

# ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

*Жумакайырова Алтынай, гр ЭЭМ-1-14  
Куржумбаева Роза Бейшенбековна, к.т.н., доцент КГТУ им. И.Раззакова*

Суть компенсации реактивной мощности заключается в управлении потоками реактивной мощности для повышения пропускной способности сетей переменного тока.

Проблема компенсации затрагивает как энергосистему, так и потребителей, особенно это отражается на вопросах обеспечения надлежащего качества электроэнергии. С помощью надлежащего контроля реактивной мощности эти проблемы могут быть решены. Вообще проблема компенсации реактивной мощности рассматривается в двух аспектах: выработка необходимого уровня реактивной мощности для нагрузки и поддержание заданного уровня напряжения в заданной точке системы. Что касается первого, цель заключается в увеличении значения коэффициента мощности, поддержке баланса активной мощности, получаемой от источника, регулирования напряжения и устранения гармоник тока, создаваемых большими нелинейными промышленными нагрузками. Поддержание уровня напряжения сводится к снижению колебаний в заданной точке системы. Компенсация реактивной мощности в системе электроснабжения также повышает устойчивость системы путем возможности увеличения максимального количества передаваемой активной мощности.

Параллельно и последовательно подключаемые компенсаторы реактивной мощности используются для изменения характеристик системы электроснабжения. Последовательно подключаемые компенсаторы изменяют параметры передачи и распределения электроэнергии, а параллельно подключенные изменяют эквивалентное сопротивление нагрузки. В обоих случаях реактивная мощность, проходящая через систему, может быть контролируема так, что эффективность всей системы повысится.

Традиционными устройствами компенсации реактивной мощности являются синхронные машины и батареи конденсаторов. Однако, не так давно, были разработаны новые виды устройств на основе конденсаторных батарей, которые могут осуществлять как выработку, так и поглощение реактивной мощности. Они используют в качестве коммутирующих органов тиристорные ключи для подключения конденсаторов и регулирования реакторов, которые также входят в состав этих устройств. Кроме того, в последнее десятилетие были разработаны самокоммутируемые полупроводниковые преобразователи с соответствующими схемами контроля, которые также представляют из себя компенсаторы, способные генерировать или поглощать реактивную мощность с таким временем отклика, что нагрузка не успеет отреагировать на изменение качества электроэнергии. Компенсаторы используют надежную высокоскоростную промышленную электронику, надежные логические устройства и микропроцессоры. Таким

образом, разработана новая гибкая система передачи мощности, определяющая новую концепцию работы систем передачи электроэнергии.

Компенсаторы с быстрым откликом позволяют увеличить количество передаваемой мощности, причём такого количества, которое не повлияет на устойчивость системы и будет близко к пределу термической стойкости проводников. Такие возможности возникают из-за способности статических компенсаторов взаимосвязано регулировать параметры системы электроснабжения (ток, напряжение, угол сдвига фаз).

### **Статический тиристорный компенсатор реактивной мощности**

**НАЗНАЧЕНИЕ** и принцип действия статического тиристорного компенсатора (СТК) и исходные данные для расчета параметров. Статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности являются одними из устройств, обеспечивающих повышение эффективности работы и энергосбережения систем передачи и распределения электрической энергии. СТК разрабатываются в двух основных модификациях: для промышленных установок типа дуговых сталеплавильных печей (ДСП) и тиристорных приводов прокатных станов и для высоковольтных линий электропередачи. Так же есть специальное исполнение СТК для применения на тяговых подстанциях электрофицированных железных дорог.

