

## СХЕМА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Основная схемная конфигурация СТК включает в себя набор фильтров высших гармоник - фильтрокомпенсирующих цепей (ФКЦ), постоянно подключенных к сети или коммутируемых выключателями, и включенные параллельно им в треугольник три фазы управляемых тиристорами реакторов - тиристорно-реакторная группа (ТРГ). Угол зажигания тиристоров ТРГ может быстро изменяться таким образом, чтобы ток в реакторе отслеживал ток нагрузки или реактивную мощность в энергосистеме.

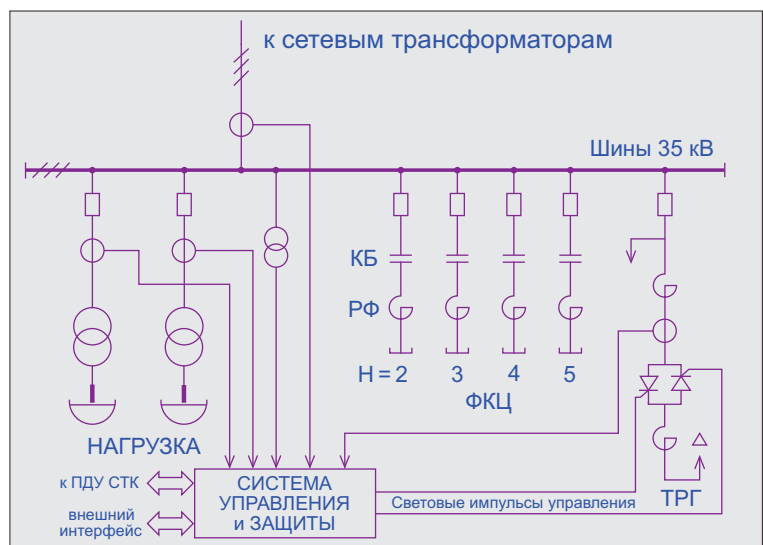
Система управления и защиты СТК обеспечивает быструю компенсацию реактивной мощности нагрузки и поддержание регулируемого параметра в соответствии с заданной уставкой, выполняет защиту оборудования СТК, контроль и сигнализацию отказов и может быть модифицирована под конкретные требования Заказчика. Время реакции системы регулирования СТК на изменение регулируемого параметра составляет 5 мс для нагрузок типа ДСП и 25-100 мс для общепромышленных нагрузок и сетевых подстанций.

СТК имеет уровень автоматизации, обеспечивающий его работу без постоянного присутствия персонала. Управление СТК осуществляется от пульта дистанционного управления (ПДУ СТК) или от АСУ ТП через внешний интерфейс.

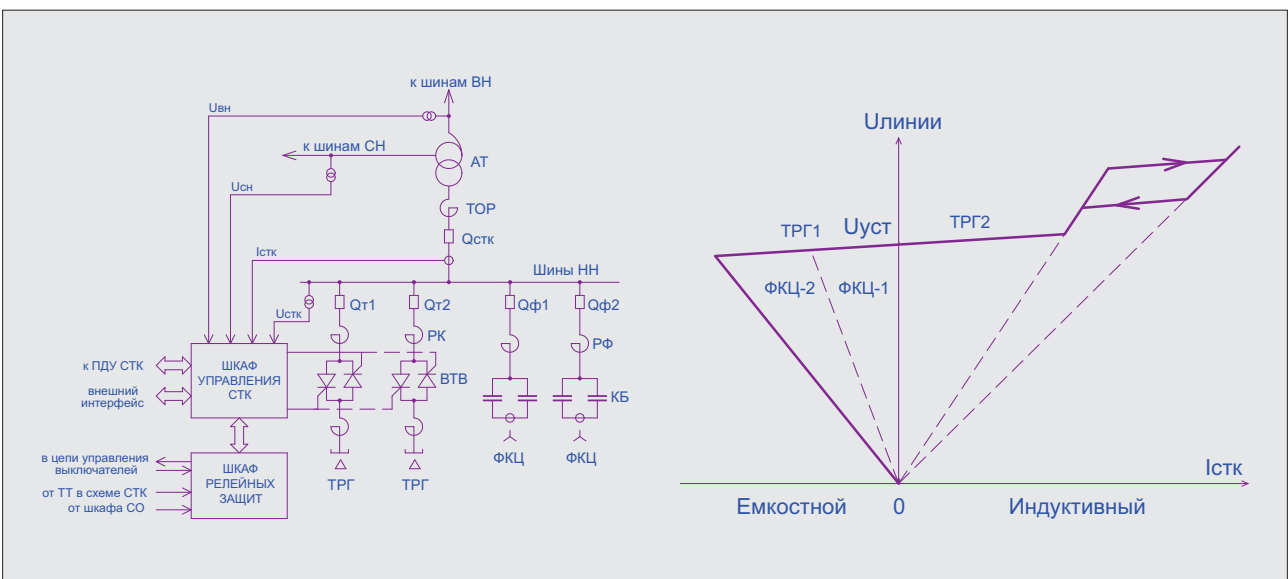
Номинальная мощность и схема СТК выбирается для конкретного объекта в зависимости от параметров системы электроснабжения, вида и мощности компенсируемой нагрузки и требований по качеству электроэнергии и выполняемым функциям. Для каждого отдельного случая производится расчет требуемой мощности ТРГ и ФКЦ и определяется их состав.

