЭС порядка 130 ГВт



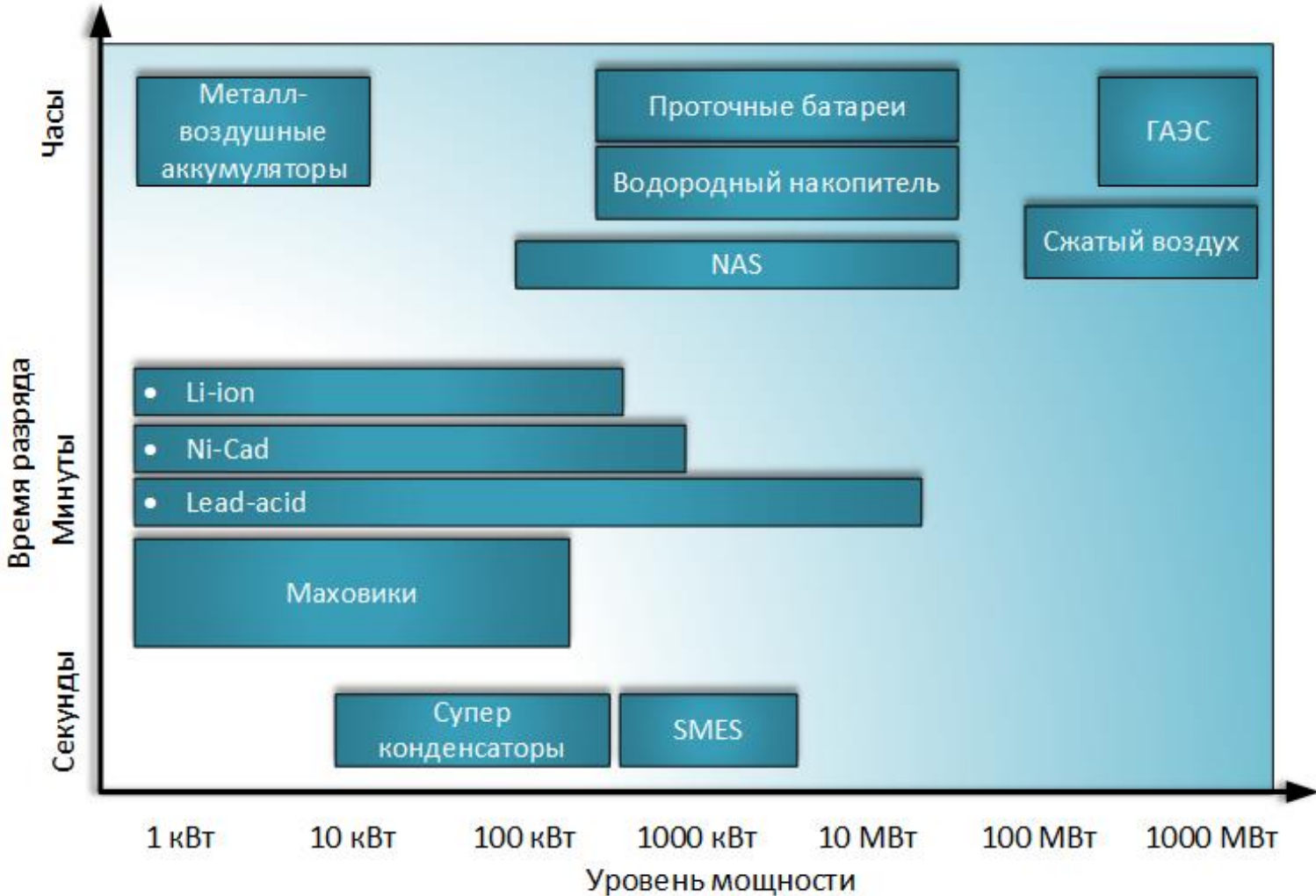
Северная Америка			22,4
Канада	0,2	США	22,2
Центральная и Южная Америка			1
Аргентина	1		
Евразия			45,8
Австрия	4,4	Люксембург	1,1
Бельгия	1,3	Норвегия	1,4
Болгария	0,9	Польша	1,4
Хорватия	0,3	Португалия	1
Чехия	1,1	Сербия	0,6
Франция	4,3	Словакия	0,9
Германия	6,7	Испания	5,3
Греция	0,6	Швеция	0,1
Ирландия	0,3	Швейцария	1,8
Италия	7,5	Великобритания	2,7
Литва	0,9	Россия	1,2
Африка			2
Марокко	0,5	Южная Африка	1
Азия и Океания			55
Австралия	1	Южная Корея	4
Япония	25	Тайвань	3
Китай	22		

