

УДК.621.321

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Флерко М.В., Марутик Н.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Петрашевич Н.С.

Компенсирующие устройства – устройства, предназначенные для достижения необходимых параметров реактивной мощности в сети.

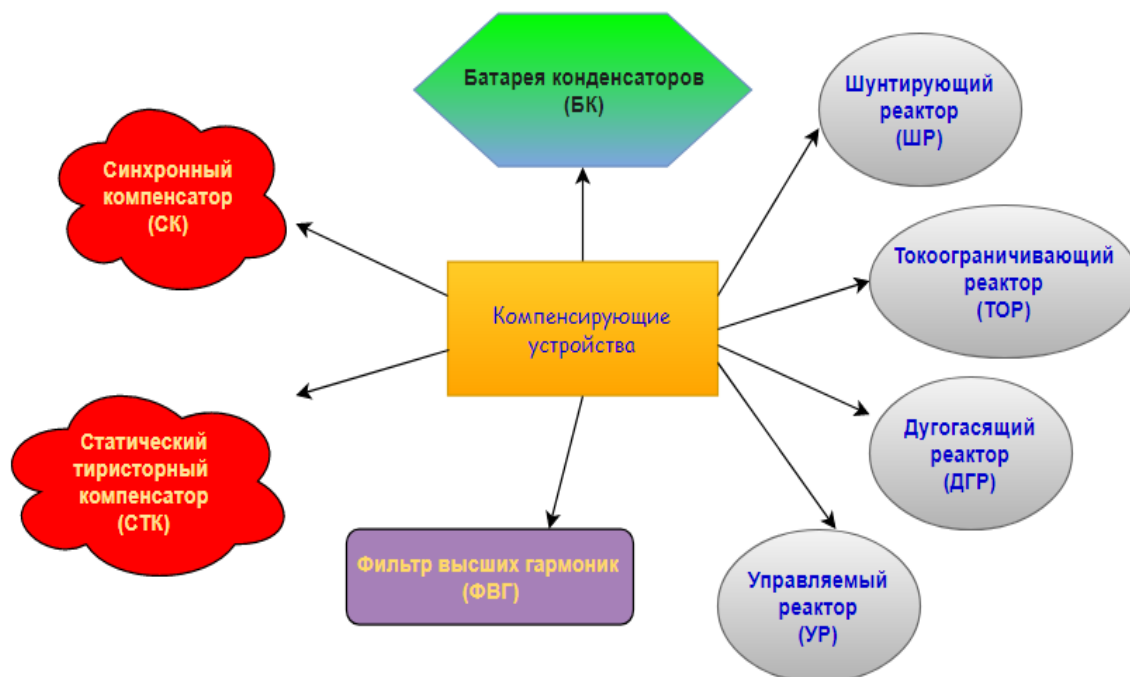


Рисунок 1. Типы компенсирующих устройств

Дугогасящий реактор - электрический аппарат, предназначенный для компенсации емкостных токов в электрических сетях с изолированной нейтралью, возникающих при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). Их включают в нейтраль трёхфазного трансформатора сетей 6, 10, 35 кВ.

Из-за распределённой по линии электропередач или кабелю ёмкости, при ОЗЗ в месте повреждения изоляции возникает ёмкостный ток. Если он превышает 20—30 А, возникает электрическая дуга, горение которой разрушает изоляцию и проводник кабеля, что может приводить к переходу ОЗЗ в двух- или трёхфазное замыкание.

Во время ОЗЗ ёмкостный ток суммируется в месте замыкания с равным ему и противоположным по фазе индуктивным, что препятствует возникновению электрической дуги и шагового напряжения. Токоведущие цепи остаются неповреждёнными, потребители продолжают снабжаться электроэнергией.

Токоограничивающий реактор - электрический аппарат, предназначенный для ограничения ударного тока короткого замыкания. Включается последовательно в цепь, ток которой нужно ограничивать и работает как индуктивное (реактивное) дополнительное сопротивление, уменьшающее ток и поддерживающее напряжение в сети при коротком замыкании, что увеличивает устойчивость генераторов и системы в целом.

