

**РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И
УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Оборудование для всех классов напряжения от 6 до 500 кВ:

Статические тиристорные компенсаторы (СТК)

Управляемые тиристорными вентилями шунтирующие реакторы (УШРТ)

Фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ)

Преобразователи напряжения (СТАТКОМ)

Батареи статических конденсаторов (БСК)

Устройства продольной компенсации (УПК)

Быстродействующие источники реактивной мощности (БИРМ)



Разработка мер по повышению качества и надежности энергоснабжения.

Консультации по комплексному подбору оборудования.

Измерение показателей качества электроэнергии.



ОАО «Айдис групп»

115201, Москва, Каширское ш., 22, корп. 3, стр.2

+7 499 753 75 76 | +7 499 753 75 78 | info@ieds.ru | www.ieds.ru

Преимущества современных УШР отечественного производства



Широко применяемые в электрических сетях управляемые шунтирующие реакторы (УШР) разработаны более 20 лет назад, однако проведенные ОАО «Айдис групп» и АО «НТЦ ФСК ЕЭС» научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы позволили повысить эффективность данного оборудования за счет применения инновационных решений как в конструкции устройства, так и в алгоритмах управления. Статья освещает прикладные достижения данных компаний в создании универсального отечественного УШР, позволяющего обеспечить надежность работы электрических сетей 110–500 кВ в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах.

ОАО «Айдис групп», г. Москва,
АО «НТЦ ФСК ЕЭС», г. Москва

В 2012 году был разработан технический проект УШРТ новой конструкции, не требующей использования фильтров высших гармоник и обеспечивающей улучшенный гармонический состав потребляемого из сети тока реактора за счет исполь-

зования расщепленных вентильных обмоток (рис. 1), соединенных в «звезду» и «треугольник», что дает ряд преимуществ по сравнению с устаревшими типами УШР.

Во-первых, УШРТ оказывает меньшее воздействие на сеть в части

высших гармоник. Суммарный коэффициент гармонических искажений УШРТ составляет 1,8% [1] против 3,5% в УШРП [2]. Кроме того, высшие гармоники в УШРТ начинаются с 11-й (в отличие от устаревших управляемых подмагничиванием реакторов (УШРП), где спектр гармоник шире и начинается с 5-й), что снижает вероятность возбуждения резонанса на высших гармониках в сети. Данная проблема наиболее актуальна в сетях 330 и 500 кВ, где УШР используют без фильтрокомпенсирующих устройств. Применение УШРТ с расщепленными вентильными обмотками, соединенными в группы «звезда» и «треугольник», снижает уровень гармонических искажений тока сетевой обмотки (СО) реактора до уровня, не требующего применения дополнительных мер ослабления высших гармоник тока, что подтверждено результатами сетевых испытаний (рис. 2–4) УШРТ на ПС 330 кВ «Старорусская».

Во-вторых, время изменения мощности УШРТ от 5 до 100% составляет менее 30 мс (против 0,3–3 с в зависимости от мощности преобразователя УШРП), что подтверждено сетевыми испытаниями УШРТ (рис. 5) на ПС 330 кВ «Старорусская». Указанное