При использовании СТК на линиях электропередачи высокого напряжения его эффективность тем больше, чем выше точка его подключения. Оборудование СТК обычно выполняется на класс напряжения от 10 до 35 кВ и подключается либо через специальный понижающий трансформатор к шинам подстанции, либо к третичной обмотке подстанционного автотрансформатора.

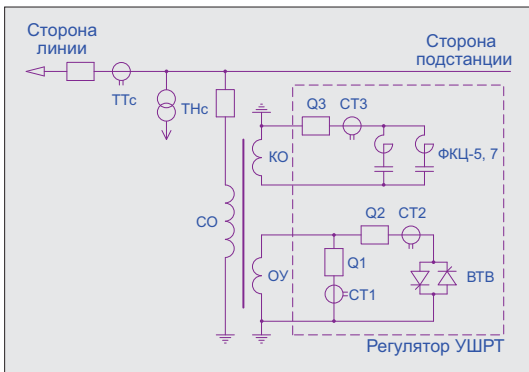
Наибольший эффект имеет место при подключении СТК непосредственно к линии электропередачи или шинам ВН подстанции - при этом он может реализовывать ряд системных функций, связанных с режимами работы линии электропередачи. В этом случае целесообразным является использование т.н. управляемого шунтирующего реактора трансформаторного типа (УШРТ), объединяющего в себе и понижающий трансформатор, и ТРГ. Обмотка высокого напряжения УШРТ (сетевая - СО) выполняется на требуемый класс напряжения, а вторичная обмотка управления (ОУ) имеет 100% магнитную связь с СО и выполняется на класс напряжения, оптимальный для загрузки тиристорного вентиля (ВТВ), включенного параллельно ОУ.



Типовая схема СТК для дуговых сталеплавильных печей



Типовая схема СТК (ТРГ + ФКЦ) для линий электропередачи и ее регулировочная характеристика



Однолинейная схема УШРТ

**УШРТ имеет следующие преимущества перед традиционными сетевыми СТК:**

- 1 Возможность выполнения на любой требуемый любой класс напряжения;
- 2 Снижение габаритов, стоимости и потерь в СТК в целом;
- 3 Высокая надежность схемы, так как режим КЗ для УШРТ является номинальным.



Установка УШРТ 60 МВА 220 кВ на ПС Viana (Ангола)

## НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Номинальное напряжение: от 6 до 500 кВ
- Номинальная мощность: от 10 до 240 Мвар
- Водяное принудительное охлаждение тиристорov, воздушная изоляция
- Передача импульсов управления и контроля тиристорov в виде световых импульсов по волоконно-оптическим каналам
- Избыточные тиристоры в каждой фазе
- Резервирование ключевых компонентов
- Модульная конструкция для легкого обслуживания

## ТИРИСТОРНЫЙ ВЕНТИЛЬ

Тиристорный вентиль является основным элементом СТК, регулирующим ток компенсирующих реакторов и, соответственно, мощность СТК. Он состоит из тиристорных модулей, каждый из которых является независимым электрическим и конструктивным узлом. Каждый модуль содержит несколько последовательно соединенных встречно-параллельных тиристорov, количество которых выбирается в соответствии с номинальным напряжением СТК. Каждая пара встречно-параллельных тиристорov имеет собственную ячейку управления и демпфирующую RC-цепочку. Ячейки управления получают световые сигналы управления и преобразуют их в электрические импульсы зажигания, обеспечивающие форсированное включение тиристорov. При появлении на тиристоре положительного напряжения ячейка управления формирует контрольные световые импульсы и передает их в шкаф управления по индивидуальному световоду. Ячейки управления также реализуют защиту тиристора от перенапряжений, выполненную на лавинных диодах (BOD) и обеспечивающую принудительное включение тиристора при отсутствии импульса зажигания. Охлаждение тиристорov и демпфирующих резисторов осуществляется с помощью деионизованной воды.

