

Современные решения в  
области компенсации  
реактивной мощности и  
подавлении гармонических  
искажений.

# Основные соотношения

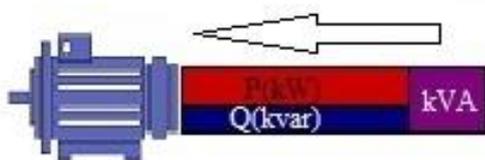
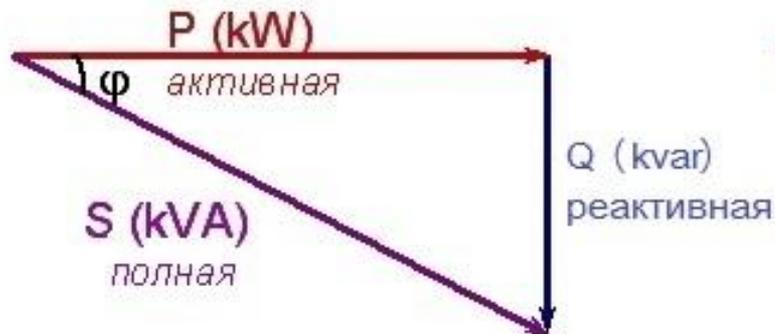


$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$  в трехфазной цепи  
 $S = U \cdot I$  в однофазной цепи

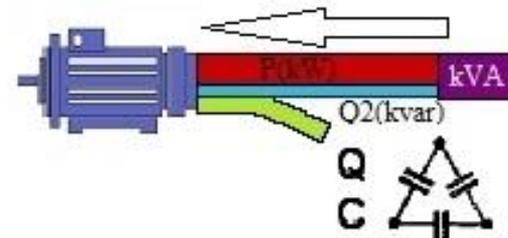
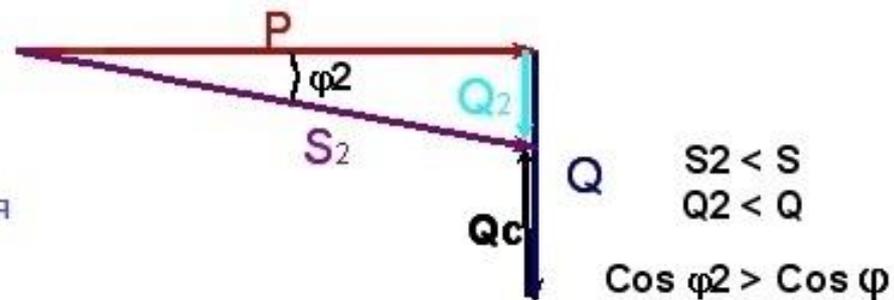
cos φ	1,0	0,99	0,97	0,95	0,94	0,92	0,9	0,87	0,85	0,8	0,7	0,5	0,3
tgφ	0	0,14	0,25	0,33	0,36	0,43	0,48	0,55	0,6	0,75	1,02	1,73	3,18
Q, %	0	14	25	33	36	43	48,4	55	60	75	102	173	318

# Основные соотношения

До компенсации



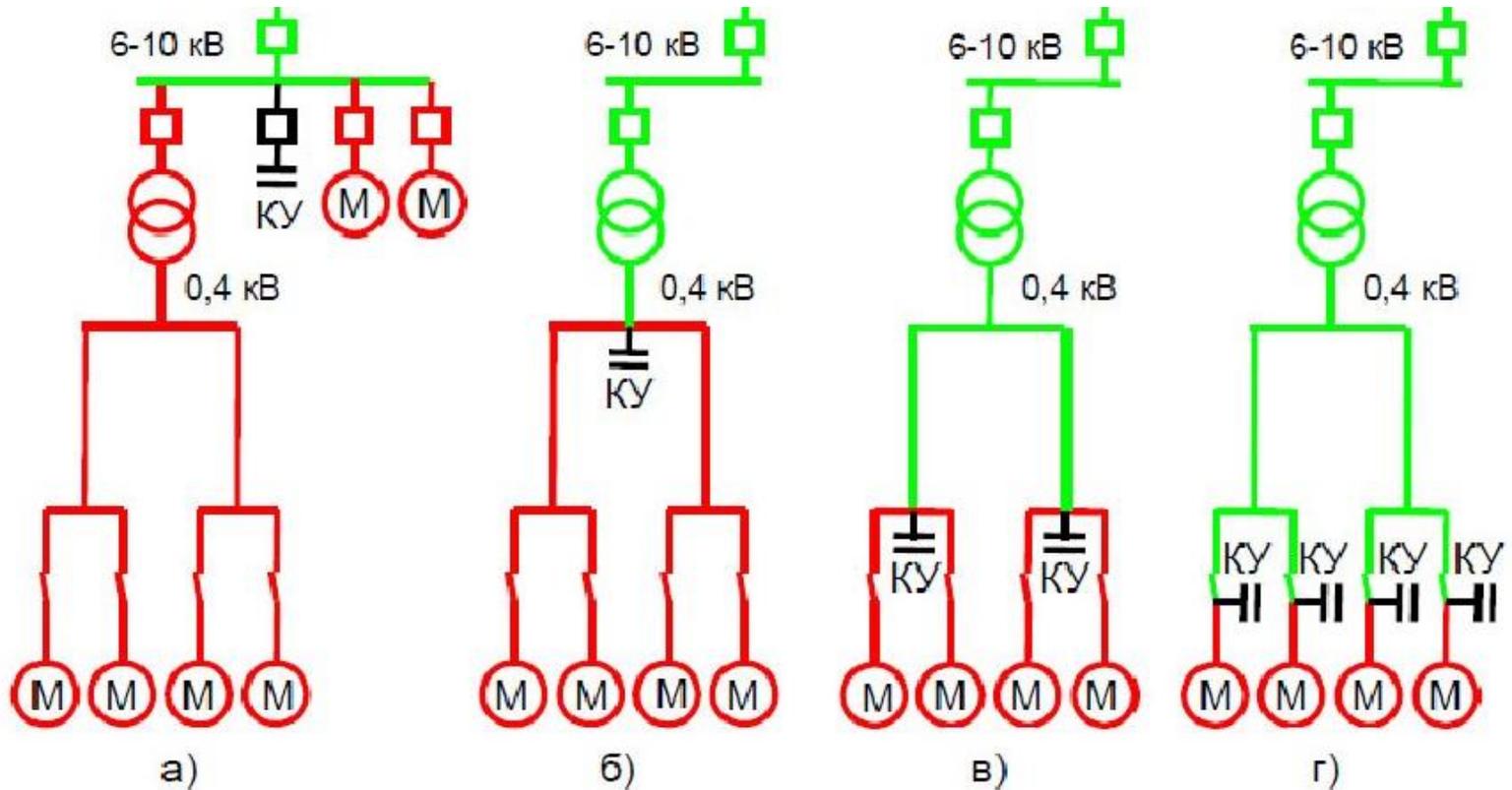
После компенсации



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

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

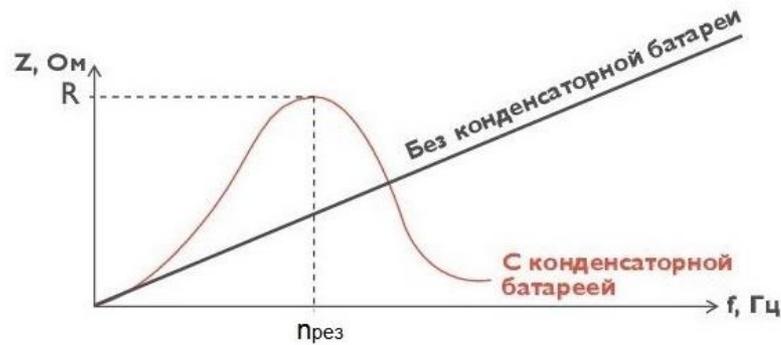
# Основные соотношения



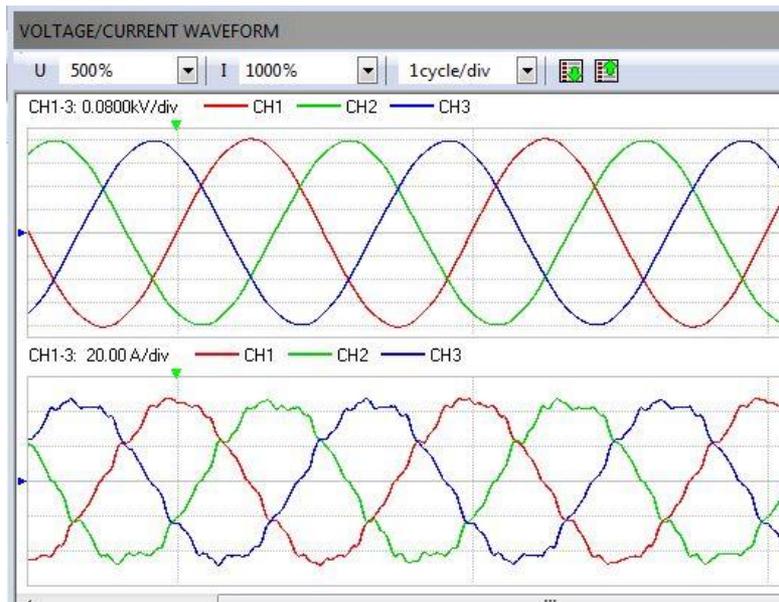
- а) централизованная на стороне высшего напряжения;  
б) централизованная на стороне низшего напряжения;  
в) групповая;  
г) индивидуальная

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

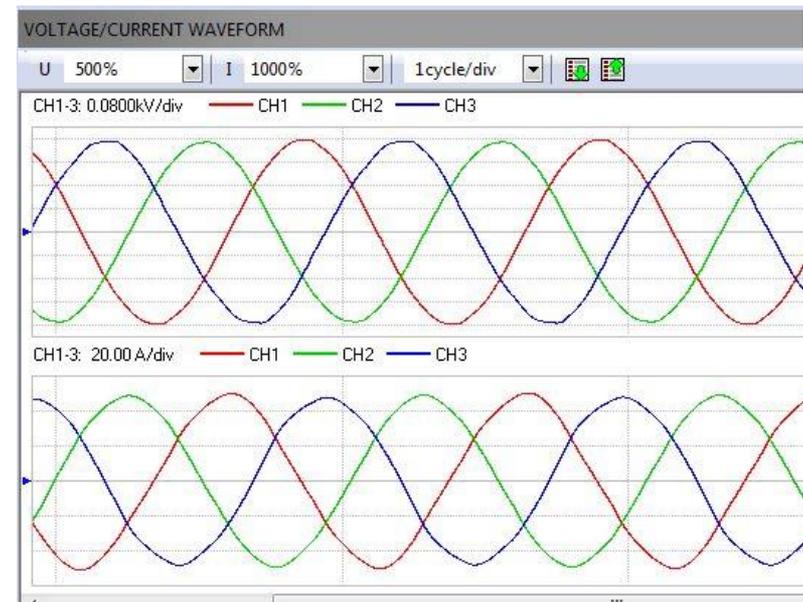
# Основные соотношения



$$n_{рез.гарм} = \sqrt{\frac{S_{заб} [КВА]}{\eta_{кз} [\%] \times Q_{смун} [квар]}} \times 100$$



25 квар подключенные в сеть  
без антирезонансного дросселя.



25 квар подключенные в сеть с  
антирезонансным дросселем  
189Гц.

# Особенности подбора 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.

# 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 сэндвич-контейнеров и блочно-модульных конструкций для размещения устройств компенсации реактивной мощности и другого оборудования.
- ❑ Подбор и поставка оборудования для активной фильтрации и подавления гармоник.

# Замеры и отчет

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.



# Замеры и отчет

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.



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



5 A

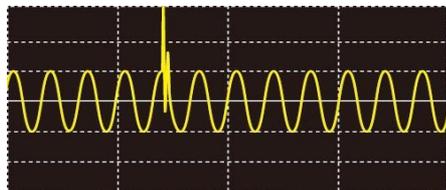


1000 A

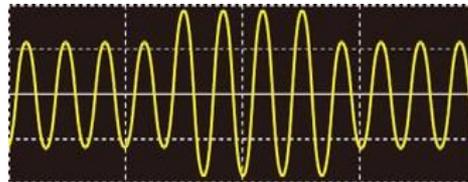


500 A, 5000 A

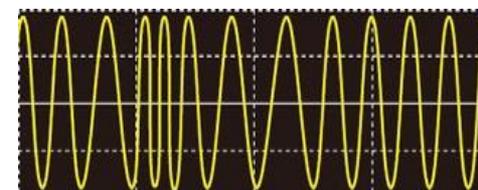
# НЮКИ PW3198 способен одновременно снимать осциллограммы и контролировать параметры гармоник, выявляя аварийные режимы.



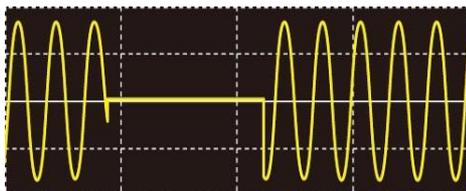
Перенапряжения  
(в диапазоне до 600В и с  
минимальной  
длительностью до 1 мкс.)



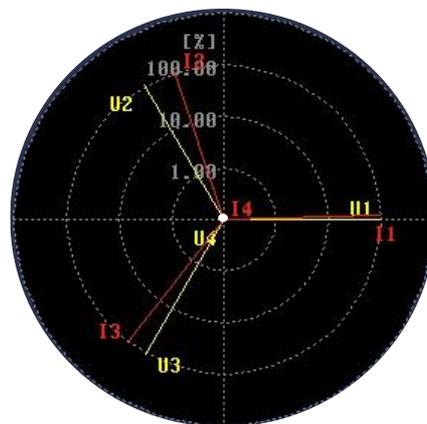
Выбросы напряжения



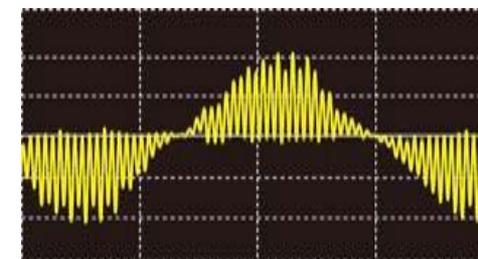
Флуктуации частоты



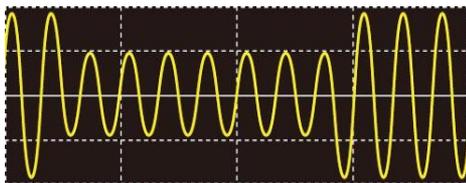
Прерывания  
напряжения



Несимметрия



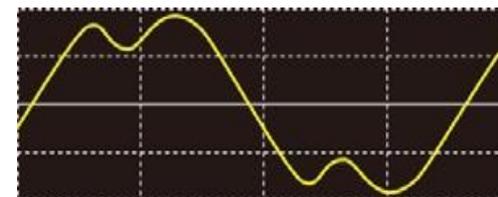
Высшие гармоники (вплоть  
до 80 кГц)



Провалы напряжения

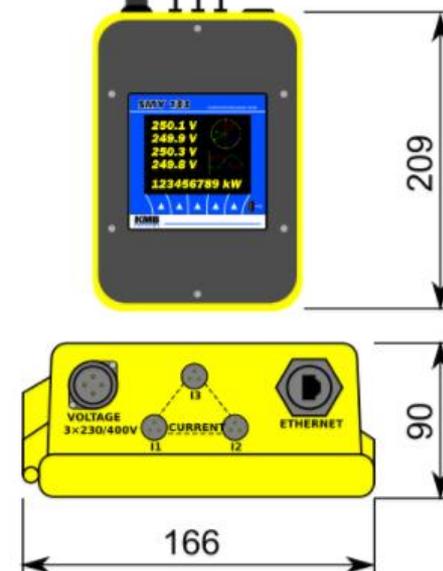
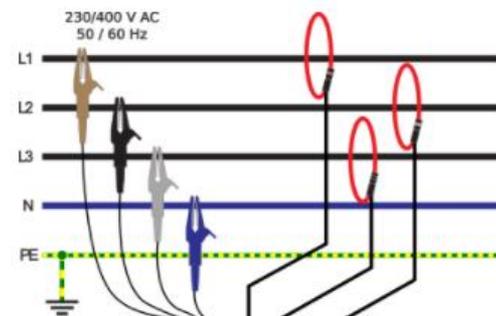


Броски тока



Гармоники и  
интергармоники

Новый бюджетный переносной анализатор **SMY-CA** от компании KMB несколько проще профессиональных приборов, однако позволяет выполнять широкий спектр задач по измерениям параметров сети.



## Стандартный комплект поставки **SMY-CA.**

- 1- измерительный прибор SMY 133 в пластиковом защитном корпусе;
- 2- четырех-проводной комплект для подключения измеряемого напряжения SMY-CU3 с встроенными предохранителями;
- 3- зажим типа «крокодил» ХКК-1001 – 4 штуки;
- 4- Ethernet – кабель ETN5m с резьбовым разъемом (IP65) длиной 5 метров;
- 5- гибкие датчики тока (петля Роговского) типа CA-JRF MOI 333M-115 xxxx (100A, 300A, 1000A, 2500A) – 3 штуки
- 6- разъемный трансформатор тока с первичным током 5А с кабелем и разъемом модели JC10F – 333(5) – 3 штуки;  
Применяется для подключения без разрыва измеряемой цепи на вторичные цепи (5-амперные) трансформаторов тока низкого и высокого напряжения.
- 7- кабель для подключения питания 230В от розетки для настройки прибора в лаборатории.

# Компенсация реактивной мощности в сетях НН (0,4кВ. 0,69кВ)

## **ЕвроКРМ(Ф)**

*Конструктивно КРМ(Ф) выполнена в модульном напольном исполнении с применением в качестве аппаратов защиты ступеней ШПВР (шинный выключатель - разъединитель с предохранителями).*



*Конденсаторные установки серии «Евро» разделяются на 2 типа комплектации: «Евро Премиум» и «Евро Стандарт». Данные модели конденсаторных установок разработаны по аналогии с конденсаторными установками ведущих импортных производителей и являются их более дешевой альтернативой на Российском рынке устройств компенсации РМ.*



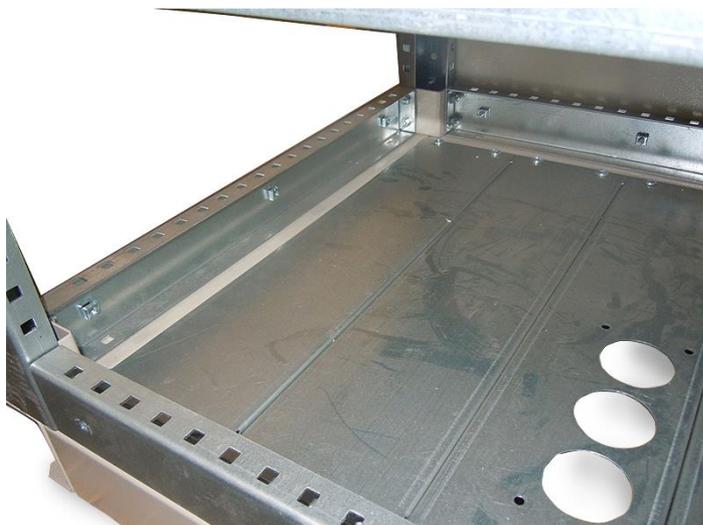
# ЕвроКРМ(Ф)

*Шкаф конденсаторной установки (КУ) имеет модульную конструкцию, что делает КУ более удобную в монтаже и обслуживании и дает возможность сократить время до минимума на проведение ремонтных и плановых работ.*