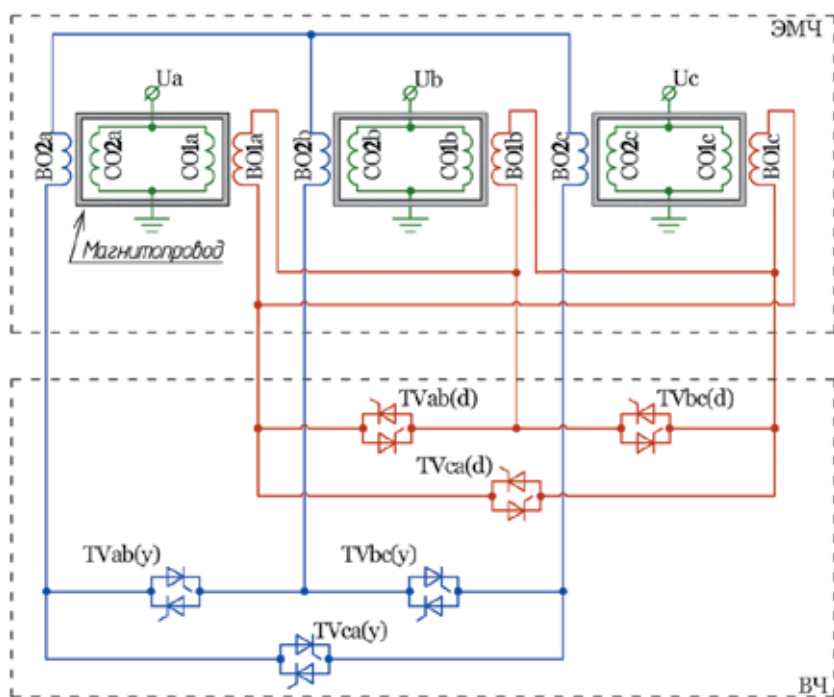


Рис. 1. Принципиальная схема УШРТ с расщепленными ВО

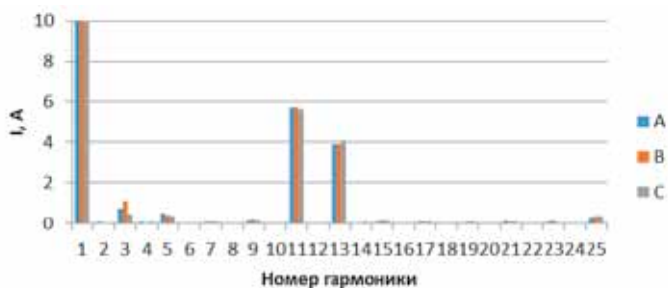


Рис. 2. Спектр тока СО УШРТ в режиме с максимальным ТНДи

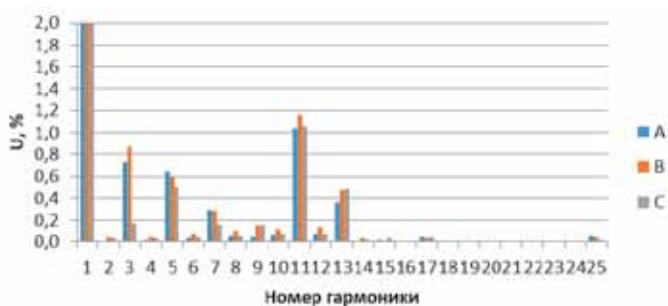


Рис. 3. Спектр напряжения СО УШРТ в режиме с максимальным ТНДи

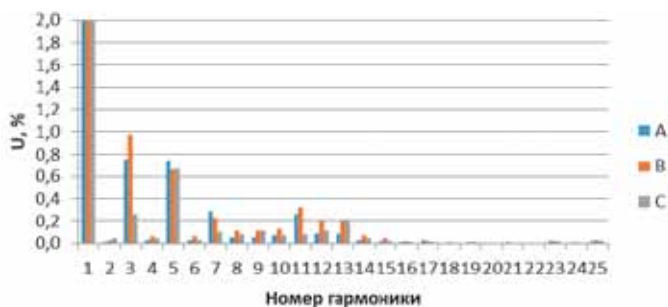


Рис. 4. Спектр напряжения СО УШРТ на холостом ходу реактора

высокое быстродействие делает данный реактор незаменимым для обеспечения устойчивости:

- ▶ сконцентрированной двигательной нагрузки в «слабых» электрических сетях (например, на нефтяных промыслах) за счет быстрой расфорсировки реактора при провалах напряжения;

- ▶ энергосистем, связанных слабой межсистемной связью, за счет демпфирования колебаний передаваемой по ней мощности после КЗ и предотвращения лавины напряжения.

В-третьих, при подключении УШРТ к линии 330–500 кВ «за» выключателем (рис. 6б) обеспечивается ряд дополнительных преимуществ, таких как повышение вероятности успешного ОАПВ линии и успешного опробования линии напряжением.