по данным на 2012 год

ФУНКЦИИ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

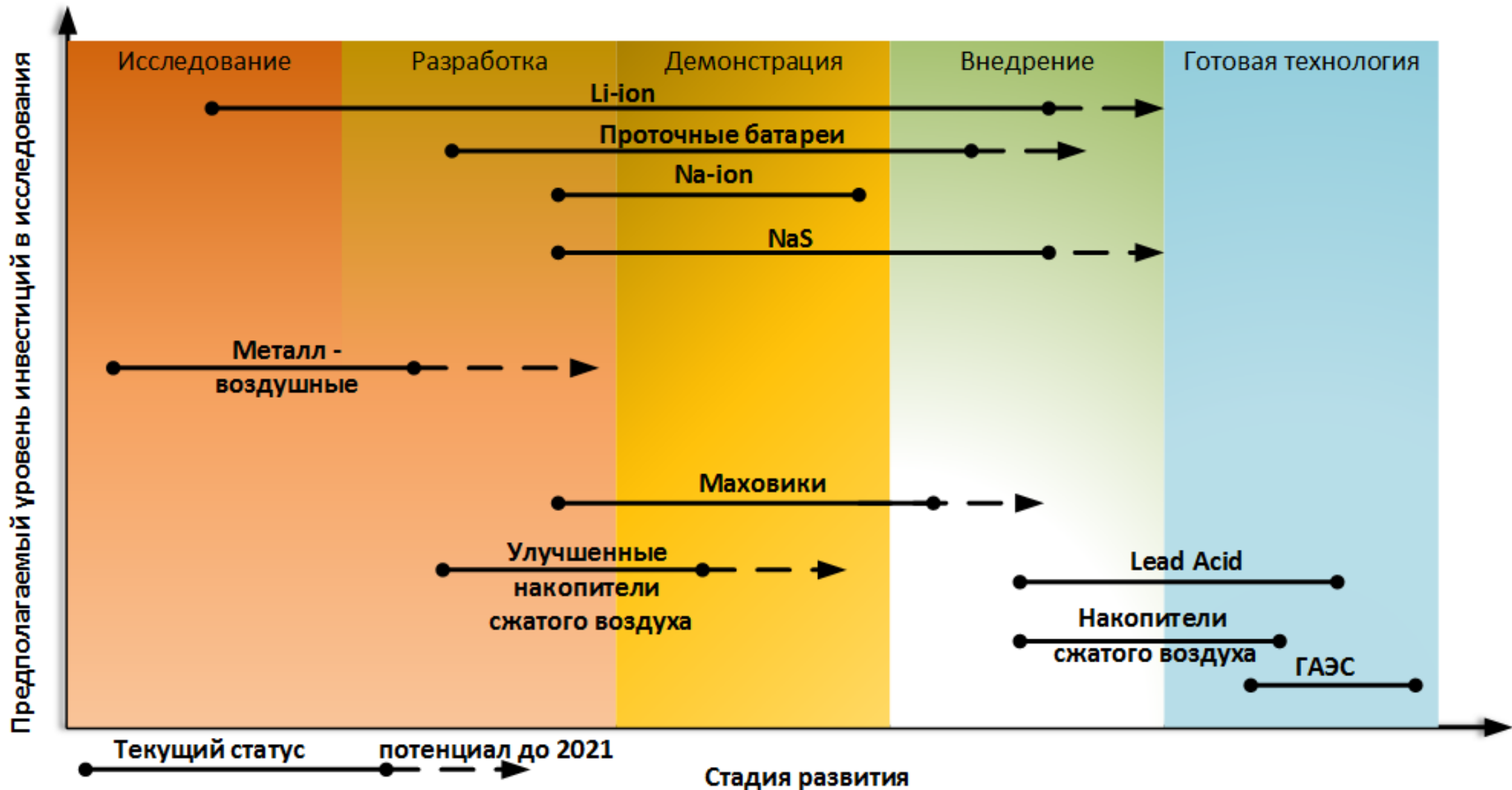
Качество электроэнергии		Управление электроэнергией	
секунды	минуты		часы
обеспечение устойчивости в переходных процессах		обеспечение бесперебойного питания	смещение пика потребления
поддержание напряжения		компенсация небалансов мощности	увеличение доли ВИЭ
регулирование частоты			обеспечение резерва мощности
			повышение надежности сети

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ



Секунды-минуты	Минуты-часы	Несколько часов
Качество электроэнергии	Управление электроэнергией	
Супер конденсаторы	Li-ion	ГАЭС
Маховики	Lead-acid	Накопители сжатого воздуха
SMES (сверхпроводящие магнитные накопители энергии)	Ni-Cad	Проточные батареи
		Водородные накопители
		НАС (серно-натриевый батареи)

ЗРЕЛОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ



ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЯ В ЗДАНИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАКОПИТЕЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Увеличение выработки собственных возобновляемых источников электроэнергии

Уменьшение платежей за электроэнергию

- Снижение потребления мощности в пиковые часы
- Смещение потребления – потребление дешевой электроэнергии

Обеспечение бесперебойного питания для критически важной нагрузки

- Повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии

СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ценовые категории:

Первая ценовая категория

Вторая ценовая категория

Третья ценовая категория

Четвертая ценовая категория

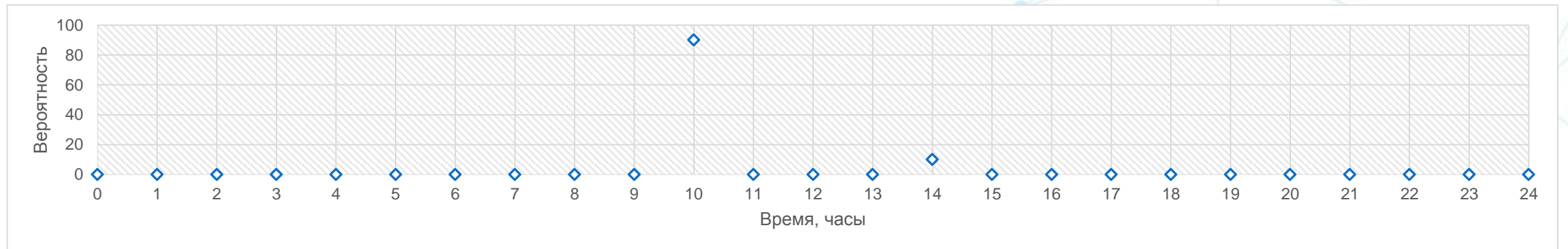
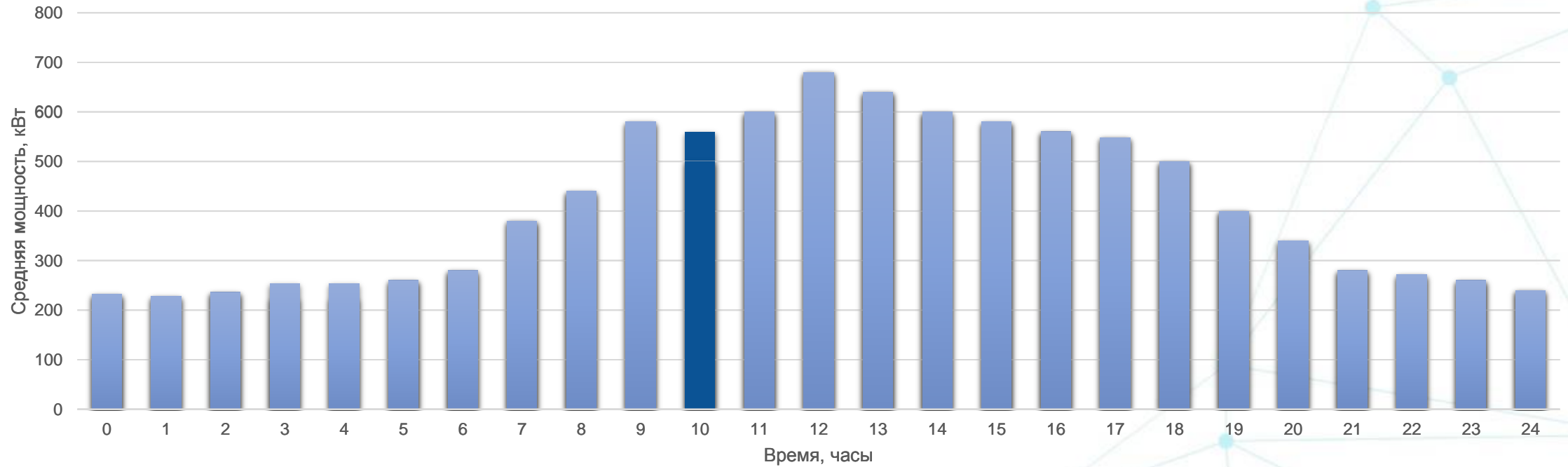
Пятая ценовая категория

