

Модифицированная серия высоковольтных управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов с расширенными функциональными возможностями.

Авторы:

Базылев Борис Иванович, Брянцев Александр Михайлович, Брянцев Михаил Александрович, Лурье Александр Иосифович, Макарова Мария Александровна, Маклецова Елена Евгеньевна, Уколов Сергей Владимирович.

С начала промышленного производства и по настоящее время управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (УШРп) пользуются устойчивым спросом с постоянно расширяющимся рынком сбыта [1]. В результате в электрических сетях РФ и других стран эксплуатируется более сотни УШРп мощностью от 10 до 180 Мвар, напряжением от 10 до 500 кВ. Общая установленная мощность всех типов УШРп составляет около 9 Гвар. Наибольшее применение УШРп находят в протяжённых электрических сетях сибирского и дальневосточного регионов РФ.

На сегодняшний день УШРп производятся Запорожским трансформаторным заводом (ЗТР, Украина), заводом ETD TRANSFORMATORY (ЕТД, Чехия) и Московском Электрозаводе (Россия). Как по конструкции, так и по электрической схеме производящиеся УШРп имеют существенные различия. УШРп производства ЗТР имеют три основных конструктивных модификации УШР напряжением 35-500 кВ [2,3,4]. Завод ЕТД производит УШРп напряжением 6-35 кВ со совмещенной обмоткой переменного-постоянного тока [5,6]. В конструкции и схеме УШРп 180 Мвар 500 кВ Московского Электрозавода, судя по публикациям в периодической печати, использованы технические решения, отличные от примененных в конструкциях ЗТР и ЕТД [7, 8, 9].

Модифицированная серия управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (в дальнейшем УШРм) в отличие от прототипов имеет единую конструкцию, электрическую схему и состав оборудования в диапазоне мощностей 4-330 Мвар и классов напряжения 6-750 кВ (Рис. 1). В тоже время при разработке УШРм учтены и сохранены следующие основные функции ранее освоенных УШРп:

- высокоточная автоматическая стабилизация напряжения в точке подключения с отклонением не более 0.3 процента от заданной уставки [6];
- безынерционный, менее чем за 0.02 с выход на номинальную мощность при подключении к сети [2];
- параметрический наброс/сброс мощности при аварийных возмущениях напряжения сети [11];
- переход из любого текущего режима в режим фиксированного значения потребляемой мощности на время паузы ОАПВ [10].

Принципиальным отличием УШРм является использование широкополосного фильтра высших гармоник, позволяющего улучшить форму тока и напряжения обмоток (Рис. 1) [12]. В любом из УШРм в пределах всего рабочего диапазона регулирования мощности коэффициент искажений формы тока не превышает 1.5-2% от номинального значения, а синусоидальность напряжений обмоток соответствует требованиям ГОСТ 32144-13. В итоге в УШРм полностью устранено негативное влияние нелинейности характеристик на качество напряжения в точке подключения. Также в отличие от прототипов конструкция УШРм содержит полноценную вторичную обмотку трансформаторного типа, а обмотка управления (регулирующая обмотка) выполняется с глухо заземлённой средней точкой (Рис. 1) [13]. Всего же при разработке УШРм использовано не менее десятка патентов и полезных моделей РФ и других стран.

