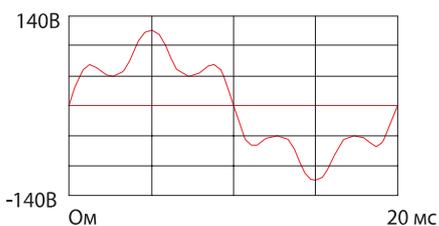
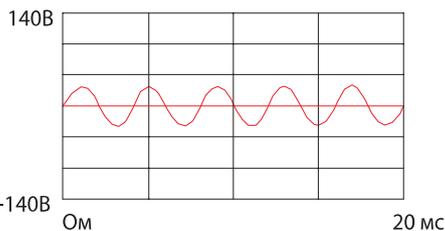


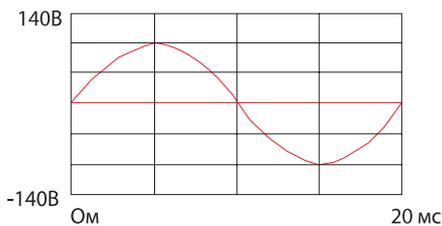
Фильтрокомпенсирующие устройства (силовые фильтры высших гармоник)



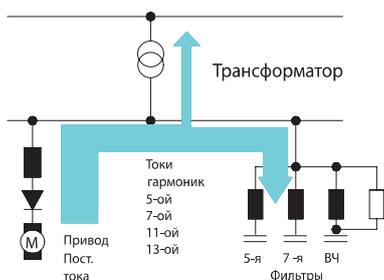
5-я гармоника (250 Гц)



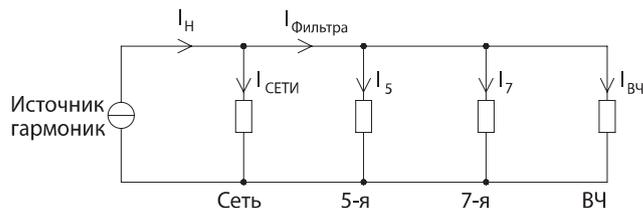
Чистая синусоида 50 Гц



Линейная схема



Эквивалентная цепь



Увеличение использования силовых полупроводниковых приборов в промышленности, таких как 6-12-24-пульсные выпрямители, устройства плавного пуска, частотные приводы, привело к появлению гармонических искажений в сетях. Искажения кривой напряжения, создаваемые этими приборами, приводят к сбоям в работе оборудования. В результате значительно снижаются качество и надёжность работы систем автоматики, телемеханики и связи, значительно повышаются активные потери во всех элементах электрооборудования, происходит ускоренное старение изоляции электрооборудования, ухудшается качество работы систем сеточного и фазного управления вентилями и т.д.

В большинстве случаев оказывается невозможным эффективное использование батарей статических конденсаторов, возникает необходимость применения фильтров высших гармоник.

Силовые фильтры высших гармоник представляют собой LC либо RLC цепочки, настроенные на подавляемую гармонику и работающие как поглотитель, превращая ее в тепло, которое выделяется на индуктивности или емкости. RLC цепочка служит как широкополосный фильтр и резистор, регулирует ширину диапазона подавления высших гармоник.

Силовые фильтры высших гармоник, или фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) предназначены для снижения искажения кривой питающего напряжения и тока частотой 50 Гц, с одновременным повышением коэффициента мощности комплектных электроприводов буровых установок, для нормализации показателей электромагнитной совместимости полупроводниковых преобразователей с питающей сетью, а также для компенсации реактивной мощности в сети преобразователя.

ФКУ обеспечивают компенсацию реактивной мощности, потребляемую преобразователями, а также осуществляют фильтрацию вносимых ими в питающую сеть высших гармоник тока, создавая тем самым условия для улучшения качества электроэнергии в питающей сети.

Схема ФКУ обычно представляет собой симметричную трёхфазную RLC-цепь. Фаза ФКУ состоит из набора параллельных звеньев - фильтров, каждый из которых рассчитан на компенсацию части дефицита реактивной мощности преобразователя и локализацию части спектра гармоник тока, генерируемых преобразователями.

Форма волны напряжения, искаженная 5-ой гармоникой. Импедансные кривые сети и фильтра

ФКУ расположена в утепленном металлическом контейнере, оборудованном всем необходимым для размещения и надёжной работы установки, удобства технического обслуживания и монтажа.

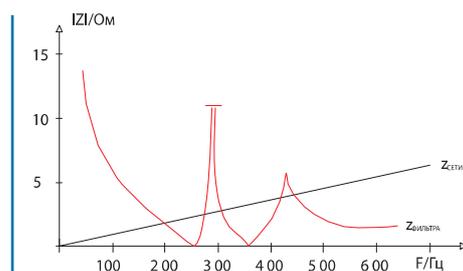
ФКУ состоит из следующих основных элементов и систем:

- Контейнера металлического, для размещения оборудования;
- Вводной ячейки, представляющей собой металлический шкаф, оснащённый разъединителем, тремя амперметрами, системами блокировок и защиты фильтра. Ввод кабеля в ячейку осуществляется снизу;
- 3 токоограничивающих фильтрующих реакторов, служащих для ограничения тока (по одному на фазу). Реакторы - с воздушным сердечником и естественным охлаждением установлены на раме конденсаторов;
- высоковольтных конденсаторов, объединенных в блоки (одна рама на фазу);
- трансформатора тока;
- системы освещения, из люминесцентных светильников;
- системы вентиляции, состоящей из 4-х вентиляционных окон и 4-х вытяжных вентиляторов;
- системы обогрева из масляных обогревателей;
- система пожаротушения включает в себя порошковый огнетушитель.

Технические характеристики ФКУ-6,3-1350 У1

Данные, необходимые для расчета фильтров гармоник

1. Номинальное напряжение, рабочее напряжение и длительность колебаний напряжения в системе.
2. Требования к реактивной мощности по базовой частоте.
3. Токи гармоник, протекающие в сети (нормальный и наихудший случай), или информация о нагрузках, производимых гармониками (например, 6-ти импульсный выпрямитель 10 МВт).
4. Существующий уровень токов короткого замыкания в сети и диапазон изменений (для расчетов полного сопротивления на различных частотах). Допустимый уровень гармонических токов и напряжений.
5. Требуемый уровень изоляции фильтра. Условия окружающей среды (установка внутри / снаружи помещения, температура окружающей среды).

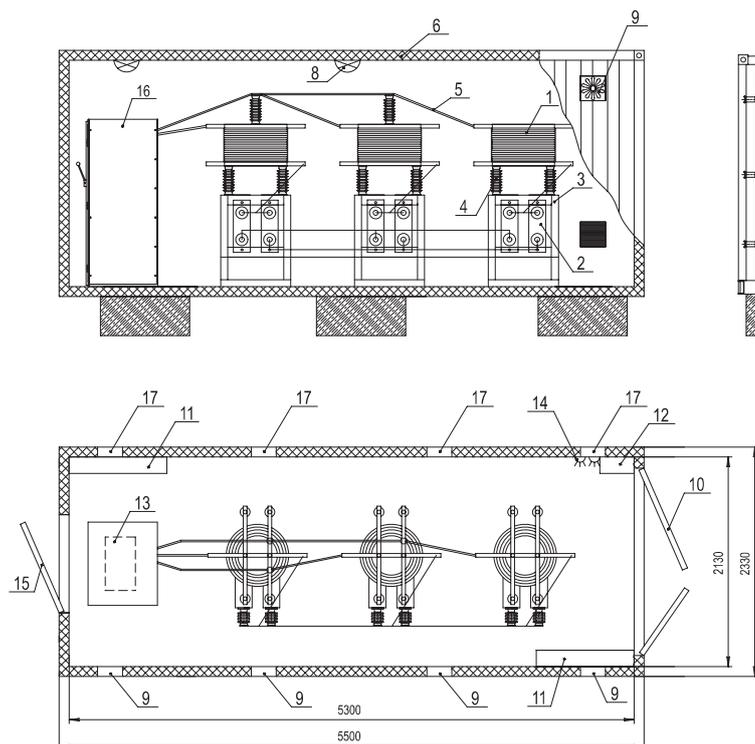


Типономиналы

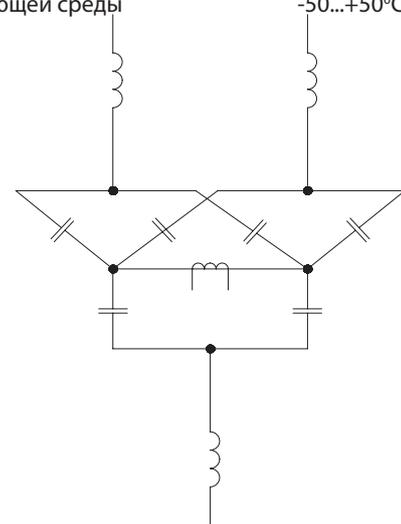
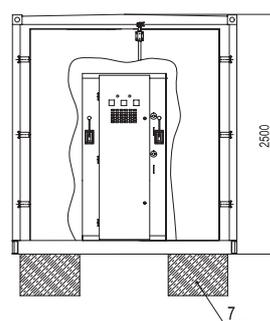
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-900 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-1200 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-1350 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-1800 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-2400 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-3600 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-4600 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-5400 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-6,3-6000 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)-10,5-900 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-1200 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-1350 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-1800 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-2400 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-3600 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-4600 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-5400 квар;
- ФКУ (5,7,9,11,13,15,17,19,23,25)- 10,5-6000 квар;

| | |
|---|-------------|
| Номинальная мощность | 1350 квар |
| Номинальное напряжение | 6,3 кВ |
| Мощность ФКУ | 940 квар |
| Номинальный ток | 86 А |
| Индуктивность реактора | 6,1 мГн |
| Мощность реактора | 43 квар |
| Частота сети | 50 Гц |
| Подавляемая гармоника | 5 и выше |
| Пик коммутационного перенапряжения | 1,25 Уном |
| Выдерживаемое импульсное напряжение | 75 кВ |
| Выдерживаемое напряжение промышленной частоты | 28 кВ |
| Ток термической стойкости при КЗ | 25 кА |
| Ток динамической стойкости при КЗ | 62,5 кА |
| Температура окружающей среды | -50...+50°C |

Схема размещения оборудования ФКУ-6,3-1350 ХЛ1



1. Токоограничивающий реактор
2. Высоковольтный конденсатор
3. Суппорт конденсаторов
4. Опорный изолятор
5. Медный проводник
6. Контейнер металлический
7. Бетонные блоки или строительная плита
8. Освещение
9. Вытяжной вентилятор
10. Монтажные ворота
11. Обогреватель
12. Щит собственных нужд
13. Кабельный ввод
14. Розетка 220 В
15. Входная дверь
16. Вводная ячейка
17. Вентиляционная решётка



Электрическая схема

Батареи статических конденсаторов 6...220 кВ 5..200 МВАр

Батареи статических конденсаторов на напряжения 6,10,35,110,220 кВ мощностью от 5 до 200 МВАр производятся на базе косинусных однофазных конденсаторов, путем параллельно – последовательного соединения их в звезду или треугольник в зависимости от режима работы нейтрали.

Внедрение батарей статических конденсаторов позволяет увеличить напряжение на шинах подстанций на 3-4 %, снизить потери в сетях 6 - 220 кВ. БСК позволяют скорректировать перетоки энергии и регулировать напряжение в энергосистеме.

Кроме того, при преваливировании тяговой нагрузки, вследствие ее неравномерности и обусловленной вследствие этого неравномерной нагрузкой линий возникает необходимость регулирования показателей качества передаваемой электроэнергии применением компенсирующих устройств (батареи статических конденсаторов или реакторов в зависимости от режима).

Регулирование напряжения с помощью батарей статических конденсаторов

Величина напряжения в различных точках энергосистемы изменяется в зависимости от нагрузки и схемы сети. Этот параметр согласно ГОСТ 13109-87 должен находиться в пределах от 5 до 20 % (см. Табл. 1).

Кроме того, ограничение по наибольшему рабочему напряжению электрооборудования диктуется надежностью работы изоляции электрооборудования, т.к. постоянно повышенное напряжение вызывает ускоренное старение изоляции и выход ее из строя. У большинства потребителей электроэнергии допускаются длительные отклонения напряжения от номинального не более чем на $\pm 5\%$. Превышение номинального напряжения приводит к сокращению срока службы потребителей электроэнергии, уменьшение снижает производительность и экономичность работы потребителей, пропускную способность линий электропередачи, может нарушить устойчивость работы синхронных машин и асинхронных двигателей.

Как видно из таблицы 1 с повышением номинального напряжения допустимые повышения напряжения уменьшаются с 20 до 5 %. Это связано с ростом стоимости изоляции в установках более высоких напряжений, минимизации затрат на изоляцию и выполнении оборудования практически на номинальное напряжение.

Допустимые снижения напряжения в энергосистеме также лимитированы и составляют от 10 до 15 %.

Как мы видим, в электросетях возможны колебания напряжения от -15 до +20 %. Поэтому, при изменении параметров схемы, величины нагрузки и режима работы электрической сети необходимо регулировать уровень напряжения посредством технических мероприятий.

Как известно, напряжение у потребителя определяется формулой:

$$U = U_{\text{цп}} - (P_{\text{н}} R_{\text{э}} + Q_{\text{н}} X_{\text{э}}) / U_{\text{цп}}$$

где, $U_{\text{цп}}$ – напряжение центра питания

$P_{\text{н}}$ и $Q_{\text{н}}$ – активная и реактивная мощность нагрузки потребителя.

Из анализа приведенной формулы видно, что мы можем влиять на напряжение у потребителя путем изменения реактивной мощности $Q_{\text{н}}$. Таким образом, мы можем регулировать напряжение путем изменения реактивной мощности нагрузки применяя батареи статических конденсаторов.

Снижение потерь при передаче электроэнергии с помощью батарей статических конденсаторов

Доля технологических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях напряжением 6-10 кВ в среднем составляет 8-12% от величины электроэнергии, отпущенной в сеть данного напряжения. Величина потерь электроэнергии определяется большим числом параметров электрической схемы, конструкции сетей и режимов нагрузки. Как показали расчеты для реальных сетей 10 кВ, потери электроэнергии существенно зависят от величины реактивной мощности, передаваемой потребителям по элементам сети. Например, при изменении коэффициента мощности ($\text{tg}\varphi$) от 0,5 до 0,8 потери электроэнергии увеличиваются примерно на 20%.

Анализ показаний счетчиков активной и реактивной электроэнергии показывает, что значения коэффициентов мощности на шинах 10 кВ источников питания (подстанциях 35-110/10 кВ) изменяются в процессе эксплуатации и достигают значений 0,77-0,85. Таким образом, потери электроэнергии при передаче реактивной мощности становятся существенными.

Эффективным способом снижения потерь электрической энергии в сетях 10 кВ является установка батарей статических конденсаторов.

Выбор мощности и мест установки компенсирующих устройств проводится по условию минимума приведенных затрат с учетом стоимости компенсирующих устройств и ожидаемой экономии от снижения потерь электрической энергии..

Батареи статических конденсаторов 6...220 кВ 5..200 МВАр

Защита батарей статических конденсаторов

Трансформаторы тока ТФЗМ подключены к средним точкам плеч звезды и отслеживают несбалансированные токи и служат для защиты конденсаторов.

Токоограничивающие реакторы ограничивают ток при включении батареи статических конденсаторов.

Конструкция батарей статических конденсаторов

Батарея статического конденсатора состоит из групп силовых конденсаторов собранных в стальные несущие блоки, закрепленные на полимерных изоляторах. Батарея статического конденсатора конструктивно выполняется на трех стойках с размещенными на них конденсаторами, токоограничивающими реакторами и трансформаторами тока. Между стойками батареи статического конденсатора выполнены технологические шестиметровые проезды для автокрана предназначенные для монтажа блоков конденсаторов. Батарея статического конденсатора поставляется в исполнении У1 для температур от -55°C ... $+45^{\circ}\text{C}$. Для более низких температур Батарея статического конденсатора монтируется в утепленном быстровозводимом здании. Стальные конструкции батареи статического конденсатора сделаны из сваренных стальных профилей, защищенных от коррозии и гальваническим цинкованием. Покрытие цинка не менее $650\text{г}/\text{м}^2$.

Конструкции собраны в блоки по 6-8 конденсаторов, монтируются на месте, и имеют в комплекте крепеж, наконечники и медные шины для соединения конденсаторов, а также гибкие медные переходы. В батареях статических конденсаторов применяются силовые конденсаторы 700 квар 6-10 кВ, 560 квар 11,7 кВ для напряжений 35 кВ, 542 квар x 7940 В для напряжений 110-220 кВ с двумя фарфоровыми изоляторами и встроенными предохранителями.

Трансформаторы тока ТФЗМ (по одному на фазу) подключены первичной обмоткой в разрыв двух параллельных групп, и в случае разбаланса выдают сигнал на устройства РЗА для отключения головного выключателя.

Токоограничивающие реакторы (по одному на фазу), ограничивают ток при включении батареи статических конденсаторов. Соединения выполнены гибкой медной шиной, для предотвращения повреждения изоляторов при температурном расширении/сжатии либо при воздействии электродинамических сил.

Защита батарей статических конденсаторов

Трансформаторы тока ТФЗМ подключены к средним точкам плеч звезды и отслеживают несбалансированные токи и служат для защиты конденсаторов.

Токоограничивающие реакторы ограничивают ток при включении БСК.

Конструкция батарей статических конденсаторов

Батарея статических конденсаторов состоит из групп силовых конденсаторов собранных в стальные несущие блоки, закрепленные на изоляторах. Батарея поставляется в исполнении для внутренней установки УЗ в промышленном здании.

Оформление заказа

При заказе батареи статических конденсаторов указывается мощность батареи, номинальное напряжение и ток КЗ, тип и количество конденсаторов в батарее, категория размещения и климатическое исполнение.

Таблица 1.

| Номинальное напряжение (линейное) $U_{\text{ном}}$, кВ | Наибольшее рабочее напряжение (линейное), кВ | Превышение наибольшего рабочего напряжения над номинальным напряжением, % |
|---|--|---|
| 6 | 7,2 | 20 |
| 10 | 12 | 20 |
| 20 | 24 | 20 |
| 35 | 40,5 | 15 |
| 110 | 126 | 15 |
| 220 | 242 | 10 |
| 330 | 363 | 10 |
| 500 | 525 | 5 |
| 750 | 787 | 5 |
| 1150 | 1200 | 5 |

Батарея статистических конденсаторов 5 МВАр 10,5 кВ



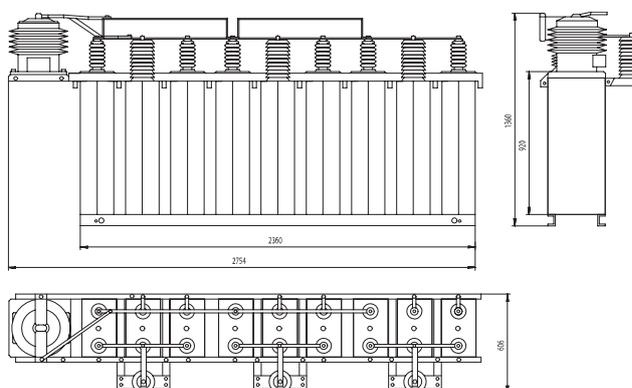
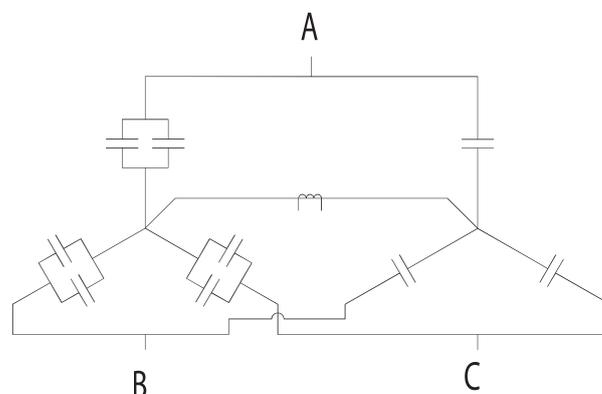
- несбалансированный ток (ТОЛ -10)
- токоограничивающие реакторы
- релейная защита от КЗ и перегрузок РЗН-10
- однофазные самовосстанавливающиеся полипропиленовые конденсаторы с ресурсом более 120 тыс. час.
- полимерные изоляторы
- исполнение до -50°C

| U_n | Hz | TНDu |
|-------------------------------------|--|------|
| 10,5кВ | 50 | ≤2% |
| Мощность | 5 МВАр* | |
| Напряжение | 10,5 кВ | |
| Частота | 50 Гц | |
| Номинальный ток | 274,9 А | |
| Емкость | 140 мкФ (одного конденсатора 15,68 мкФ) | |
| Разброс емкости | 0 / +5% | |
| Окружающая температура | - 50 °С ... + 50 °С** | |
| Относительная влажность | 90% | |
| Высота над уровнем моря | до 1000 м | |
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) | |
| Категория климатического исполнения | У1 | |