Шестая ценовая категория

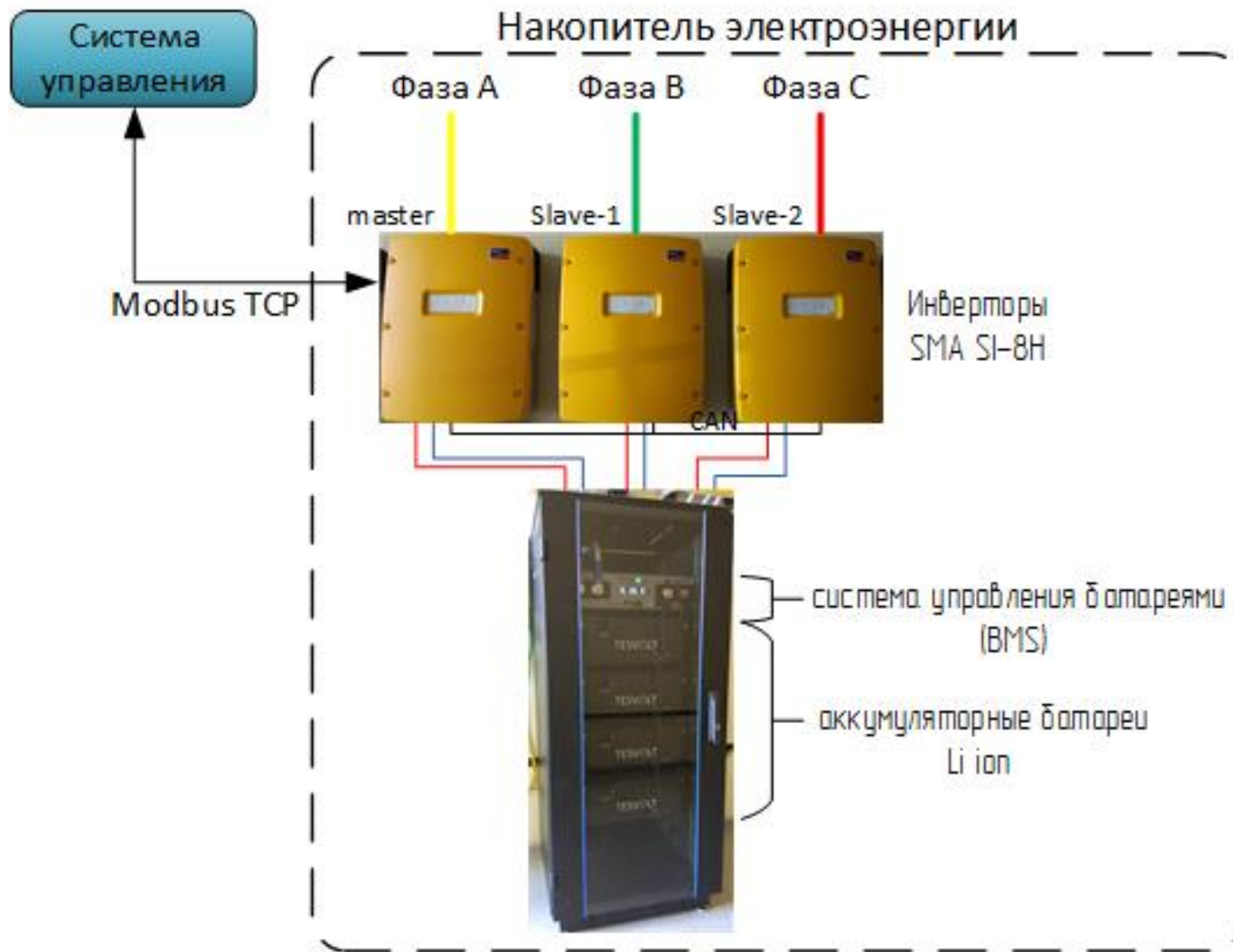
$$W_m C_1$$

$$\underbrace{\sum_{day=1}^{31} \sum_{h=1}^{24} W_h C_h}_{\text{Стоимость электроэнергии – 80\%}} + \underbrace{\frac{\sum P_{peak}}{N_{peak}} C_p}_{\text{Стоимость мощности – 20\%}}$$

СУТОЧНЫЙ ГРАФИК ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ



НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЗДАНИИ



x3



ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Системы накопления электроэнергии

- Системы бесперебойного питания

Energy Storage



Управляемая нагрузка

- Бойлеры
- Нагреватели/отопление/тепловые насосы
- Кондиционирование
- Вентиляция

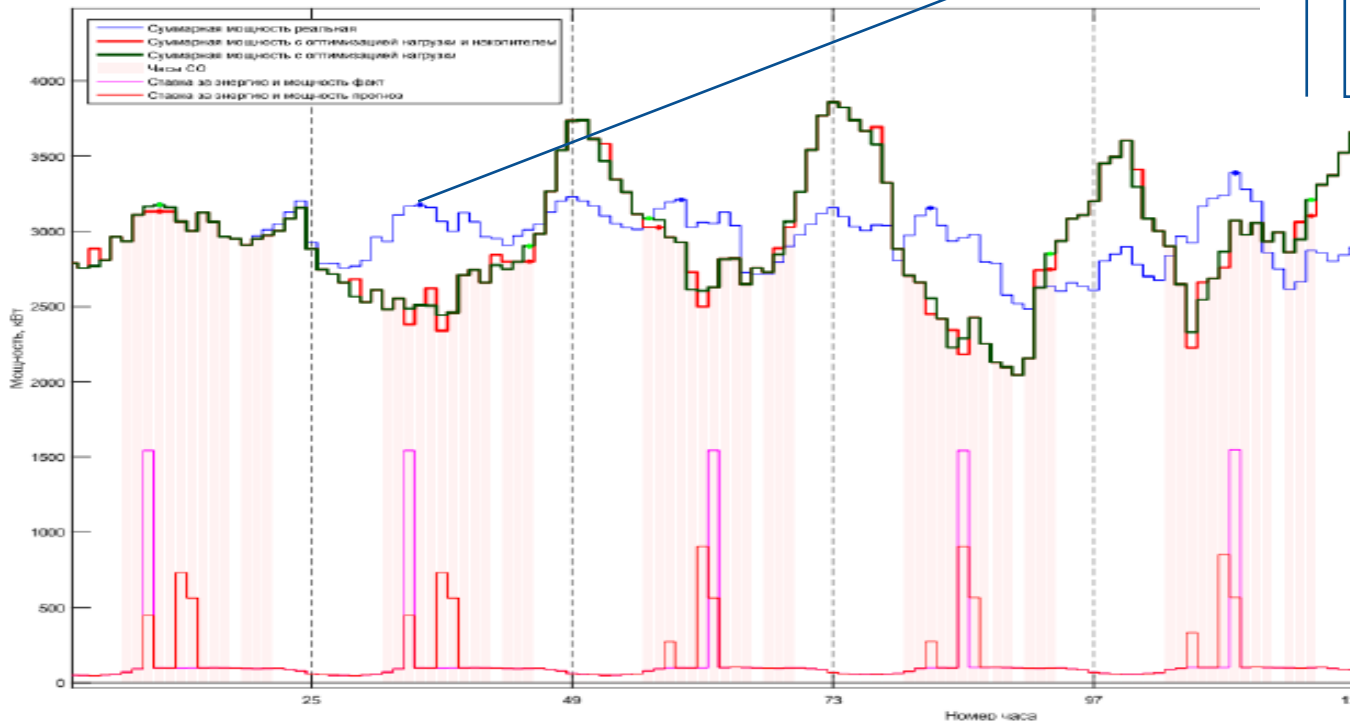
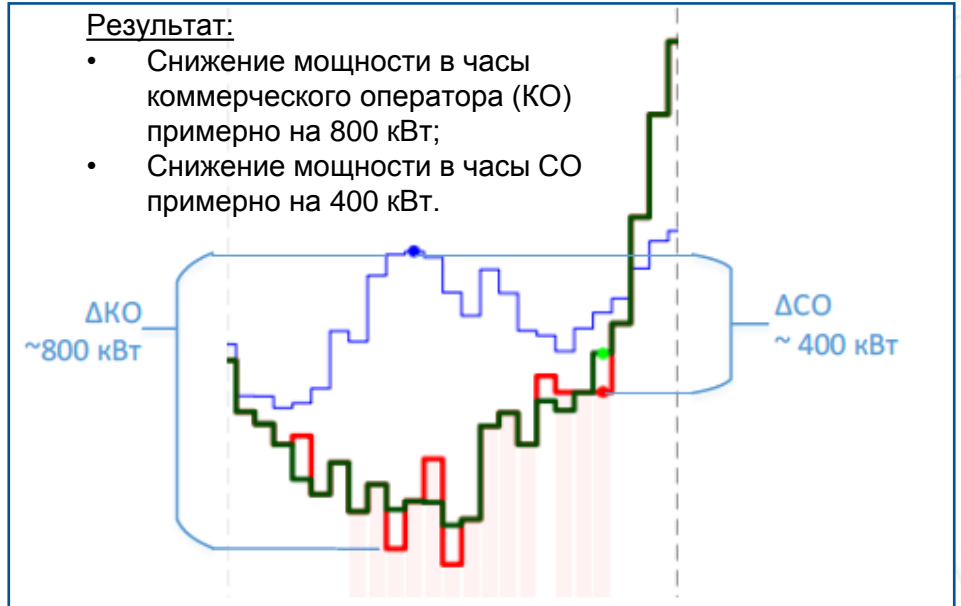
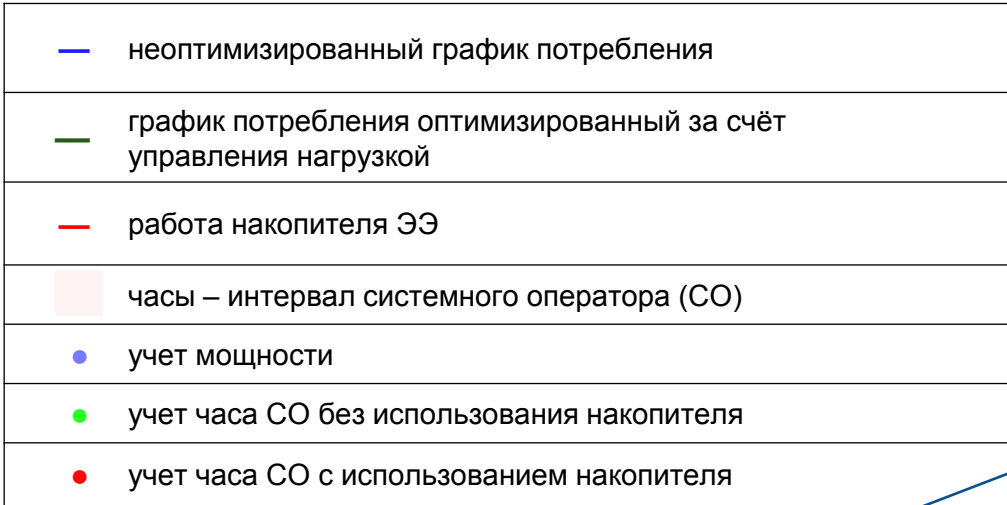


Собственная генерация

- ВИЭ



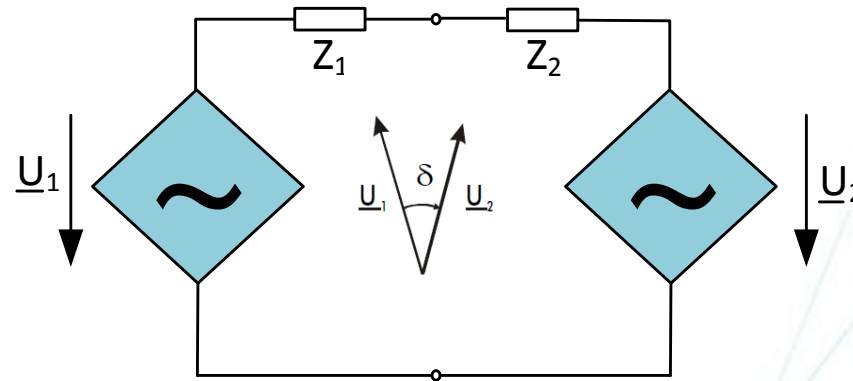
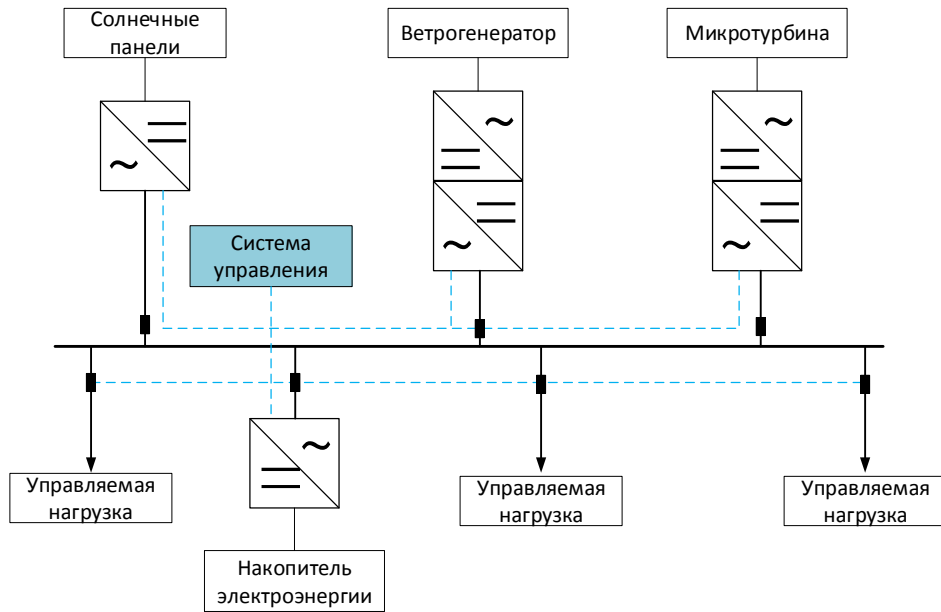
Пример оптимизации режима электропотребления для 4 ценовой категории с управлением нагрузками и применением накопителя электроэнергии



№	Составляющая	Снижение, %
1.	Стоимость электроэнергии	4,5
2.	Стоимость мощности	18,8
3.	Стоимость услуг по передаче электроэнергии	11,0
4.	Полная стоимость	15

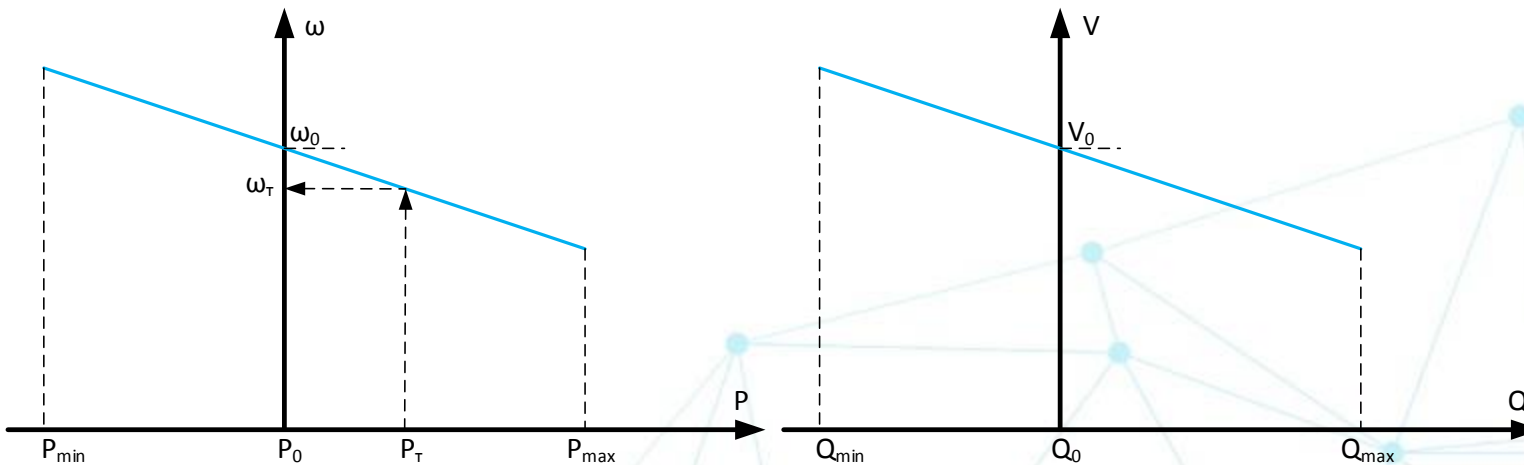
МОДЕЛИРОВАНИЕ MICRO GRID С ВИЭ И НАКОПИТЕЛЯМИ