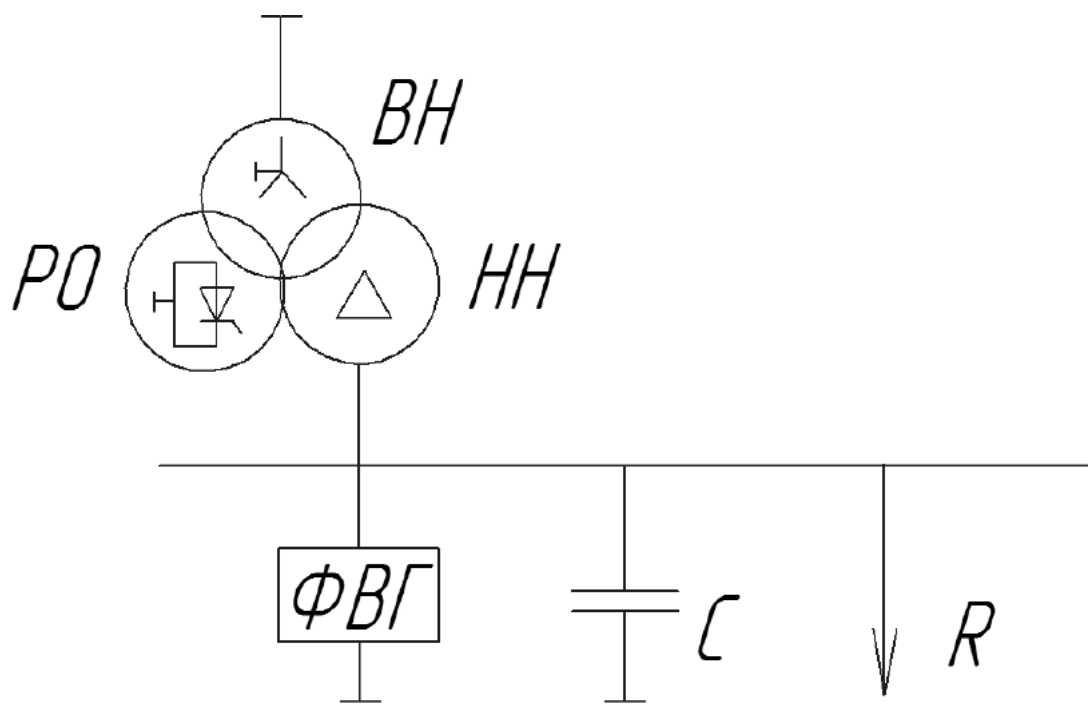


Рис. 1. Принципиальная однолинейная схема УШРм, содержащая обмотку высокого напряжения ВН, обмотку низкого напряжения НН, регулировочную обмотку РО с подключёнными к обмотке НН фильтром высших гармоник ФВГ, ёмкостной нагрузкой С и сетью общего назначения R.

Путём включения в конструкцию новых элементов с новыми взаимными соотношениями и изменения критериев оптимизации параметров комплектующего оборудования функциональные возможности УШРм расширены в части:

- длительной перегрузки по мощности в 1.4 раз выше номинального значения с сохранением синусоидальности форм тока и напряжения вторичной обмотки во всем диапазоне регулирования мощности [14];
- плавного регулирования мощности за время, не превышающее 0.2-0.3 с, от номинального потребления (индуктивный режим) до номинальной выдачи (ёмкостной режим) за счёт подключения к вторичной обмотке ёмкостной нагрузки [15];
- отбора мощности от вторичной обмотки в электрическую сеть общего назначения, вплоть до номинального значения мощности первичной обмотки [1].

Таким образом, технические характеристики УШРм соответствуют или перекрывают типовые требования отраслевого стандарта ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.180.03.198-2015 на управляемые шунтирующие реакторы.

Предварительное участие в торгах на закупку УШР напряжением 110, 220 и 500 кВ показало высокую конкурентоспособность УШРм по сравнению с аналогами в части функциональных возможностей, потерь и стоимости оборудования.

Как устройство, обладающее функцией статического компенсатора реактивной мощности электромагнитного типа, или как устройство, обладающее функцией трансформатора с плавным регулированием напряжения обмоток, модифицированная серия управляемых шунтирующих реакторов прямых аналогов не имеет.

Литература:

1. Опыт применения управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов в сетях различных классов напряжения / Б. И. Базылев [и др.] // ЭЛЕКТРО – 2016. – №3 – с. 28-33

2. Результаты внедрения и промышленной эксплуатации управляемого подмагничиванием трехфазного шунтирующего реактора 110 кВ мощностью 25000 кВа в Пермьэнерго / А. М. Брянцев [и др.] // Электрические станции – 2001. – №12
3. Трехфазный шунтирующий управляемый реактор мощностью 100 МВА, 220 кВ на подстанции «Чита» МЭС Сибири / А. М. Брянцев [и др.] // Электротехника – 2003. – №1 – с. 22-30
4. Брянцев, А. М. Впервые в сети 500 кВ введен в эксплуатацию новый управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор мощностью 180 МВА / А. М. Брянцев, А. Г. Долгополов, А. И. Лурье // Электричество – 2006. – №8 – с. 65-68
5. Патент № 2418332 Российская Федерация. Электрический трёхфазный реактор с подмагничиванием / Брянцев А. М.
6. Источник реактивной мощности на подстанции 35 кВ Ванкорского нефтяного месторождения / Б. И. Базылев [и др.] // Электротехника. - 2012. - № 3. - С. 59-62
7. Авторское свидетельство СССР № 1164795. Электроиндукционное устройство / Брянцев А. М. Открытия. Изобретения. 1985 г. № 24.
8. Брянцев, А. М. Основные уравнения и характеристики магнитно-вентильных управляемых реакторов с сильным насыщением магнитной цепи / А. М. Брянцев // Электротехника –1991. – № 2 – с. 24-28.
9. Controlled shunt reactor 500 kV 180 MVA with new design. Filed experience at NELYM substation. / L. MAKAREVICH , L. MASTRYUKOV, V. IVAKIN etc. // SIGRE – A2_206_2014.
10. Патент 2341858 Российская Федерация. Способ гашения дуги однофазного замыкания на землю в паузе ОАПВ линии электропередачи с шунтирующим трехфазным реактором / А. М. Брянцев, А. Г. Долгополов.
11. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы для сети 35-500 кВ / А. М. Брянцев [и др.] // Электротехника – 2003. – №1 – с. 5-13
12. Патент 2510556 Российская Федерация. Статический компенсатор реактивной мощности / А. М. Брянцев.
13. А. М. Брянцев. Трехфазный управляемый подмагничиванием реактор: патент RU № 2447529 С1 / А. М. Брянцев.
14. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов / П. М. Тихомиров // Энергоатомиздат – 1986. – с. 528
15. Управляемые ферромагнитные устройства с предельным насыщением в системах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения высоковольтных сетей / А. М. Брянцев [и др.] // Энергоэксперт – 2013. – №5 – с. 40-46