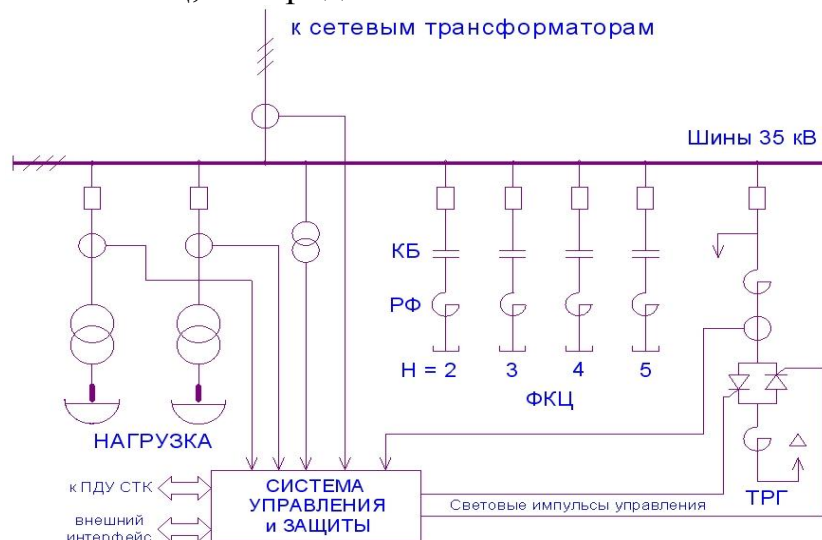
### **СХЕМА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ**

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, что ток в реакторе отслеживает 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.

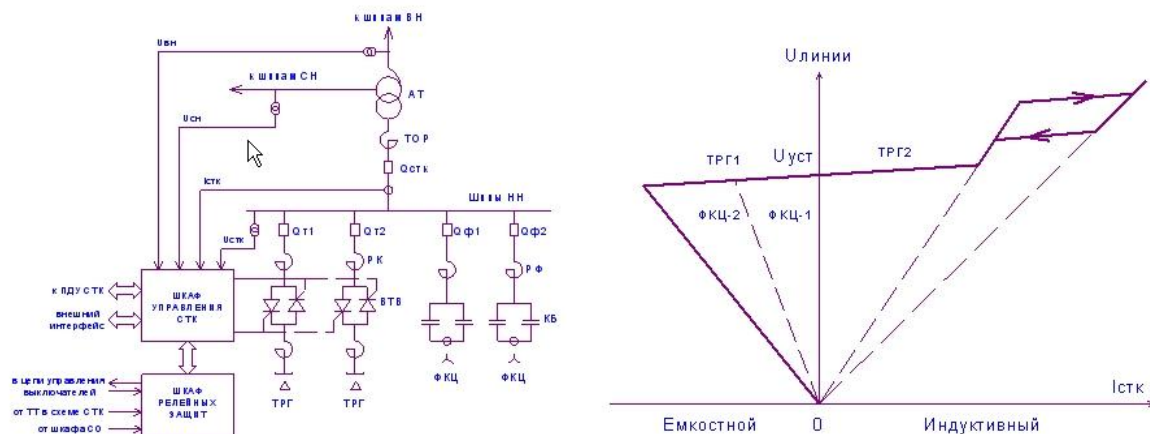
Номинальная мощность и схема СТК выбирается для конкретного объекта в зависимости от параметров системы

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.



### Типовая схема СТК для дуговых сталеплавильных печей

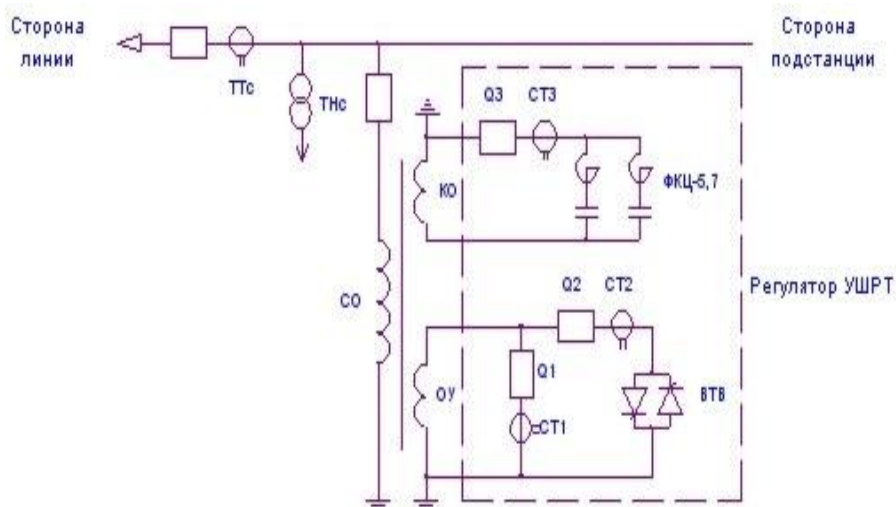
При использовании СТК на линиях электропередачи высокого напряжения его эффективность тем больше, чем выше точка его подключения. Оборудование СТК обычно выполняется на класс напряжения от 10 до 35 кВ и подключается либо через специальный понижающий трансформатор к шинам подстанции, либо к третичной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