### Используемые в вентилях тиристоры

- Диаметр кремниевой шайбы: от 56 до 100 мм
- Рабочее напряжение ( $V_{drm}$ ,  $V_{rrm}$ ): от 4.2 до 8.0 кВ
- Номинальный ток ( $I_{tav}$ ): от 500 до 2500 А



Тиристорный вентиль для СТК-35 с водяным охлаждением

Широкий выбор тиристорov позволяет оптимизировать конструкцию вентиля для каждого конкретного применения. При токе ТРГ до 1000 А используются двунаправленные тиристоры (BCT), что снижает габариты и стоимость вентиля. Для применений на линиях электропередачи используются фото-тиристоры (LTT). Управляемые непосредственно световым сигналом фото-тиристоры не требуют наличия питания на высоком потенциале и могут быть включены в любой требуемый момент независимо от величины приложенного напряжения. Тем самым обеспечивается возможность включения вентиля в диодном режиме на первой полуволне восстанавливающегося напряжения при включении линии на холостой ход и, соответственно, выполнение СТК функций шунтирующего реактора.

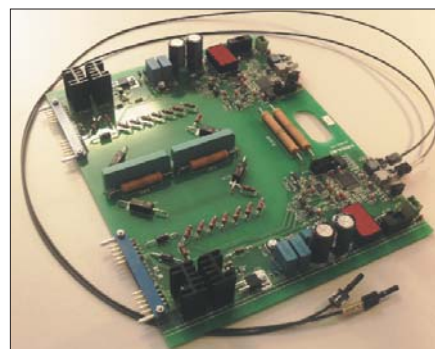
## СВЕТОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТИРИСТОРОВ

- Выполняет передачу световых импульсов управления с потенциала земли на высокий потенциал и передачу световых контрольных сигналов в обратном направлении по индивидуальным волоконно-оптическим световодам
- Обеспечивает высоковольтную изоляцию
- Имеет высокую надежность и помехоустойчивость
- Обеспечивает контроль исправности тиристорov и ячеек управления.

### Световой сигнал управления тиристора



Оптические импульсы контроля  
состояния тиристора



Ячейка управления со световодами

## СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТИРИСТОРНЫХ ВЕНТИЛЕЙ

- Обеспечивает высокоинтенсивный отвод тепла от элементов тиристорного вентиля: тириستоров, резисторов, насыщающихся реакторов
- Осуществляет деионизацию воды до удельного сопротивления не ниже 2 МОм см
- Производит непрерывный контроль давления, расхода, температуры и проводимости воды
- В зависимости от требований потребителя используются два основных типа системы охлаждения: "вода-воздух" и "вода-вода"
- Размещается в стандартном шкафу с односторонним обслуживанием
- Мощность отводимых потерь - до 300 кВт



Система водяного охлаждения

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Система управления и защиты СТК состоит из шкафа управления (ШУ) и шкафа релейных защит (ШРЗ). ШРЗ выполнен на базе универсальных электронных программируемых реле.

Все функции ШУ реализуются в цифровой форме в плате специализированного контроллера (ПСК) при помощи высокоскоростного сигнального процессора, мощной логической матрицы и СОЗУ объемом 512 Мбайт. Сочетание сигнального процессора с логической матрицей позволяет повысить быстродействие системы управления за счет применения программно-аппаратных алгоритмов (например, для фазоимпульсного преобразования), упростить обмен информацией с внешними устройствами.

Система имеет повышенную помехозащищенность, так как обмен информацией, прием и выдача сигналов в ПСК осуществляется по волоконно-оптическим световодам через 24 оптоприемника и 48 оптопередатчика. Логические сигналы, не требующие мгновенной реакции от системы управления, передаются/принимаются по уплотненным цифровым каналам. Аналоговые сигналы преобразуются в цифровые в плате ППСД и также передаются в ПСК по световодам. Дискретность съема информации с аналоговых датчиков - 100 мкс с одновременной фиксацией информации на всех АЦП.