Линейные УШРТ на ВЛ 330–500 кВ длиной более 230 км позволяют сократить время паузы ОАПВ

линии (рис. 7) за счет использования инновационного решения по гашению тока подпитки дуги [3], что дает возможность повысить динамиче-

скую устойчивость энергосистемы, надежность ее работы и снизить объем воздействия противоаварийной автоматики энергосистем.

За счет высокого быстродействия УШРТ позволяет предотвратить развитие режима недопустимого повышения напряжения, возникающего на ЛЭП со степенью компенсации зарядной мощности, близкой к 100% (большинство линий), после погасания дуги в цикле ОАПВ линии [4].

Фазоимпульсное управление УШРТ позволяет обеспечить включение линии без аperiodической составляющей (на ЛЭП со степенью компенсации зарядной мощности, близкой к 100%), что дает возможность устранить причину повреждения линейного выключателя в нормированном цикле «включение-отключение» без применения специальных дополнительных мер, таких как управляемая коммутация или предвключенные резисторы, необходимых в случае применения УШРП. Таким образом, применение УШРТ для включения линии на холостой ход предпочтительнее, чем применение УШРП [5].

Применение УШРТ на линиях не требует изменения существующих методик настройки защит линии, что установлено совместными исследованиями разработчиков УШРТ и производителей РЗА и верифицировано с помощью передовых технологий по моделированию в режиме реального времени на комплексе RTDS [6].

В настоящее время изготовлено оборудование УШРТ с расщеплен-

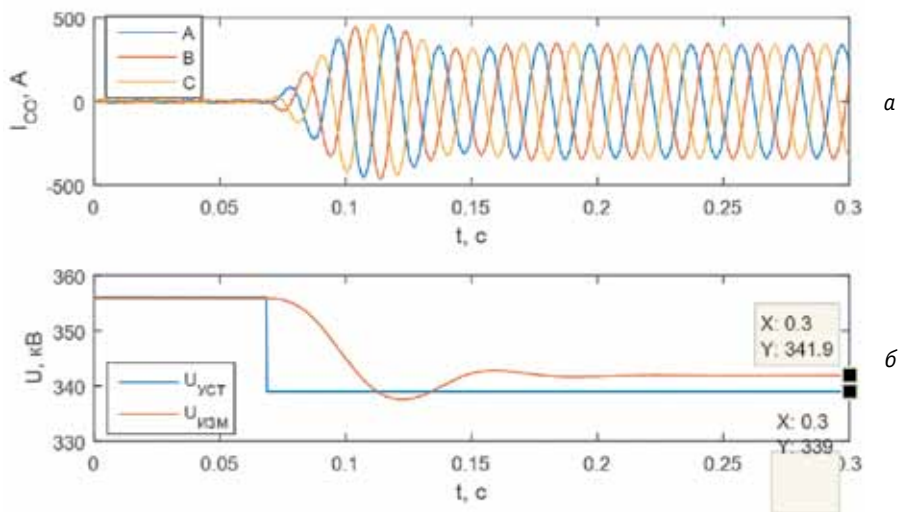


Рис. 5: а – токи сетевых обмоток УШРТ; б – изменение уставки напряжения $U_{уст}$ и измеренного напряжения $U_{изм}$

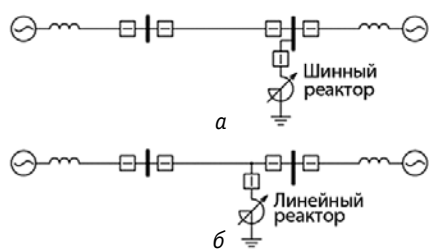


Рис. 6. Типы подключения УШРТ к сети

ными вентильными обмотками на классы напряжения 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ и 500 кВ, а в эксплуатацию в электрических сетях России введено 5 реакторов, в том числе на таком ответственном объекте, как приемная сторона Крымского энергомоста – ПС 220 кВ «Кафа» [7].

