

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ
ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ В СЕТЯХ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ
110 – 500 кВ**

**А. Беляев
СПБГПУ**

**А. Брянцев
ООО «ЭСКО»
smolovik@ntcees.ru**

**С. Смоловик
ОАО «НТЦ ЕЭС»**

Опыт эксплуатации протяженных линий электропередачи сверхвысоких и ультравысоких классов напряжения показал, что для полного использования пропускной способности линии требуется изменение потребляемой реакторами реактивной мощности в зависимости от величины передаваемой активной мощности. Наиболее ярким примером явилось снижение более чем наполовину натуральной мощности пропускной способности ВЛ 1150 кВ «Экибастуз–Кокчетав–Кустанай–Челябинск» из-за использования в качестве устройств компенсации реактивной мощности нерегулируемых шунтирующих реакторов при вводе линии в опытную эксплуатацию в 1984 году.

Соответственно в течение 80-х – 90-х годов прошлого века в России был выполнен значительный комплекс работ по созданию управляемых шунтирующих реакторов (УШР). К настоящему времени наибольшее распространение получили две конструкции УШР – трансформаторного типа, управляющийся за счет изменения тока вторичной обмотки мощной тиристорной группой и управляемый подмагничиванием реактор, использующий предельное насыщение участков магнитной цепи [1].

Усилиями отечественных ученых был создан ряд устройств гибкого режимного регулирования (устройств FACTS), которые оказались востребованы в электрических сетях различных классов напряжения.

Внедрение УШР началось в 1997 г., когда был изготовлен головной промышленный образец УШР типа РТУ-25000/110-У1. В 1998 г. реактор прошел комплексные испытания и последующую опытно-промышленную эксплуатацию на испытательном стенде НТЦ ВЭИ в г. Тольятти. В мае 1999 г. реактор был отправлен в Северные электрические сети Пермэнерго и смонтирован на головной ПС 110 кВ «Кудымкар», а в сентябре 1999 г. после проведения пусконаладочных работ введен в эксплуатацию совместно с существующей батареей статических конденсаторов (БСК) мощностью 52 Мвар. Опыт успешной первой промышленной эксплуатации УШР 110 кВ, 25000 кВА на подстанции «Кудымкар» Пермэнерго к 2015 году уже составляет более 15 лет. Фактически было реализовано создание источника реактивной мощности (ИРМ), представляющего собой параллельное соединение УШР и конденсаторной батареи, при котором обеспечивается плавное регулирование реактивной мощности от режима ее потребления (в пределах номинальной мощности реактора) до режима ее выработки (в пределах мощности батареи конденсаторов).

К сегодняшнему дню в России и ряде других стран (Казахстан, Белоруссия, Литва, Ангола) введено в строй большое количество управляемых шунтирующих реакторов, общей мощностью более 8 000 МВА (рис.1,2, табл.1).



Рис. 1. Общая мощность изготовленных УШР, январь 2014 г.

Таблица 1
Характеристики произведенных УШР по классам напряжения

Класс Напряжения, кВ	Количество	Мощность, МВА	Страна
10	6×10	60	Россия
35	13×25	325	Россия
110	31×25 + 63	838	Россия
220	2×25 + 60 + 7×63 + 20×100	2551	Россия, Казахстан, Ангола
330	6×180	1080	Россия, Белоруссия, Литва
400	7×100	700	Ангола
500	18×180	3240	Россия, Казахстан
Итого	110	8794	

Накопленный опыт эксплуатации и обоснования применения рассматриваемого оборудования показывает, что в энергосистемах в основном реализуются три варианта установки УШР и ИРМ на их основе:

- в составе транзитных электропередач классов 330, 500 кВ;
- на шинах подстанций (электрических станций) с большим количеством отходящих линий электропередачи, либо передающих мощность через протяженную ВЛ;
- в автономных (или удаленных от мощных источников) электроэнергетических системах с нагрузкой, предъявляющей повышенные требования к показателям качества напряжения. Следует отметить, что наибольшее количество ИРМ на основе УШР установлено в сетях 110 кВ нефтегазодобывающих комплексов для стабилизации напряжения, облегчения пусковых режимов электродвигателей и разгрузки сетей от потоков реактивной мощности.

В качестве примера удачного применения УШР 180 МВА на протяженной электропередаче класса 500 кВ ниже приведены графики изменения напряжения на шинах 500 кВ подстанции Агадырь транзита «Север-Юг» Республики Казахстан. Рисунок 4 показывает изменение напряжения до ввода в эксплуатацию УШР, рисунок 5 – соответственно, после ввода УШР в эксплуатацию.



Рисунок 2. График изменения напряжения на ПС 500 кВ Агадырь до установки УШР



Рисунок 3. График изменения напряжения на ПС 500 кВ Агадырь после ввода в эксплуатацию УШР 500 кВ, 180 МВА

После ввода в эксплуатацию УШР напряжение практически укладывается в диапазон 510 - 520 кВ.

Как уже указывалось, наибольшее количество ИРМ установлено **в сетях 110 кВ автономных или удаленных от основной энергосистемы узлов потребления**, характеризующихся высокими требованиями к показателям качества напряжения (узлы с двигательной нагрузкой, нефтегазодобывающие комплексы и т.д.). В этих условиях требуются значительные ресурсы регулирования реактивной мощности для стабилизации напряжения за счет разгрузки сетей от потоков реактивной мощности. Указанным требованиям соответствуют ИРМ на основе УШР. Практика их применения показывает, что наличие в составе ИРМ конденсаторной батареи значительной мощности обеспечивает условия стабилизации и поддержания напряжения в эксплуатационных режимах.

Наличие мощного ресурса регулирования реактивной мощности позволяет реализовывать оригинальные инженерные решения, обеспечивающие надежное электроснабжение ответственного потребителя, присоединенного к энергосистеме «слабыми» связями.