

УДК 621.313

Е.С.Поклонская, В.Ю.Алейникова (4 курс, каф. ЭСиС), С.В.Смоловик, д.т.н., проф.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УШР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Шунтирующие реакторы широко распространены в ЭС во всём мире. Они применяются в сетях высших классов напряжения для компенсации избыточной реактивной мощности ЛЭП при малых нагрузках. Применение неуправляемых реакторов приводит к резкому снижению пропускной способности таких линий. Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) позволяют эффективно решить проблемы потребления избыточных реактивных мощностей, увеличить пропускную способность линии и обеспечить высокий уровень статической и динамической устойчивости ЭЭС при достаточной простоте эксплуатации и приемлемых экономических показателях.

Наиболее известными конструктивными решениями в области создания УШР являются УШР трансформаторного типа и реакторы, управляемые подмагничиванием. Реакторы трансформаторного типа предпочтительнее на ЭП классов напряжения 330 кВ и выше, они безынерционные и имеют простую электромагнитную систему. Однако, вследствие использования большого количества меди (поскольку две обмотки имеют полную номинальную мощность) и мощности тиристорных блоков в них, равной номинальной мощности реактора, имеют несколько более высокую стоимость. Реакторы, управляемые подмагничиванием, эффективнее применяются на ЭП 110-330 кВ. В них используется большое количество трансформаторной стали (за счёт более сложной конструкции магнитопровода) и мощность тиристорных блоков заметно меньше, однако этот реактор проигрывает УШРТ в быстродействии.

К настоящему моменту в ЕЭС России эксплуатируются два УШР, управляемые подмагничиванием сердечника, - один на номинальное напряжение 110 кВ, мощностью 25МВА, второй на напряжение 220 кВ, мощностью 100 МВА. Практика использования УШР показала, что в результате ввода реактора в эксплуатацию в режиме автоматической стабилизации напряжения колебания напряжения в точке подключения ограничены величиной +1,5% относительно напряжения уставки, при одновременном сокращении числа коммутаций батарей статических конденсаторов и РПН трансформаторов примерно в 100 раз; в часы максимума графика нагрузки потери энергии в прилегающей сети снижены, что обеспечивает окупаемость реактора менее чем за 3 года.

Система управления реактора должна реагировать на изменение параметров передачи, особенно в случае установки множества реакторов вдоль линии, т.к. нечёткое срабатывание одного реактора может иметь нежелательные последствия для ЭП в целом.

Обычным параметром регулирования является отклонение напряжения, но может использоваться и ток линии, в качестве параметров стабилизации используется отклонение частоты напряжения и её производная.

Закон регулирования имеет следующий вид:

$$(1 + p \cdot T_p) \cdot \Delta b_p = k_U \cdot \Delta U + k_{\Delta \omega} \cdot \Delta \omega + k_{p\Delta \omega} \cdot p\Delta \omega + k_I \cdot \Delta I.$$

Уровень динамической устойчивости ЭП в основном оценивается возможностью УШР с точки зрения демпфирования послеаварийных колебаний. Эффективность влияния УШР на ограничение вылета угла на первом колебании невысока, но она весьма высока на демпфировании послеаварийных качаний.

Итак, применение УШР позволяет решить следующие проблемы:

- нормализовать напряжения в режимах минимальных и максимальных нагрузок;
- исключить режимы потребления реактивной мощности генераторами системы;
- снизить перетоки реактивной мощности по линиям электропередачи и за счет этого уменьшить потери активной мощности.

Таким образом, разработана математическая модель УШР, позволяющая выполнить расчеты электромеханических переходных процессов в ЭЭС.