# ЕвроКРМ(Ф)

*Несущий каркас выполнен профилями сложного сечения из оцинкованной стали толщиной минимум 2 мм.*

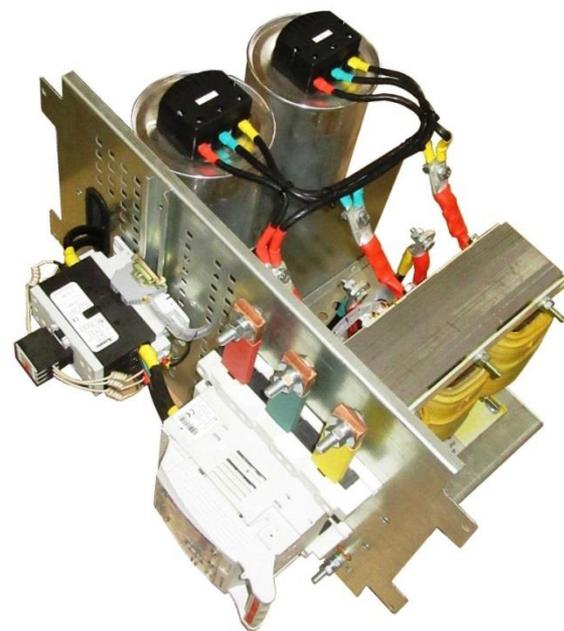
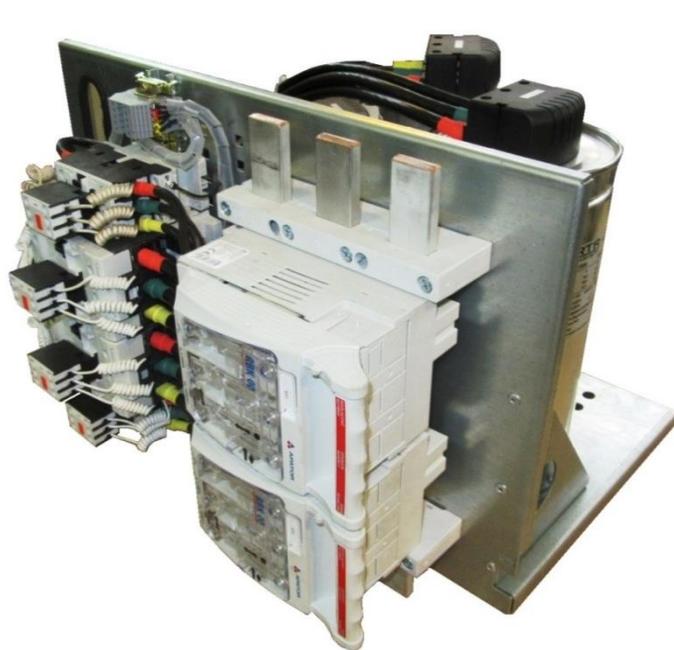


*Наружная оболочка корпуса (крыша, стенки, дверь) выполнена из стального листа толщиной минимум 1,5мм с нанесением защитного полимерного покрытия по RAL7035 (возможно изготовить панели в другом цвете по дополнительному требованию).*

*Пол выполнен в виде наборных панелей, которые изготовлены из оцинкованной стали. Панели легко монтируются и демонтируются для удобного монтажа установки и подключения кабеля.*

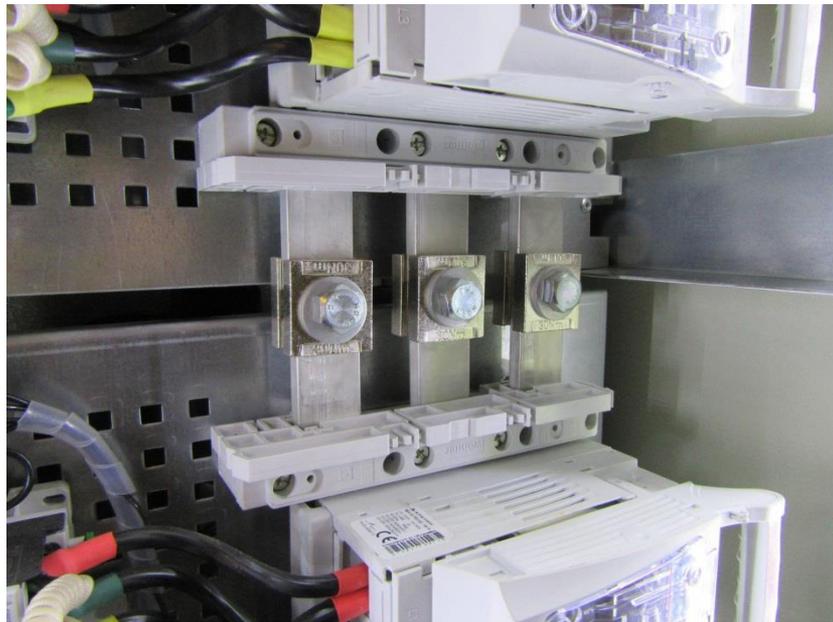
# ЕвроКРМ(Ф)

*Модули конденсаторной установки выполнены из оцинкованной стали толщиной минимум 2 мм., «косынки» модуля оснащены строповочными проушинами для удобства монтажа и демонтажа во время обслуживания с помощи ГПМ. По всей площади полки модуля располагаются вентиляционные отверстия для лучшего охлаждения установленных элементов.*



# ЕвроКРМ(Ф)

*Модули имеют соединения посредством медной шины сечением 30x10. Для исключения случайных прикосновений шина оснащена защитным кожухом.*



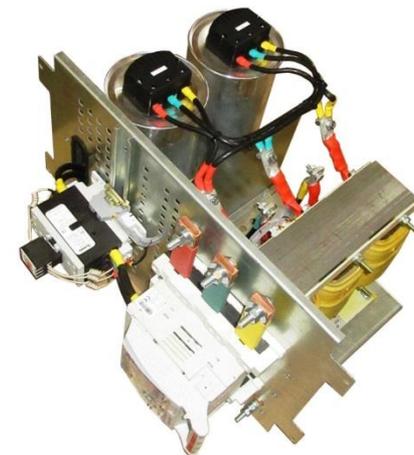
# ЕвроКРМ(Ф)

На дверце шкафа расположены измерительные приборы (цифровой амперметр и регулятор реактивной мощности), на внутренней стороне имеется однолинейная схема устройства и карман для документации. Подводимые к приборам провода уложены в пластиковый короб и защищены от механических воздействий спиральной ПЭТ лентой