При коротком замыкании ток в цепи значительно возрастает по сравнению с током нормального режима. Значения максимального ударного тока короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$i_m = 2,54 I_H \frac{100\%}{X_p}, \quad (1)$$

где I_H — номинальный ток сети, А;

X_p — реактивное сопротивление реактора, Ом.

В высоковольтных сетях токи короткого замыкания могут достигать таких величин, что подобрать установки, которые смогли бы выдержать электродинамические силы, возникающие вследствие протекания этих токов, не представляется возможным. Для ограничения тока короткого замыкания применяют токоограничивающие реакторы, которые при коротком замыкании также поддерживают на сборных шинах питания достаточно высокое напряжение (за счёт большего падения на самом реакторе), что необходимо для нормальной работы других нагрузок.

Шунтирующие реакторы (ШР) — представляют собой индуктивную катушку с малым активным сопротивлением, намотанную на магнитопровод. Они могут только потреблять из сети индуктивную реактивную мощность. ШР устанавливаются в сетях 500 кВ и выше (номинальное напряжение ШР доходит до 750 кВ), как правило для потребления излишней зарядной мощности. Подключение выполняют к началу и концу линии, иногда и в промежуточных точках.

Мощность ШР:

$$Q_p = U^2 b_p, \quad (2)$$

где b_p — реактивная, индуктивная по характеру, проводимость реактора.

Из формулы видно, что потребляемая мощность зависит от напряжения. Таким образом, при повышении напряжения, если в сети будет избыток реактивной мощности, ШР увеличит потребляемую мощность и снизит напряжение.

Потери активной мощности в ШР 0.2-0.4 % от его реактивной мощности.

Управляемые реакторы — электромагнитная система, магнитопровод которой подмагничивается постоянным током. Изменение мощности реактора в широких пределах обеспечивается за счёт изменения насыщения стали магнитным потоком и соответствующего изменения магнитной проницаемости магнитопровода. Мощность, необходимая для управления состоянием магнитопровода, составляет около 1 % номинальной мощности УР.

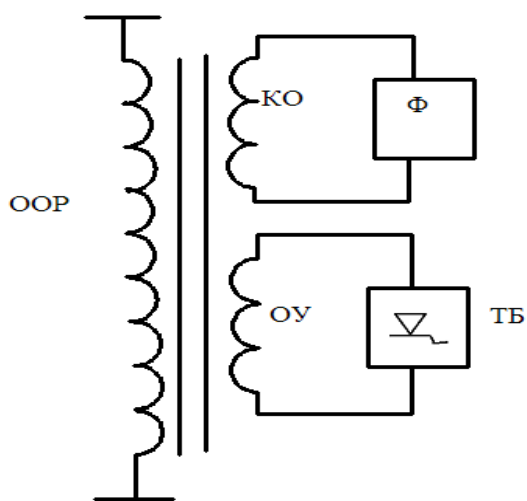


Рисунок 2. Принципиальная схема управляемого реактора

Принцип работы.

Подмагничивающий поток может создаваться как от постороннего источника постоянного тока и специальной обмотки, так и путем создания искусственных контуров замыкания постоянного тока в рабочей обмотке с помощью тиристорных. Здесь ООР — основная обмотка реактора, ОУ — обмотка управления, ТБ — тиристорный блок, КО — компенсационная обмотка, Ф — фильтр высших гармоник.

Управляемые реакторы могут быть подключены непосредственно к линии электропередачи либо к шинам подстанции. В случае компактных ВЛ благодаря

повышенной натуральной мощности можно

создавать электропередачи, работающие только в режиме $P < P_{nat}$. Тогда возникающий избыток реактивной мощности (зарядной) может компенсироваться управляемыми реакторами. При использовании УР на П/С они могут быть подключены к нерегулируемой БК. В результате возникает КУ с регулируемой результирующей мощностью. В случае подключения УР к линии он может одновременно использоваться для ограничения возникающих перенапряжений.

Батарея конденсаторов (БК) – представляет собой устройство, собранное из параллельно или последовательно подключенных конденсаторов, предназначенное для обеспечения необходимой реактивной мощности, напряжения сети и увеличения пропускной способности линии.

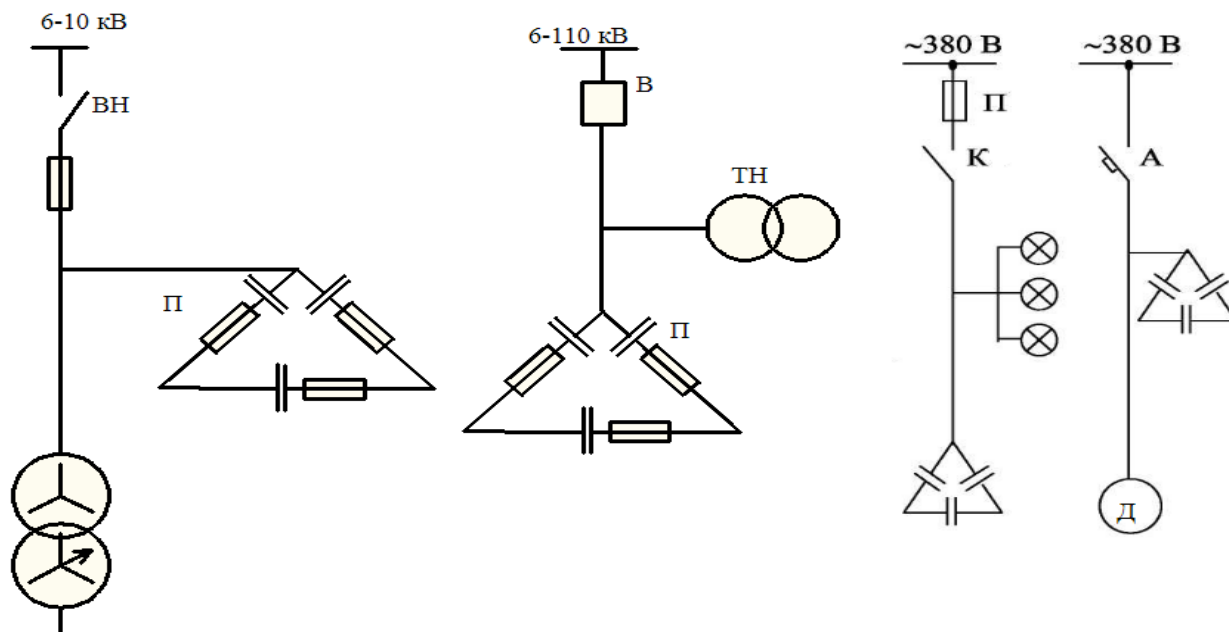


Рисунок 3. Схемы подключения БК к сети.

Конденсаторы, из которых собирают БК выпускают на номинальное напряжение 0.22-10.5 кВ единичной мощностью 10...125 квар. В электрических сетях БК используют при напряжениях от 0.38 до 110 кВ (особенно широко в сетях промпредприятий). Для подключения к сети БК, их фазы соединяют по схеме звезда или треугольник. К сети 1 кВ БК подключают с помощью выключателей В или выключателей нагрузки ВН, а к сети до 1 кВ - с помощью автоматов А или контакторов К. Для защиты от сверхтоков в цепях конденсаторов устанавливают предохранители П.

При отключении БК от сети на ней сохраняется электрический заряд. После размыкания цепи разряд конденсаторов происходит через диэлектрик или, для более быстрого доступа обслуживающего персонала к отключенной БК, зарядные сопротивления (трансформаторы напряжения ТН, силовые трансформаторы Т, специальные разрядные сопротивления С (например, лампы накаливания), обмотки двигателей Д).

Батареи конденсаторов могут быть продольной и поперечной компенсации.

БК поперечной компенсации устанавливаются в узлах нагрузки и служат для выдачи реактивной мощности, необходимой потребителям.

БК продольной компенсации применяются для уменьшения реактивного (индуктивного) сопротивления сети. Они рассматриваются как средства повышения предела передаваемой мощности в электропередачах высоких напряжений с высоким индуктивным сопротивлением. Иногда их используют в распределительных сетях для снижения потери напряжения с целью обеспечения необходимых отклонений напряжения у потребителей

$$\Delta U = \frac{P \cdot R_c + Q \cdot (X_c - X_k)}{U_H}, \quad (3)$$

где P - Величина активной мощности в начале участка сети

R_c - Активное сопротивление участка сети

Q - Величина реактивной мощности в начале участка сети

X_c - Реактивное сопротивление участка сети

X_k – Реактивное сопротивление БК продольной компенсации

U_n - Номинальное напряжение сети

Статический тиристорный компенсатор (СТК) – это устройство, в котором в цепь БК или реактора встречно-параллельно включаются тиристоры. Путем последовательного и параллельного соединения отдельных тиристоров можно получить требуемое напряжения и мощность устройства.

При полностью открытых тиристорах ток в цепи реактора или БК – максимальный. Изменения угла управления тиристорами ток в цепях реактора и БК можно уменьшить до нуля.

СТК разрабатываются в двух основных модификациях: для промышленных установок

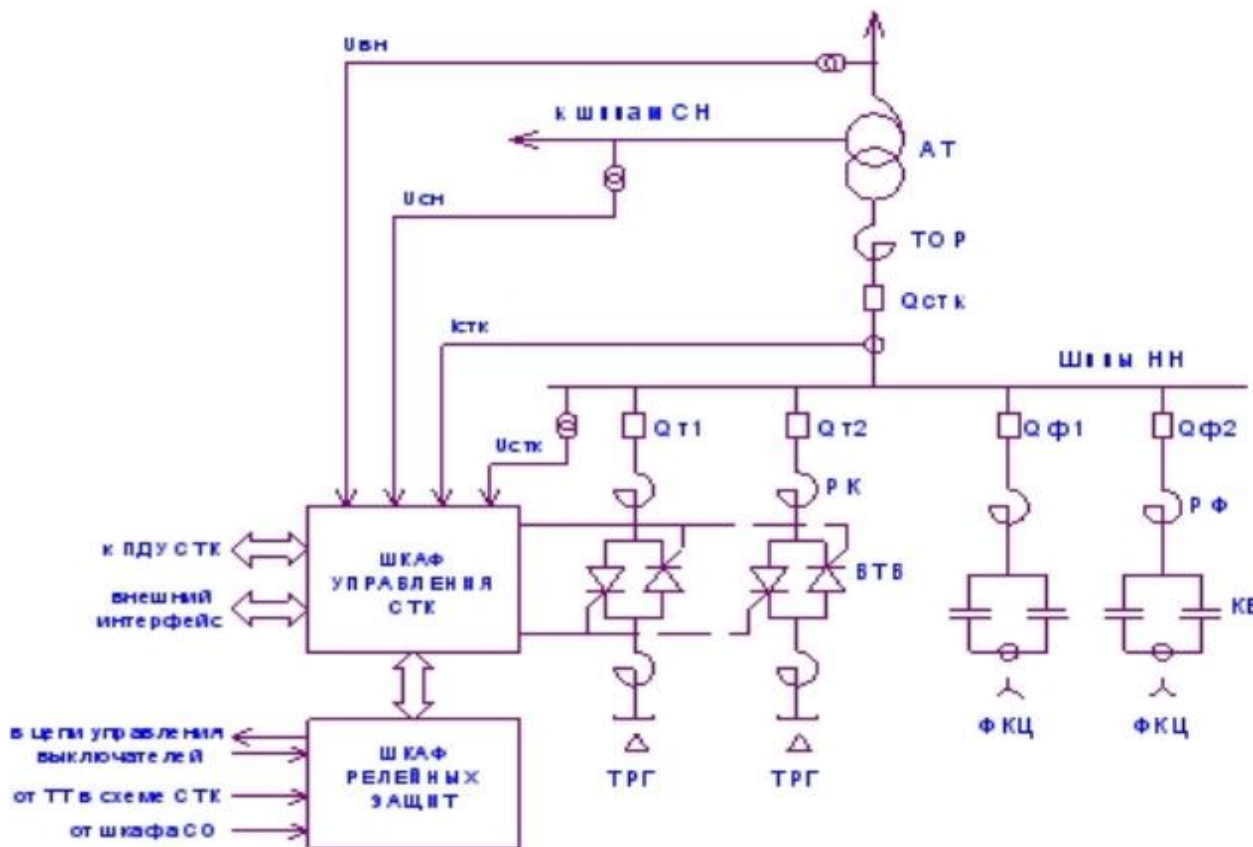


Рисунок 4. Типовая схема СТК для ЛЭП

типа дуговых сталеплавильных печей (ДСП) и тиристорных приводов прокатных станков и для высоковольтных линий электропередачи. Также есть специальное исполнение СТК для применения на тяговых подстанциях электрифицированных железных дорог.

К эффектам от использования СТК относятся следующие:

- повышение коэффициента мощности $\cos\varphi$
- снижение потерь при передаче и распределении электроэнергии
- снижение загрузки оборудования передачи и распределения электроэнергии
- снижение влияния высших гармонических составляющих тока и напряжения
- улучшение производственных показателей, стабилизация технологического процесса
- увеличение надежности работы электрических сетей
- увеличение срока службы энергетического оборудования.

Фильтр высших гармоник (ФВГ) – устройства, предназначенные для ограничения выхода высших гармоник тока от преобразовательных установок в сеть переменного тока. Такие установки используются прежде всего на преобразовательных П/С электропередач постоянного и на промпредприятиях с технологиями на постоянном токе.

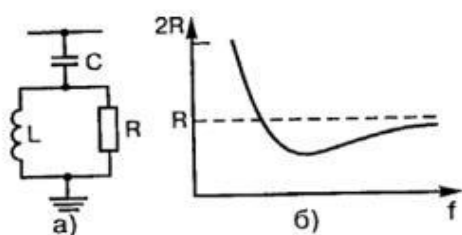
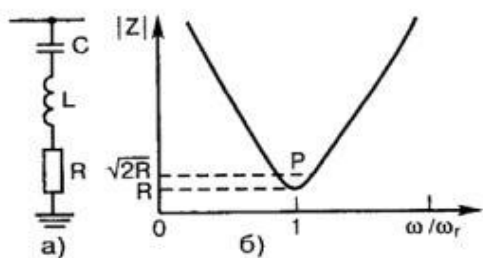
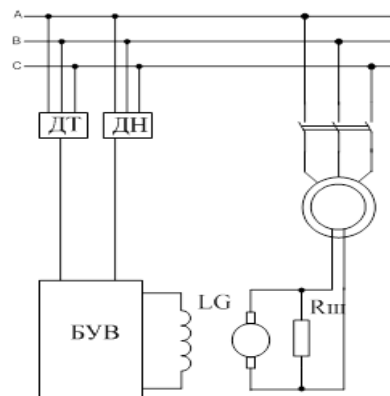


Рисунок 5. Схема фильтров высших гармоник.



ДТ – датчик тока
 ДН – датчик напряжения
 БУВ – блок управления возбуждением
 LG – обмотка возбуждения генератора
 Rш – шунтирующее

Рисунок 6. Принципиальная схема СК

Принцип работы фильтра следующий: цепочку с параметрами L и C настраивают на резонансную частоту n-ой гармоники. Тогда эта цепочка будет представлять собой КЗ для n-ой гармоники тока, в результате чего напряжение на шинах П/С не будет содержать этой гармоники.

Так как кроме n-ой гармоники по ФВГ будет течь и ток основной гармоники, в результате чего в сеть будет генерироваться реактивная мощность, следовательно, он может служить одновременно и в роли источника реактивной мощности относительно сети переменного тока.

Синхронные компенсаторы (СК) – это синхронные двигатели, работающие вхолостую без механической нагрузки на валу. В зависимости от тока возбуждения они могут как потреблять (режим перевозбуждения СК), так и выдавать (режим недовозбуждения СК) реактивную мощность.

В эксплуатации находятся СК мощностью до 160 Мвар. Их устанавливают, как правило на крупных районных подстанциях. Часть их подключена к обмотке НН автотрансформаторов, которые потребляют значительную реактивную мощность.

В СК возможно плавное и автоматическое регулирование, а также выдаваемая мощность не зависит от напряжения в сети. При снижении или увеличении напряжения выдаваемую мощность можно регулировать, изменяя ЭДС. Потери на вращение механических частей составляют 1.5...3% от номинальной мощности при номинальной нагрузке и до 5...8% при сниженной нагрузке.

Литература

Поспелов Г.Е. Электрические системы и сети: Учебник/ Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев-Мн.:УПК«Технопринт»,2004.-720с.