*Возможно изготовление БСК мощностью 10...100 МВАр

**При температуре ниже - 50 °С в утепленном здании

Электрическая схема



Технические характеристики батареи статистических конденсаторов 5 МВАр 10,5 кВ

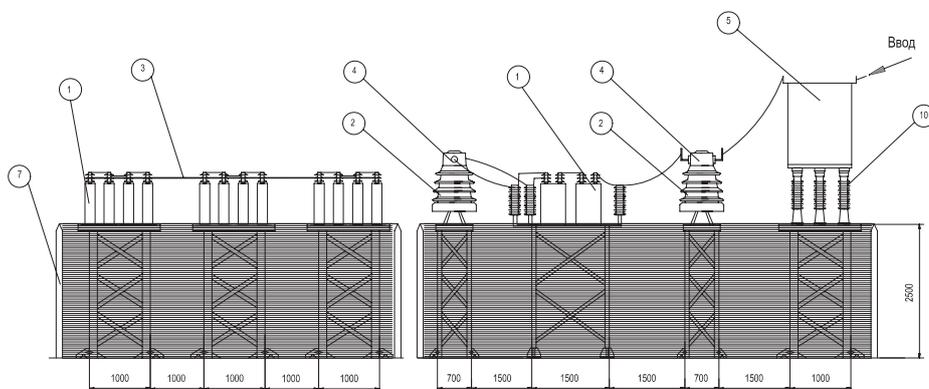
| | |
|-----------------------|---|
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) Несбалансированный ток (ТОЛ-10) – 1 шт. |
| Вес | 850 кг |
| Габариты ДхШхВ | 2754 x 606 x 1360 мм |
| Всего конденсаторов | 9 |
| Режим работы нейтрали | изолированная нейтраль |
| Конструкция | модульная, соединение конденсаторов в двойную звезду с изолированной нейтралью |
| Конденсаторы | однофазные 560 квар 11,7 кВ 50 Гц со встроенными предохранителями |

Батарея статистических конденсаторов 15 МВАр 35 кВ

| Un | Hz | THDu |
|-------------------------------------|--|------|
| 35кВ | 50 | ≤2% |
| Мощность | 15 МВАр * | |
| Напряжение | 35 кВ | |
| Частота | 50 Гц | |
| Номинальный ток | 274,9 А | |
| Емкость | 140 мкФ (одного конденсатора 15,68 мкФ) | |
| Разброс емкости | 0 / +5% | |
| Окружающая температура | - 50 °С ... + 50 °С** | |
| Относительная влажность | 90% | |
| Высота над уровнем моря | до 1000 м | |
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) | |
| Категория климатического исполнения | У1 | |

*Возможно изготовление БСК мощностью 10...100 МВАр

**При температуре ниже - 50 °С в утепленном здании



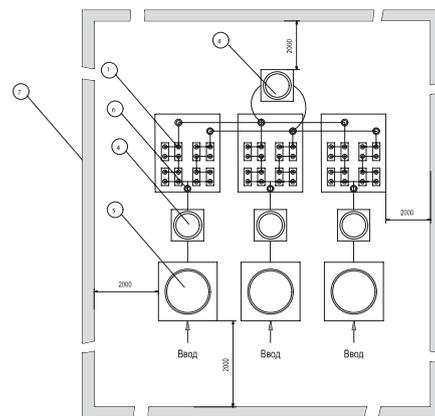
1. Высоковольтный конденсатор
2. Опорный изолятор
3. Медный проводник
4. Трансформатор тока
5. Реактор
6. Изолятор
7. Сетчатое ограждение

Технические характеристики батареи статистических конденсаторов 15 МВАр 35 кВ

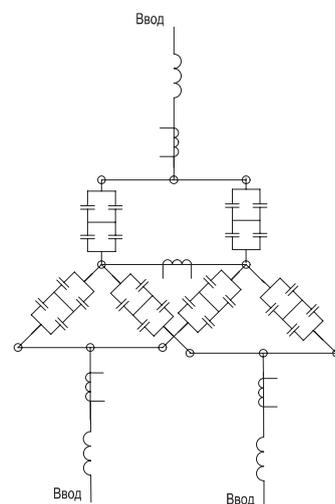
| | |
|------------------------|---|
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) Несбалансированный ток (ТФЗМ -35) – 3 шт. Токоограничивающие реакторы – 3 шт. |
| Количество стоек | 3 |
| Вес | 5 200 кг |
| Габариты ДхШхВ | 8 400 x 5 000 x 5 000 мм |
| Габариты ДхШ | 12 400 x 9 000 мм (по ограждению) |
| Соединение | |
| Последовательных групп | 2 |
| Параллельных блоков | 6 |
| Всего конденсаторов | 36 |
| Режим работы нейтрали: | изолированная нейтраль |
| Конструкция | модульная, соединение конденсаторов в звезду с изолированной нейтралью, шесть параллельных групп конденсаторов для каждой фазы звезды, в каждой группе 2 конденсатора, работающих последовательно |
| Конденсаторы | однофазные 560 квар 11,7 кВ 50 Гц со встроенными предохранителями |



- несбалансированный ток (ТФЗМ -35)
- токоограничивающие реакторы
- релейная защита от КЗ и перегрузок РЗН-110
- однофазные самовосстанавливающиеся полипропиленовые конденсаторы с ресурсом более 120 тыс.час.
- полимерные изоляторы
- блочная быстросборная конструкция
- исполнение до -50°С



Электрическая схема



Батарея статистических конденсаторов 52 МВАр – 110 кВ



- несбалансированный ток (ТФЗМ -110)
- токоограничивающие реакторы
- релейная защита от КЗ и перегрузок РЗН-110
- однофазные самовосстанавливающиеся полипропиленовые конденсаторы с ресурсом более 120 тыс. час.
- полимерные изоляторы
- блочная быстросборная конструкция
- исполнение до -50°C

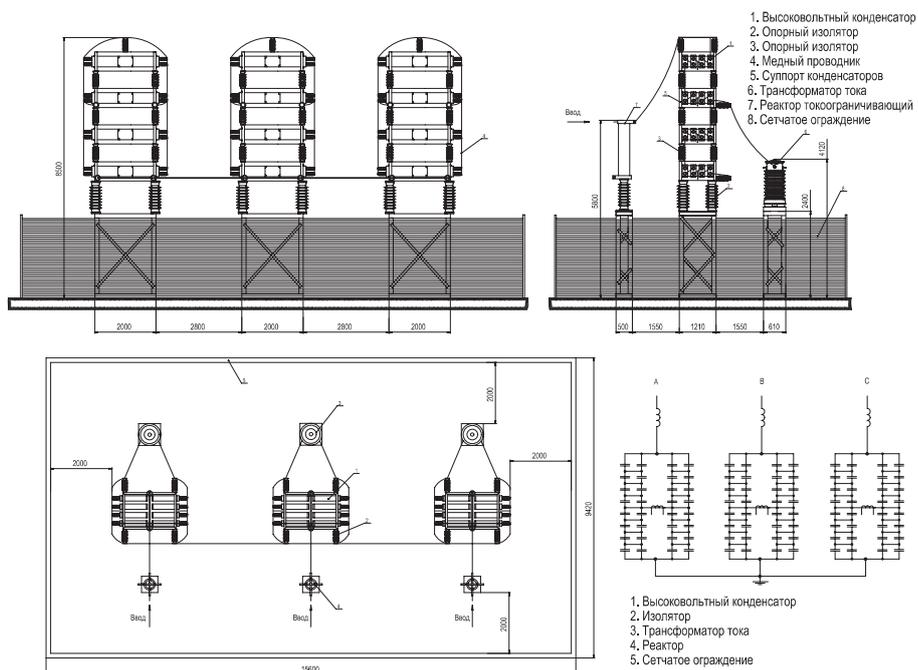
| Un | Hz | THDu |
|-------------------------------------|--|-------------|
| 110кВ | 50 | ≤2% |
| Мощность | 52,032 МВАр* | |
| Напряжение | 110 кВ | |
| Частота | 50 Гц | |
| Номинальный ток | 272,9 А | |
| Емкость | 13,68 мкФ (одного конденсатора 27,37 мкФ) | |
| Разброс емкости | 0 / +5% | |
| Окружающая температура | - 50 °С ... + 45 °С** | |
| Относительная влажность | 90% | |
| Высота над уровнем моря | до 1000 м | |
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) | |
| Категория климатического исполнения | У1 | |

*Возможно изготовление БСК мощностью 10...100 МВАр

**При температуре ниже - 50 °С в утепленном здании

Технические характеристики БСК 52 МВАр 110 кВ

| | |
|------------------------|---|
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) Несбалансированный ток (ТФЗМ -110) – 3 шт. Токоограничивающие реакторы – 3 шт. |
| Количество стоек | 3 |
| Вес | 11 100 кг |
| Габариты ДхШхВ | 11 600 x 5 420 x 8 500 мм |
| Габариты ДхШ | 15 600 x 9 420 мм (по ограждению) |
| Соединение | |
| Последовательных групп | 16 |
| Параллельных блоков | 2 |
| Последовательных групп | 2 |
| Всего конденсаторов | 96 |
| Режим работы нейтрали: | глухозаземленная нейтраль |
| Конструкция | модульная, соединение конденсаторов в звезду с глухозаземленной нейтралью, две параллельные группы конденсаторов для каждой фазы звезды, в каждой группе 8 конденсаторов работающих последовательно |
| Конденсаторы | однофазные 542 квар 7,94 кВ 50 Гц со встроенными предохранителями |