УПРАВЛЕНИЕ СО СТАТИЗМАМИ



$$P = \frac{U_1 \times U_2}{X} \sin \delta$$

$$Q = \frac{U_1^2}{X} - \frac{U_1 \times U_2}{X} \cos \delta$$



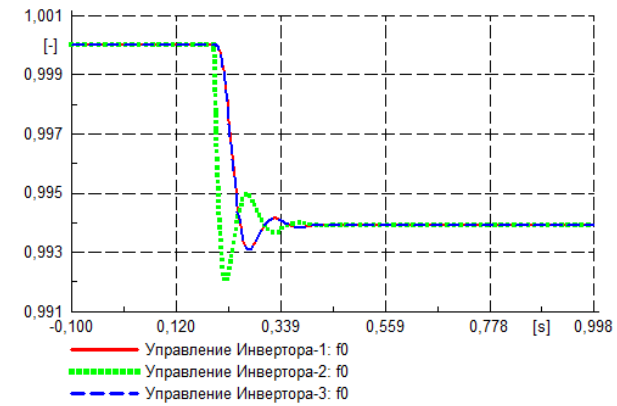
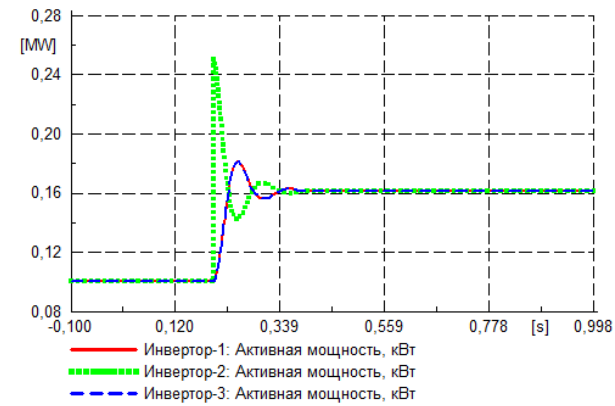
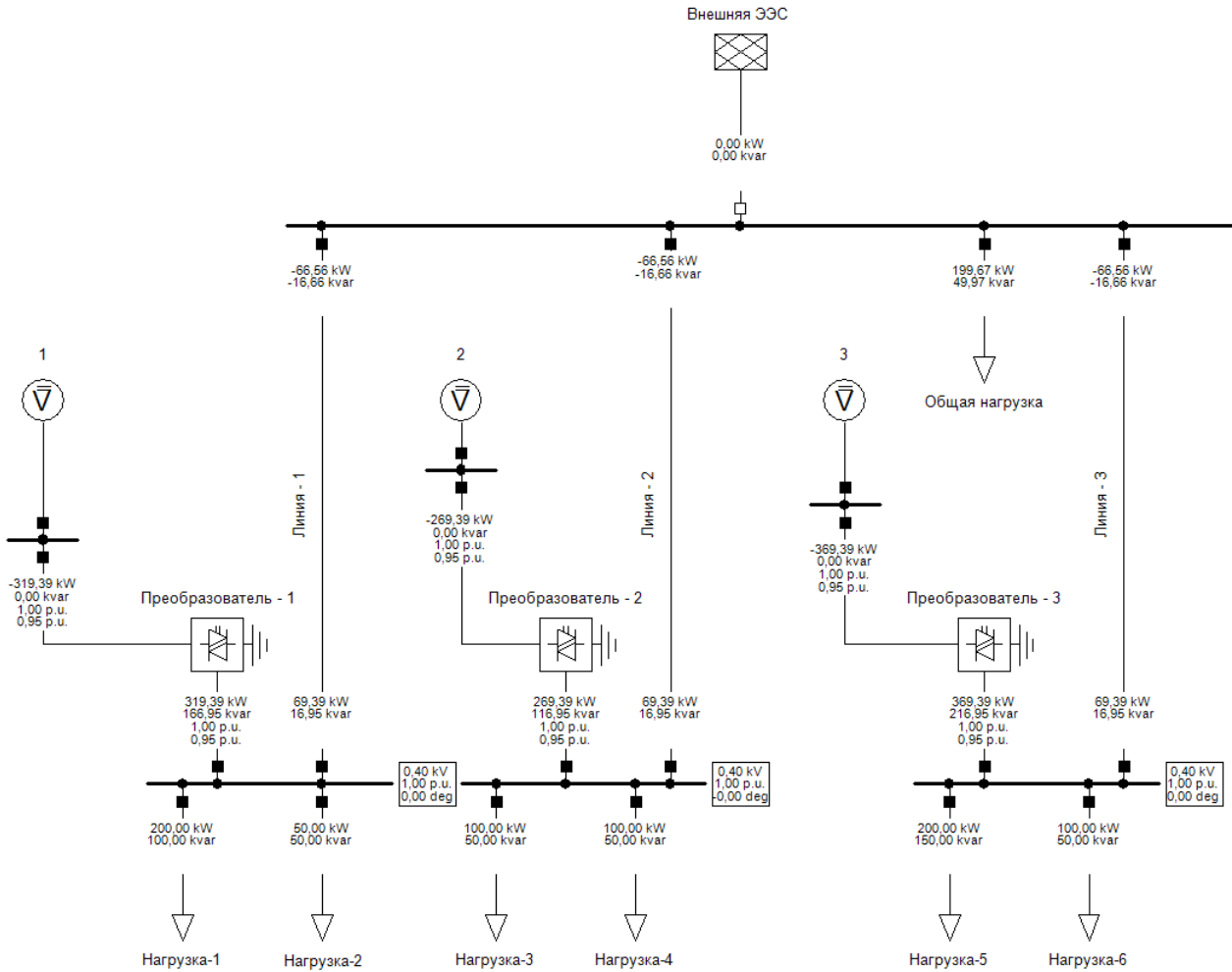
$$\omega^* = \omega_0 - b_p(P - P_0)$$

$$V^* = V_0 - b_q(Q - Q_0).$$

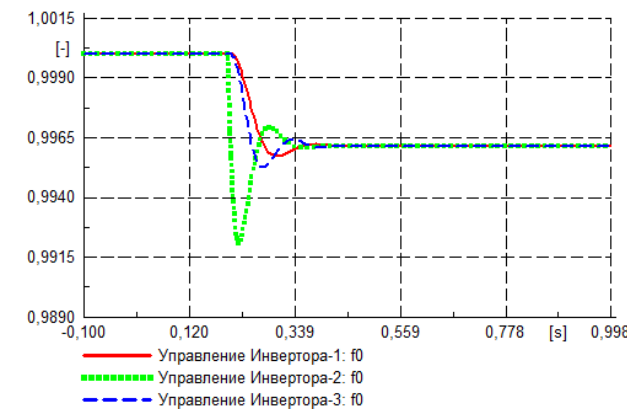
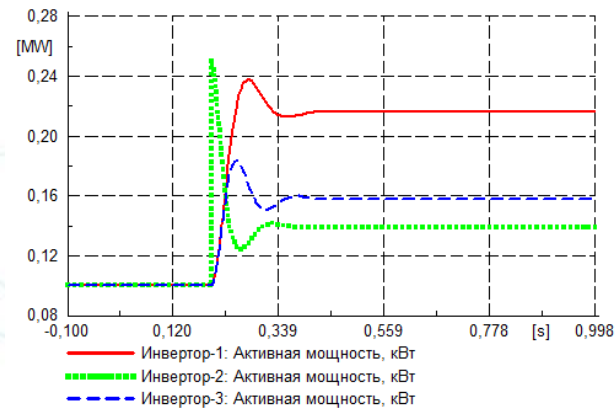
Статизм инвертора по частоте и напряжению

ПРИМЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ МЕЖДУ ИНВЕРТОРАМИ

Распределение мощности при одинаковых статизмах
 $k_1=k_2=k_3=0,03$



Распределение мощности при разных статизмах
 $k_1=0,01$ $k_2=0,03$ $k_3=0,02$



Модель сети

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЕТИ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК

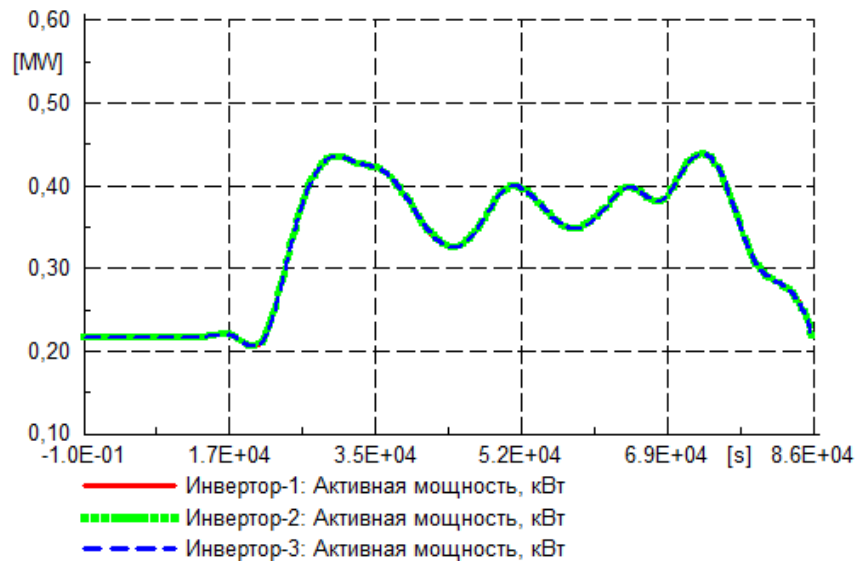
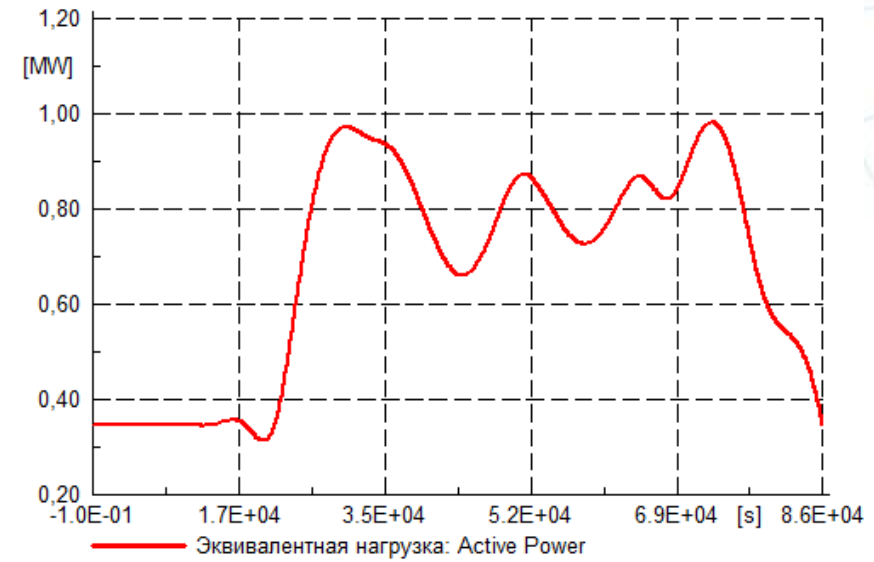
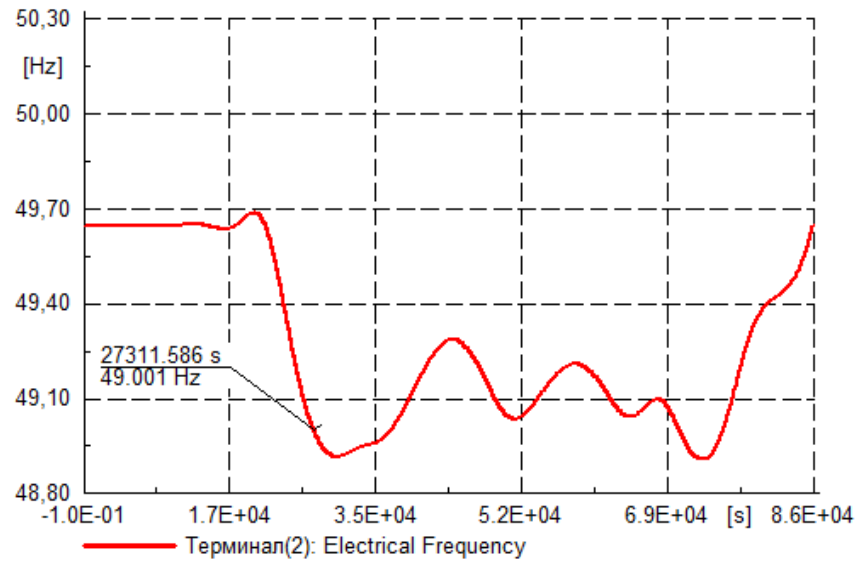
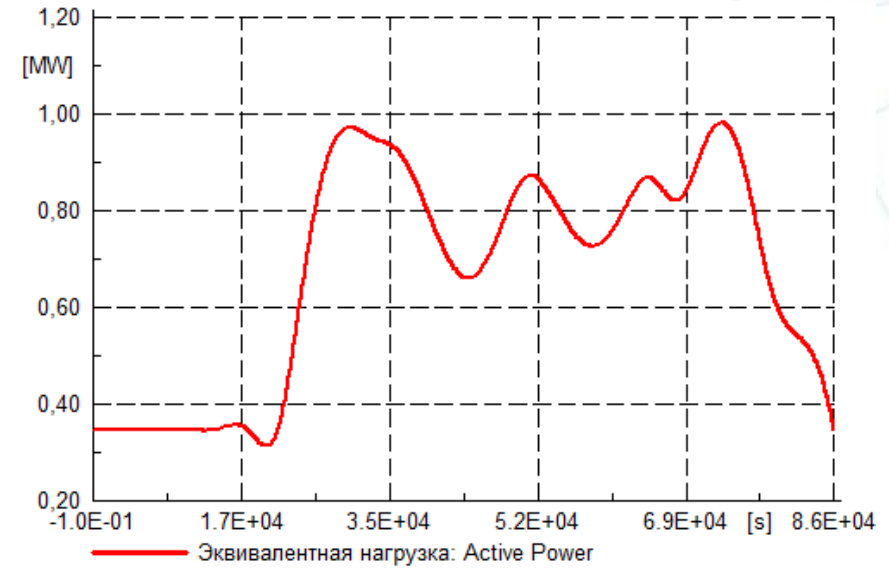
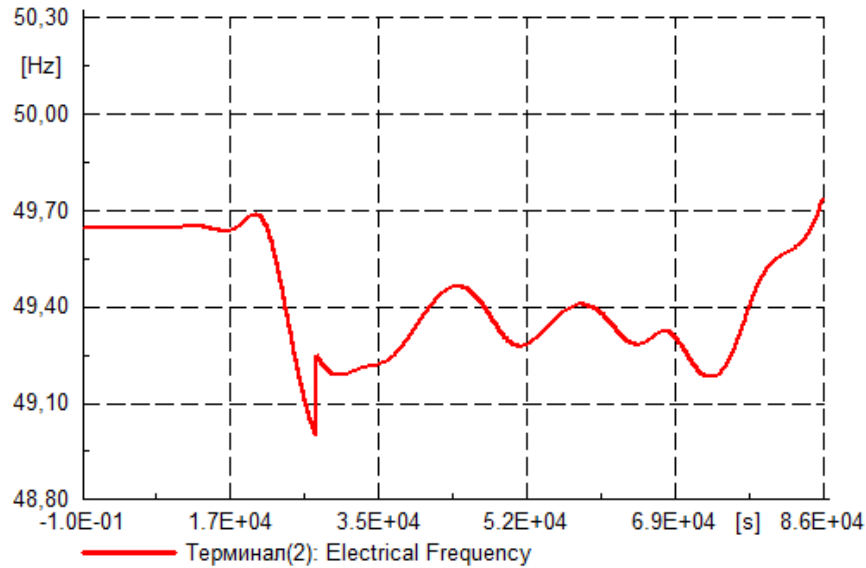


ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ В СЕТИ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

АО «РТСофт»

Тел.: +7 (495) 967-15-05

Факс: +7 (495) 742-68-29

E-mail: rtsoft@rtsoft.ru

Центральный офис:

г. Москва, ул. Никитинская, д. 3

Инженерный дом: г. Москва, ул. Верхняя
Первомайская, д. 51