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

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.



**Однолинейная схема УШРТ**

УШРТ имеет следующие преимущества перед традиционными сетевыми СТК:

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



**Общий вид УШРТ 220 кВ 60 Мвар на ПС Самата (Ангола)**

### **НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ**

- Номинальное напряжение: от 6 до 500 кВ
- Номинальная мощность: от 10 до 200 Мвар
- Водяное принудительное охлаждение тиристоров, воздушная изоляция

- Передача импульсов управления и контроля тиристоров в виде световых импульсов по волоконно-оптическим каналам
- Избыточные тиристоры в каждой фазе
- Резервирование ключевых компонентов
- Модульная конструкция для легкого обслуживания

## СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

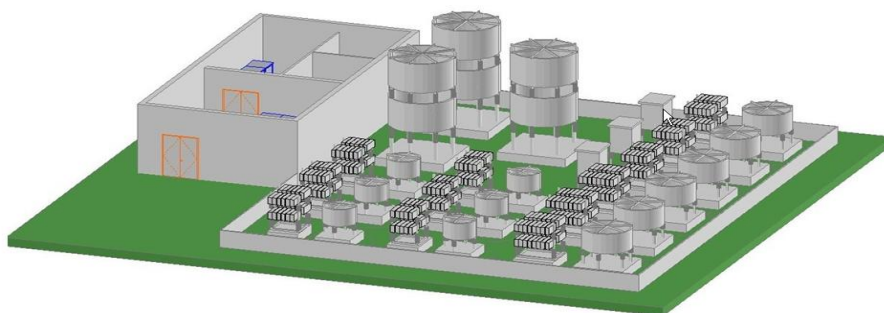
Каждое применение СТК требует проведения специальных технических и экономических расчетов: выбор номинальной мощности ТРГ, количества и мощности ФКЦ, расчет потерь, определение электрических воздействий на оборудование СТК в стационарных и переходных режимах, проверки каналов регулирования и алгоритмов работы системы управления и т.д.

Для этого необходимо иметь соответствующую техническую базу и следующие средства моделирования:

- комплект специальных программ для выбора мощности оборудования СТК для ДСП, расчета частотных характеристик, расчета параметров конденсаторных батарей и реакторов, расчета потерь в оборудовании СТК
- физическую модель – аппаратный имитатор СТК для проверки функционирования системы управления и защиты
- цифровую модель – программный имитатор СТК и объекта (схемы электроснабжения энергосистемы) для отработки функционирования системы управления и защиты в нормальных и аварийных режимах работы.

## КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

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



**Вывод:** в работе исследованы статические компенсаторы с тиристорами и самокоммутирующиеся преобразователи, проанализированы их принципы работы, характеристики компенсации и производительность. Были также

исследованы конструктивные особенности и принципы работы современных статических компенсаторов: унифицированной системы управления потоками мощности и динамического восстановителя напряжения. Анализ производительности и возможностей современных устройств является важной задачей, ведь энергетики находятся в постоянном поиске наиболее надежных и экономичных способов передачи энергии.

Результатами работы этих СТК являются:

- полная компенсация реактивной мощности нагрузки;
- снижение уровня колебаний напряжения (фликера);
- стабилизация напряжения на шинах нагрузки;
- повышение производительности ДСП;
- обеспечение требуемых коэффициентов несинусоидальности.