Структура построения системы управления позволяет легко ее адаптировать для СТК любого применения путем установки необходимого количества плат связи с объектом (ПКВ, ПРВ, ППСД, ПСУ) и выбора требуемого алгоритма регулирования.

### В системе управления реализованы:

- контур регулирования по реактивному току/мощности нагрузки,
- контур регулирования по реактивному току/мощности питающей линии,
- контур поддержания напряжения на шинах подстанции с возможностью задания требуемой величины статизма регулировочной характеристики,
- быстродействующий канал ограничения больших отклонений напряжения,
- защиты от повышения/понижения напряжения,
- защиты ТРГ от сверхтока, перегрузки, от отклонения тока от расчетных значений,
- защиты ФКЦ от сверхтоков, перегрузки и небаланса токов в ветвях конденсаторных батарей.

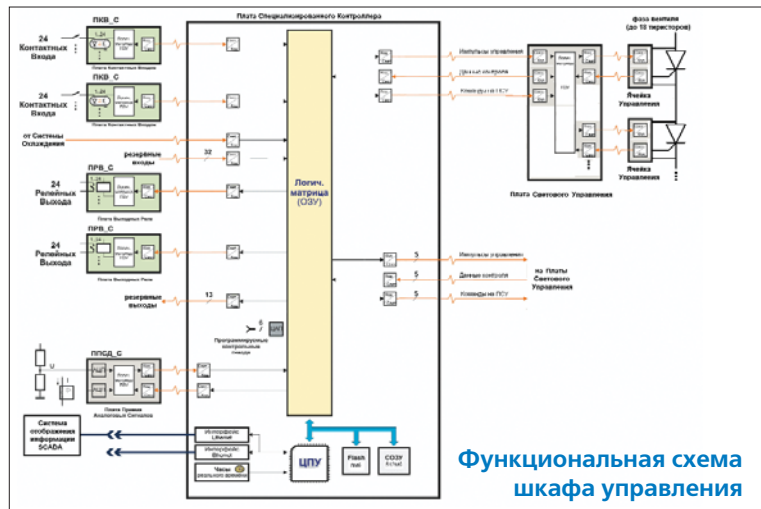


Система управления и защиты СТК



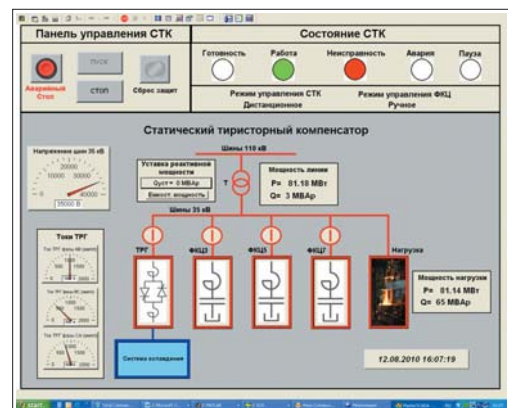
Система содержит большой объем сервисного программного обеспечения, организованного в виде иерархического меню, которое выводится на дисплей. Главные ветви меню включают:

- автоматический вывод событий, приводящих к изменению режима системы (срабатывание защит, действия оператора и т.п.),
- просмотр параметров объекта и системы управления,
- изменение параметров системы управления и защиты,
- аварийный осциллограф, использующий СОЗУ на 512 Мбайт,
- 6 программируемых выходов для подключения 6-ти канального осциллографа для вывода в реальном времени аналоговых осциллограмм в заданных точках системы.



**Функциональная схема шкафа управления**

Для связи с АСУ объекта в системе управления предусмотрено 2 два Ethernet канала передачи данных. Реализован интерфейс SCADA, позволяющий визуализировать процессы, происходящие на объекте, и облегчить дистанционное управление и просмотр текущих параметров СТК. Опционально в системе управления может быть установлен канал удаленного доступа через интернет.



**Интерфейс SCADA**

## СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТК

### Реакторы

- Сухие, наружной установки, без магнитопровода
- Материал обмоток - алюминий
- Материал основной изоляции - стекловолноко
- Класс температурного диапазона - F



**Компенсирующие реакторы ТРП**

### Конденсаторные батареи

- используются конденсаторы мощностью 700 - 1000 квар напряжением до 14 кВ, наружной установки, с встроенными секционными плавкими предохранителями и разрядными резисторами
- поставляются комплектно в виде блоков конденсаторов с необходимым набором изоляторов и ошиновки и трансформатором тока небалансной защиты



**Фильтрокомпенсирующие цепи**

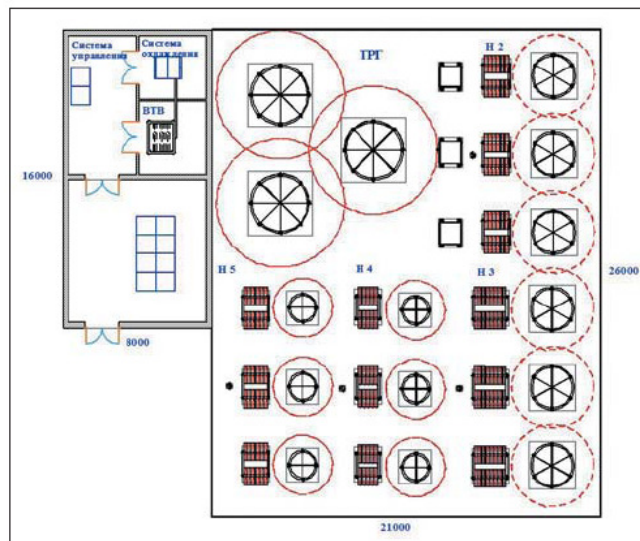
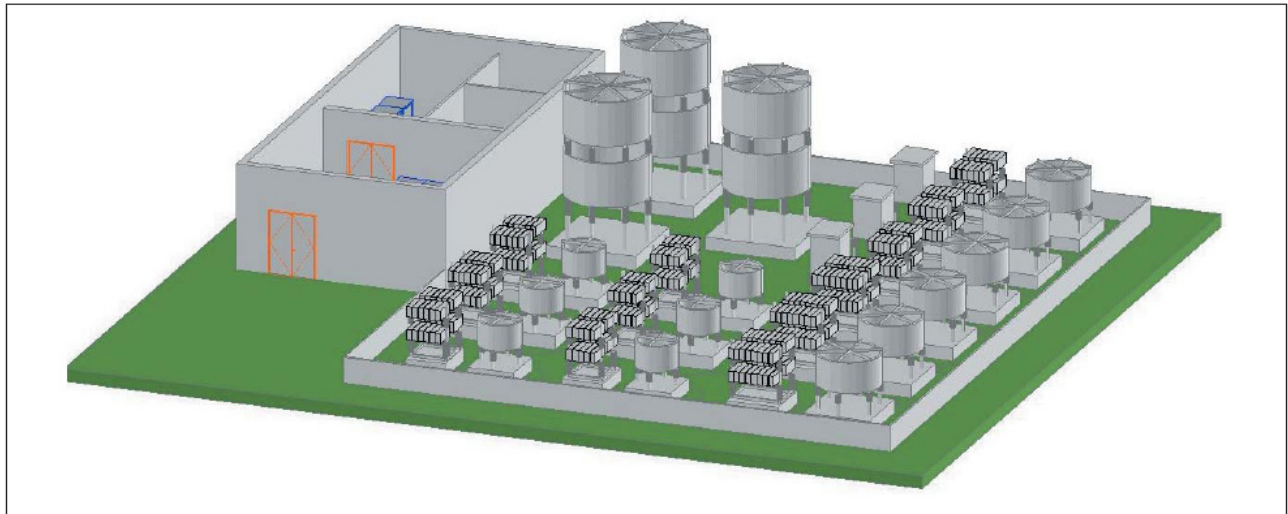
## КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ СТК

- Высоковольтный встречно-параллельный тиристорный вентиль
- Система водяного охлаждения
- Компенсирующие реакторы
- Конденсаторные батареи и реакторы фильтров
- Система автоматического управления и защиты СТК

Возможна поставка фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) в виде набора коммутируемых выключателями ФКЦ. В объем поставки ФКУ входят:

- Конденсаторные батареи и реакторы ФКЦ
- Шкаф автоматического управления и защиты

Тиристорный вентиль, система охлаждения и система автоматического управления СТК размещаются в закрытом отапливаемом помещении. Компенсирующие реакторы и фильтрокомпенсирующие цепи размещаются вне здания на открытой площадке.



Компоновка оборудования СТК 35 кВ 160 Мвар