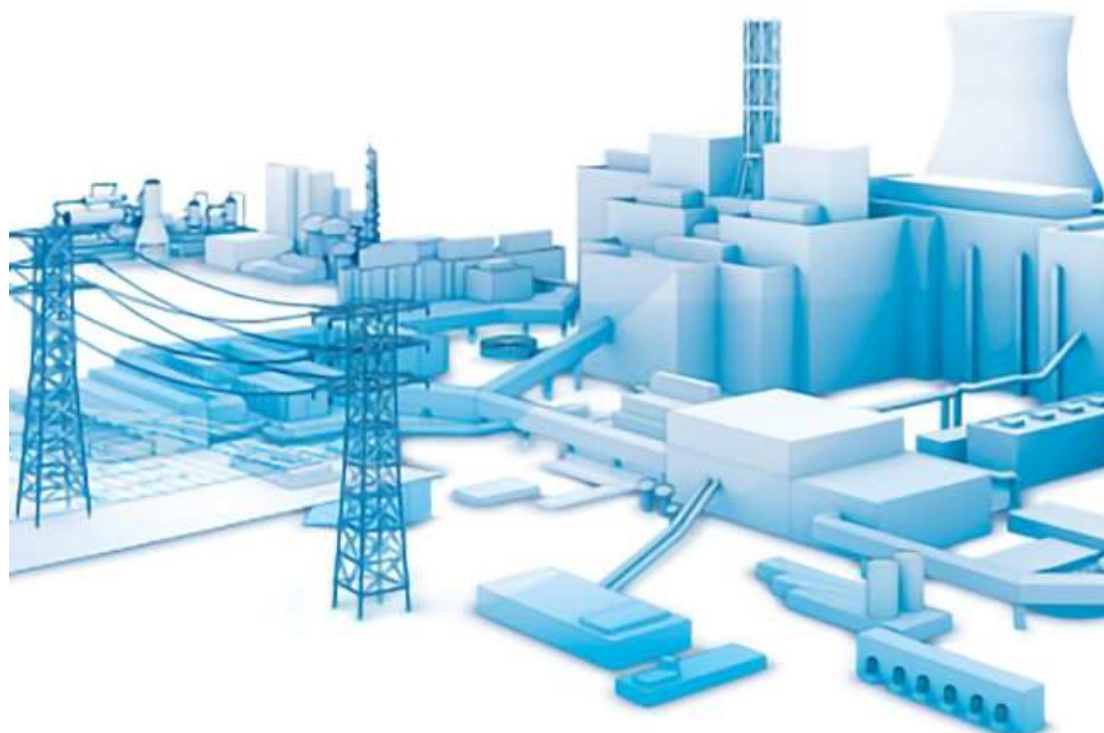


Повышение
энергоэффективности и
обеспечение качества
электроэнергии
в сетях промышленных
предприятий

Введение



Любое промышленное предприятие имеет в своем составе различные электрические нагрузки. В зависимости от типа предприятия соотношения электрических нагрузок могут быть различными, но непременно эта совокупность нагрузок получает от источника как активную (P , кВт) так и реактивную (Q , квар) мощность.

Введение

Электродвигательная нагрузка

В среднем
около 65 % от
всей нагрузки
предприятия



Имеется устойчивая тенденция увеличения количества приводов с частотным регулированием

Введение

Осветительные установки



В среднем около 20 % от всей нагрузки предприятия

Все больше предприятий переходит на светодиодные источники света

Введение

ТЭН-ы и преобразовательные установки



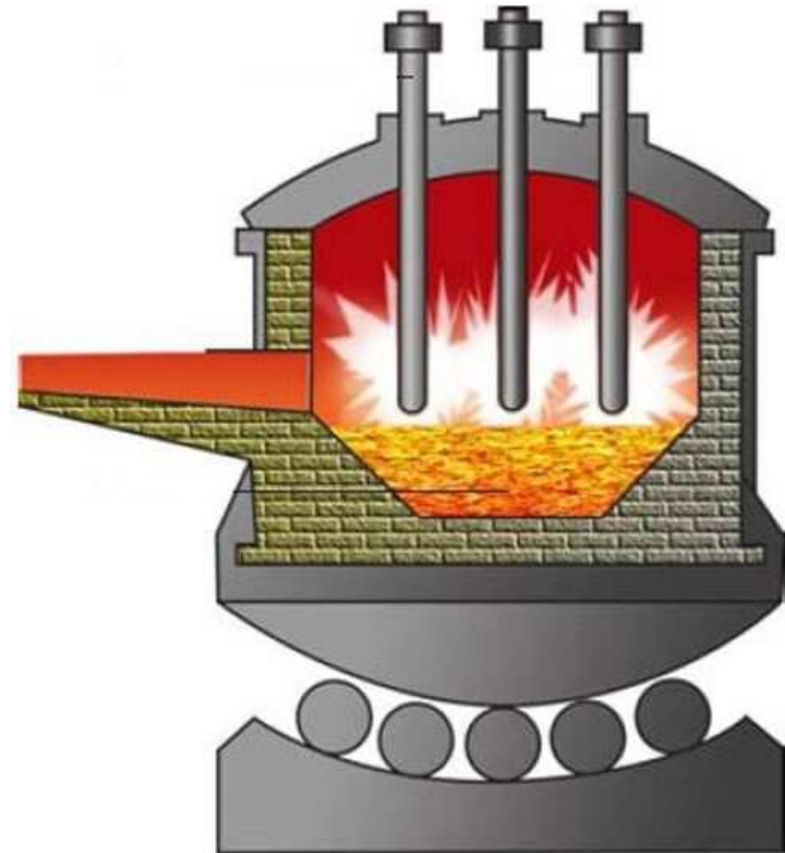
В среднем около 15 % от всей нагрузки предприятия

Все чаще коммутация нагревателей осуществляется полупроводниковыми элементами (как более точный способ регулирования температуры)

Введение

Дуговые установки расплавления металла

Характерны для
металлургических
предприятий и могут
составлять до 90 % от
потребляемой мощности



Введение



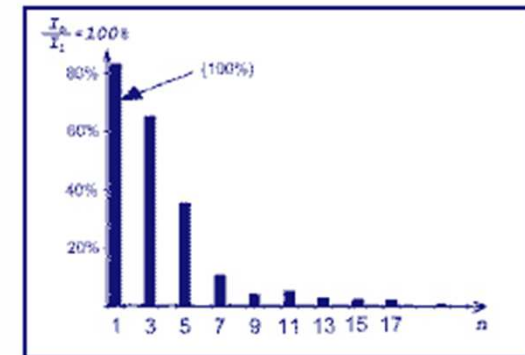
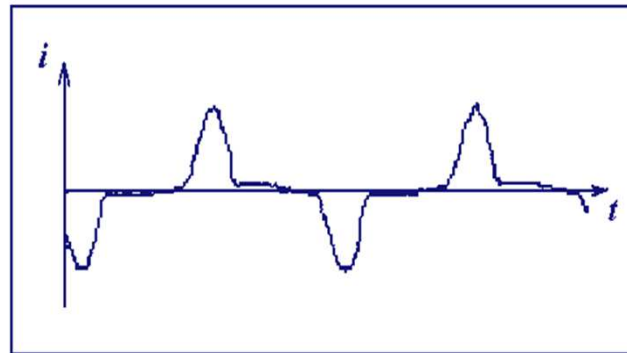
$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \text{ в трехфазной цепи}$$

$$S = U \cdot I \text{ в однофазной цепи}$$

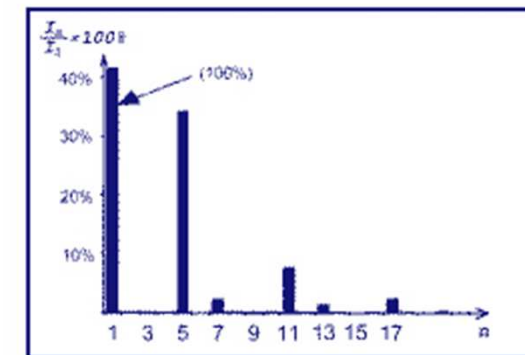
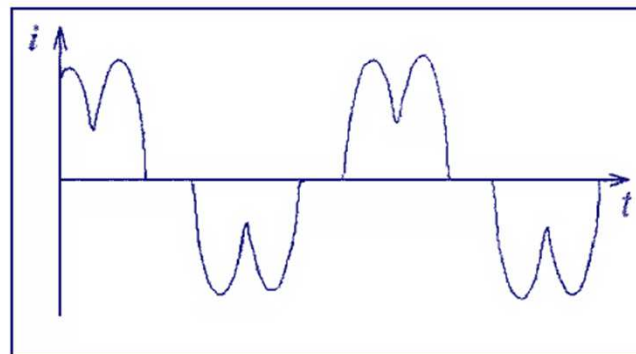
cos φ	1,0	0,99	0,97	0,95	0,94	0,92	0,9	0,87	0,85	0,8	0,7	0,5	0,3
tgφ	0	0,14	0,25	0,33	0,36	0,43	0,48	0,55	0,6	0,75	1,02	1,73	3,18
Q, %	0	14	25	33	36	43	48,4	55	60	75	102	173	318

Введение

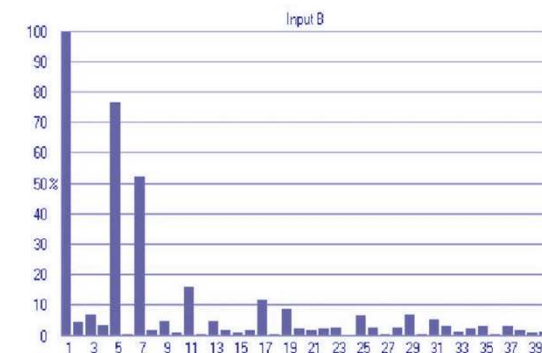
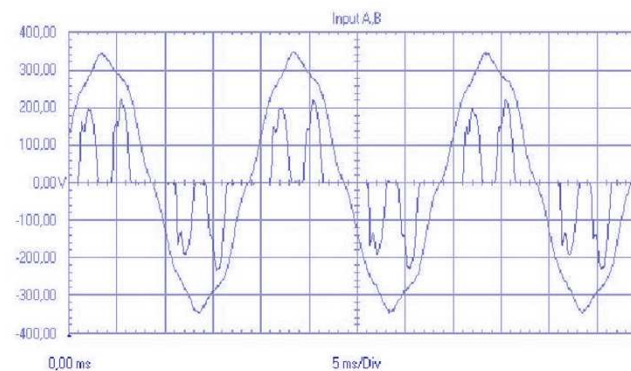
однофазный
выпрямитель



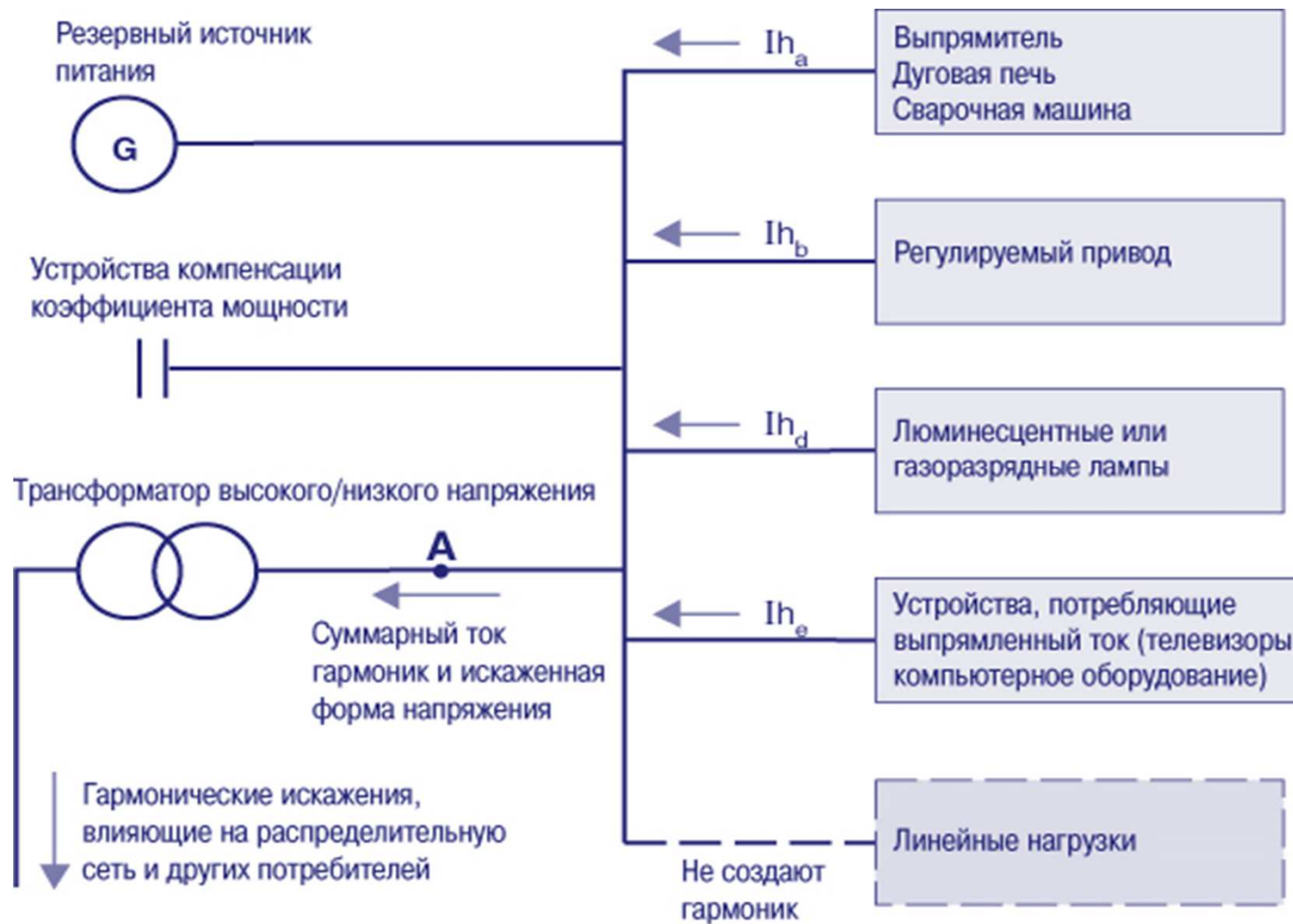
трехфазный
выпрямитель



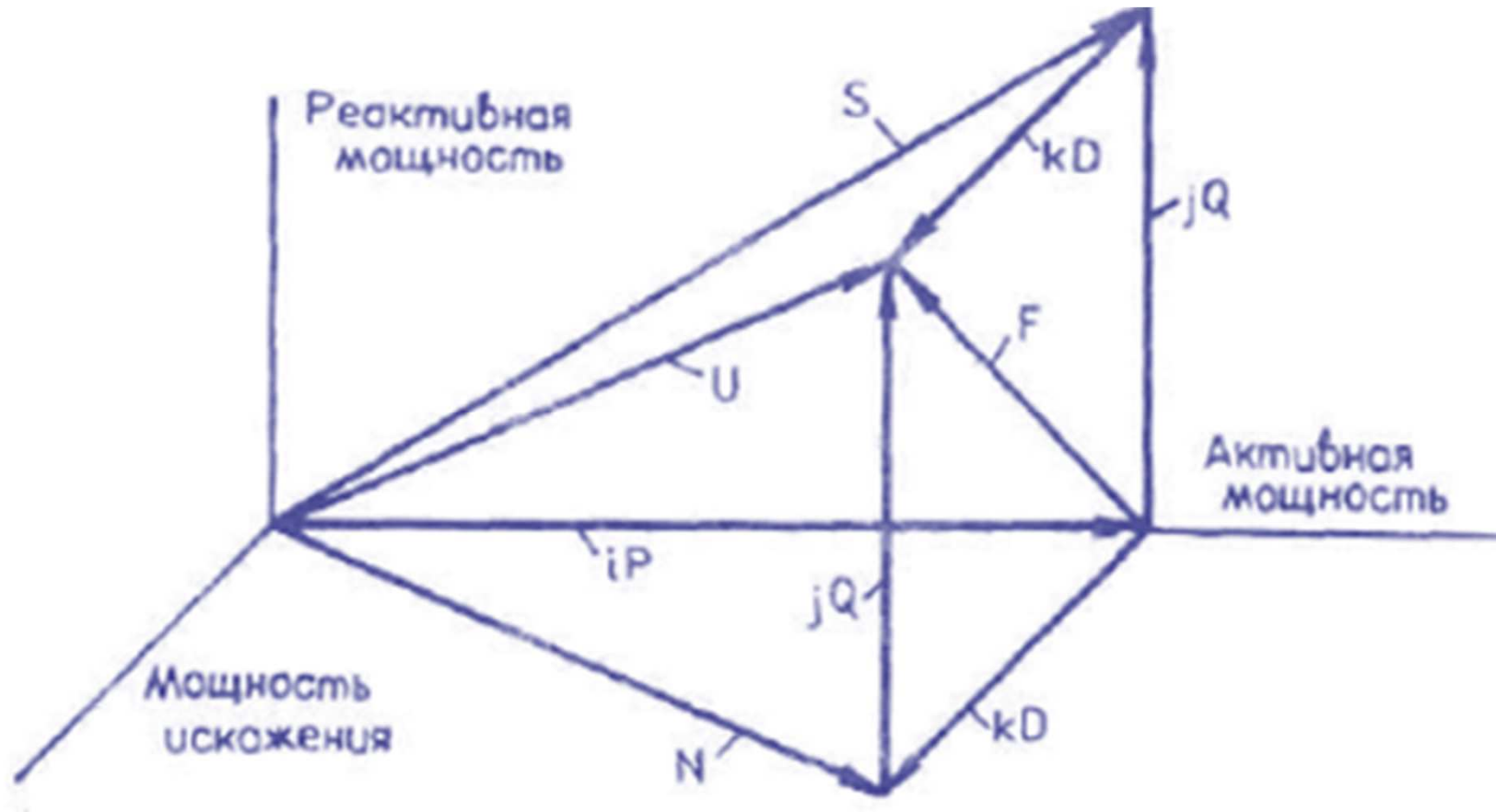
трехфазный
частотный
преобразова-
тель



Введение



Введение



Определение проблем качества ЭЭ



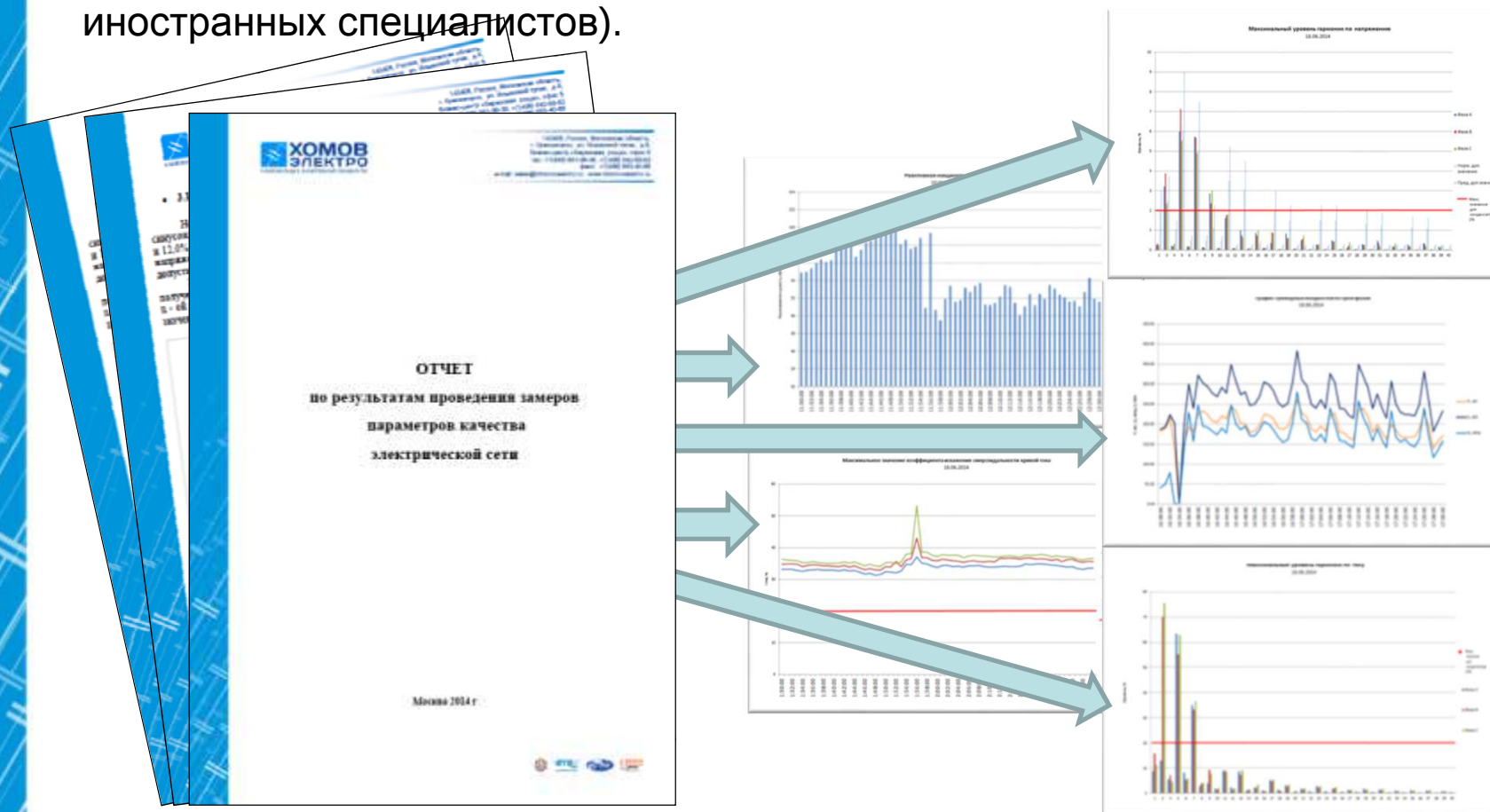
Наша компания предоставляет услуги по замеру показателей качества электроэнергии на объекте заказчика. Измерения проводятся опытными инженерами с помощью сертифицированного японского анализатора качества электроэнергии **HIOKI PW3198**. По результатам замеров выполняется развернутый отчет по полученным данным.



Определение проблем качества ЭЭ



Специалисты компании подготовят подробный отчет по проведенным замерам со всеми необходимыми расчетами и выбором установки компенсации реактивной мощности и(или) фильтрации высших гармоник, для каждой точки контроля ПКЭ (при необходимости с привлечением иностранных специалистов).



Определение проблем качества ЭЭ

Большой комплект токоизмерительных датчиков
(клещи и петли Роговского) **HIOKI PW3198** и гибкая
настройка параметров измерения позволяют выполнять замеры ПКЭ
практически в любых по конфигурации точках контроля.



5 A



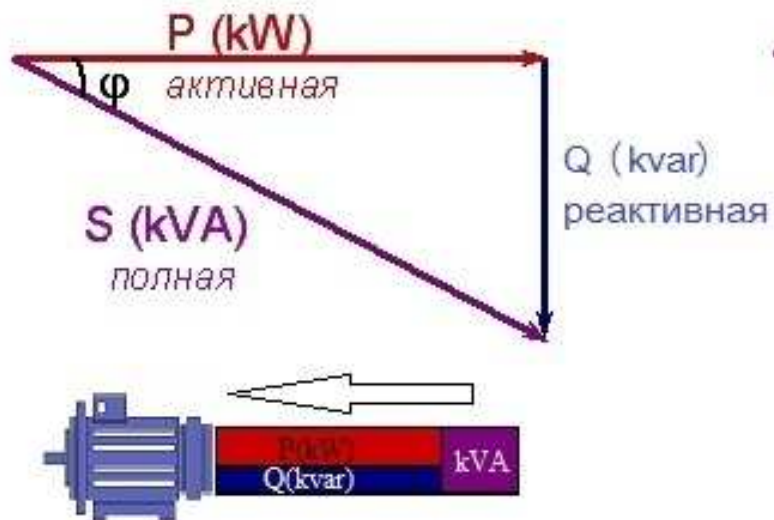
1000 A



500 A, 5000 A

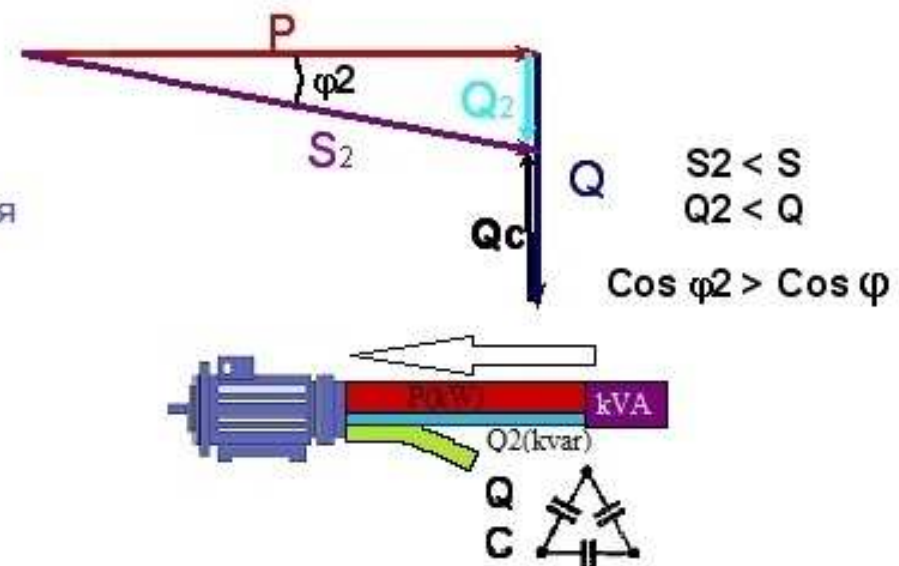
Компенсация реактивной мощности

До компенсации



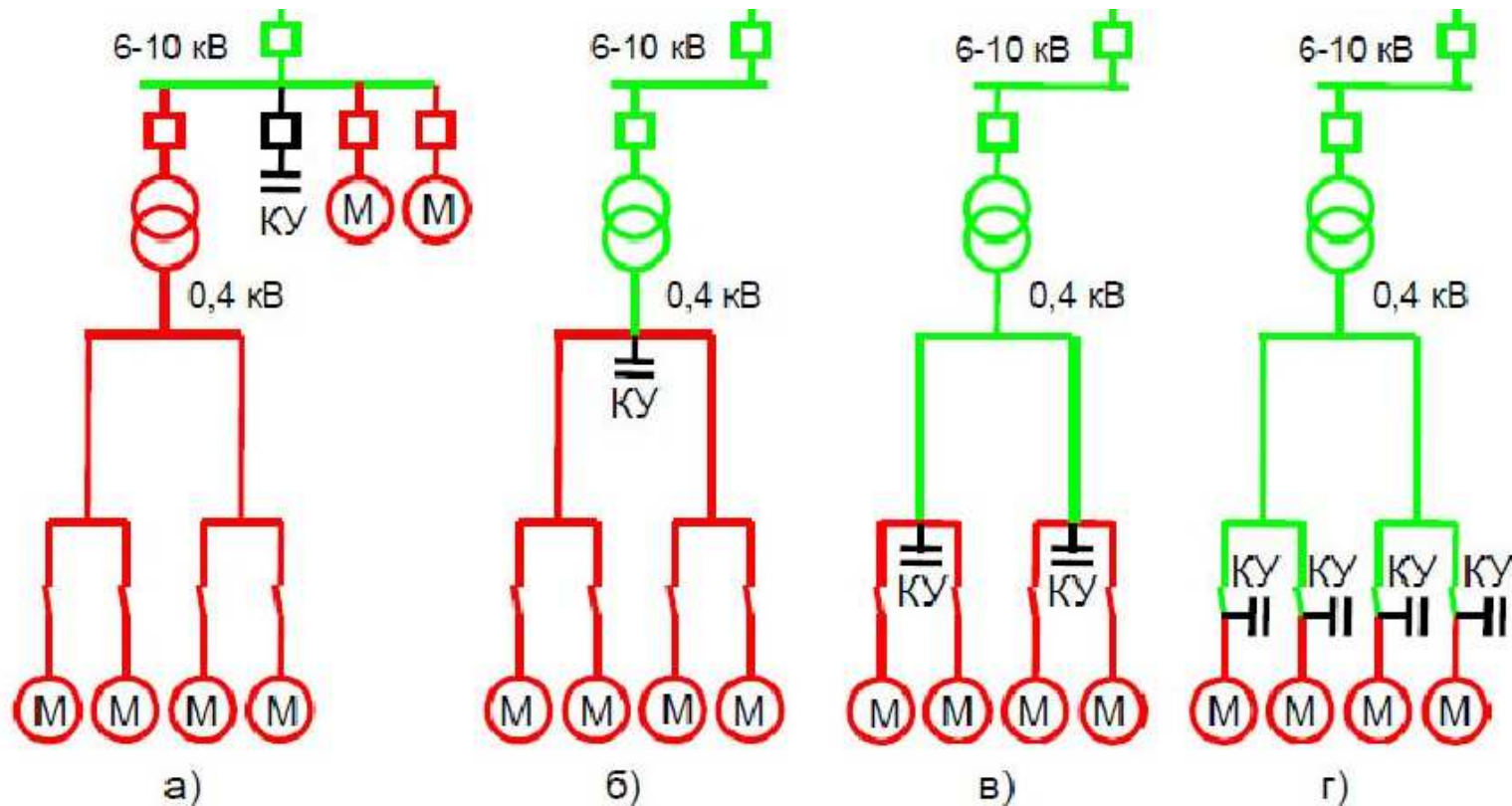
До компенсации
При $U=400\text{В}$, и $\cos\varphi=0,7$
Ток нагрузки $I=618,5\text{ А}$
 $P=300\text{кВт}$
 $Q=306\text{квар}$

После компенсации



После компенсации
При $U=400\text{В}$, и $\cos\varphi=0,97$
Ток нагрузки $I=446,4\text{ А}$
 $P=300\text{кВт}$
 $Q_2=75,2\text{квар}$
 $Q_c=230,8\text{квар}$

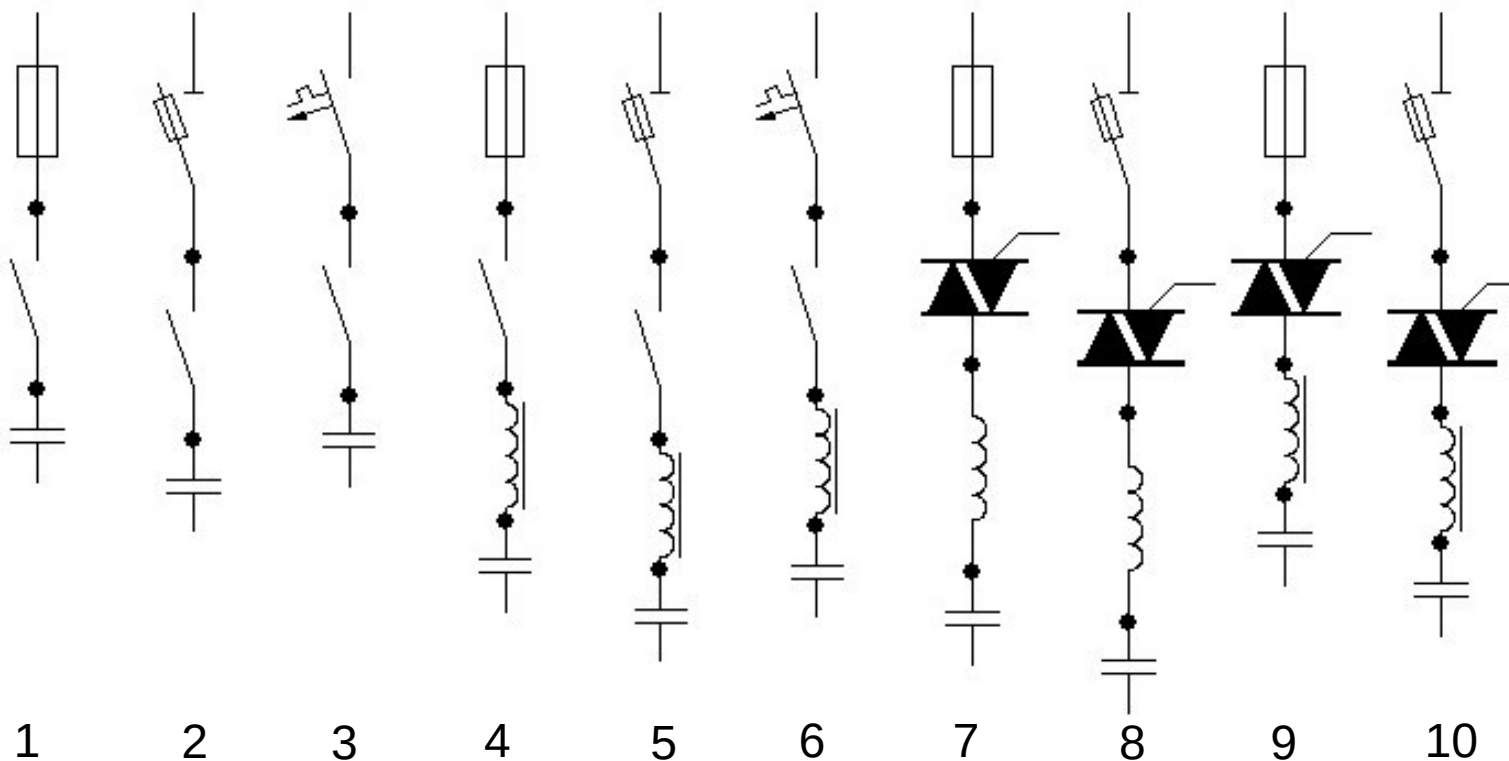
Компенсация реактивной мощности



- а) централизованная на стороне высшего напряжения;
 б) централизованная на стороне низшего напряжения;
 в) групповая;
 г) индивидуальная

— часть сети, загруженная потоками реактивной мощности потребителя;
 — часть сети, разгруженная от потоков реактивной мощности потребителя.

Компенсация реактивной мощности



1-КРМ на ППН
2-КРМ на ПВР
3-КРМ на АВ

4-КРМФ на ППН
5-КРМФ на ПВР
6-КРМФ на АВ

7-КРМТ на ППН
8-КРМТ на ПВР

9-КРМТФ на ППН
10-КРМТФ на ПВР

Компенсация реактивной мощности 0,4-0,69кВ

**ХОМОВ
ЭЛЕКТРО**
компенсация реактивной мощности



Компенсация реактивной мощности 6-10 кВ



Компенсация реактивной мощности 6 -10 кВ



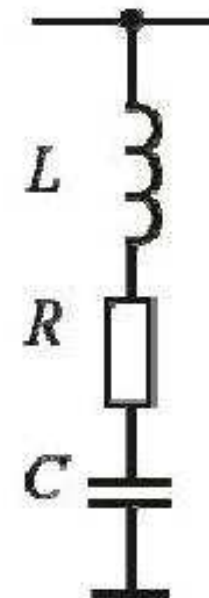
Подбор устройств компенсации



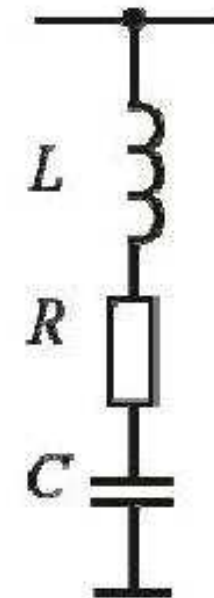
Помимо определения мощности устройства компенсации важной задачей является уточнение параметров сети и нагрузки при которых будет работать устройство компенсации реактивной мощности.

- Характер изменения потребления реактивной мощности в точке установки КРМ;
- Уровни гармонических искажений (THDU; THDI) в сети;
- Необходимость трехфазного регулирования при различных по фазам уровнях потребления реактивной мощности (перекос, неполнофазный режим и т.д.);
- Ограничения по габаритам и климатическое исполнение;
- Дополнительные требования и функционал (интерфейсы, внешние сигналы, блокировки и т.д.).

Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



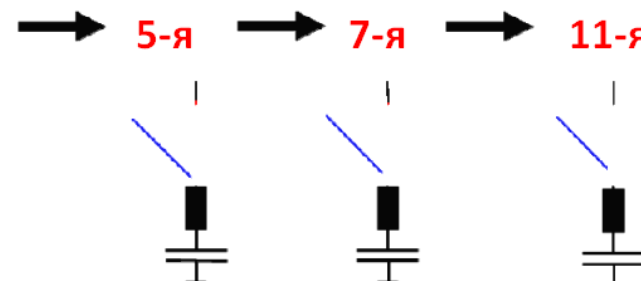
Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)

Главное преимущество пассивных резонансных фильтров перед активными — ЭТО СТОИМОСТЬ,
а главный недостаток — это необходимость длительного тщательного анализа сети при проектировании для выбора правильного решения.

Составной фильтр, образованный несколькими контурами, представляет собой сложную резонансную систему, в которой необходимо учитывать взаимное влияние сопротивлений ветвей фильтра и внешней сети.

Еще одним минусом, а точнее особенностью многоконтурных пассивных фильтров является последовательность включения контуров фильтрации, по правилу «LIFO...последним вошел – первым вышел...»

Включение



Отключение



Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



Пассивные фильтры широко используются во многих прикладных задачах. Однако, им присущи следующие недостатки:

- ✓ Пассивные фильтры не адаптируются к изменяющимся условиям системы и остаются неизменными после их установки в системе. Типоразмер и резонансная частота не могут быть легко изменены.*
- ✓ Изменение режима работы системы может привести к расстройке фильтра и вызвать увеличение искажений.*
- ✓ На расчет пассивного фильтра оказывает влияние полное сопротивление источника питания. При грамотном расчете фильтра его полное сопротивление должно быть меньше сопротивления источника. Это может привести к большому типоразмеру фильтра в мощной системе с низким импедансом источника, что проявится в чрезмерной компенсации реактивной мощности. Эта излишняя компенсация может вызвать перенапряжение при включении и понижение напряжения при отключении пассивного фильтра.*

Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



- ✓ *Конструкция пассивных фильтров содержит большое количество элементов, и выход из строя / повреждения некоторых элементов могут привести к изменению его резонансных частот. Это может стать причиной увеличения искажений в распределительной сети выше допустимых пределов.*
- ✓ *В мощных фильтрах могут возникать существенными потери из-за наличия резистивных элементов.*
- ✓ *Параллельный резонанс, обусловленный взаимодействием источника питания с фильтром, может вызвать усиление некоторых характеристических и нехарактеристических гармоник. Эти проблемы определяют ограничения для разработчика при выборе резонансной частоты для избежания таких резонансов.*
- ✓ *Типоразмер демпфированного фильтра становится большим при работе на частоте основной гармоники и гармонических частотах.*

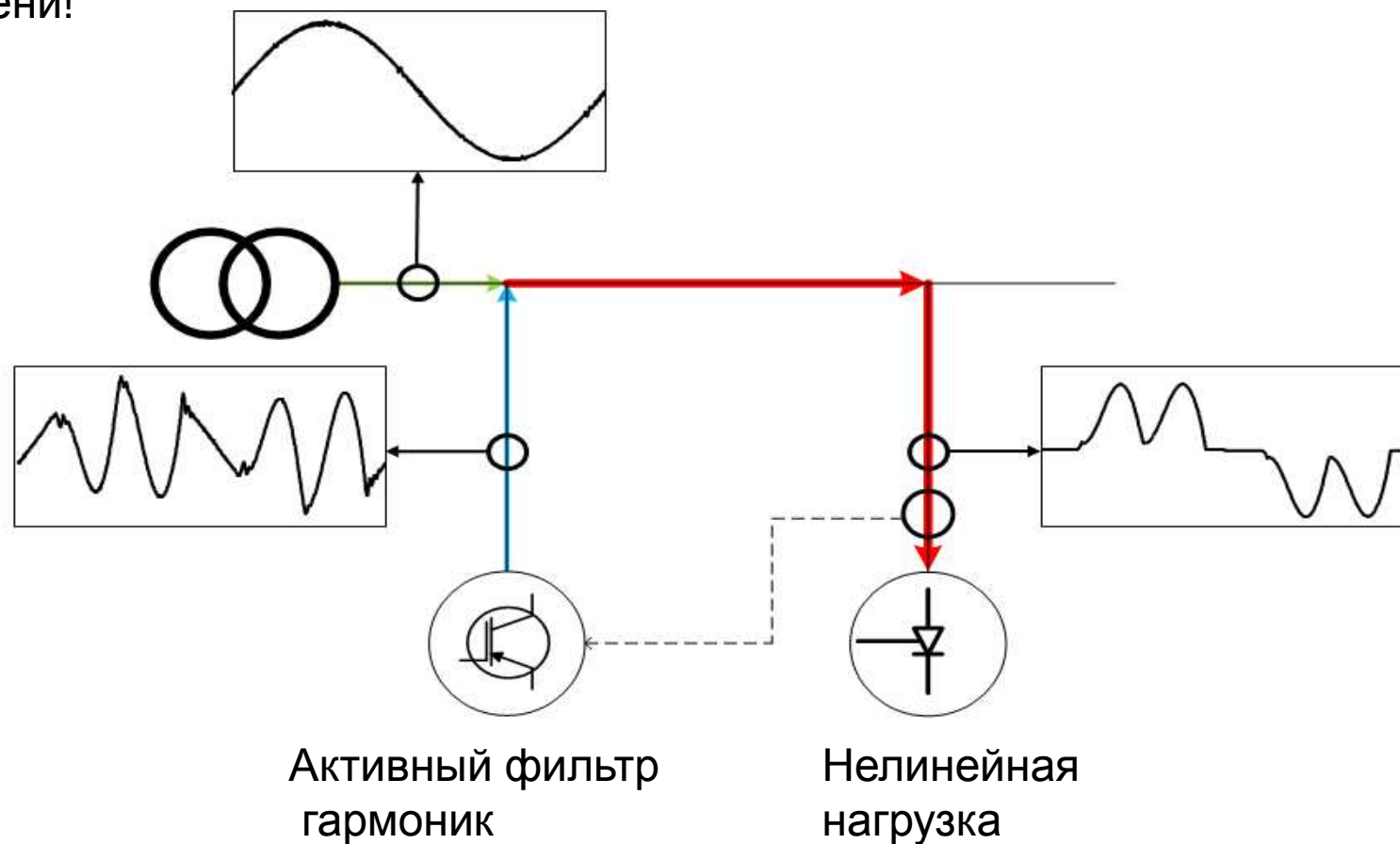
Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



- ✓ *Влияние внешних условий, такие как окисление, износ, температура, приводят к расстройке фильтров случайным образом.*
- ✓ *В некоторых случаях наличие даже небольшой составляющей постоянного тока и гармонического тока может вызвать насыщение индуктивностей фильтра.*
- ✓ *Для подключения и отключения пассивных фильтров требуется специальное коммутирующее устройство, чтобы избежать коммутационных переходных процессов.*
- ✓ *В некоторых случаях заземленная нейтраль соединенных в звезду конденсаторных батарей может вызвать усиление токов третьей гармоники.*
- ✓ *В пассивных фильтрах требуются специальные защитные и контрольно-измерительные устройства.*

Активный фильтр гармоник (АФГ)

Устройство подключается параллельно с нагрузкой, подлежащей компенсации. Устройство можно расценивать как управляемый источник тока, который обеспечивает любую форму тока в режиме реального времени!