# ЕвроКРМ(Ф)

*В случае необходимости применения в устройстве компенсации антирезонансных дросселей (устройство типа КРМФ), в конструкцию шкафа добавляются отсеки с полками для установки дросселей, имеющие отдельные вытяжные вентиляторы. Также в некоторых случаях возможен монтаж дросселей непосредственно на модулях внутри единой оболочки (шкафа).*



# Компенсация реактивной мощности в сетях НН (0,4кВ. 0,69кВ)

## ***КРМ(Ф) исполнение «404Ф»***

*Установка предназначена для повышения коэффициента мощности электроустановок промышленных предприятий и распределительных сетей напряжением 0,4 – 0,69 кВ, а также для автоматического ступенчатого или ручного регулирования реактивной мощности цепи частотой 50 – 60 Гц.*



# КРМ(Ф) исполнение «404Ф»

*Данная модель шкафа не имеет отдельного модуля под вводной коммутационный аппарат.*

*Каждый модуль, располагающий на себе одну или две ступени. Каждая ступень имеет свой разъединитель со встроенной защитой от перегрузок и токов КЗ. Модули соединены между собой жесткой медной ошиновкой на вводе которой располагается один трансформатор тока ( по дополнительному требованию возможна установка ТТ в каждую фазу)*



# КРМ(Ф) исполнение «404Ф»

*Шинопровод ШПВР-ов закрыт пластиковыми кожухами и защищен от случайного прикосновения, доступ к кабельному вводу также ограничен посредством установленной «заградительной» панели в нижней части.*



# КРМ(Ф) исполнение «404Ф»

*Дверь оснащена двумя прижимными замками и демпферами для смягчения удара и защиты ЛКП во время закрытия двери. Также по периметру двери установлена конструкция обеспечивающая жесткость панели при открывании, на внутренней части расположен карман для документации.*



# КРМ(Ф) исполнение «404Ф»

*Корпус не имеет неразъемных соединений, а имеет сборную конструкцию, что дает возможность обслуживания установки со всех сторон. Категория размещения конденсаторной установки может быть двух типов У3 и У1. Степень защиты IP11 или IP54*

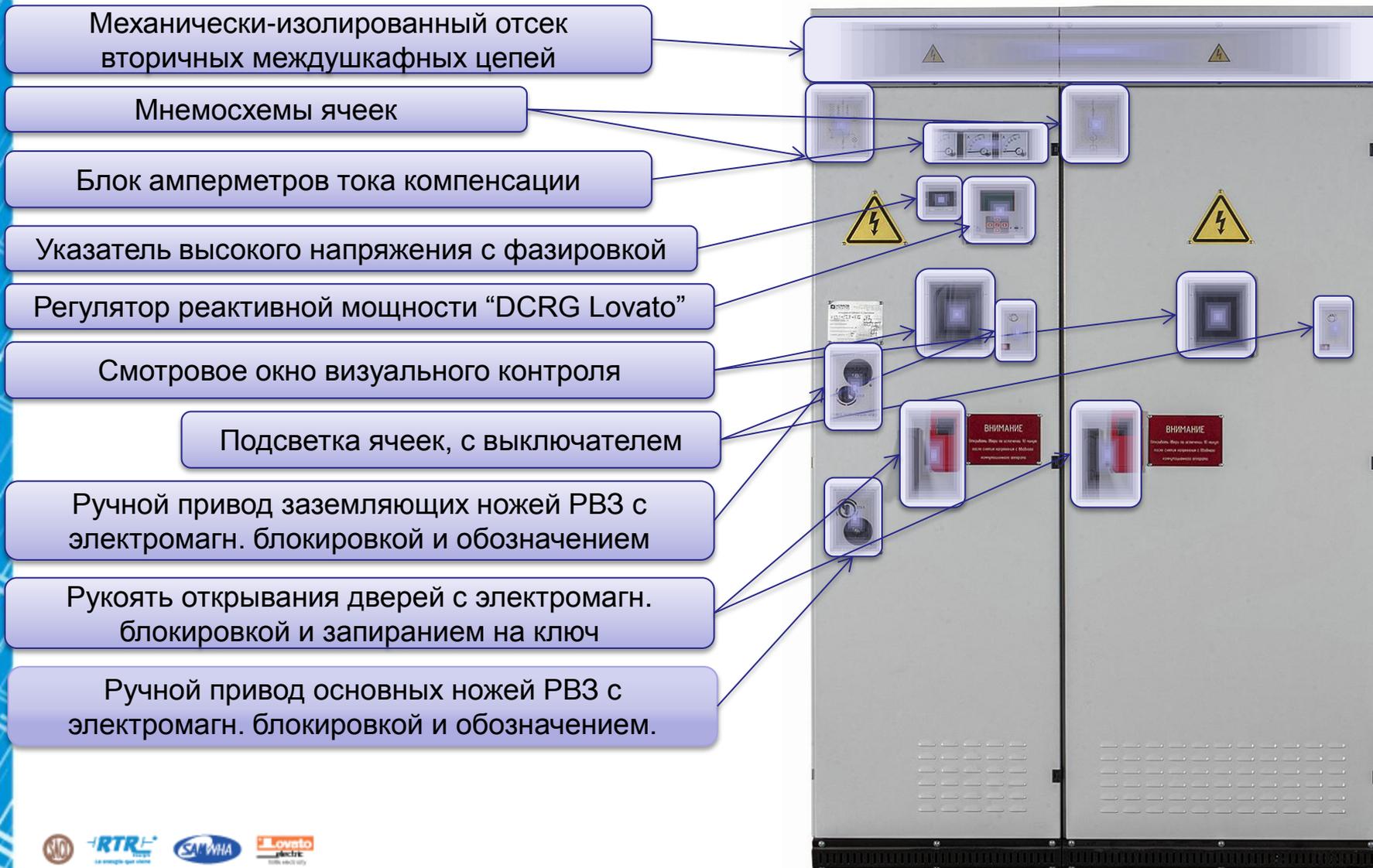


# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»

*Для соответствия требованиям одного из крупных заказчиков были глубоко модернизированы шкафы устройств компенсации на среднее напряжение (6-10кВ). В дальнейшем данные шкафы были запущены в серийное производство и в настоящее время успешно заменяют конструктивы шкафов на среднее напряжение прошлой серии, так как более удобны и безопасны с точки зрения эксплуатации.*



# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»



# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»



# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»



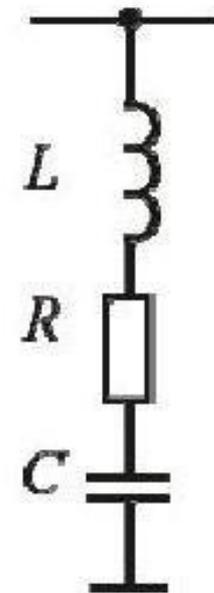
# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»



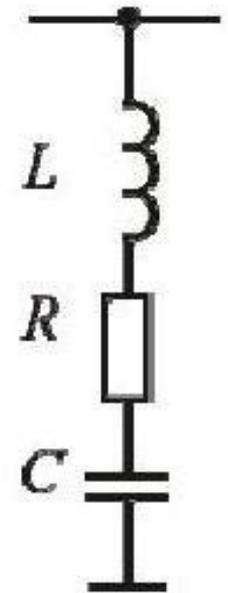
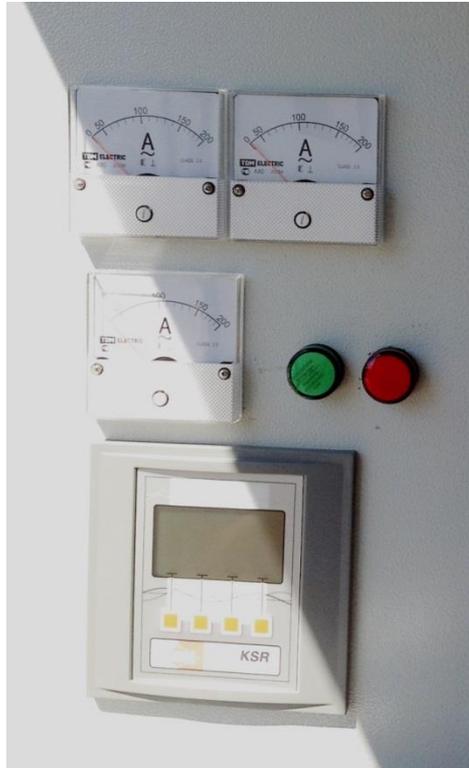
# Устройства компенсации для сетей СН (6-10кВ) серия «Компакт 6(10)кВ»



# Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



# Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)



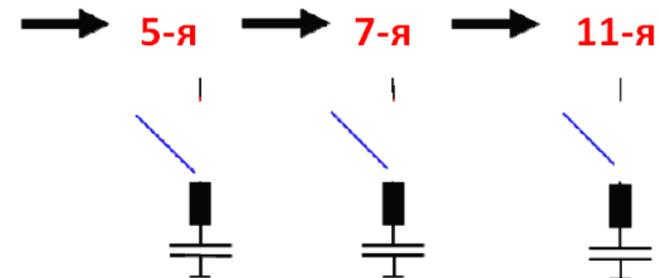
# Пассивные устройства подавления гармоник (пассивные фильтры гармоник)

**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)

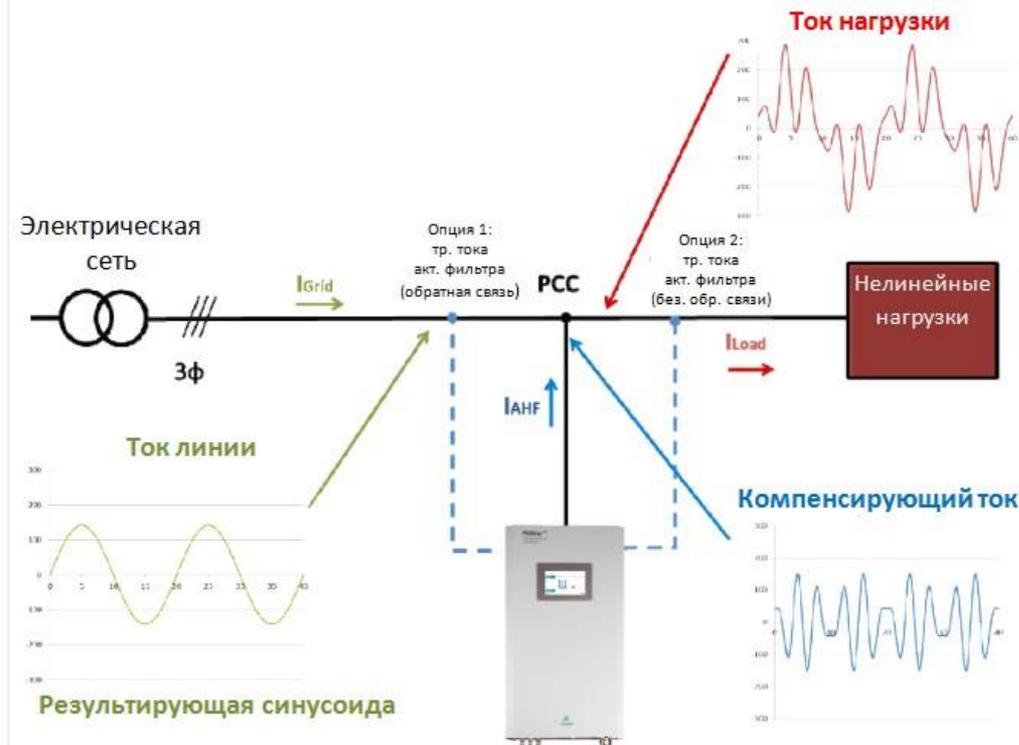
- ✓ *Конструкция пассивных фильтров содержит большое количество элементов, и выход из строя / повреждения некоторых элементов могут привести к изменению его резонансных частот. Это может стать причиной увеличения искажений в распределительной сети выше допустимых пределов.*
- ✓ *В мощных фильтрах могут 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)

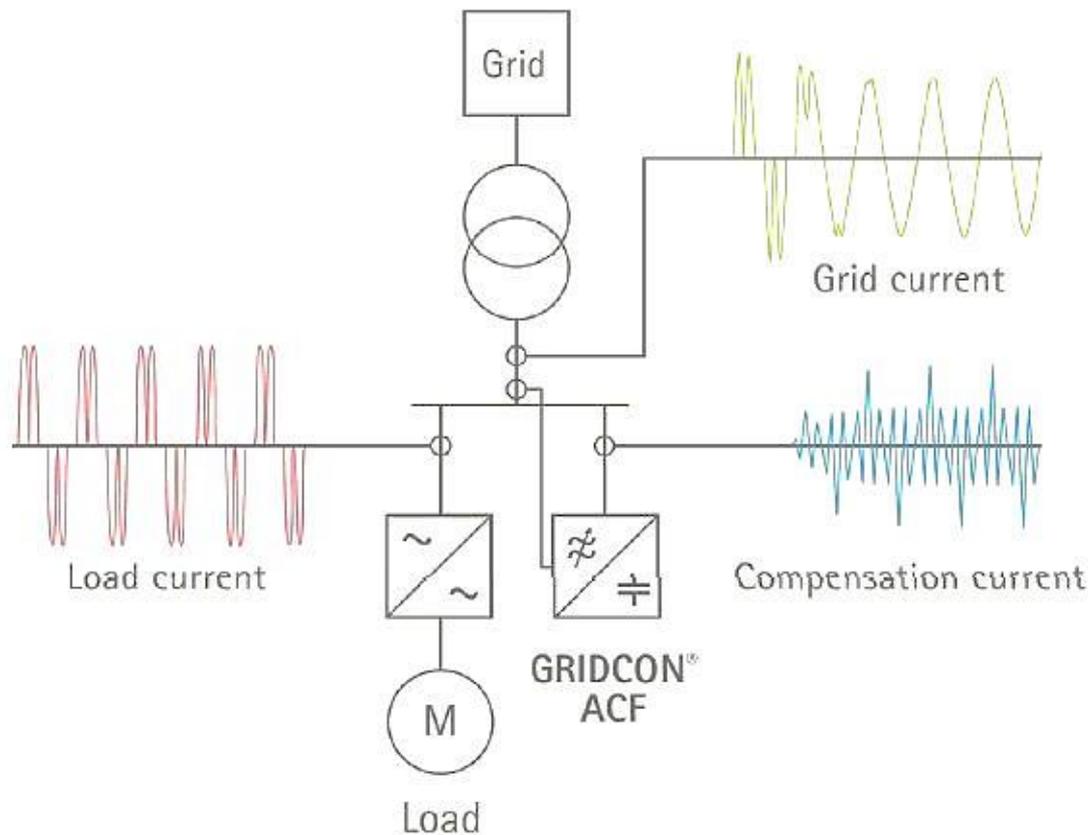
- ✓ *Влияние внешних условий, такие как окисление, износ, температура, приводят к расстройке фильтров случайным образом.*
- ✓ *В некоторых случаях наличие даже небольшой составляющей постоянного тока и гармонического тока может вызвать насыщение индуктивностей фильтра.*
- ✓ *Для подключения и отключения 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.*

# Активные фильтры гармоник (АФГ)

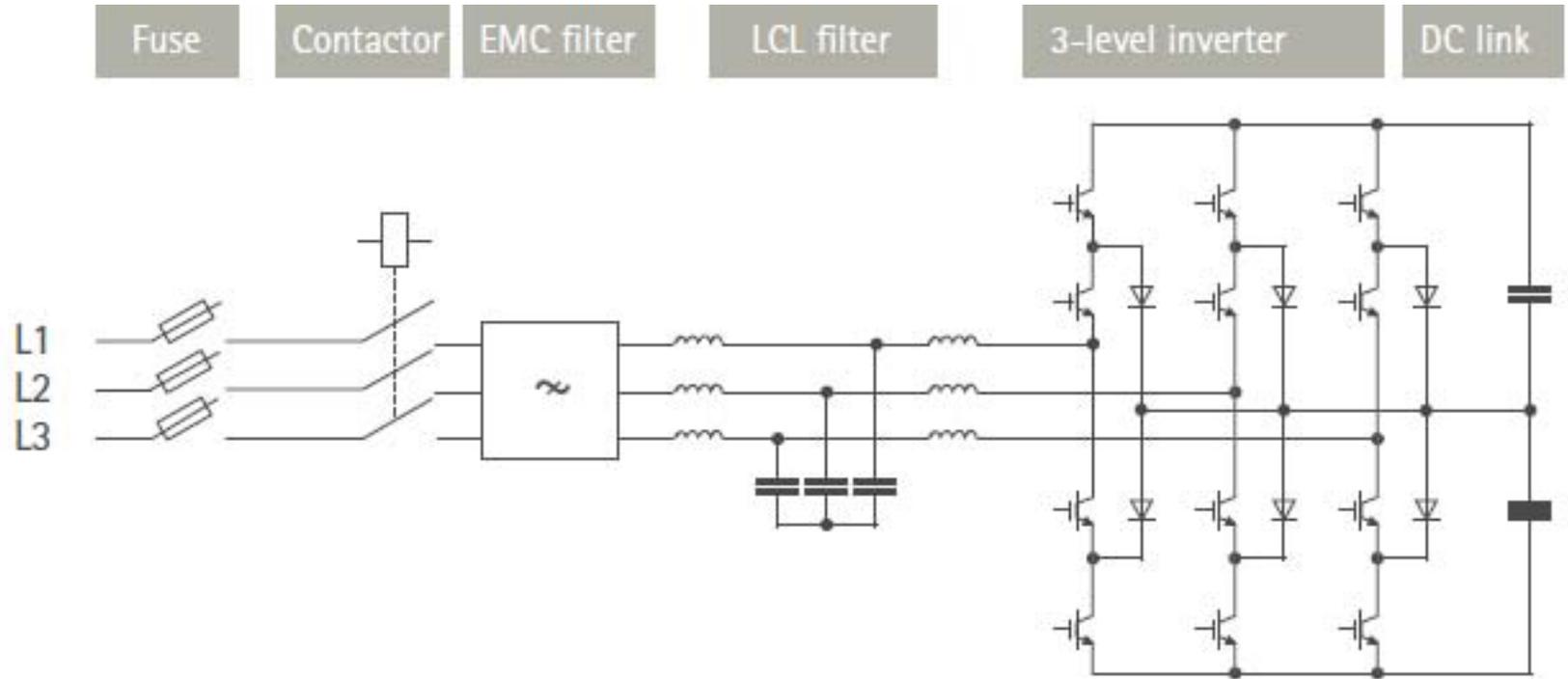
*Активные устройства подавления гармоник (Активные фильтры гармоник АФГ) – это устройства на базе высокопроизводительного микропроцессора, анализирующего гармонический состав тока нагрузки и посредством силовых полупроводниковых модулей уменьшающие уровень искажений посредством активной инжекции гармонического сигнала в противофазу основным гармоникам нагрузки.*



# Активные фильтры гармоник (АФГ)



# Активные фильтры гармоник (АФГ)



# Активные фильтры гармоник (АФГ)

*Основные исполнения устройств подавления гармоник GRIDCON ACF :*



4x125  
Ампер

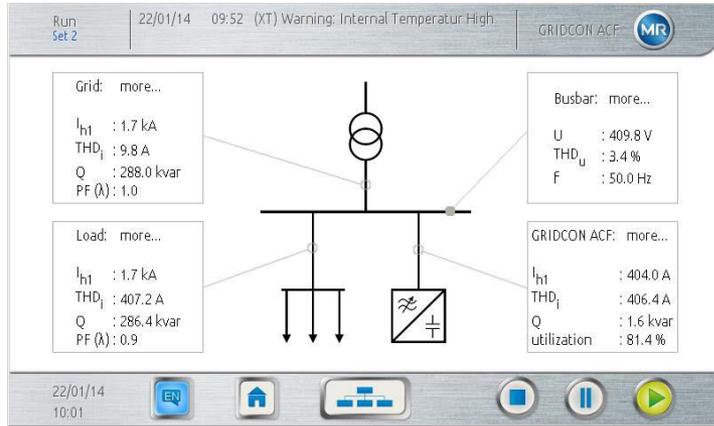


«Компакт»  
5x60 Ампер

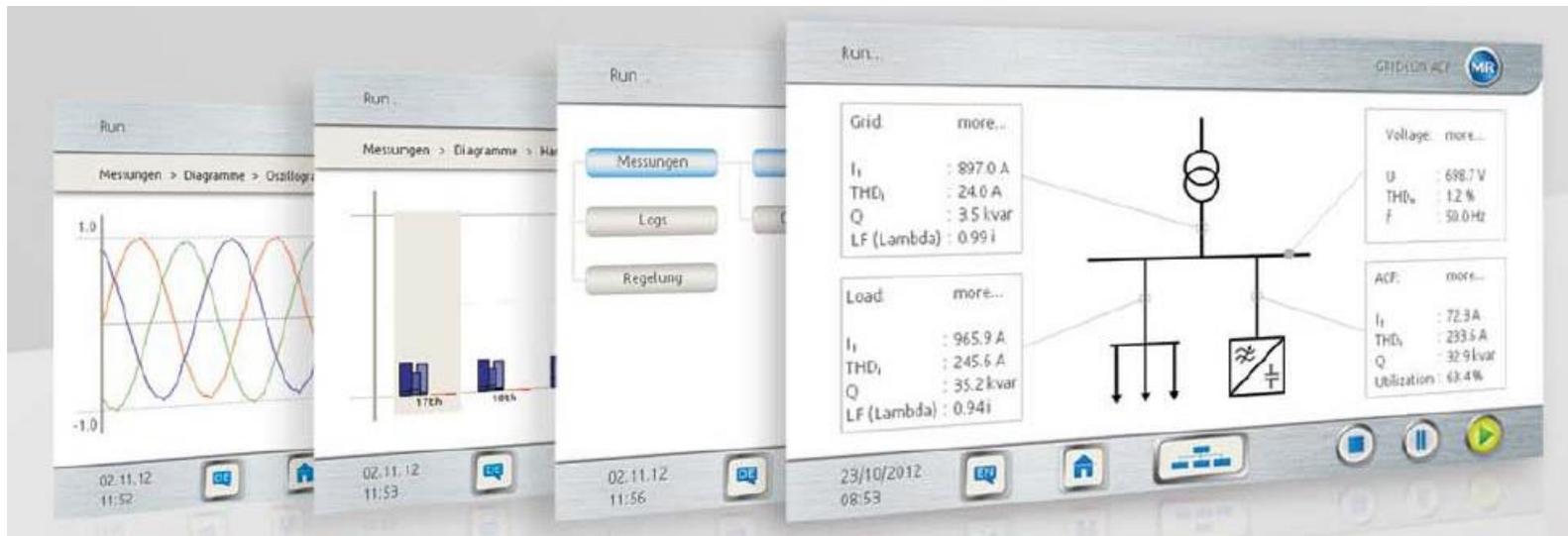


«Настенный»  
1x60 Ампер

# Активные фильтры гармоник (АФГ)

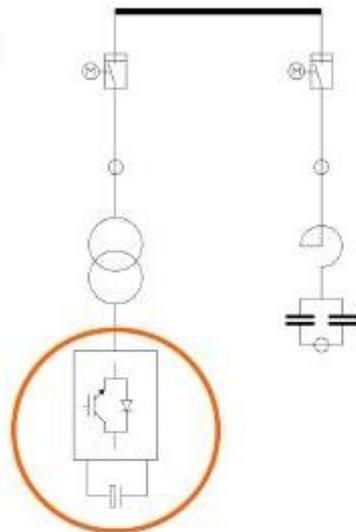


*Панель управления позволяет просматривать основные параметры работы фильтра и измеряемые величины, а также настраивать необходимые функции.*

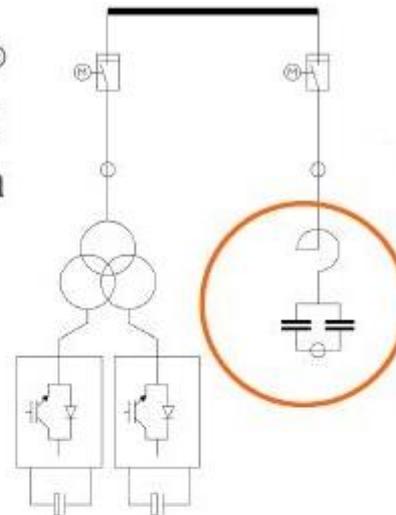


# Активные фильтры гармоник в сети среднего напряжения (Статком)

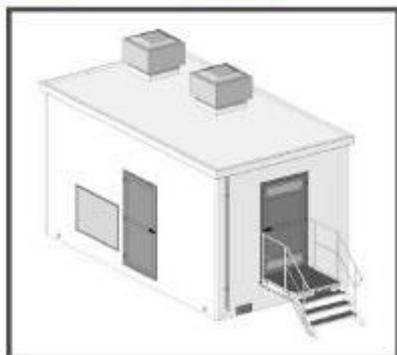
GRIDCON® AcF



GRIDCON®  
STATCOM  
 $Q < \pm 6 \text{ Mva}$



*Специальный блок пассивного фильтра*



# Активные фильтры гармоник (АФГ)

*Активный фильтр гармоник является универсальным адаптивным интеллектуальным устройством.*

- ❖ Помимо компенсации токов гармоник устройства активного подавления гармоник (АФГ) могут выполнять функцию динамической пофазной компенсации реактивной мощности. Также при необходимости данные устройства способны частично устранить перекос тока нагрузки.*
- ❖ Для реализации вспомогательных функций (компенсации и устранения перекоса) необходимы дополнительные мощности устройства АФГ, рассчитываемые отдельно.*
- ❖ Устройство управления активного фильтра позволяет гибко настраивать и подстраивать параметры АФГ под требуемые задачи, распределяя ресурсы для наиболее эффективной работы.*
- ❖ Модульная конструкция позволяет оперативно наращивать мощность устройства, добавляя в «шкаф» доп. модули.*
- ❖ При необходимости можно исключать из массива модули нуждающиеся в обслуживании (или заменять) без остановки остальной части устройства.*

# Наши клиенты



ТяжПромИнжиниринг



[www.khomovelectro.ru](http://www.khomovelectro.ru)

Спасибо за внимание!