

Исследовательский комитет А2 «Трансформаторы»
ПТ2 «Трансформаторы и компоненты для сетей сверх- и ультравысокого
напряжения постоянного тока»

**Быстродействующий шунтирующий реактор с тиристорным управлением.
Опыт разработки и применения.**

**А.В. Антонов¹,
И.А. Косолапов
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»
Ю.А. Горюшин
ОАО «ФСК ЕЭС»
П.Ю. Булыкин
ОАО «Айдис групп»
Л.П. Кубарев
ООО «РУСЭЛПРОМ-Трансформатор»
В.С. Чуприков
ЗАО «Нидек АСИ ВЭИ»
Россия**

**Мауро Перна
Nidec ASI S.p.A
Италия**

В связи с ростом нагрузок линий 110-500 кВ до уровней близких и превышающих натуральную мощность особое значение приобретает проблема повышения статической и динамической устойчивости электропередач.

Эта проблема может быть решена путем применения устройств компенсации реактивной мощности, обладающих высоким быстродействием, например, статических тиристорных компенсаторов (СТК). Однако применение СТК для сетей напряжением 110 кВ и выше связано с необходимостью применения дорогостоящих тиристорных вентилях высокого напряжения, либо с использованием промежуточного трансформатора, что усложняет схему и приводит к существенному увеличению площади занимаемой оборудованием.

В докладе содержатся сведения о разработанных быстродействующих шунтирующих реакторах с тиристорным управлением. Разработка предназначена для обеспечения управления режимами работы электрических сетей высокого и сверхвысокого напряжения и позволяет стабилизировать напряжение, увеличить пропускную способность линий электропередач, уменьшить потери в линиях за счет их разгрузки от реактивных составляющих тока.

Разработанные источники реактивной мощности, выполнены на базе высоковольтных устройств силовой электроники и специальных компенсирующих реакторов, индуктивность которых можно изменять с высокой скоростью.

¹ antonov_av@ntc-power.ru

Компенсирующие реакторы конструктивно выполнены аналогично трансформаторам с двумя и более обмотками. Концентрическое расположение обмоток определяет наличие между обмотками прямой электромагнитной связи, обеспечивающей, в соответствии с законом полного тока, одновременное изменение тока обмоток при изменении нагрузки на вторичной обмотке. Данное свойство - возможность практически мгновенного изменения индуктивного сопротивления реактора при изменении нагрузки, оказывается незаменимым преимуществом реакторов трансформаторного типа относительно других конструкций в случаях возникновения аварийных ситуаций в сети и необходимости быстрого изменения реактивной мощности участка сети.

Потери в устройствах аналогичного назначения являлись одним из основных негативных факторов, препятствующих дальнейшему развитию работ в данной области.

В настоящих разработках применены оригинальные конструкции шунтов и их взаимное расположение, позволяющие свести к минимуму основные и добавочные потери, благодаря чему стало возможным успешно продолжить работу в данной области. Конструкции шунтов, их модификации и взаимное расположение защищены соответствующими патентами.

Реализован программный подход многофункционального алгоритма оптимизации массогабаритных и стоимостных показателей компенсирующих реакторов. Дифференциация полученных результатов в сочетании с применением в конструкции реакторов ряда технических решений, направленных на обеспечение реальной канализации потоков рассеяния, позволили создать ряд конструкций реакторов с уникальными техническими параметрами, выгодно позиционирующихся относительно известных технических решений в аналогичных конструкциях.

Для регулирования мощности устройства применяется импульсно-фазовое управление тиристорными вентилями, меняющими ток во вторичной (вентильной) обмотке устройства. Изменением величины тока вентильной обмотки достигается безынерционное регулирование магнитного потока в сердечнике реактора, что обеспечивает высокую скорость изменения мощности в любом направлении.

Автоматическое регулирование мощности производится по отклонению величины измеряемого трехфазного напряжения. Тракт регулирования содержит пропорциональный инерционный канал по отклонению напряжения и канал по производной отклонения напряжения от уставки.

Образцы реакторов внедрены на подстанциях 220 кВ в России (6 реакторов на напряжение 110 кВ мощностью 25 и 50 Мвар), в Анголе (2 реактора 220 кВ).

В настоящее время изготавливаются реакторы с расщепленной вентильной обмоткой, что позволяет исключить гармонические составляющие тока реактора порядков $6n \pm 1$.

Реакторы с расщепленной вентильной обмоткой установлены на подстанции 220 кВ в России и имеют следующие параметры:

- номинальное напряжение	– 220 кВ
- диапазон плавного регулирования мощности	– 0 ÷ 50 Мвар
- быстродействие	– 30 мс
- максимальное значение гармонических составляющих тока реактора	– 1,7%

В докладе обобщен опыт эксплуатации компенсирующих реакторов с управлением тиристорными вентилями подтверждающий эффективность выбранных технических решений.