Активный фильтр гармоник (АФГ)



Функции:

Устранение гармонических токов и напряжений в режиме реального времени;

–Коррекция общего коэффициента мощности в режиме реального времени;

–Компенсация реактивной мощности в режиме реального времени;

–Устранение колебаний напряжения и фликер;

–Балансировка тока нагрузки;

–Устранение проблем, вызванных дисбалансом напряжения;

Модуль АНФ, совместимый для установки в стандартные шкафы (по умолчанию Ritall)

- Модуль АНФ может быть частью РУ-НН вместе с модулями компенсации реактивной мощности, ЧРП двигателя, питающими линиями и т. д.;

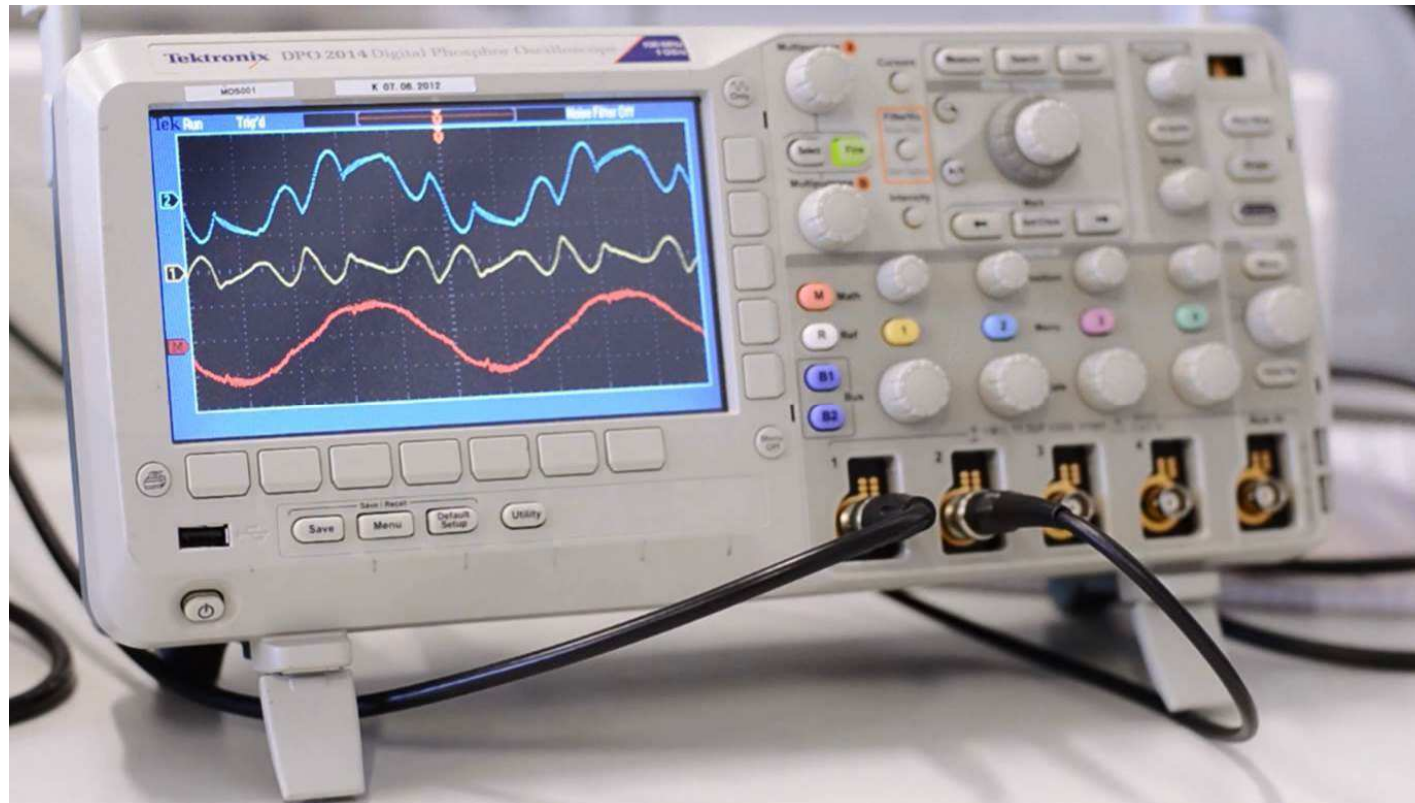
- Физические размеры и крепления совместимы с большинством стандартных размеров шкафов;

- Расположение воздушного потока оптимизировано для легкой интеграции;

- Не требуются внешние источники питания или контроллеры, только кабели питания, сигналы от внешних трансформаторов тока и ЧМИ;



Активный фильтр гармоник (АФГ)



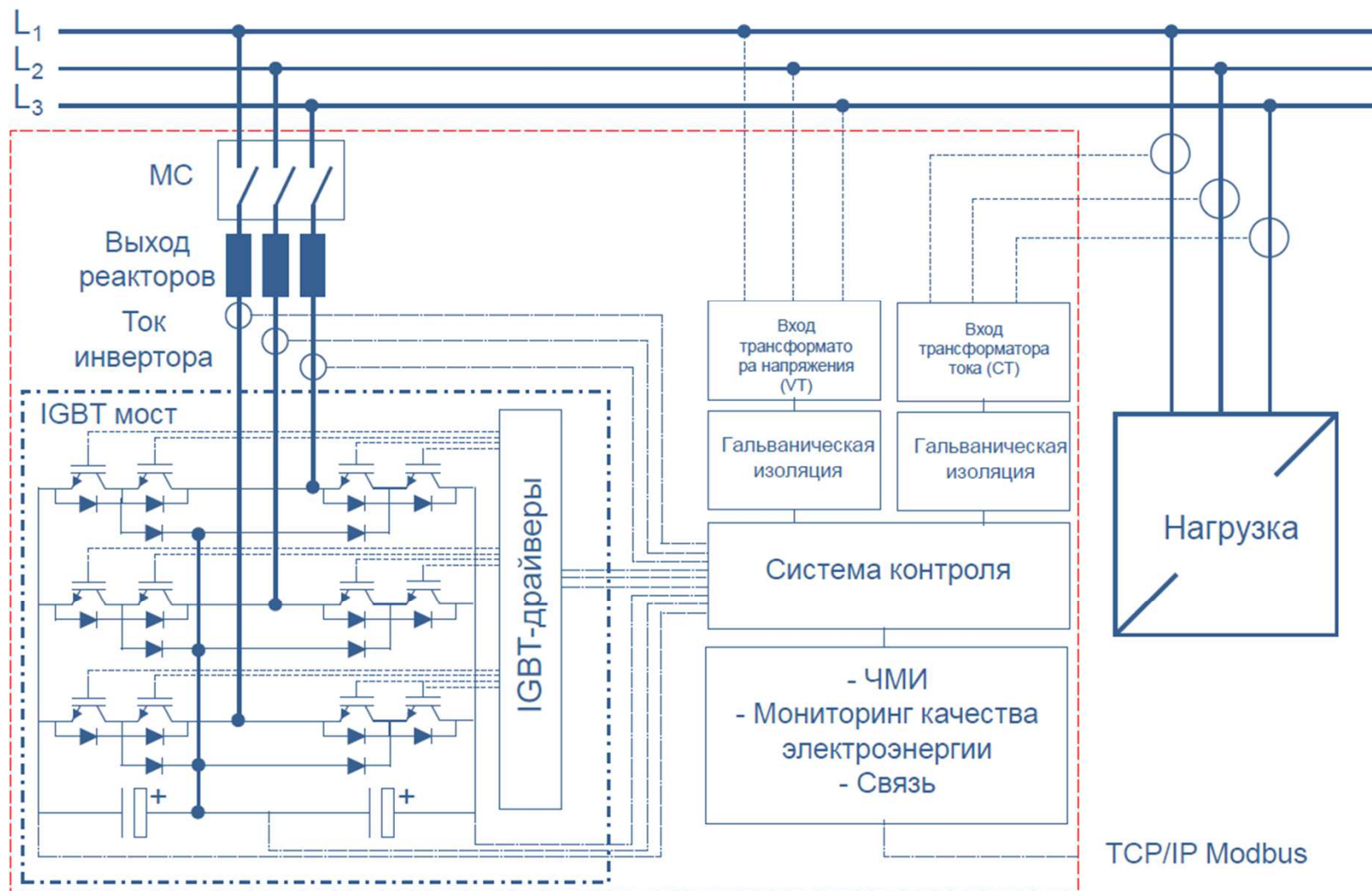
1 – Форма тока нелинейной нагрузки

2 – Форма тока активного фильтра гармоник (компенсатора ВГ)

3 – Результирующая форма тока (скомпенсированная)

Активный фильтр гармоник (АФГ)

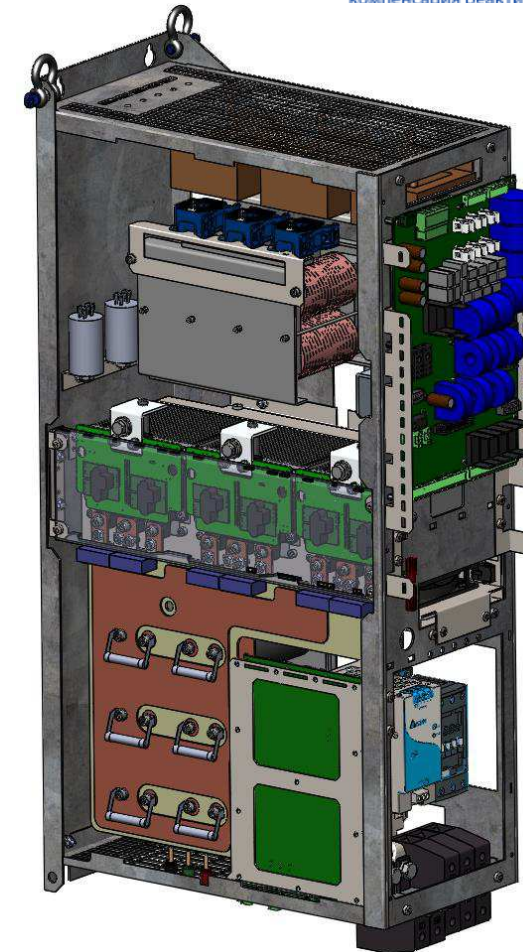
Структура АФГ (MERUS POWER)



Активный фильтр гармоник (АФГ)



Выполнен в
модульной конструкции



Внутренняя
компоновка модуля

Активный фильтр гармоник (АФГ)



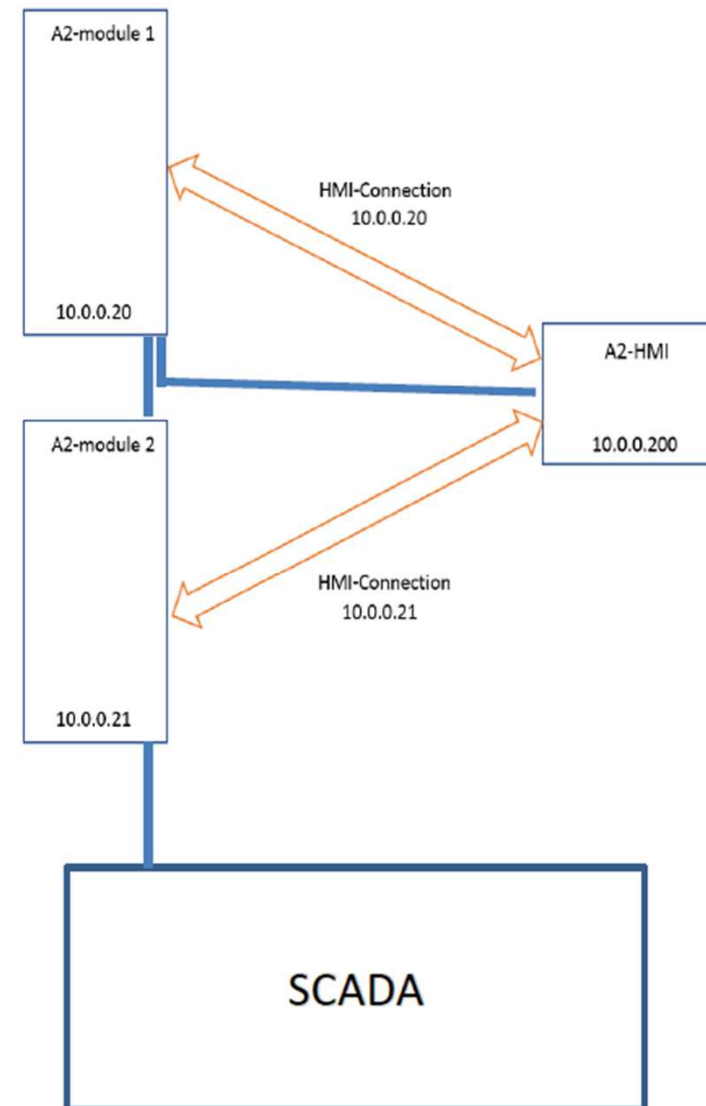
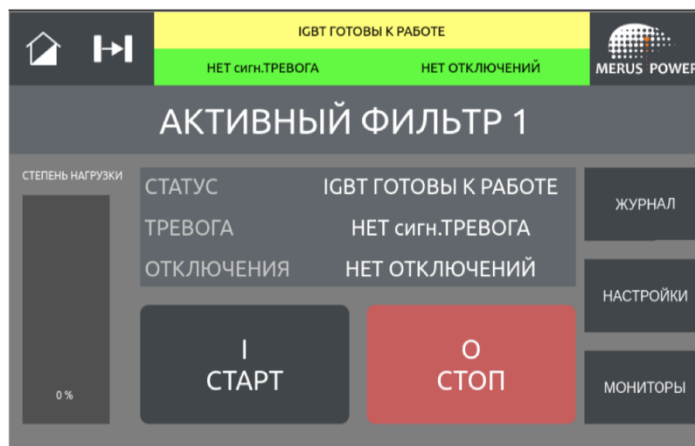
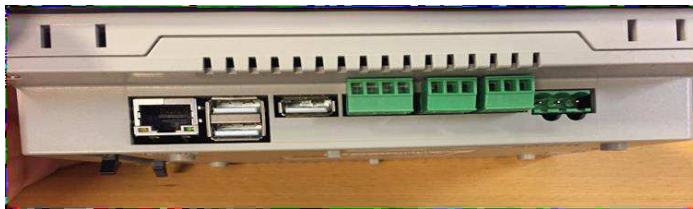
Модули подключаются параллельно, располагаются в одном или нескольких шкафах (или имеющемся корпусе РУ-0,4) и работают под управлением общей панели НМІ

Активный фильтр гармоник (АФГ)

В комплект поставки входят: модуль активного фильтра и ЧМИ



Активный фильтр гармоник (АФГ)

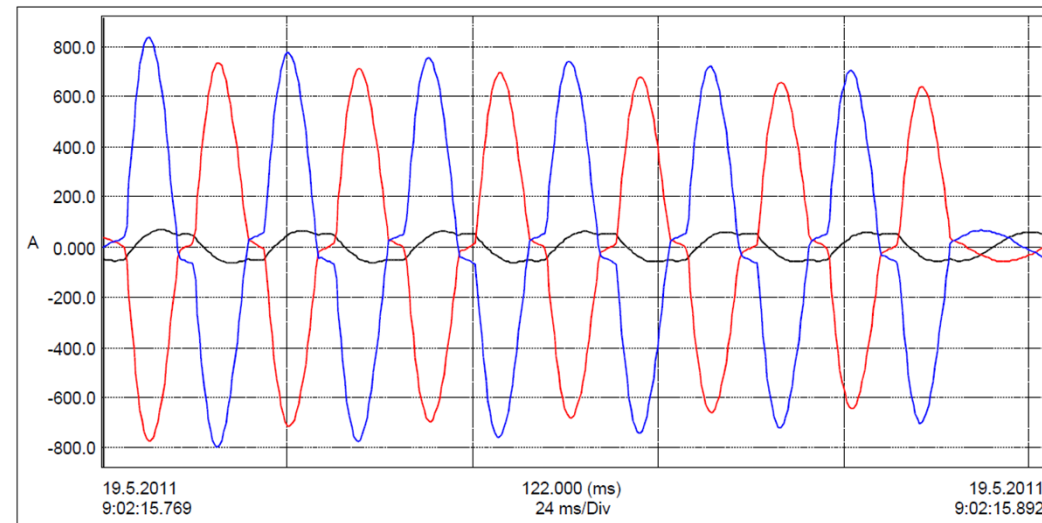


Реализованные проекты АФГ



Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа

Без активного фильтра



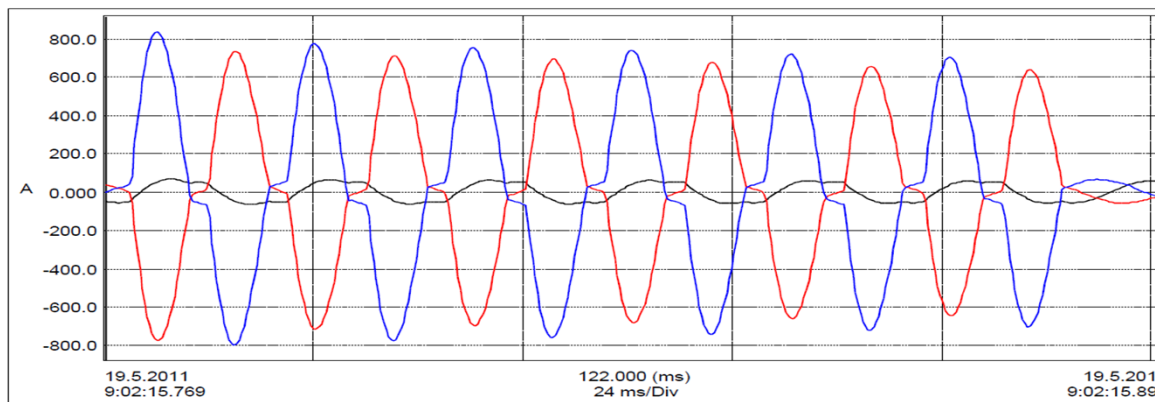
Нагрузка имеет однофазное подкл-е (сварочный трансформатор)

- Несоответствие нагрузки техусловиям подключения
- Повышенный уровень дозы Фликера (мерцание освещения)
- Резкопеременная нагрузка
- Значительный дисбаланс нагрузки

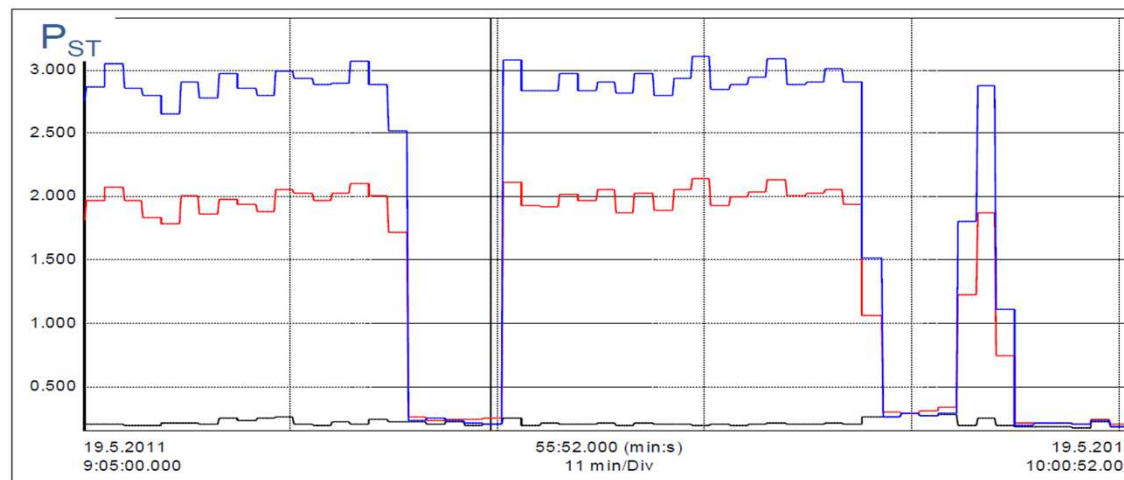
Реализованные проекты АФГ

Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа

Без активного фильтра



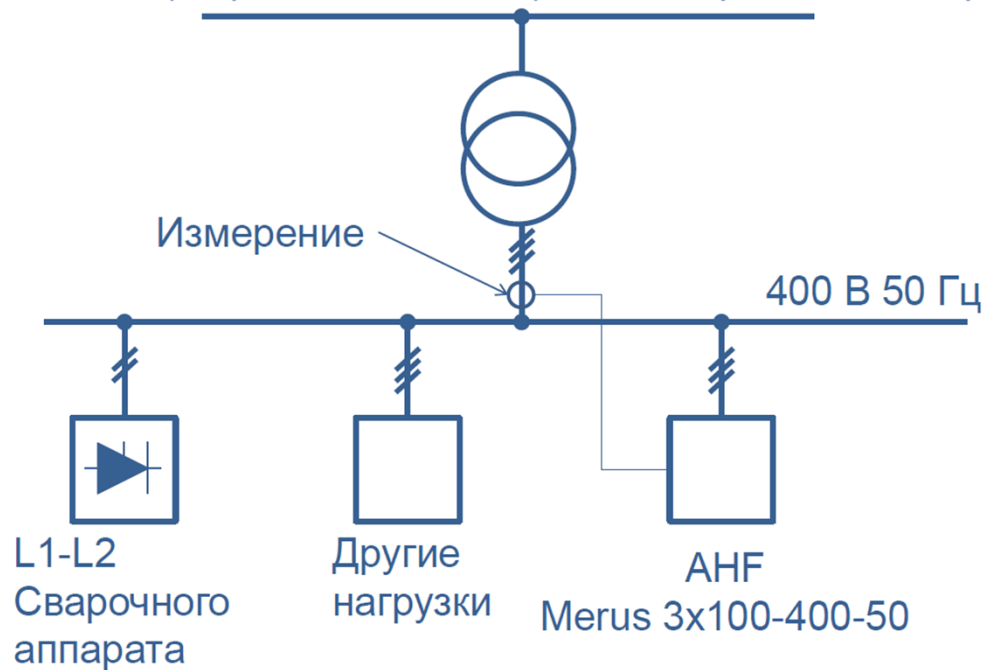
Кратковременная доза мерцания (P_{st}) - без компенсатора



Реализованные проекты АФГ

Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа

Компенсация реактивной мощности сварочного аппарата

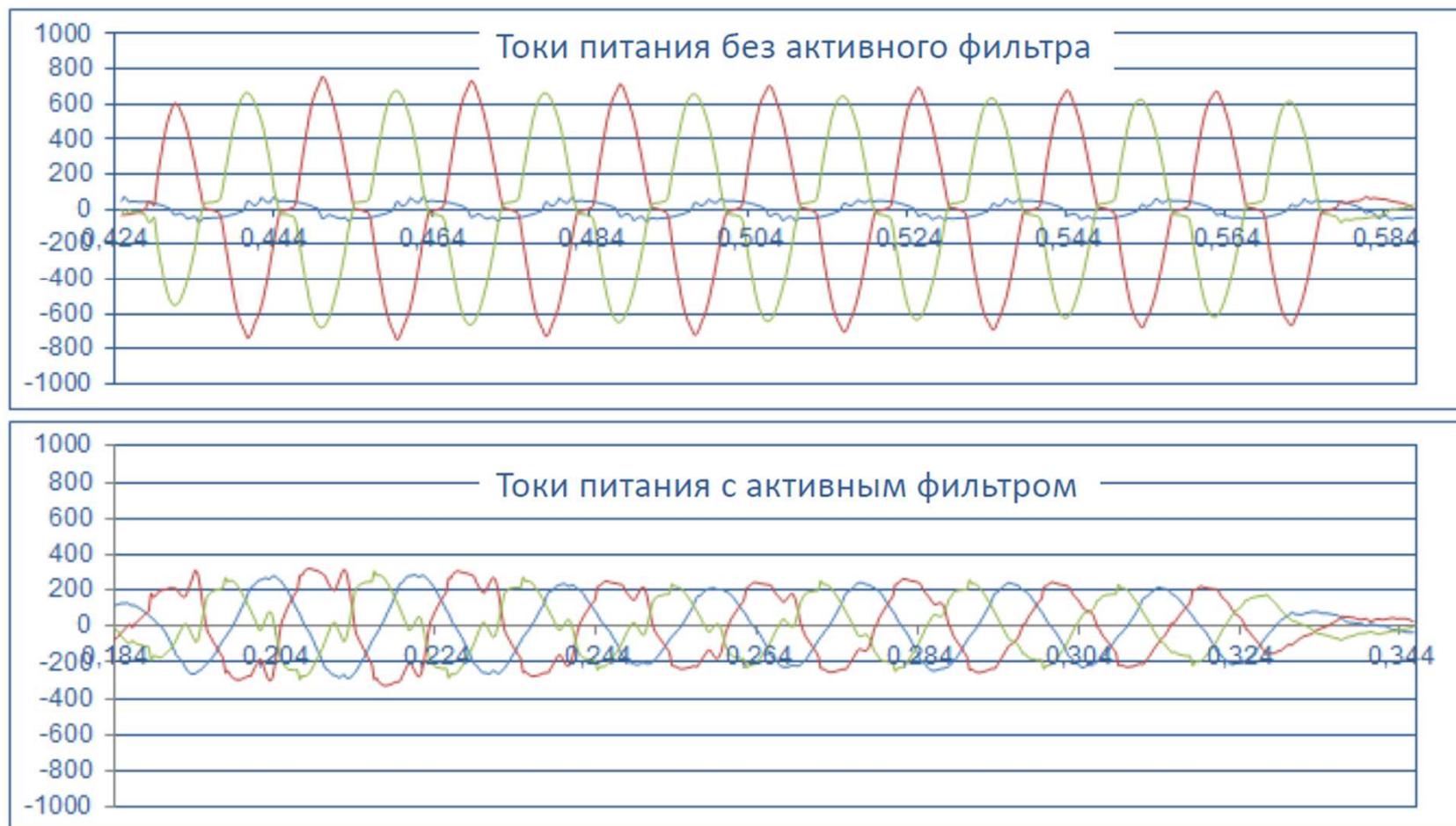


Было предложено 3 модуля АФГ 100Ампер

Режим работы АФГ: «Все гармоники и реактивная мощность»

Реализованные проекты АФГ

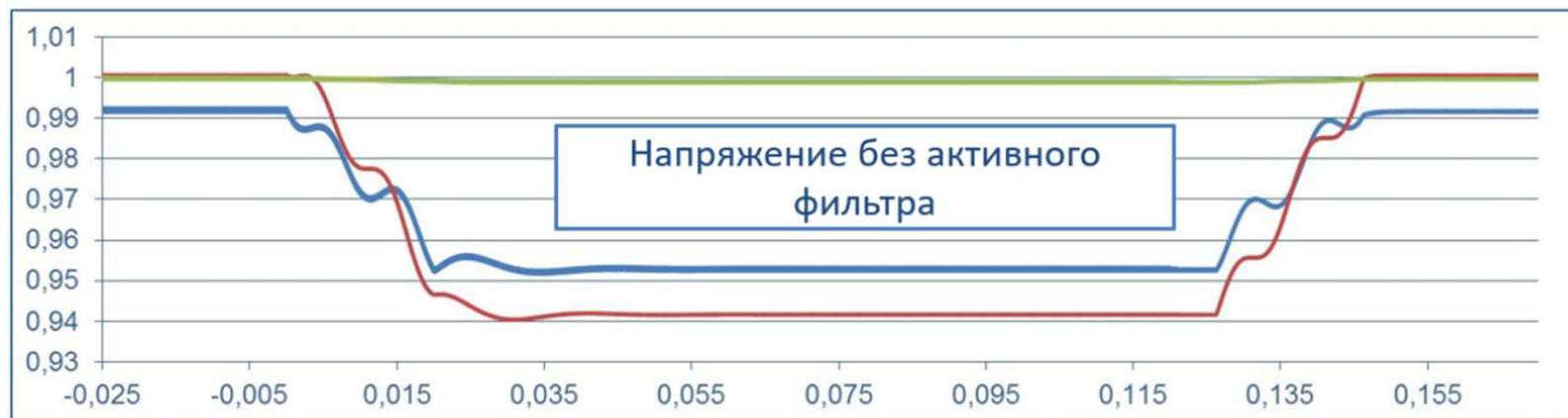
Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа



Исправлен дисбаланс тока нагрузки, и исправлена его форма (гармоники тока)

Реализованные проекты АФГ

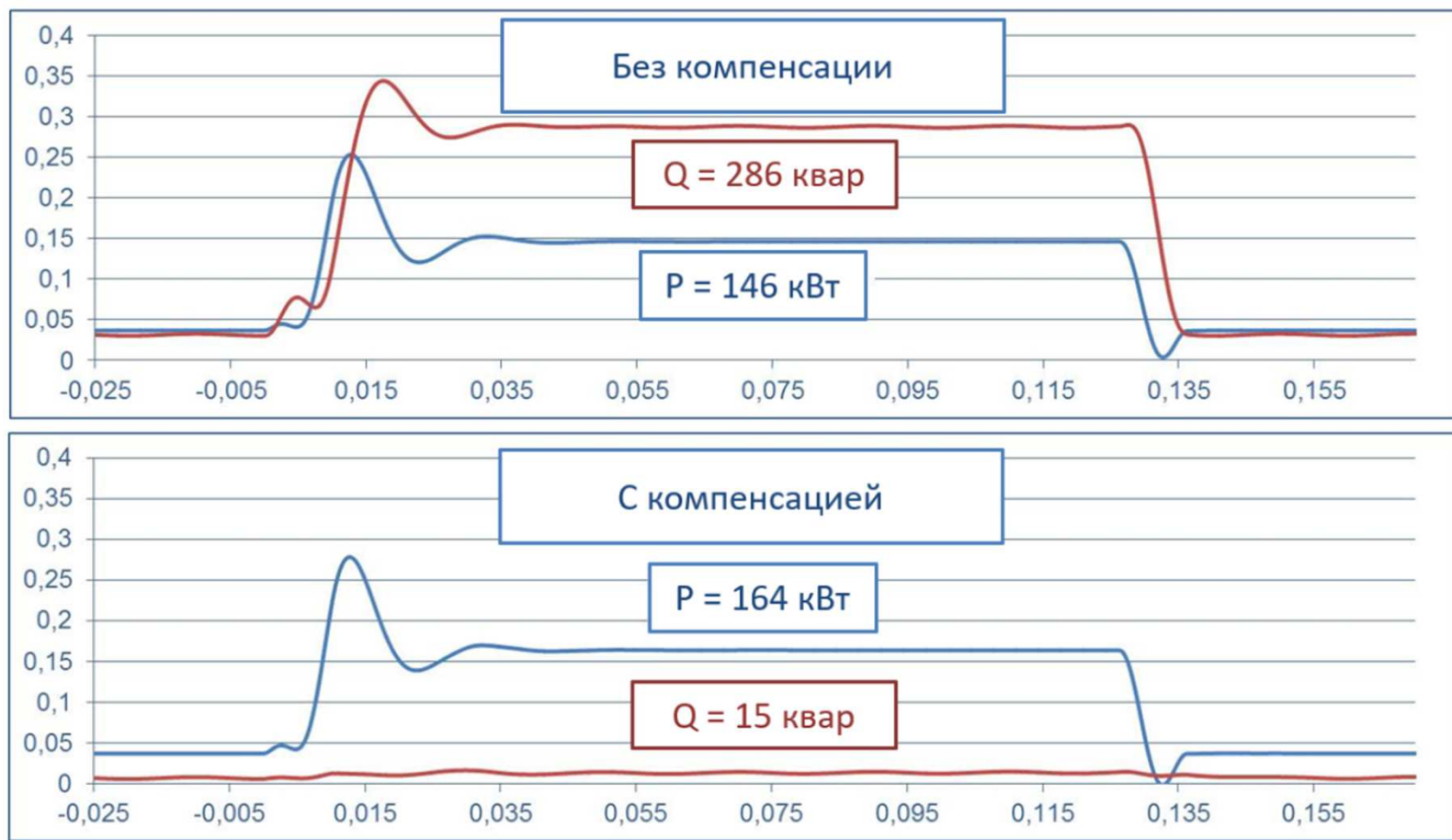
Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа



Так как ток нагрузки сбалансирован, соответственно дисбаланс питающего напряжения также устранен.

Реализованные проекты АФГ

Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа



Режим компенсации реактивной мощности позволил снизить потребление реактивной мощности из сети до мин. значений.

Реализованные проекты АФГ

Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа



Доза фликера значительно снижена

Реализованные проекты АФГ



Сварка кабеленесущих лотков лестничного типа

До установки АФГ

Кратковременная доза фликера
 $P_{st}=3,2$

Пиковое значение тока 800А

Потребляемая реактивная
мощность 286 квар

Потребляемая активная
мощность 146кВт

После установки АФГ

Кратковременная доза фликера
 $P_{st}=0,74$

Пиковое значение тока 300А

Потребляемая реактивная
мощность 15 квар

Потребляемая активная
мощность 164кВт



Реализованные проекты АФГ

Башенный кран



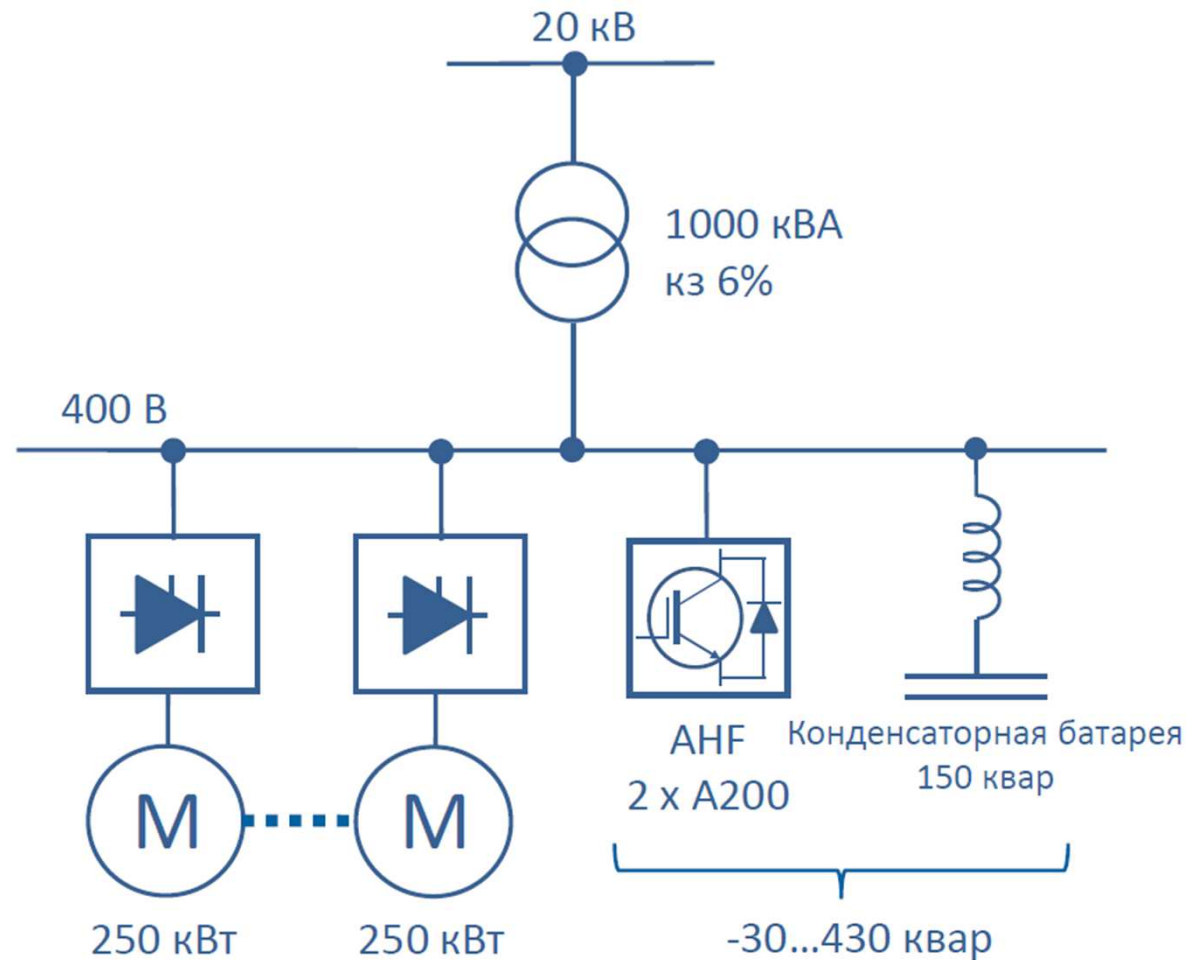
Основная проблема заключалась в резкопеременном характере нагрузки и высоких уровнях гармоник при работе ЧРП основных приводов.

Помимо этого большая потребляемая реактивная мощность вызывала значительные потери в питающей линии.



Реализованные проекты АФГ

Башенный кран



Реализованные проекты АФГ

Башенный кран

Было предложено решение
в виде 2-х модулей
А200 (200Ампер),
установленных в
непосредственной близости к
нагрузке.

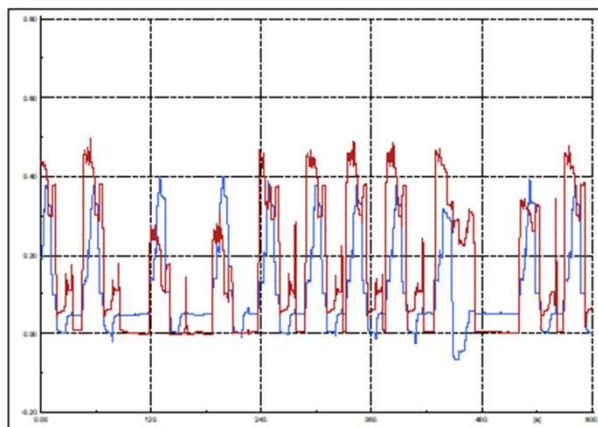
Режим работы АФГ :
«Все гармоники и реактивная
мощность»



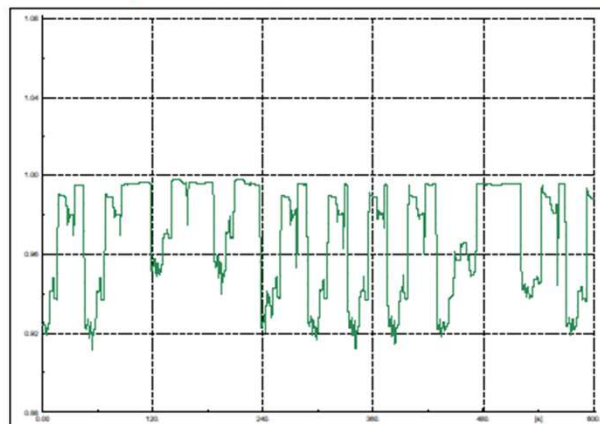
Реализованные проекты АФГ

Башенный кран

Без Merus

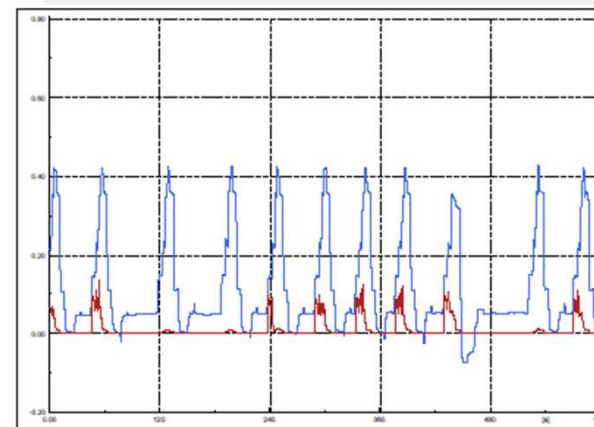


$Q_{(Макс)}=550$ квар и $P_{(Макс)}$ 400 кВт в точке общего сцепления

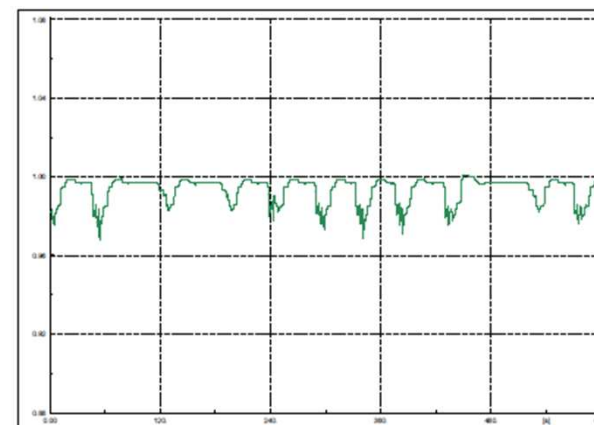


$\Delta U = -10\%$ at 400 В (Электрическая шина)

С Merus



$Q_{(Макс)} = 90$ квар в точке общего сцепления

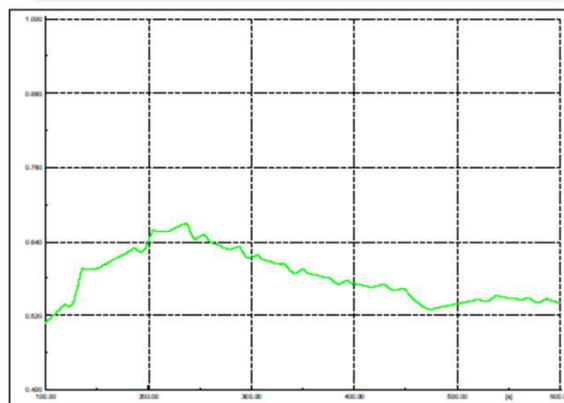


$\Delta U = -3\%$ at 400 В (Электрическая шина)

Реализованные проекты АФГ

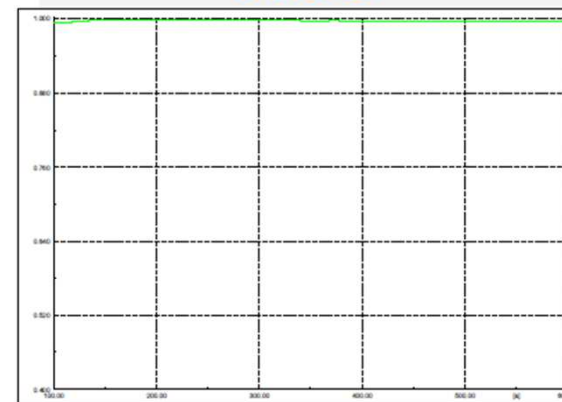
Башенный кран

Без Merus

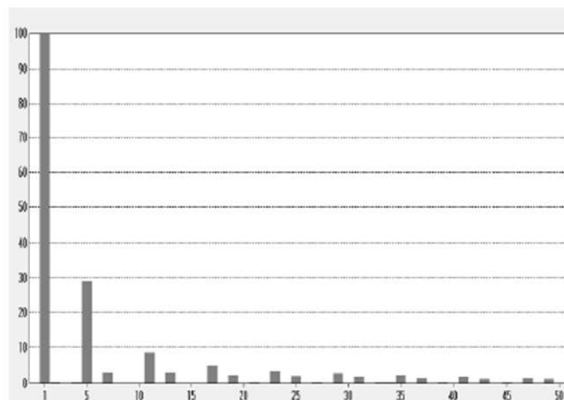


Коэффициент мощности (10 минут усредненный) = 0.678 p.u

С Merus



Коэффициент мощности (10 минут усредненный) = 0.996 p.u



Ithd = 32 % в точке общего сцепления



Ithd = 4.6 % в точке общего сцепления

Реализованные проекты АФГ

Башенный кран



До установки АФГ

Потребляемая реактивная
мощность 550 квар

Падение напряжения в линии
10%

Коэффициент мощности 0,678

Суммарный коэффициент
гармонических искажений
THDI=32%

После установки АФГ

Потребляемая реактивная
мощность 90 квар

Падение напряжения 3%

Коэффициент мощности 0,996

Суммарный коэффициент
гармонических искажений
THDI=4,6%

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

UPQ – Система обеспечения бесперебойного электроснабжения и качества ЭЭ

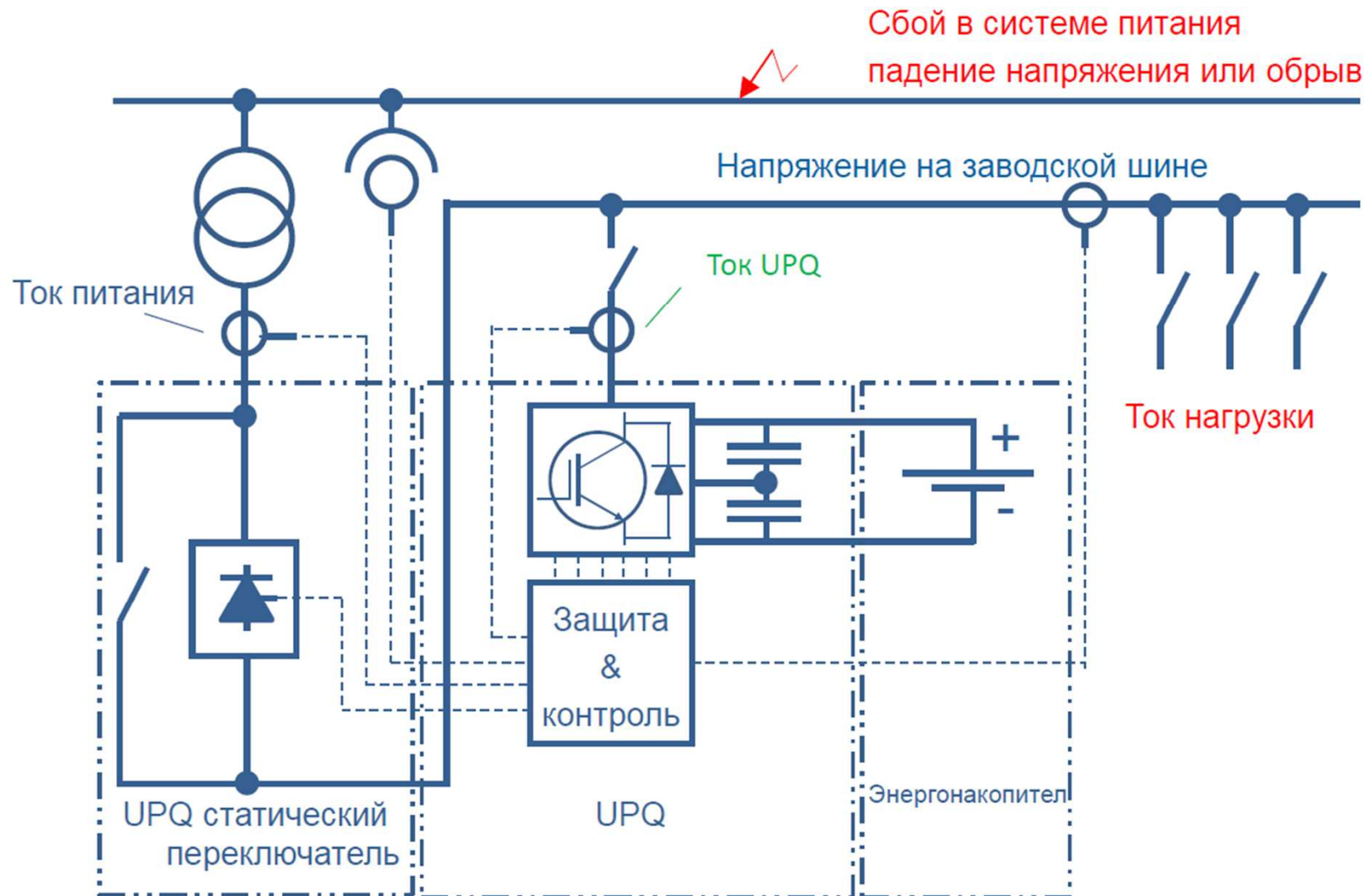
Обычные активные фильтры (АНФ) могут поддерживать уровень напряжения только за счет реактивной мощности;

- Если сравнивать UPQ с ИБП, то традиционные ИБП-системы не предназначены для повышения качества электроэнергии;

MERUS UPQ является комбинированным решением:

- Смягчение гармоник
- Динамическая компенсация реактивной мощности
- Балансировка нагрузки
- Работа в качестве ИБП (Источник Бесперебойного Питания)

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

- Статический переключатель
 - Отделяет систему от неисправной сети
 - Модуль инвертора
 - Производит выходные токи и напряжения
 - Система контроля
 - Управляет модулем инвертора
 - Обнаруживает неисправности в сети
 - Энергонакопитель
 - Обеспечивает активную мощность при необходимости
- (Аккумуляторы или суперконденсаторы)

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



•Режим качества электроэнергии -режим активного фильтра

- Устраняет гармонические токи в режиме реального времени
- Компенсация реактивной мощности в режиме реального времени
- Поддержание запусков двигателя прямого включения
- Устранение колебаний напряжения и мерцания
- Балансировка нагрузки

•Резервное питание -режим источника напряжения

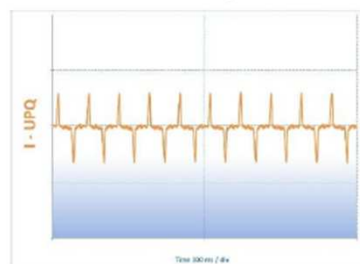
- Реальный источник активной и реактивной энергии
- Контроль напряжения

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

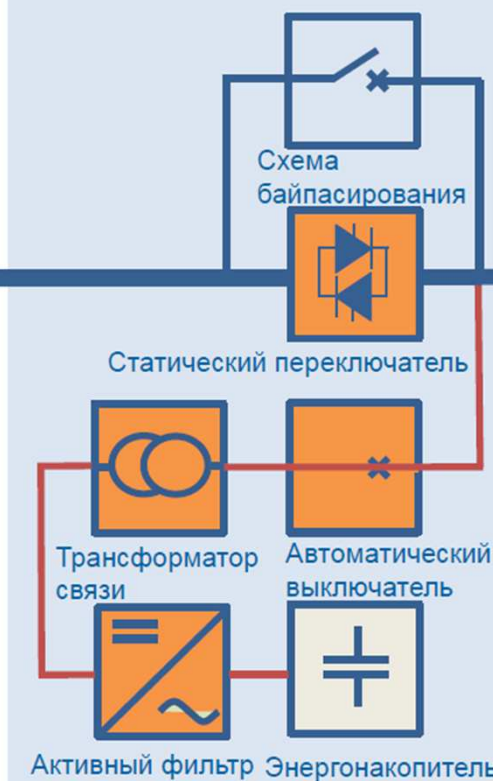
Основной источник питания



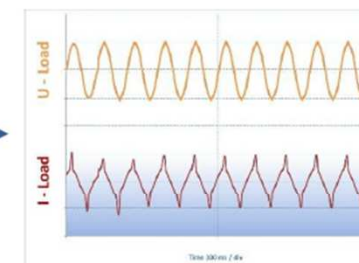
Питания UPQ



Merus UPQ

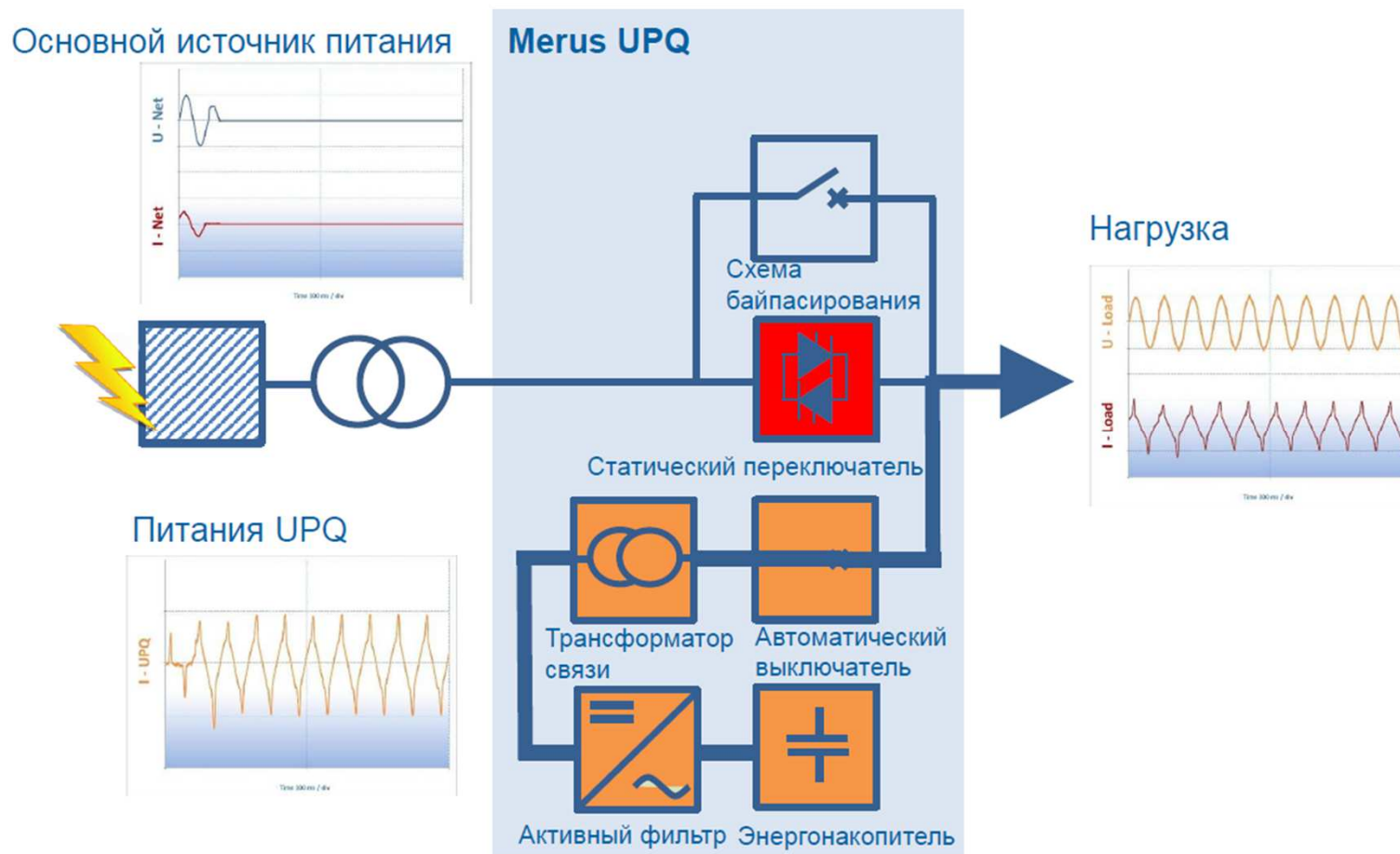


Нагрузка



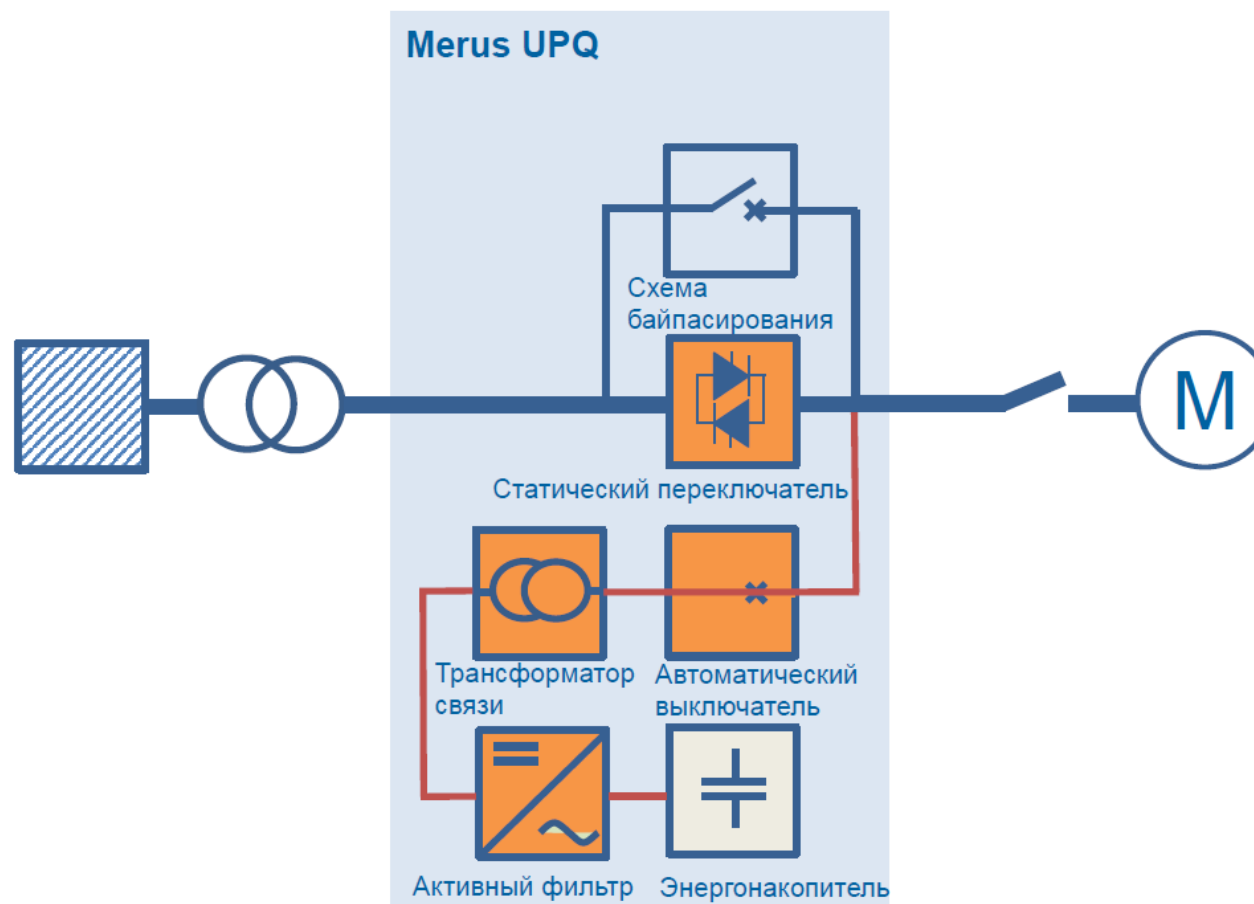
UPQ в режиме фильтрации гармоник

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



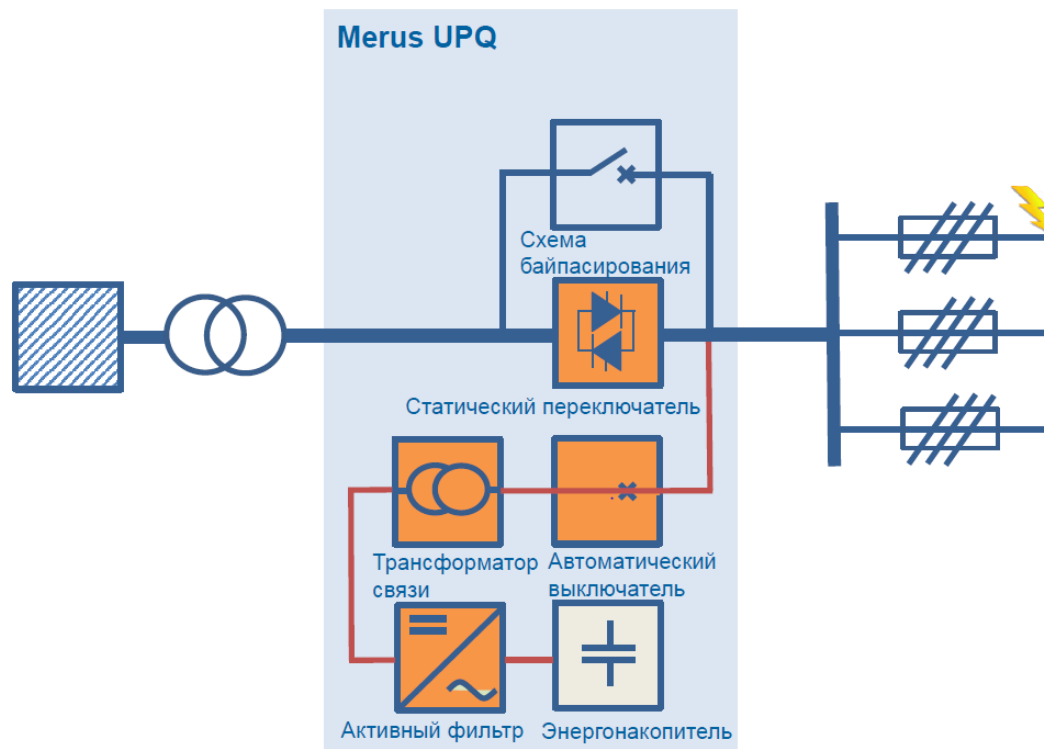
UPQ в режиме источника питания

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



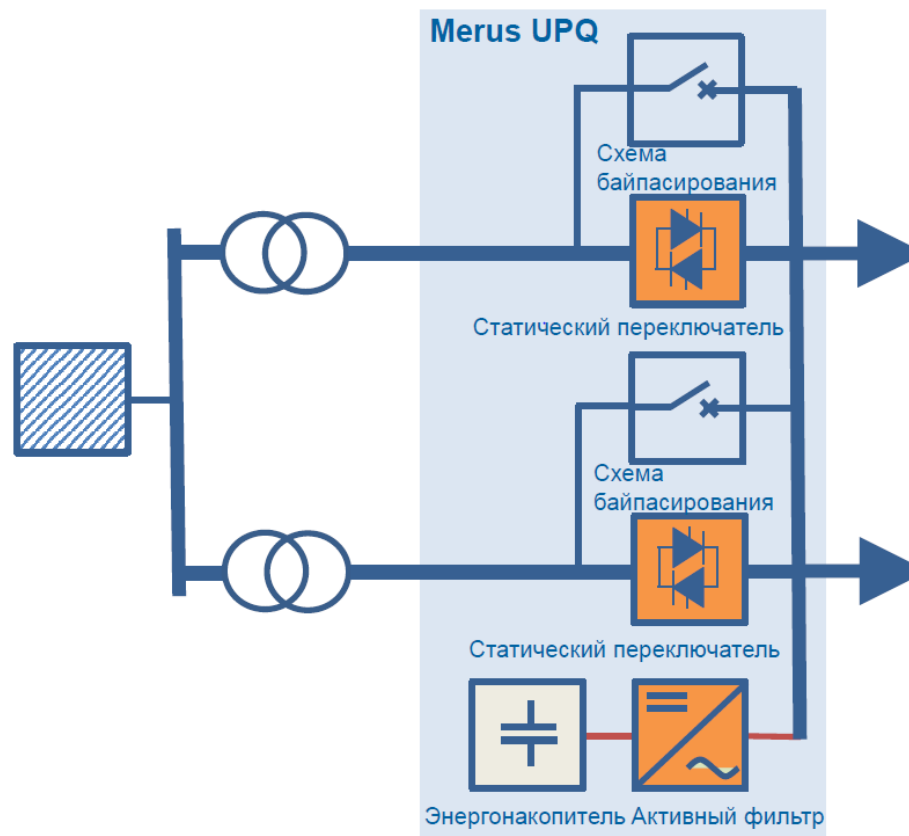
UPQ в режиме поддержки прямого пуска двигателей

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



UPQ не ограничивает ток короткого замыкания защищаемой нагрузки и соответственно работа предохранителей гарантирована

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ



UPQ допускает работу от 2-х источников питания с обеспечением качества ЭЭ, резервированием и управлением обоих

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

Компоновка UPQ системы мощностью 1500кВт*с



Ультра
конденсаторы

АНФ - инвертор

Подключение к сети
Статический
выключатель

UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

Габариты UPQ системы мощностью 1500кВт*с



UPQ как разновидность оборудования на базе АФГ

Применяемость UPQ систем

- Места с частыми короткими перерывами питания
- Падение напряжения в системе передачи или распределения;
- Перебои в питании системы передачи или распределения;
- Автоматическое повторное включение операций в системе передачи или распределения;
- Ответственные нагрузки даже короткая остановка которых приводит к значительным затратам;
- Непрерывные производственные процессы;
- Высокоточное и чувствительное оборудование;

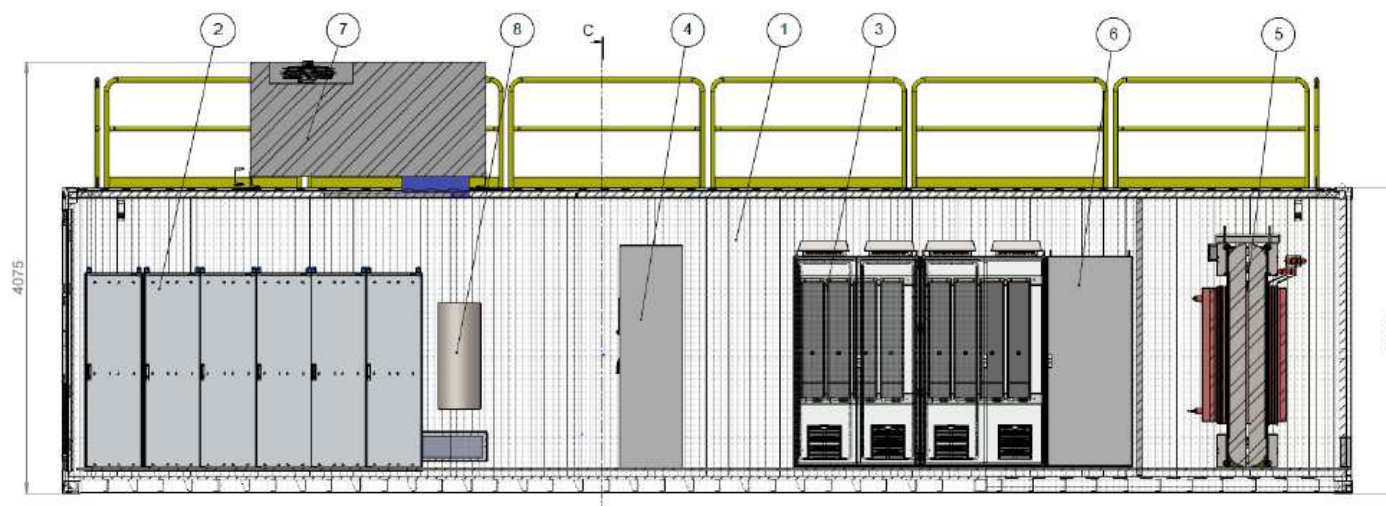
ESS как разновидность оборудования на базе АФГ

ESS (Energy Storage System) – Система накопления
электрической энергии



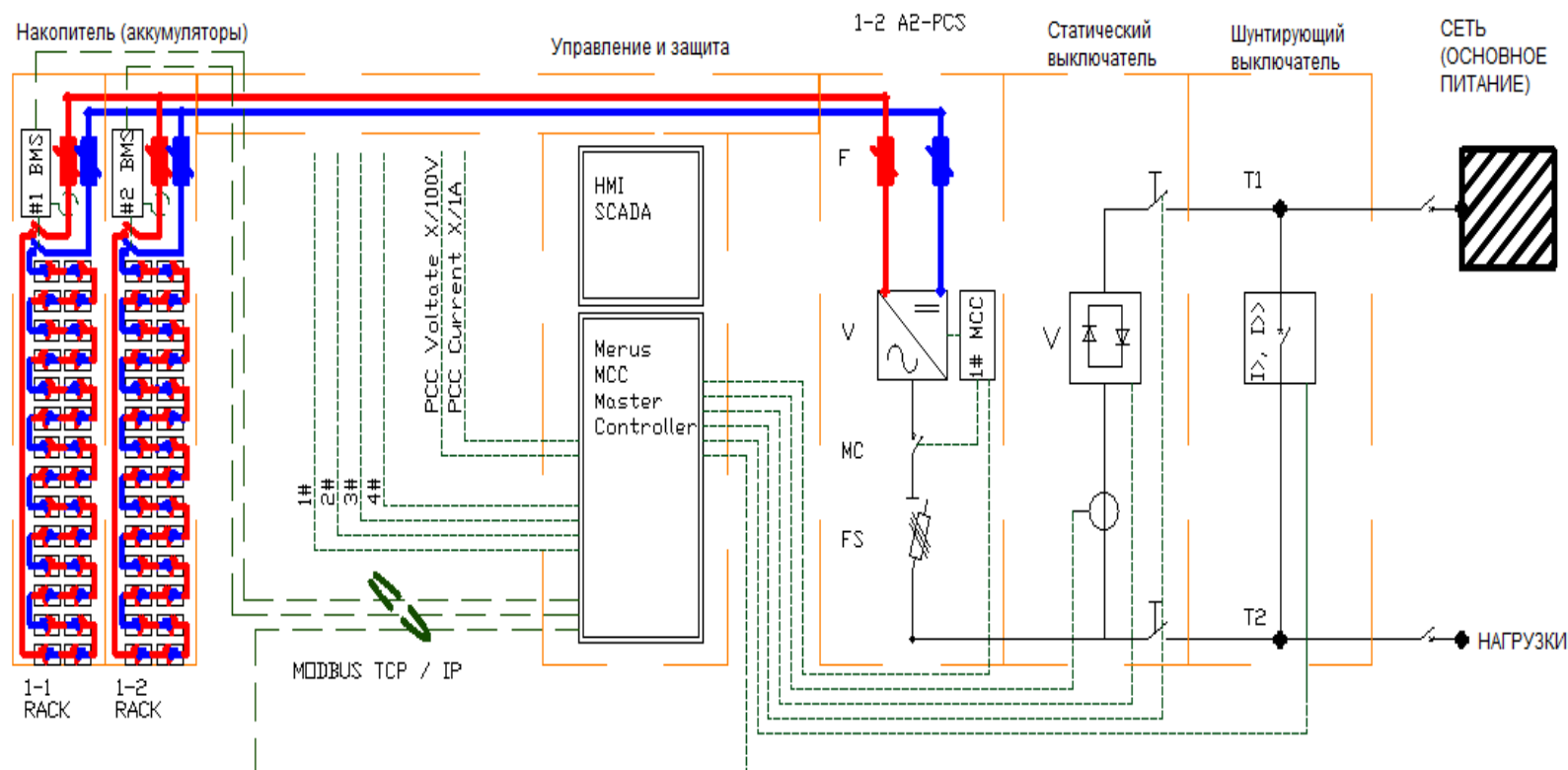
ESS как разновидность оборудования на базе АФГ

- | | |
|--|--|
| 1. Изолированный контейнер, 40 "футов | 5. Силовой трансформатор из литой смолы |
| 2. Аккумуляторная стойка | 6. Выключатель с защитой от перегрузки по току |
| 3. Двухнаправленный преобразователь PCS-A2 | 7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха |
| 4. Главный контроллер Merus MCC | 8. Система пожаротушения |



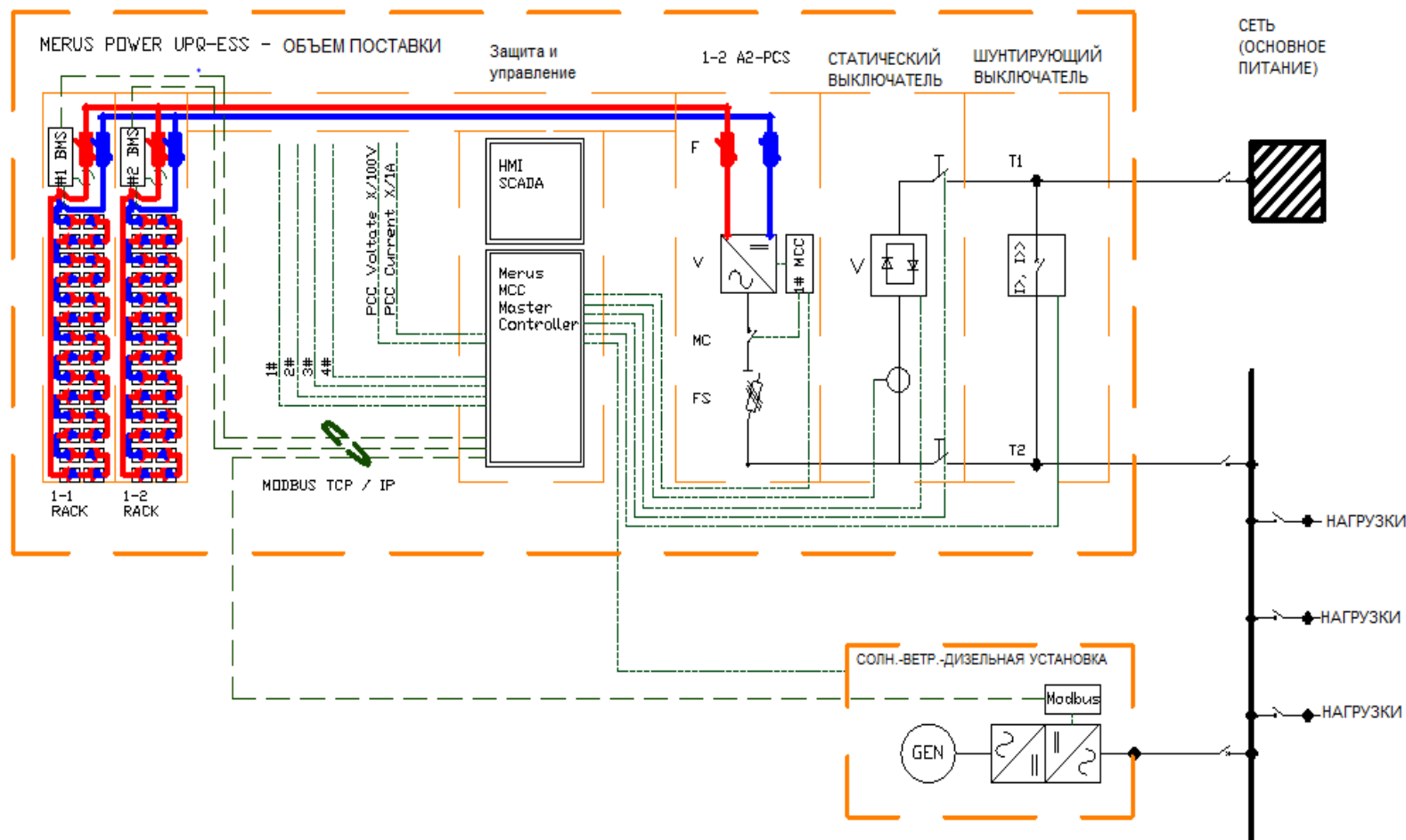
Основные компоненты Merus UPQ-ESS

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



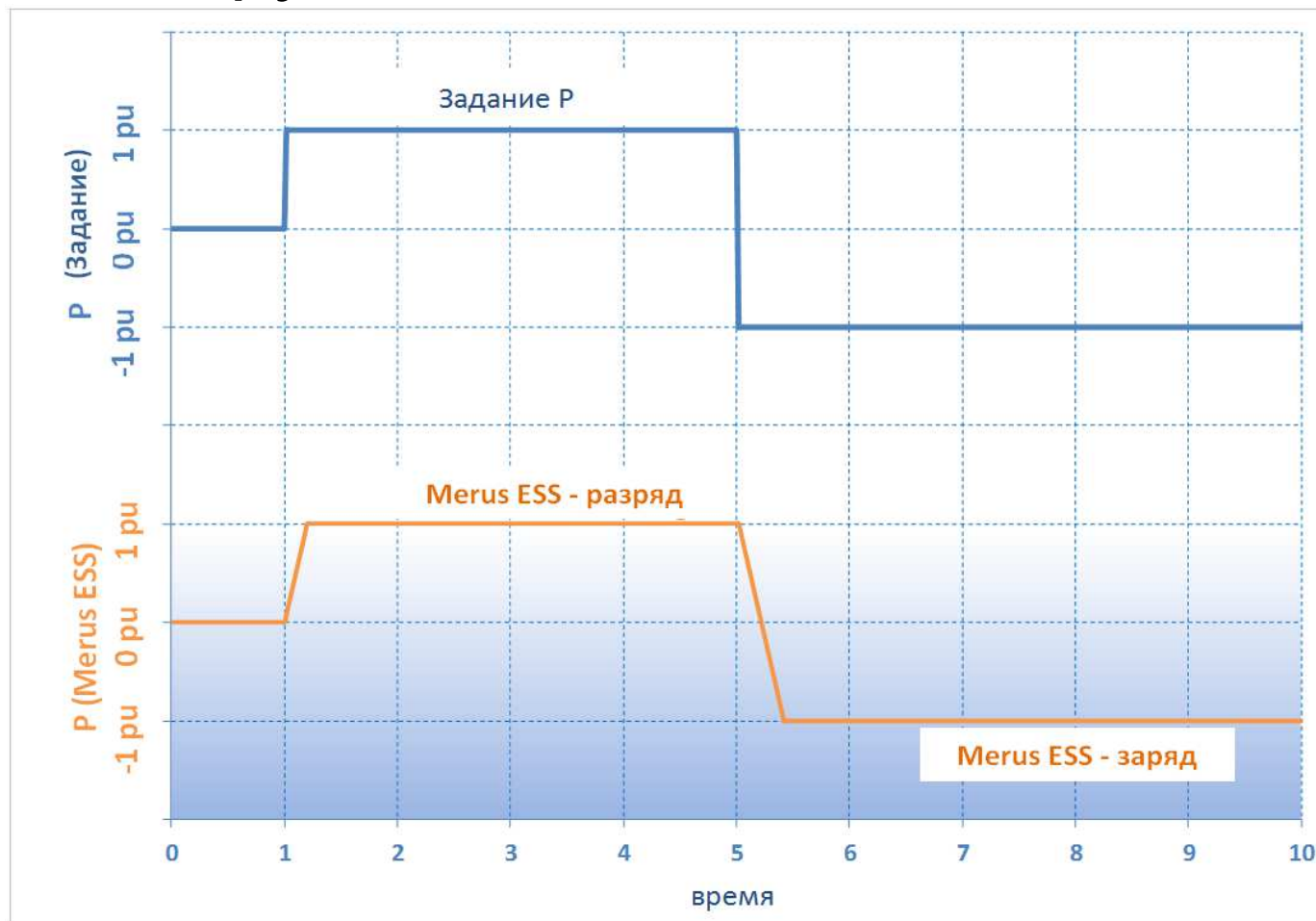
Основные компоненты Merus UPQ-ESS

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



Архитектура системы управления и защиты Merus ESS-MG

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



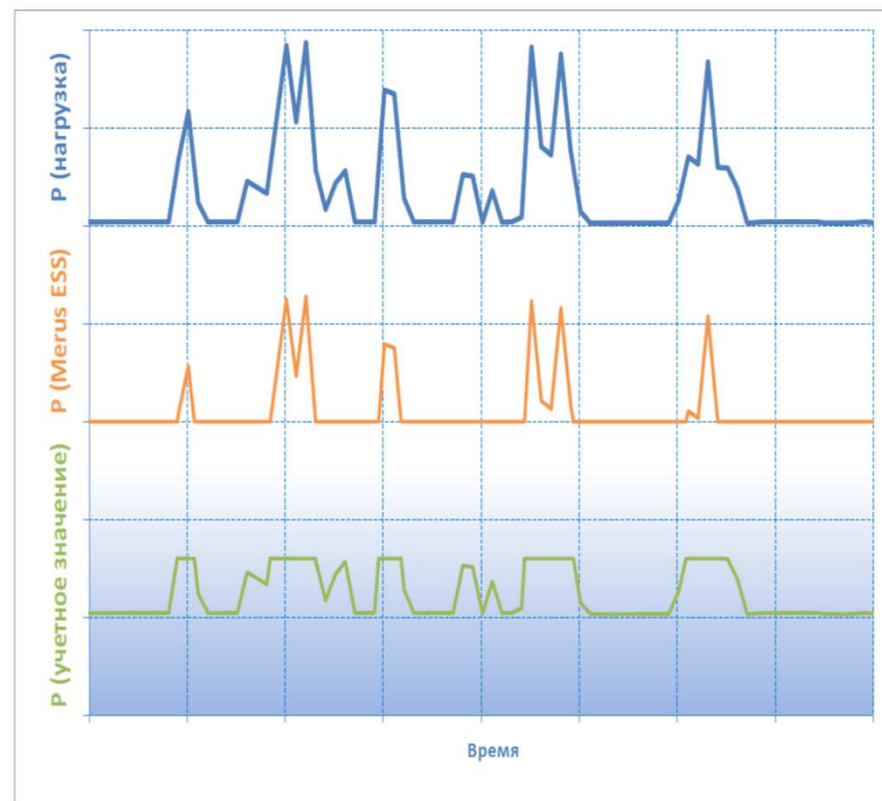
Типичный режим работы СНЭ, отдачи ЭЭ в периоды максимума потребления.

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ

Сглаживание пиков нагрузки

В режиме сглаживания пиков нагрузки MERUS ESS обеспечивает снижение пиков мощности, потребляемой от хост-сети через фидер, на котором установлена система MERUS ESS.

СНЭ MERUS ESS может работать автономно, сглаживая пики нагрузки в режиме реального времени. При этом используется измеренное значение активной мощности, потребляемой из хост-сети.



ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



Режим диспетчерского управления (dispatch mode)

MERUS ESS отдает запасенную энергию при постоянстве мощности в течение заданного времени по требованию диспетчера хост-сети. Величина мощности может быть лишь в пределах возможностей СНЭ.

Поддержание частоты

Максимальная мощность одной СНЭ MERUS ESS может оказаться недостаточной для поддержания частоты в большой сети с множеством связей. Однако, при достаточной доле MERUS ESS в распредсистеме ее вклад может быть значительным. Система MERUS ESS может работать в режиме поддержания частоты в реальном времени при управлении от сигналов, поступающих из диспетчерского пункта хост-сети.

Ограничение мощности потребления

Система MERUS ESS разряжается с изменяющейся мощностью, пропорциональной фактической нагрузке в хост-сети. В этом случае график выходной мощности MERUS ESS повторяет форму нагрузки хост-сети. Продолжительность работы в режиме ограничения мощности может составлять несколько часов. Фактическая продолжительность работы ограничена емкостью накопителя СНЭ



ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



- Симметрирование нагрузки
- Активная фильтрация гармоник
- Регулирование напряжения
- Динамическая компенсация реактивной мощности
- Поддержка непостоянных источников

Система MERUS ESS помогает интегрировать в сеть непостоянные источники, нагрузки и генерирующие установки (обычно это возобновляемые источники электроэнергии, такие как ветряные и солнечные установки).

- Подавление фликера
- Контроль скорости нарастания

В режиме контроля скорости нарастания MERUS ESS выдает или потребляет мощность таким образом, чтобы скорость изменения мощности, потребляемой от непостоянных источников электроэнергии, была ограничена.

- Режим слежения за генерацией

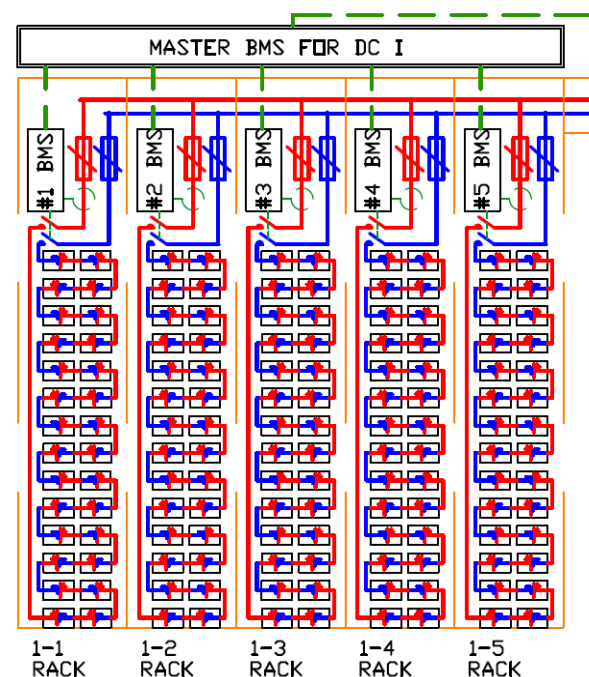
В режиме слежения за генерацией MERUS ESS следует за состоянием возобновляемых источников электроэнергии, компенсируя флуктуации отдаваемой ими в хост-сеть мощности.



ESS как разновидность оборудования на базе АФГ

Срок службы батареи и режим ее работы

Оценка ресурса батареи через подсчет циклов «заряд-разряд» дает неточные результаты, что связано с тем, что разряды могут сильно отличаться как по скорости, так и по глубине (отдаваемой энергии). Характеристики и техническое состояние контролируются системой управления батареей (battery management system, BMS), которая измеряет емкость батареи, являющуюся основным показателем ее состояния.

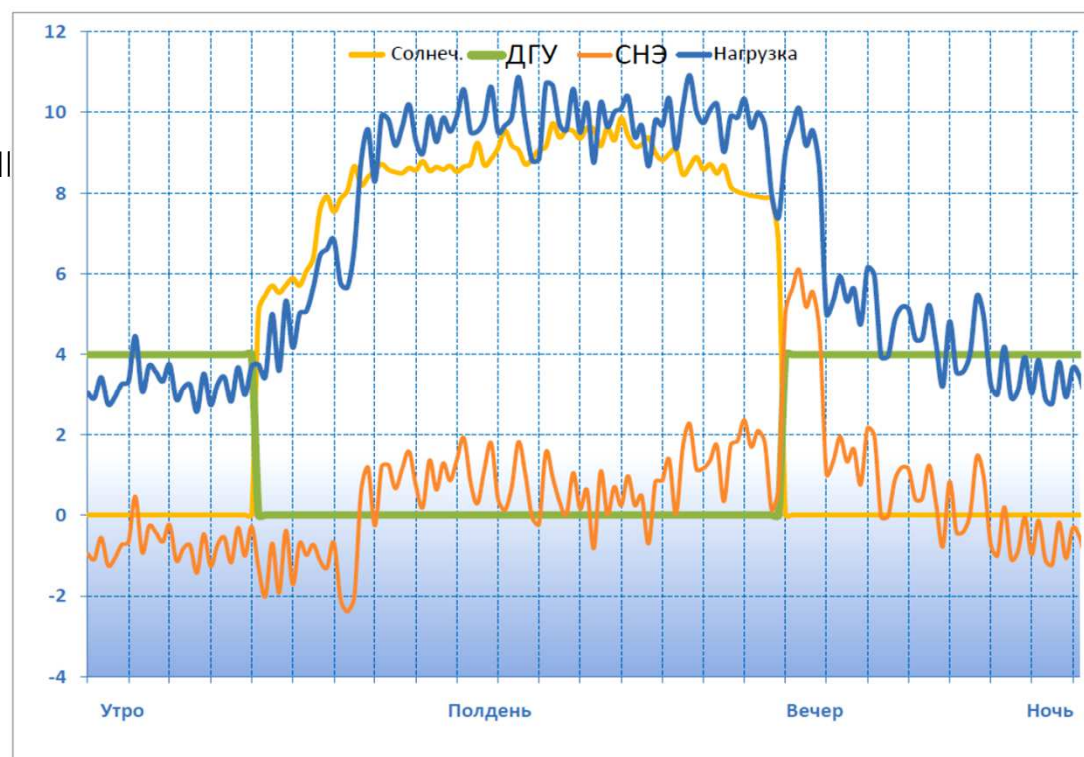


ESS как разновидность оборудования на базе АФГ

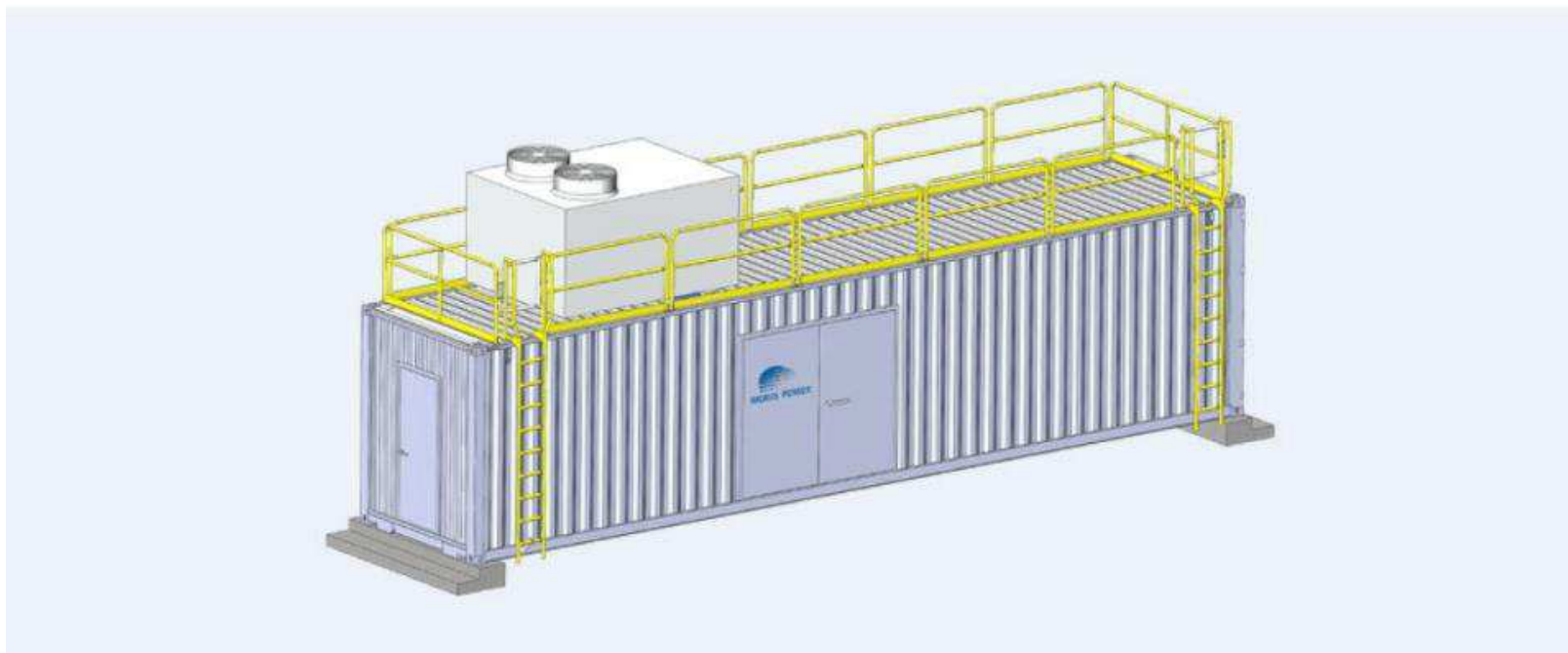
Merus ESS-MG

Merus ESS может использоваться в качестве центрального элемента микросети. Merus ESS-MG содержит центральный контроллер, способный управлять работой автономной микросети, включающей в себя несколько типов генерирующих установок.

Стратегия управления микросетью определяется имеющимися в ней генерирующими мощностями. Типичная микросеть может содержать солнечную электростанцию с дизель-генератором, чья работа в сети поддерживается системой накопления энергии (СНЭ).



ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



Система ESS мощностью 1540kWh

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



Система ESS мощностью 2200 kWh

ESS как разновидность оборудования на базе АФГ



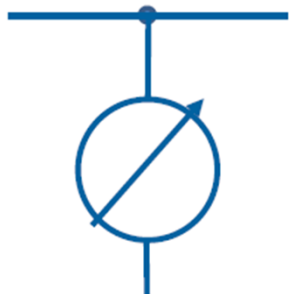
Система ESS мощностью 4180 kWh

Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ

Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ

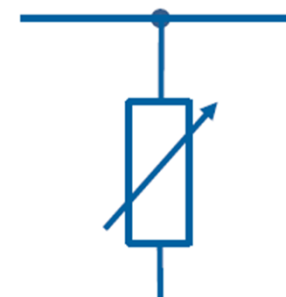
Контролируемый источник тока



$$Q_{АНФ} = U * I_{АНФ} = 1 * I_{АНФ} = 100\%$$

СТК

Контролируемый импеданс

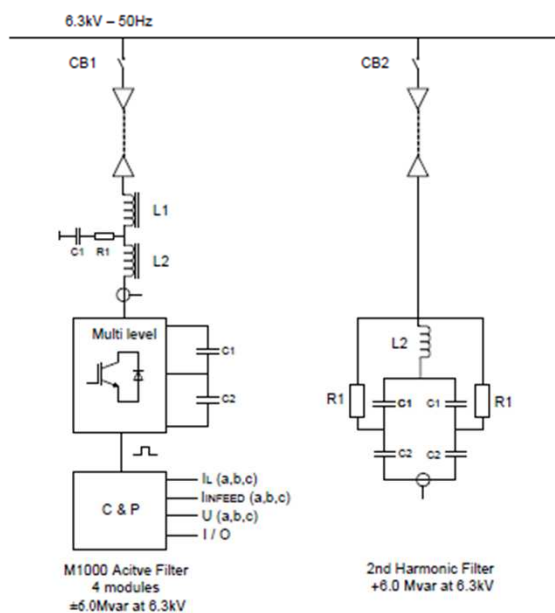


$$Q_{СТК} = \frac{U^2}{Z_{СТК}} = \frac{1^2}{Z_{СТК}} = 100\%$$

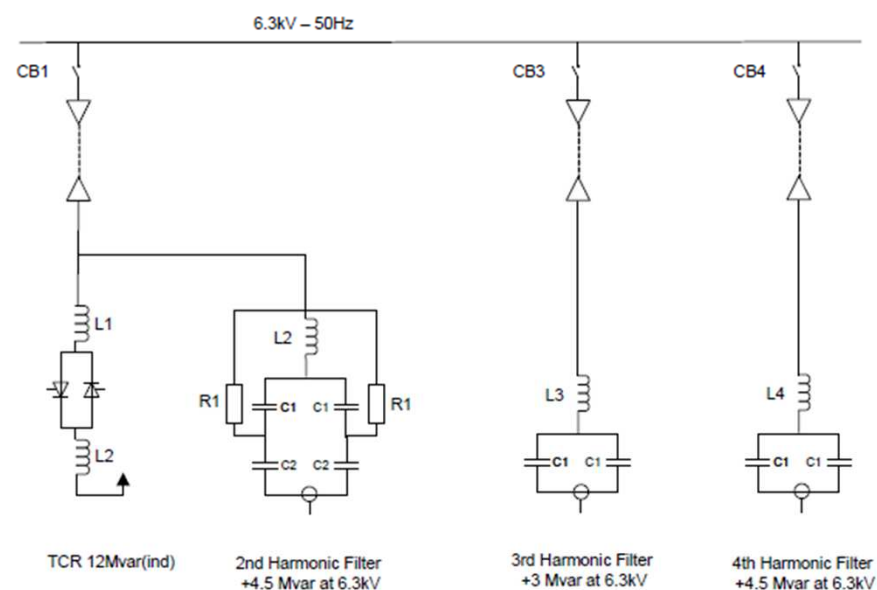
Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ

Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ



СТК



Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ



Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ

- Устранение гармонических токов и напряжений в режиме реального времени
- Коррекция общего коэффициента мощности в режиме реального времени
- Компенсация реактивной мощности в реальном времени
- Динамическое регулирование напряжения
- Устранение колебаний напряжения
- До пяти раз меньше мерцания
- Балансировка нагрузки

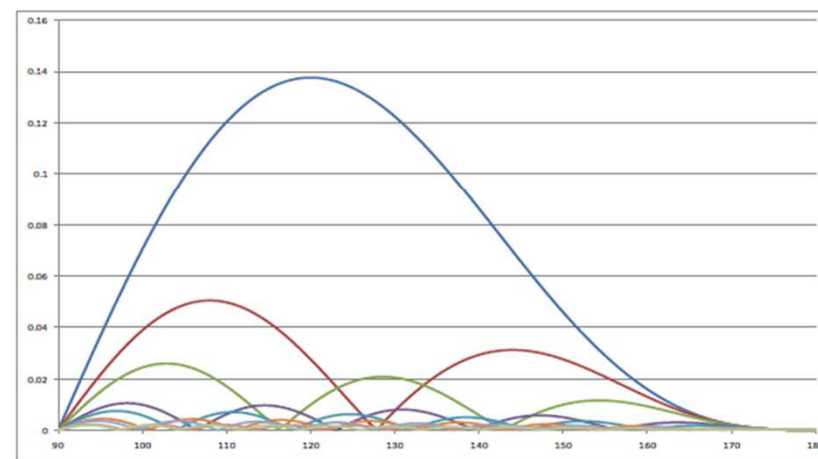
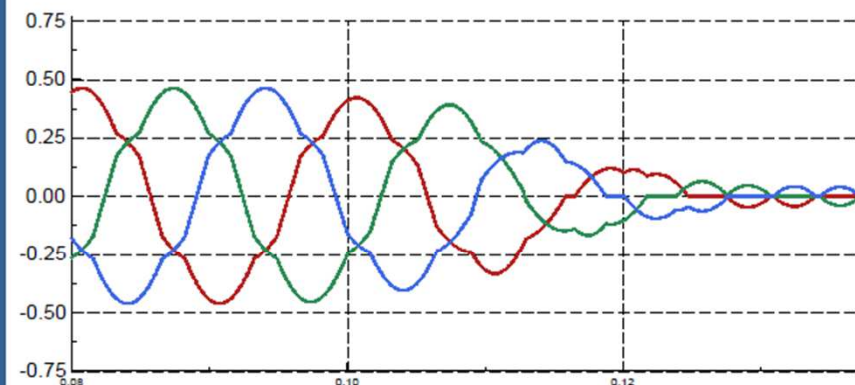
СТК

- Динамическая коррекция коэффициента мощности
- Динамическое регулирование напряжения
- Устранение колебаний напряжения
- до двух раз меньше мерцания
- Балансировка нагрузки



компенсация реактивной мощность

CTK



Пассивная фильтрация

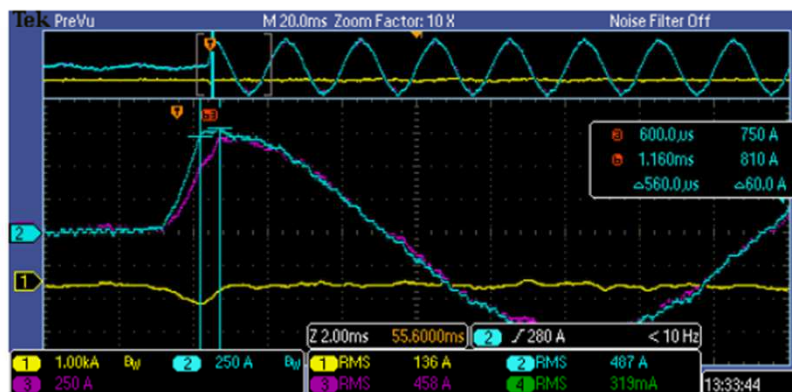
Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ



Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ

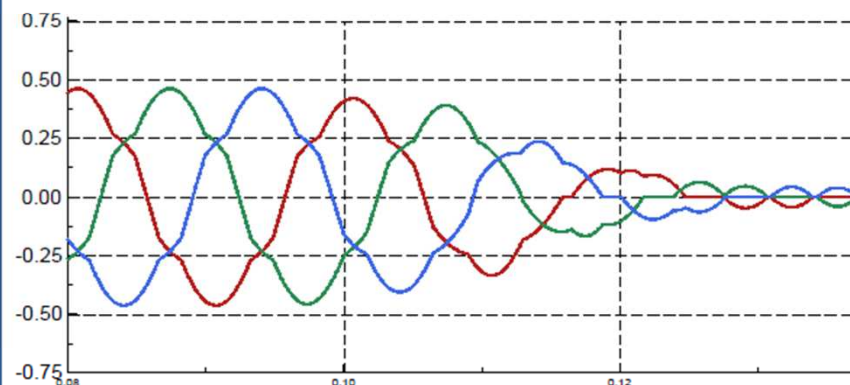
На основе частоты переключения IGBT



Время отклика $\Delta t = 600 \mu s$

СТК

На основе частоты системы



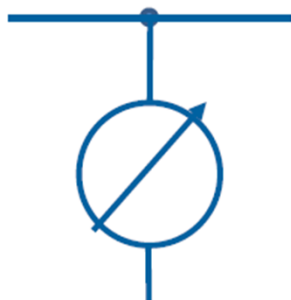
Время отклика $\Delta t = 20 \text{ мс}$

Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ

Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ

Контролируемый источник тока

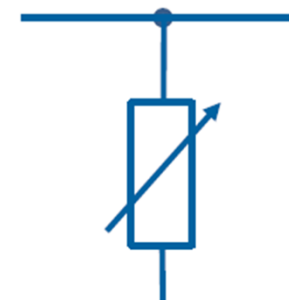


$$Q_{АНФ} = 1.1 * 2 * I_{АНФ} = 220 \%$$

$$Q_{АНФ} = 0.9 * 2 * I_{АНФ} = 180 \%$$

СТК

Контролируемый импеданс



$$Q_{СТК} = \frac{1.1^2}{Z_{СТК}} = 121 \%$$

$$Q_{СТК} = \frac{0.9^2}{Z_{СТК}} = 81 \%$$

Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ



Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ

Автономные модули

- Система охлаждения
- Система управления и защиты

Работает без дополнительной пассивной системы фильтрации

СТК

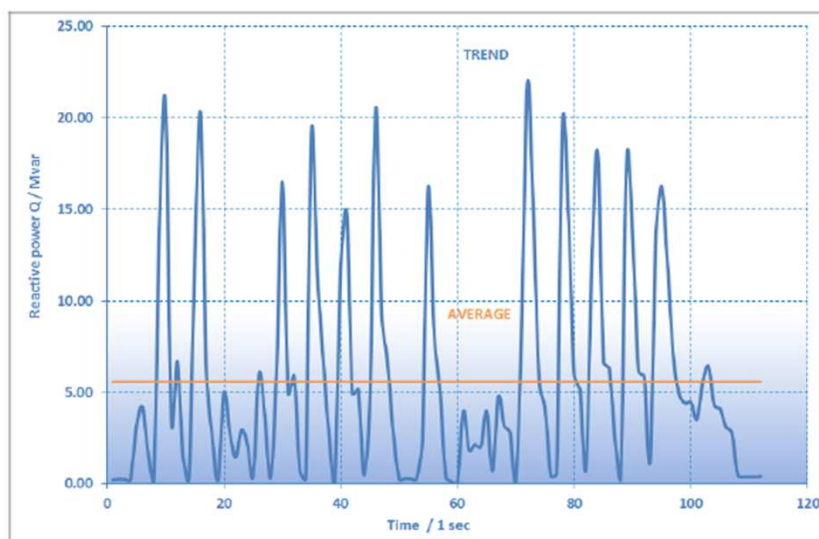
- Резервные компоненты
 - Тиристорные диски
 - Основание клапаны
 - Насосы системы охлаждения
 - Вентиляторы системы охлаждения
- Работа возможна без настройки конденсаторной батареи высочайшего порядка

Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ

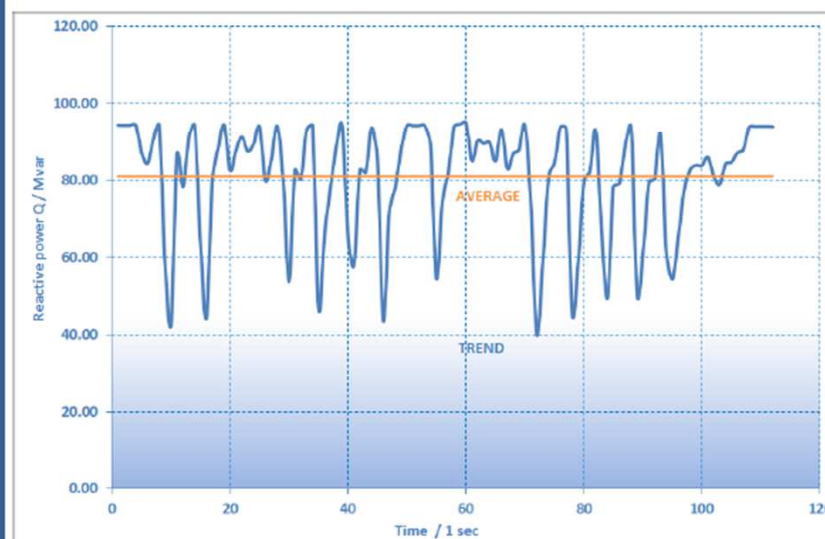


Статком и СТК обзор и сравнение

АНФ / СТАТКОМ



СТК

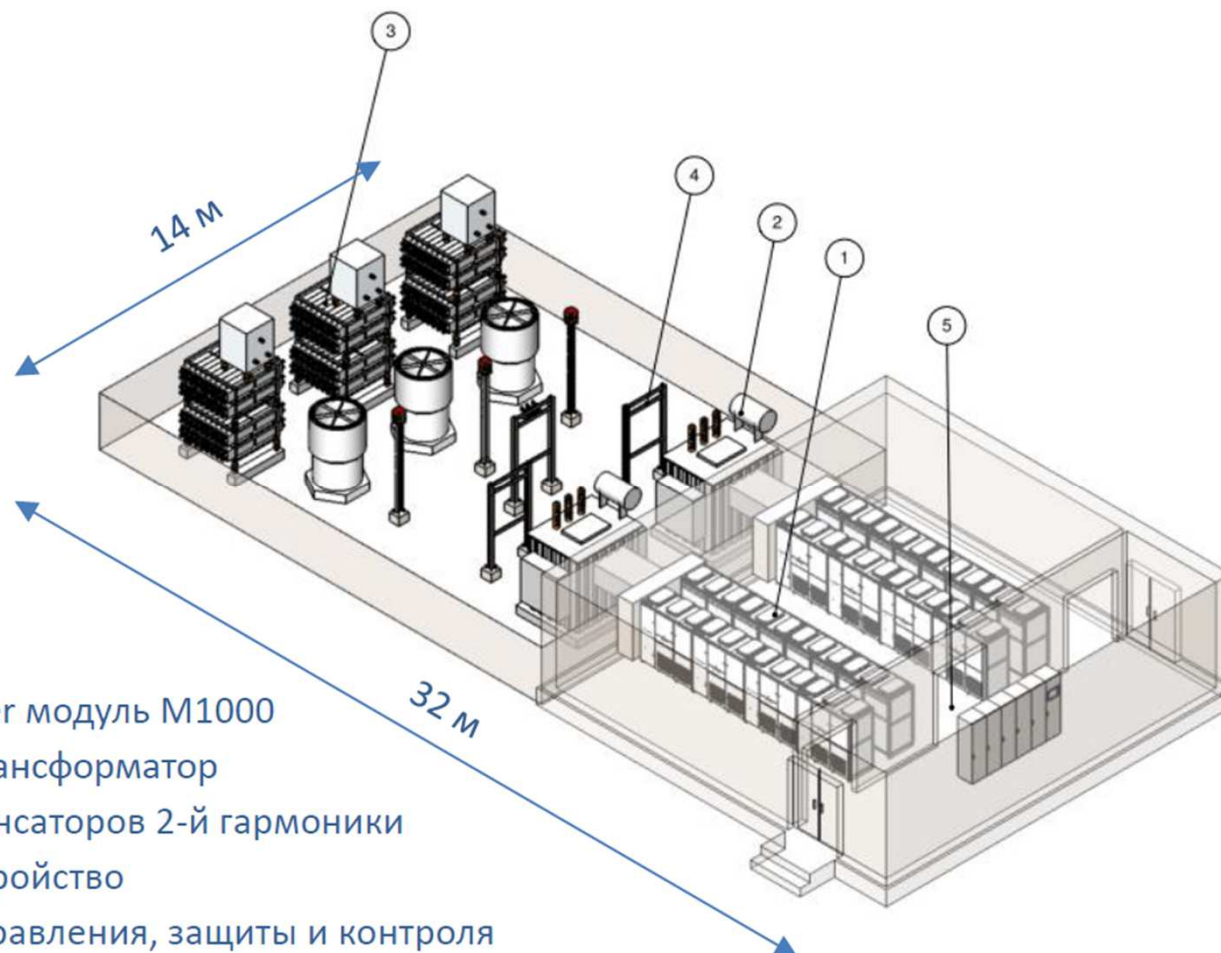


Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ



Статком и СТК обзор и сравнение

СТАТКОМ-Планировка 50 мвар при 33 кВ



1. Merus power модуль M1000
2. Силовой трансформатор
3. Блок конденсаторов 2-й гармоники
4. Распредустройство
5. Система управления, защиты и контроля

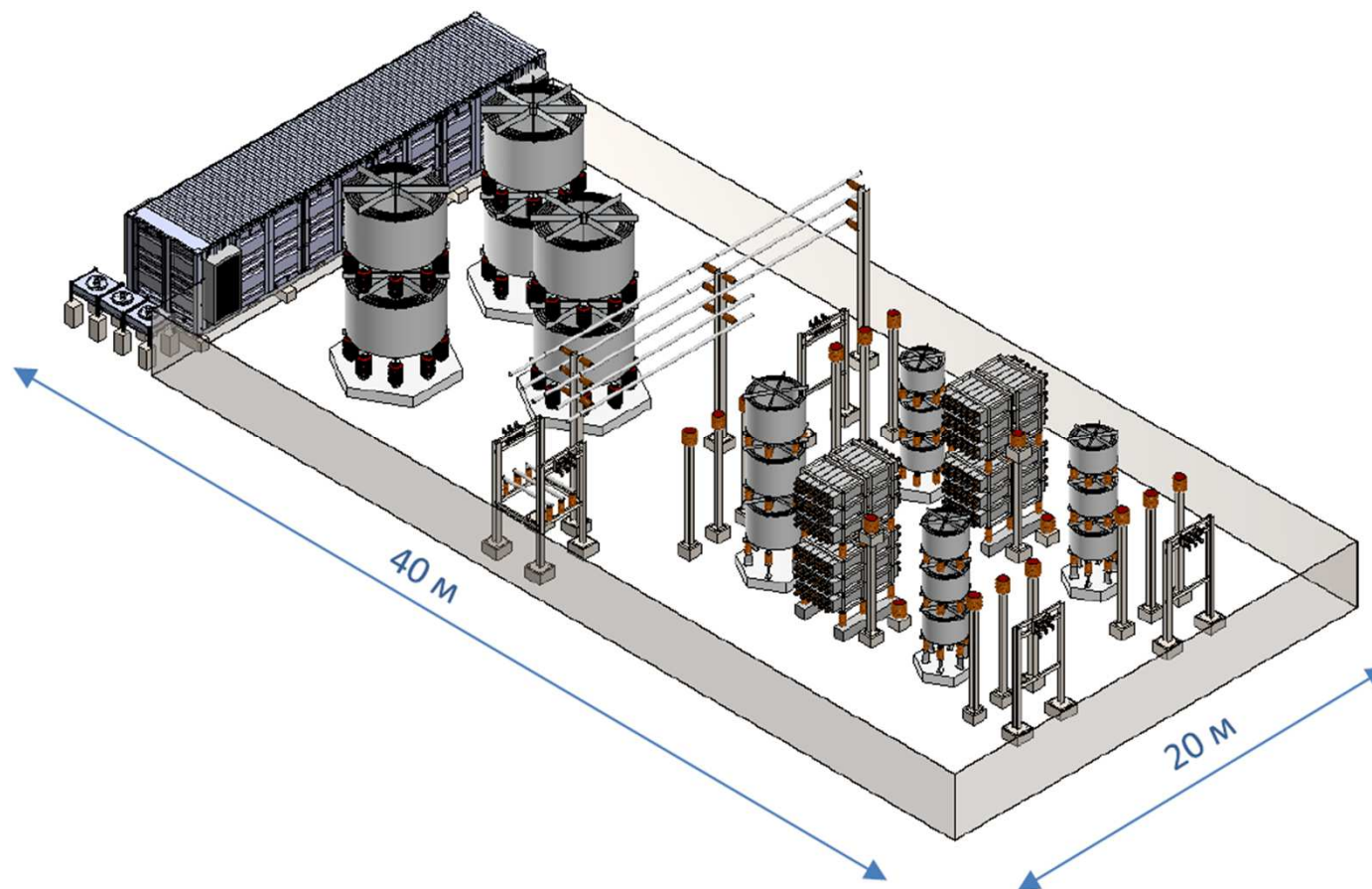


Повышение качества ЭЭ в сети >1кВ



Статком и СТК обзор и сравнение

Статический тиристорный компенсатор Merus (СТК) 50 мвар при 33 кВ



Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Нагрузки, которые СТАТКОМ должен компенсировать

- Электродуговая печь (ЭДП)
 - 30 МВА
- Ковш Печь
 - 6 МВА

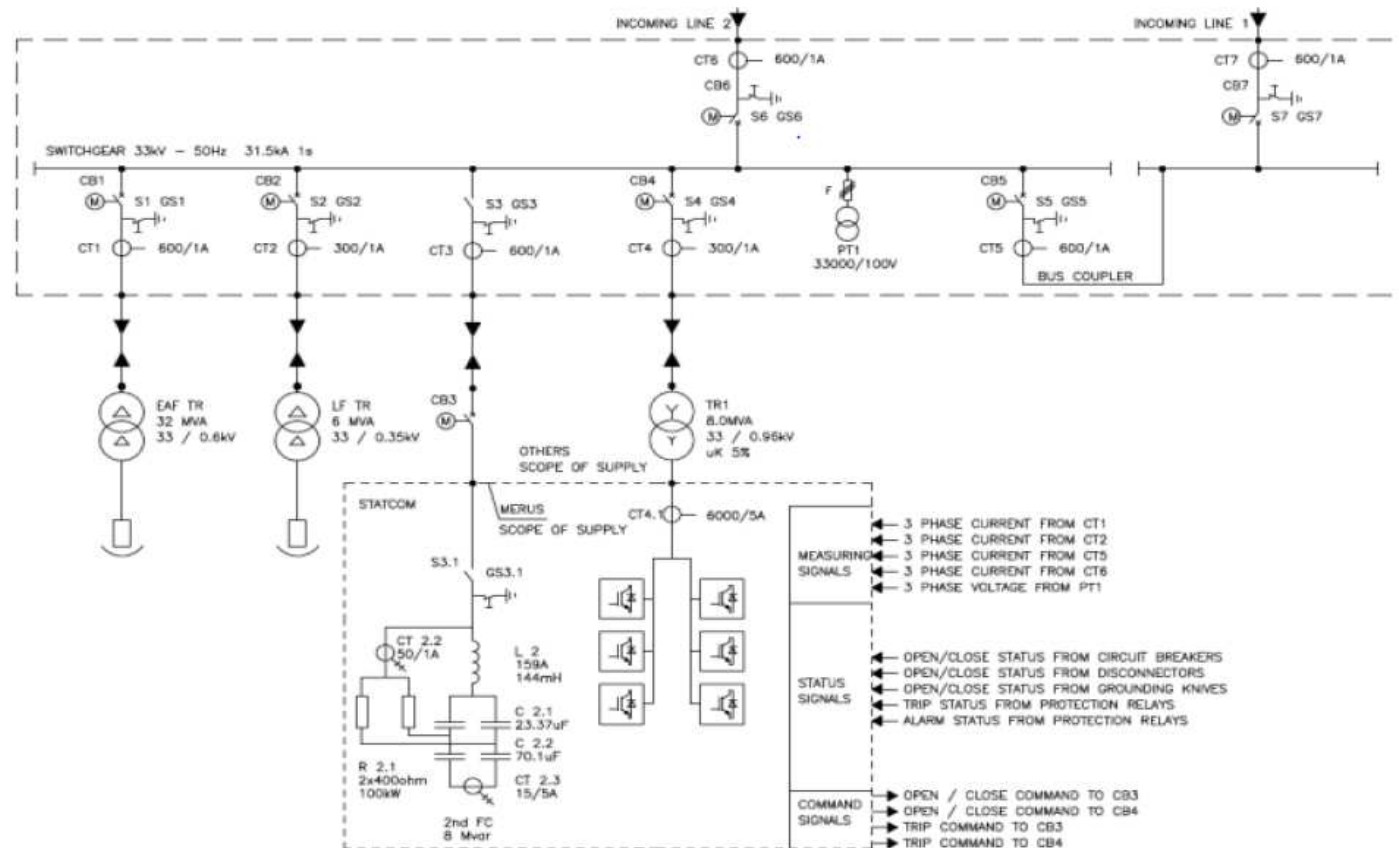


Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи

Конфигурация СТАТКОМ

- 6 x M1000 (± 8 МВар) + 8 МВар батарея с фиксированными конденсаторами (2-ая), общая 0..16 МВар при 33 кВ



Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Устройство электропитания

- Metallurgical plant connected to the general use network 33 kV
- Transformer with power 100 MVA, overhead line 7 km (2 x 185 mm² AL) from the substation
- High requirements for the compensation system



Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Внутреннее оборудование



www.khomovelectro.ru

Реализованные проекты Статком

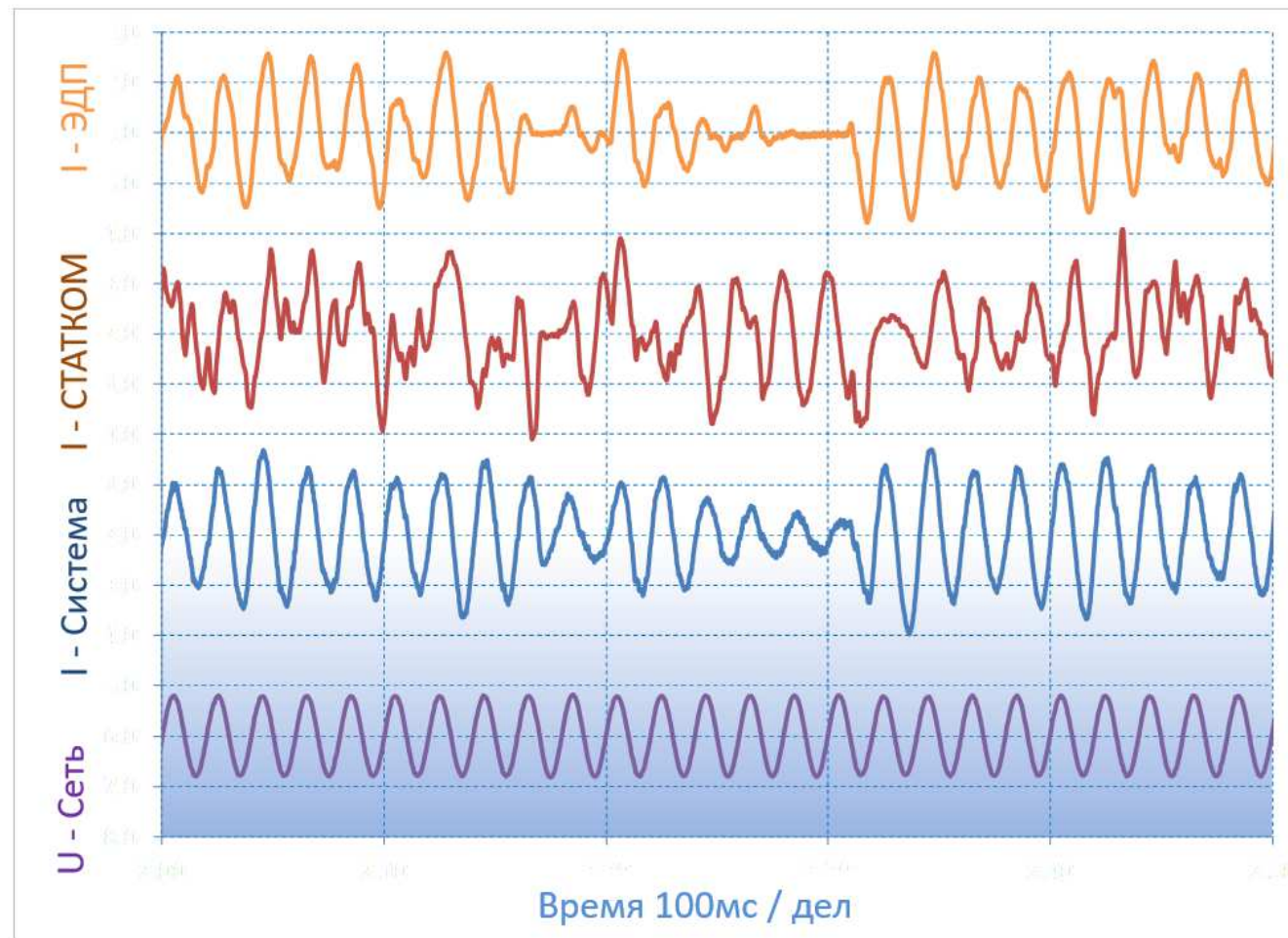
Статком для дуговой печи



Внутреннее оборудование

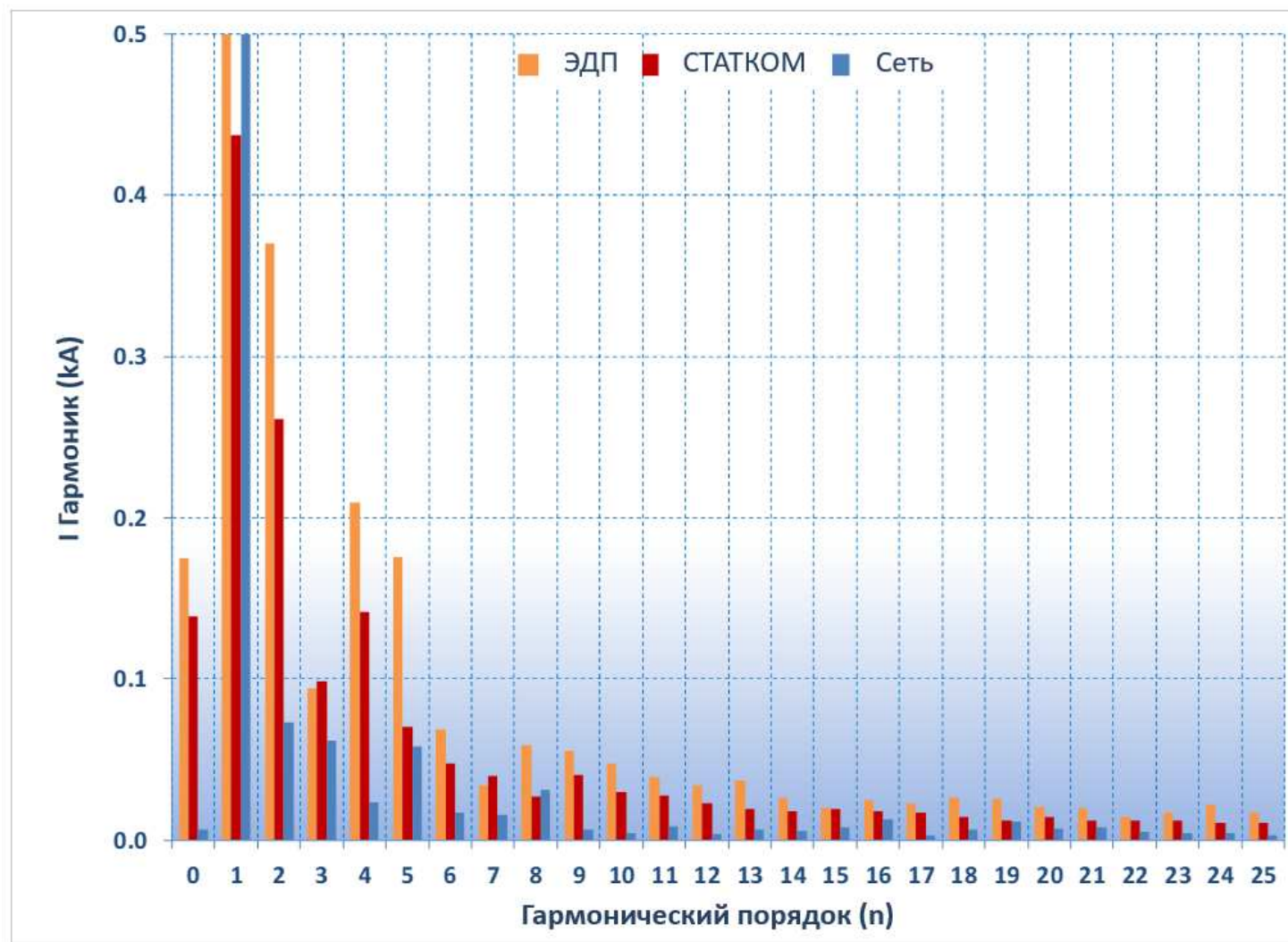
Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



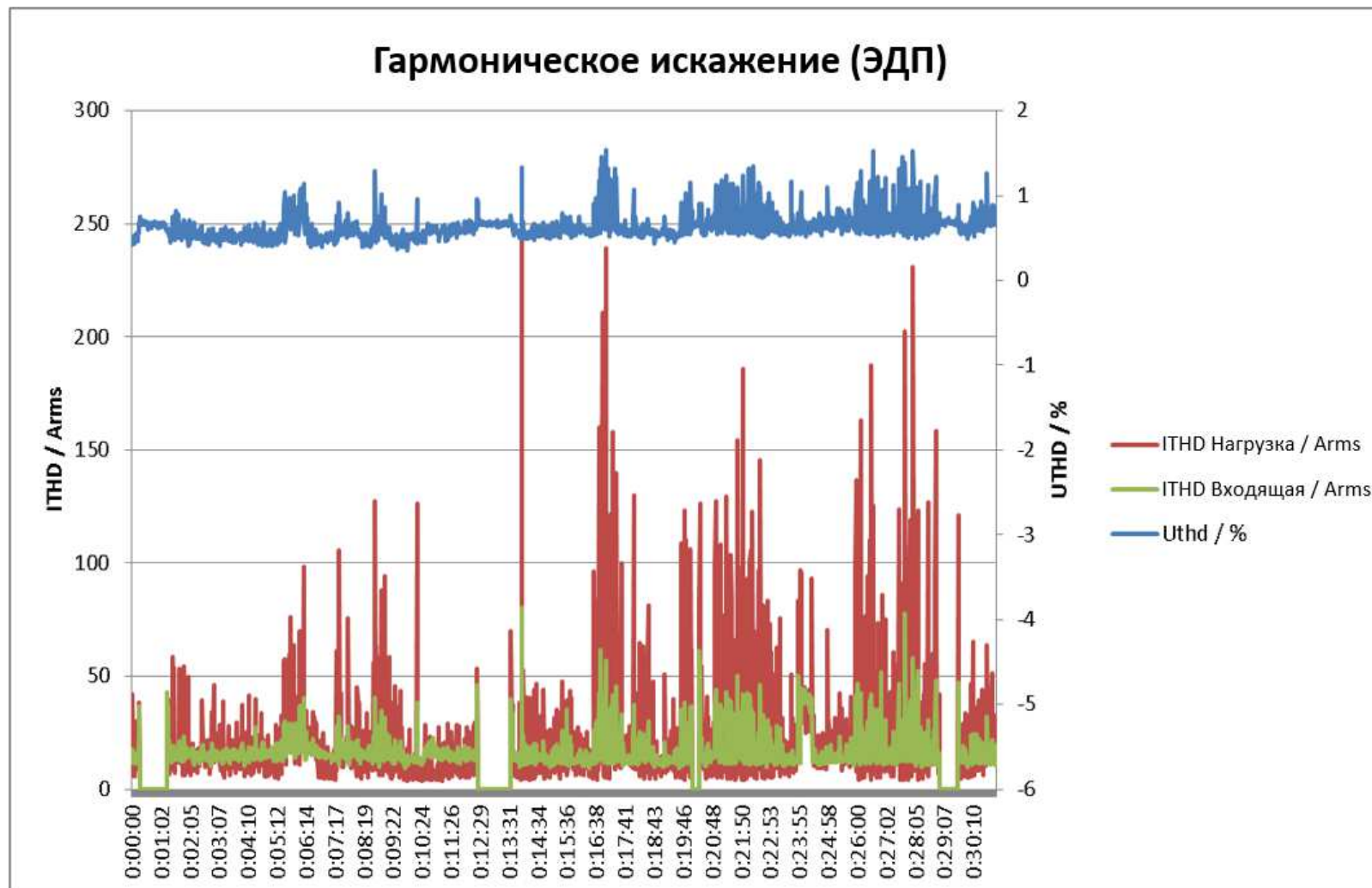
Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Реализованные проекты Статком

Статком для дуговой печи



Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия

- Электроэнергия завода вырабатывается в основном 36 дизельными генераторами мощностью 1,5 МВт.
 - Стоимость топлива 7,5 млн. Долл. США / месяц
- Гидроэлектростанции общей мощностью 23 МВт (частично в процессе ввода в эксплуатацию)



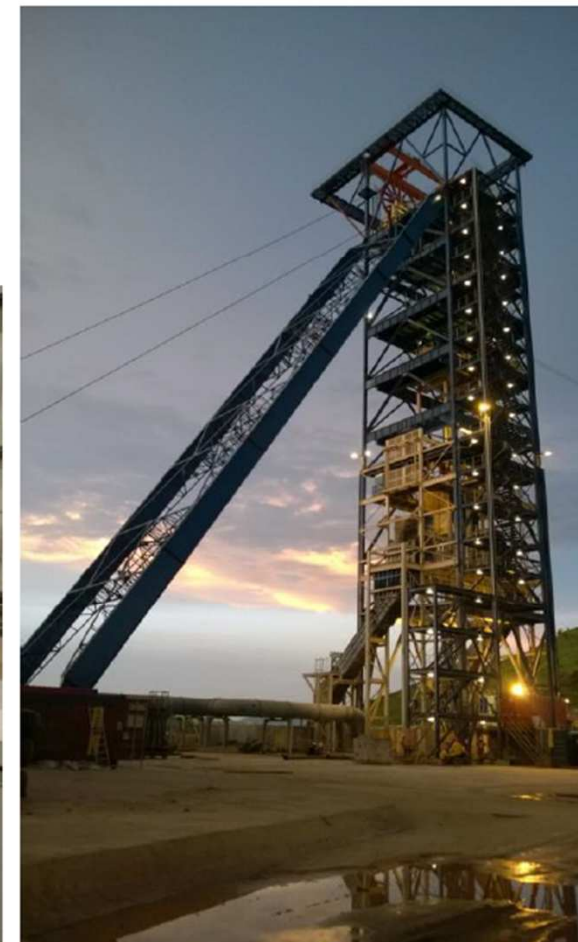
Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия

Нагрузки, которые СТАТКОМ должен компенсировать

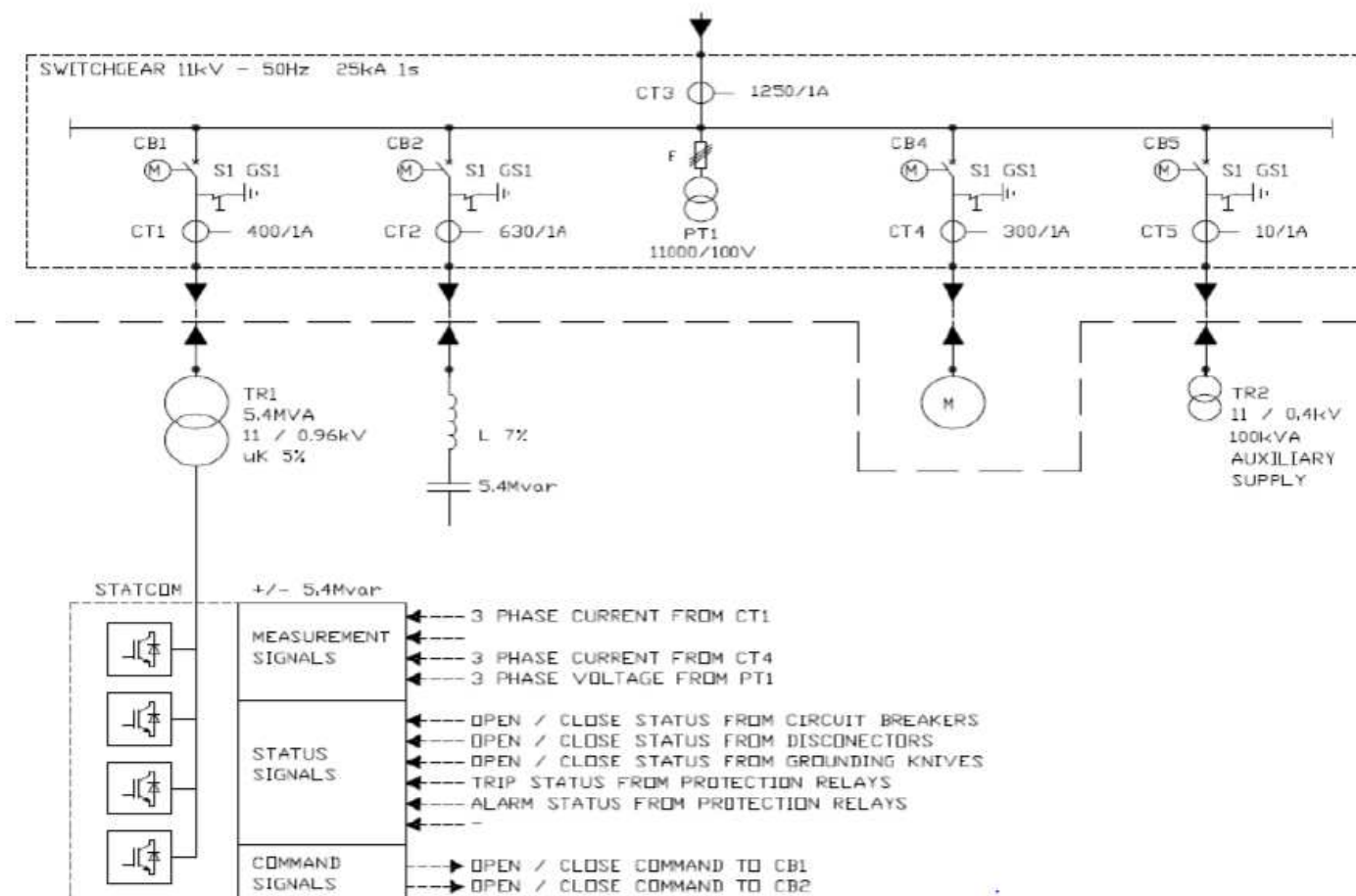
12-ти пульсные привода постоянного тока
мощностью 1,8 МВт в количестве 2 шт
(подъемники шахты)



Реализованные проекты Статком

Статком для золотодобывающего предприятия

4 x M1000 (5,4 МВАр) + батарея с фиксированными конденсаторами 5,4 МВАр, общая 10,8 МВАр при 11 кВ



Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия



Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия

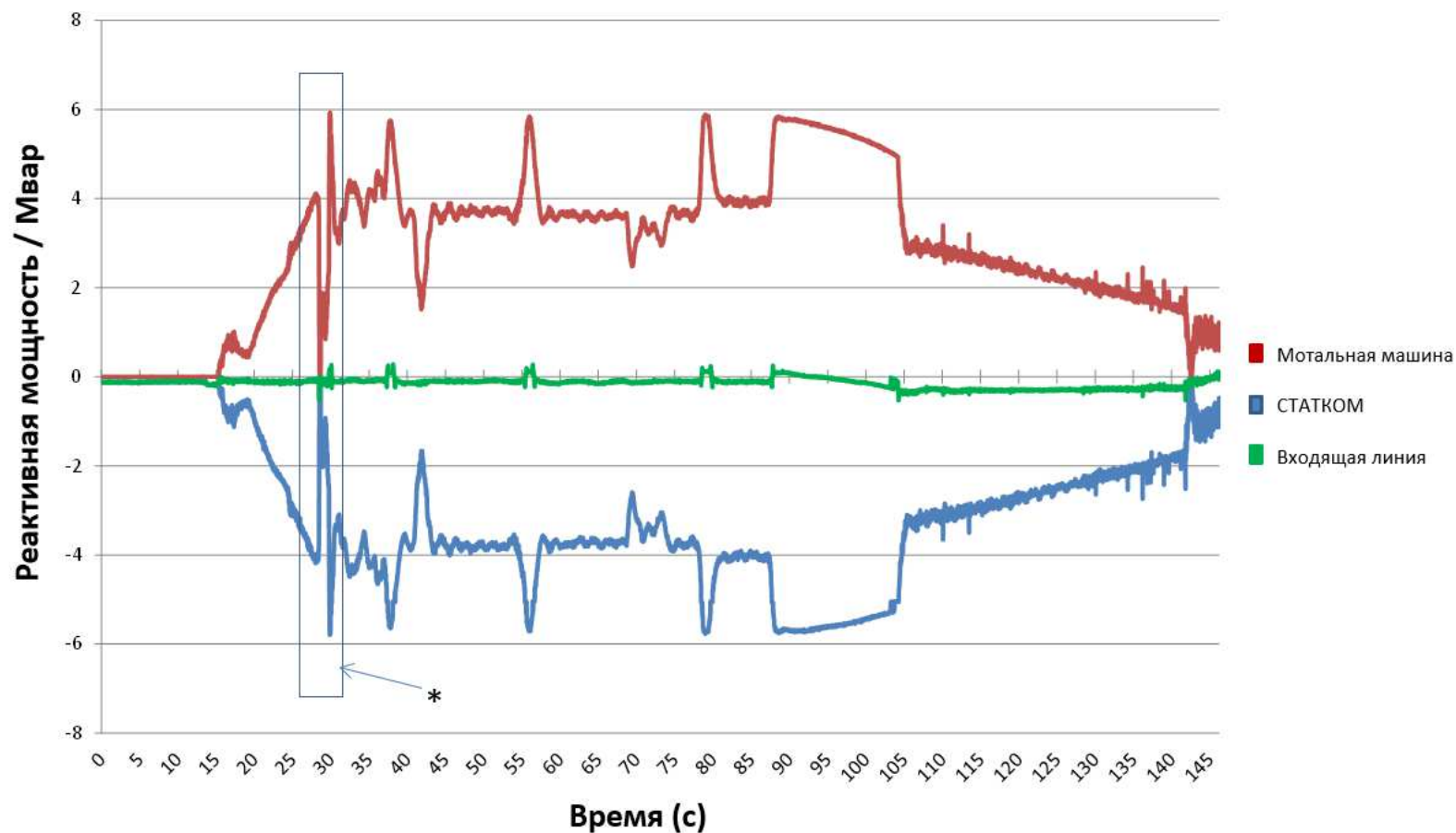


Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия

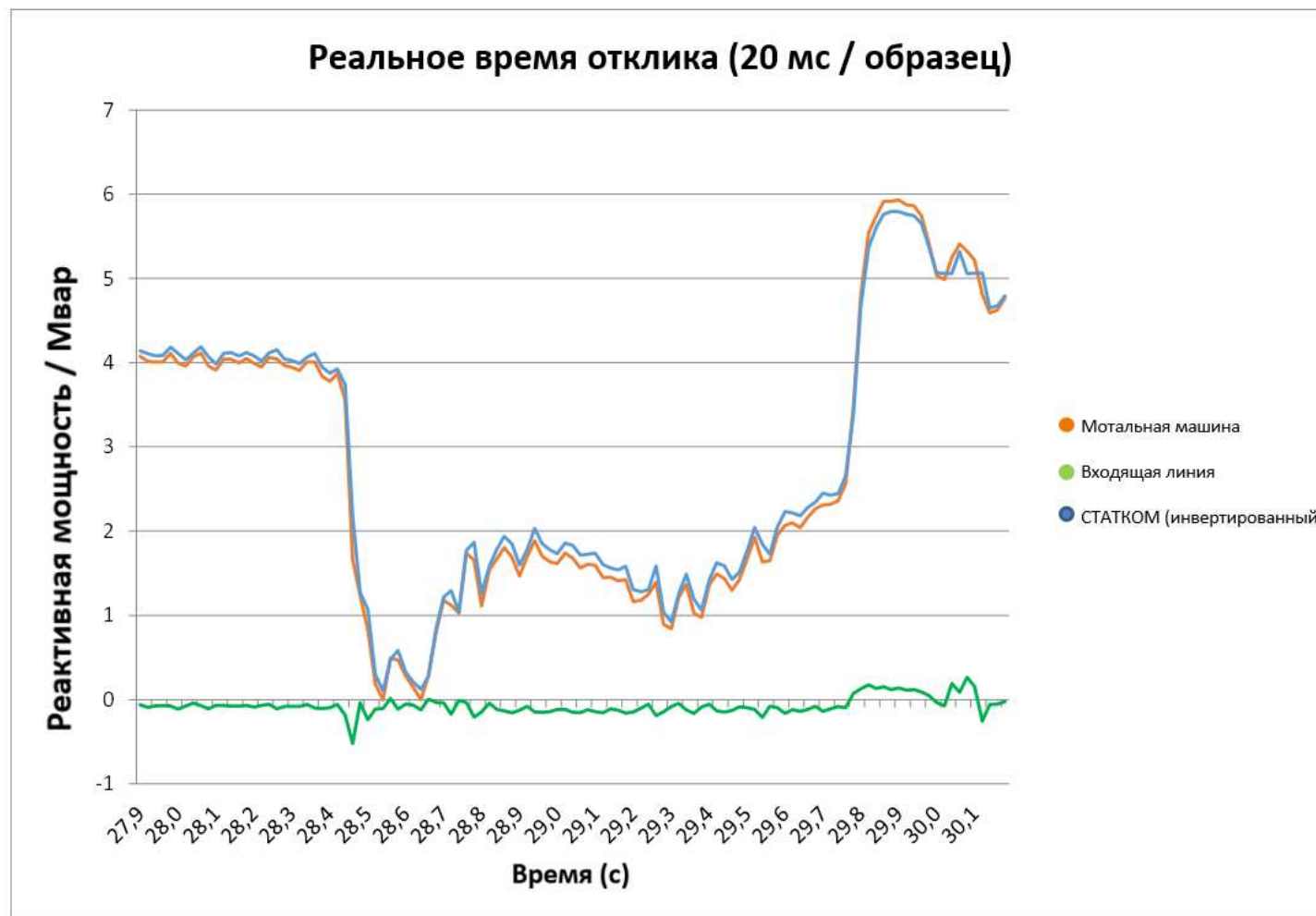
Реактивная мощность в зависимости от времени



Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия



Реализованные проекты Статком



Статком для золотодобывающего предприятия

Краткое изложение

- Система СТАТКОМ успешно введена в эксплуатацию
- Оборудование выжило 1700 км автомобильных перевозок по дорогам без асфальтового покрытия
- Производительность подтверждена в соответствии со спецификацией
- Система компенсирует реактивную мощность подъемников, в итоге влияние на сеть скомпенсированной нагрузки незначительно
- Компенсация позволяет уменьшить количество работающих дизель-генераторов или в будущем будет питаться только от гидроэлектростанции.
- Колебания напряжения из-за 30-километровой воздушной линии от гидроэлектростанций препятствовали работе подъемника без компенсации.
- В настоящее время в основном на дизеле -> работа без компенсации возможна, но имеет высокую стоимость топлива (7,5 млн. Долл. США / месяц)

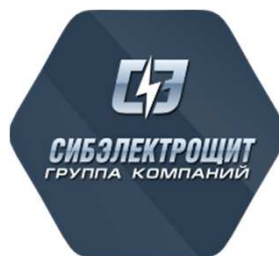


Спектр работ и оборудования



- ☐ Квалифицированный подбор устройств компенсации реактивной мощности и рекомендации по выбору оборудования КРМ.
- ☐ Замеры ПКЭ сети с последующей выдачей отчета с полученными данными, рекомендациями по компенсации реактивной мощности и(или) снижению гармоник в сети.
- ☐ Собственное производство широкого спектра устройств для компенсации реактивной мощности.
- ☐ Поставка комплектующих для устройств компенсации реактивной мощности, а также готовых модулей.
- ☐ Производство сендвич-контейнеров и блочно-модульных конструкций для размещения устройств компенсации реактивной мощности и другого оборудования.
- ☐ Подбор и поставка оборудования для активной фильтрации и подавления гармоник.

Наши клиенты



ТяжПромИнжиниринг



www.khomovelectro.ru

Спасибо за внимание!