Батарея статистических конденсаторов 104 МВАр 220 кВ

| U_n | Hz | THDu |
|-------------------------------------|--|------|
| 220кВ | 50 | ≤2% |
| Мощность | 104,064 МВАр* | |
| Напряжение | 220 кВ | |
| Частота | 50 Гц | |
| Номинальный ток | 272,9 А | |
| Емкость | 6,84 мкФ (одного конденсатора 27,37 мкФ) | |
| Разброс емкости | 0 / +5% | |
| Окружающая температура | - 50 °С ... + 50 °С** | |
| Относительная влажность | 90% | |
| Высота над уровнем моря | до 1000 м | |
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) | |
| Категория климатического исполнения | У1 | |

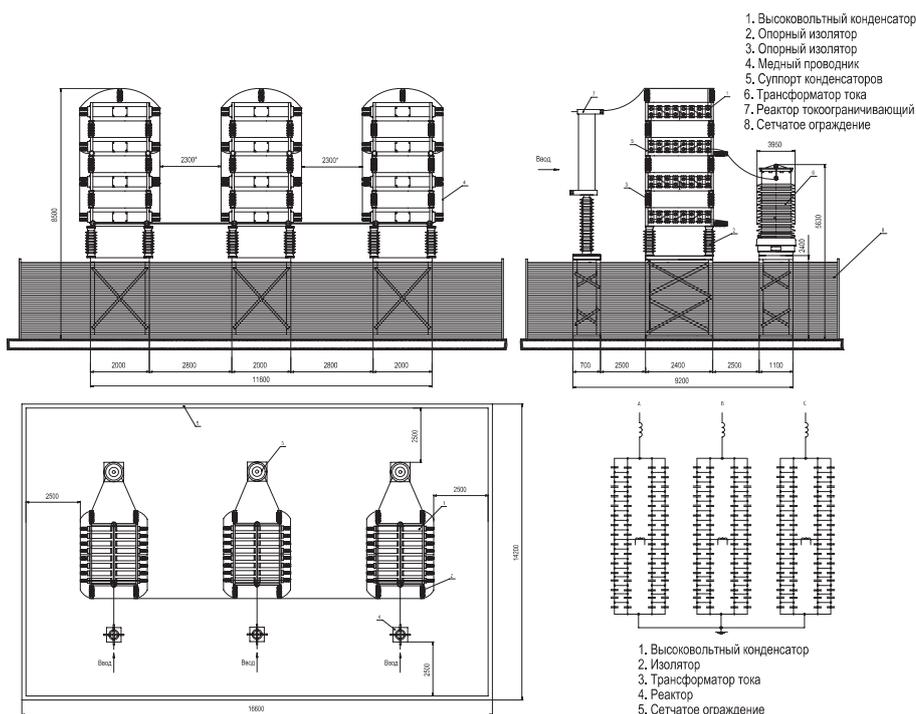
*Возможно изготовление БСК мощностью 10...200 МВАр

**При температуре ниже - 50 °С в утепленном здании

| | |
|------------------------|--|
| Защита | Встроенные предохранители (в конденсаторы) Несбалансированный ток (ТФЗМ -220) – 3 шт. Токоограничивающие реакторы – 3 шт. |
| Количество стоек | 3 |
| Вес | 22 200 кг |
| Габариты ДхШхВ | 11 600 x 9 200 x 8 500 мм |
| Габариты ДхШ | 16 600 x 14 200 мм (по ограждению) |
| Соединение | |
| Последовательных групп | 16 |
| Параллельных блоков | 2 |
| Последовательных групп | 2 |
| Всего конденсаторов | 192 |
| Режим работы нейтрали: | глухозаземленная нейтраль |
| Конструкция | модульная, соединение конденсаторов в звезду с глухозаземленной нейтралью, две параллельные группы конденсаторов для каждой фазы звезды, в каждой группе 16 конденсаторов работающих последовательно, по 2 конденсатора в группе |
| Конденсаторы | однофазные 542 квар 7,94 кВ 50 Гц со встроенными предохранителями |



- несбалансированный ток (ТФЗМ -220)
- токоограничивающие реакторы
- релейная защита от КЗ и перегрузок
- однофазные самовосстанавливающиеся полипропиленовые конденсаторы с ресурсом более 120 тыс.час.
- полимерные изоляторы
- блочная быстрорборная конструкция
- исполнение до -50°С



Статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности.



Статический тиристорный компенсатор.

Быстрые тиристорные компенсаторы (СТК, SVC) имеют возможность в непрерывном режиме и практически мгновенно, в соответствии с запросами сети, вводить емкостную или индуктивную составляющую, регулируя, таким образом, напряжение в линии и под-держивая необходимый уровень генерации реактивной мощности.

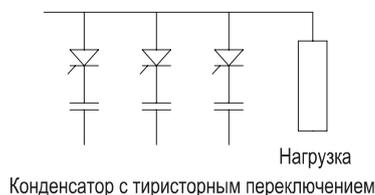
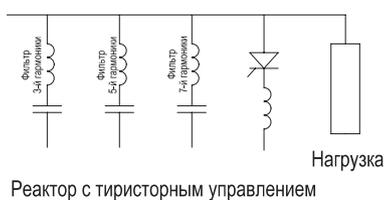
Установка статических тиристорных компенсаторов в необходимых точках сети позволяет увеличить пропускную способность линий электропередачи, снизить потери, улучшить синусоидальность кривой напряжения в различных режимах работы.

В дополнение к этому статические тиристорные компенсаторы снижают колебания активной мощности, вызванные изменениями напряжения.

Статические тиристорные компенсаторы применяются как в распределительных, так и во внутризаводских сетях.

Существует два основных типа статических тиристорных компенсаторов: тиристорно-управляемые реакторы и тиристорно-включаемые конденсаторы.

Схема TCR (тиристорно-управляемый реактор) наиболее часто используется. Она включает в себя постоянно включенные конденсаторные батареи с реакторами, настроенные на 3, 5, 7 ... гармоники и генерирующие емкостную реактивную мощность (увеличение напряжения), а также управляемую тиристорами индуктивность (реактор), вводимый в работу полностью или частично для снижения емкостной части реактивной мощности.



Электрические нагрузки как потребляют, так и генерируют реактивную мощность. Так как мощность, потребляемая из сети, изменяется на протяжении суток, соответственно изменяется баланс реактивной мощности в сети. Результатом являются неприемлемые изменения амплитуды напряжения.

Постоянно включенные конденсаторы с реакторами образуют фильтры для снижения искажений питающей сети, создаваемых тиристорами, которые управляют реактором.

Схема TSC (тиристорно-включаемые конденсаторы) используется реже. В этой схеме реактор (индуктивность) включен постоянно, а регулирование реактивной мощности происходит быстрым включением/отключением ступеней конденсаторов. Конденсаторы обычно полностью включаются тиристором, соответственно, гармоники тока не генерируются. Момент включения конденсаторов выбирается из условия минимума разницы потенциалов в сети и на выводах конденсатора, момент отключения при переходе тока через 0.

Соответственно, переходные процессы при коммутации конденсаторов сведены к минимуму.

Статические тиристорные компенсаторы — очень эффективное средство для выравнивания колебаний напряжения при быстро изменяющейся нагрузке. Плата за это — достаточно высокая цена. Однако, несмотря на это, тиристорные компенсаторы реактивной мощности SVC — единственное экономическое выгодное решение для удаленных от подстанции предприятий (нагрузок), где сеть достаточно слабая.

Сталеплавильная печь переменного тока — специфическая нелинейная нагрузка, характеристики которой меняются в ходе производственного процесса в зависимости от рабочей точки плавления, времени работы и типа сырья. При этом в питающую электро-сеть вносятся сильные возмущения, в результате чего в цепи питания возникают токовые гармоники 2 — 7-го порядков, а также субгармоники.

Субгармоники и изменчивость реактивной мощности вызывают колебания напряжения в сети (фликер). В особенности сильно сказывается влияние печи в снижении коэффициента мощности и падении напряжения, которое пропорционально коэффициенту мощности и квадрату напряжения. Это может напрямую отражаться на качестве выпускаемой стали.

Кроме того, асимметрия КЗ между электродами трех фаз ведет к возрастанию 3-фазного разбаланса. Совместное влияние гармоник, падения коэффициента мощности и фликера ведет к нарушению технологического процесса и снижению качества электроэнергии.

Статические тиристорные компенсаторы производства компании Элпро-М способны непрерывно компенсировать реактивную мощность и подавлять гармонические токи; они удовлетворяют стандартам

IEC 61000-3-7, IEEE std. 592, технике безопасности и требованиям по увеличению объемов продукции.

Статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности.

Компоновка тиристорного вентиля статического тиристорного компенсатора

Основным элементом вентиля является тиристор, с помощью которого, исходя из расчетных значений допустимых напряжений и токов, формируются последовательные цепи. При построении тиристорного вентиля особое внимание уделяется мерам безопасности, надежности и сроку службы.

Тиристорная батарея имеет две пары резервных элементов, которые включаются немедленно при отказе тиристора. Кроме того, каждый тиристор имеет защиту при помощи быстродействующего лавинного диода (BOD).

Охлаждение тиристора в статическом тиристорном компенсаторе

Каждый тиристор снабжен охлаждающим устройством. Тиристорный вентиль сконструирован для работы в горизонтальном положении в целях улучшения распределения тепла. Кроме того, в тиристоре предусмотрено поддержание температуры на уровне ниже стандартных значений благодаря контролю температур в точках ввода и оттока охлаждающей воды.

Система управления статического тиристорного компенсатора

Система обеспечивает дистанционное управление не только статическим тиристорным компенсатором, установленным в данном месте, но и всей подстанцией. Пульт управления снабжен всеми видами релейной защиты и контроля.

Система контроля и наблюдения

Данная система осуществляет наблюдение за состоянием статическим тиристорным конденсатором, контролируя непрерывно всю необходимую информацию не только о значениях напряжения, тока и других параметрах, но также и о количестве диодов BOD, задействованных в каждом тиристорном вентиле, рабочем режиме тиристора, температуре и давлении в 13 контрольных точках.

Система охлаждения

Система охлаждения включает два дублирующих циркуляционных насоса. При отказе работающего насоса немедленно включается резервный.

Все составные части системы выполнены с применением специальных материалов в целях увеличения срока службы.

Включение статического тиристорного компенсатора в сеть 110 кВ