Заклучение

Проведенный с 2012 года комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию линейки отечественных быстродействующих управляемых шунтирующих реакторов позволил создать универсальное решение для обеспечения надежности работы электрических сетей 110–500 кВ в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах работ. Правильность заложенных технических решений подтвердилась результатами сетевых испытаний и опытом эксплуатации внедренных пилотных образцов. Таким образом, в 2018 году в России окончательно налажено производство отечественных современных УШР, приходящих на

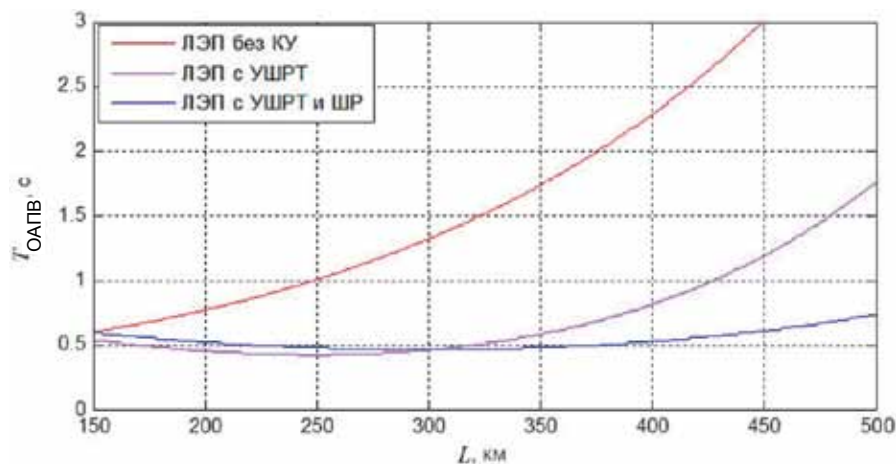


Рис. 7. Зависимость длительности ОАПВ от параметров сети

смену широко применявшимся ранее реакторам первого поколения, выпускавшимся на Запорожском трансформаторном заводе.

Литература

1. Матинян А. М. Гармонический состав токов сетевых обмоток в УШРТ 500 кВ с расщепленными вентильными обмотками / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев // Электрические станции. 2016. № 4.
2. Дмитриев М. В. Управляемые шунтирующие реакторы / М. В. Дмитриев, А. С. Карпов, Е. Б. Шескин и др. Под редакцией Г. А. Евдокунина. СПб.: Родная Ладога. 2013.
3. Матинян А. М. Применение УШРТ с расщепленными обмотками для сокращения времени цикла ОАПВ линий 500 кВ / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев // Электрические станции. 2016. № 8.
4. Матинян А. М. Особенности УШРТ, обеспечивающие предотвращение резонанса напряжений в цикле ОАПВ линии / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев // Электрические станции. 2016. № 11.

нанса напряжений в цикле ОАПВ линии / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев // Электрические станции. 2016. № 11.

5. Матинян А. М. Особенности УШРТ, способствующие безопасному опробованию ЛЭП 500 кВ / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев, З. Е. Пугаченко // Электрические станции. 2017. № 1.

6. Матинян А. М. Проверка работоспособности адаптивного ОАПВ и ТАПВ линии, оснащенной линейным УШРТ, методом НП-тестирования на RTDS / А. М. Матинян, М. Д. Ильин, Н. А. Дони, И. А. Кошельков, А. А. Шуруп // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 2.

7. Матинян А. М. Быстродействующие управляемые шунтирующие реакторы для применения в ЕНЭС России и за рубежом / А. М. Матинян, М. В. Пешков, В. Н. Карпов, Н. А. Алексеев, В. А. Падалко, А. В. Антонов, П. Ю. Булыкин // Энергия единой сети. 2017. № 3.

А. В. Антонов, А. М. Матинян,
АО «НТЦ ФСК ЕЭС», г. Москва.
П. Ю. Булыкин, К. С. Кошелев,
А. В. Родыгин,
ОАО «Айдис групп», г. Москва,
тел: +7 (499) 753-7576,
e-mail: info@ieds.ru,
сайт: www.ieds.ru



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



facebook.com/isup.ru
Фейсбук



zen.yandex.ru/isup
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе