

УДК 621.313

С.А.Нефедова (5 курс, каф. ЭСиС), А.Н.Беляев, к.т.н., доц.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТЯЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРАВЛЯЕМЫМИ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ

Развитие объединенных электроэнергетических систем, охватывающих большие территории с многочисленными мощными электрическими станциями, обуславливает необходимость углубленного рассмотрения вопросов обеспечения статической и динамической устойчивости их параллельной работы. Высокая стоимость линий электропередачи заставляет полностью использовать их пропускную способность, возлагая решение задачи обеспечения устойчивости на вспомогательные силовые устройства, обеспечивающие ее заданные или допустимые показатели. Были предложены возможные мероприятия по решению вопросов по передаче электроэнергии на дальние расстояния: быстродействующие устройства регулирования напряжения, устройства продольной емкостной компенсации (УПК). Но каждое из приведенных решений имеет серьезные недостатки. Например, из-за недостаточного изучения переходных процессов, связанных с применением УПК, его включение привело к проявлению так называемого субсинхронного резонанса и разрушению генератора электростанции, вследствие совпадения собственной частоты электромагнитных колебаний контура и собственной частоты крутильных колебаний валопровода турбоагрегата. Распределение напряжений на линии электропередачи с несколькими УПК является далеким от оптимального и значения напряжений могут стать ограничивающим фактором с точки зрения реализации установившихся режимов работы. В результате чего, для обеспечения устойчивости таких электропередач приходится применять дополнительные силовые устройства продольного включения. Важным направлением совершенствования ВЛ переменного тока является разработка конструкций ВЛ повышенной натуральной мощности (ВЛ ПНМ). Недостатком является увеличение зарядной мощности ВЛ, которую необходимо компенсировать. Вследствие этого, применение управляемой поперечной компенсации зарядной мощности линий необходимо для увеличения их пропускной способности. На базе опыта, полученного при эксплуатации устройств, описанных ранее, возникло новое научное направление, связанное с применением управляемых шунтирующих реакторов (УШР), позволяющие существенно улучшить распределение напряжений вдоль компенсированной линии электропередачи и одновременно обеспечить достаточно высокие показатели демпфирования малых колебаний. Весьма важным для практической реализации является вопрос о выборе законов регулирования УШР, установленных в различных точках электропередачи, и о согласовании настроечных параметров УШР.

Основное назначение реакторов – потребление избыточной реактивной мощности линии электропередачи с целью нормализации уровней напряжений. При этом использование УШР позволяет:

- автоматизировать процесс стабилизации напряжения или одного из заданных параметров режима с одновременной разгрузкой коммутационного оборудования в схемах регулирования напряжения;
- повысить до 30% пропускную способность линии электропередач по допустимому уровню напряжений;

- снизить потери мощности в электрических сетях и повысить надежность их эксплуатации, в том числе и за счет резкого снижения числа срабатывания устройств РПН трансформаторов;
- повысить предел передаваемой мощности по условию статической устойчивости системы;
- сократить время протекания переходных процессов;
- уменьшить применение генераторов на электростанциях в качестве регулируемых источников реактивной мощности;
- ограничить использование сложной системы коммутации неуправляемых шунтирующих реакторов на линиях;
- повысить технико-экономические показатели электроэнергетических систем.

Рассмотрим один из объектов, являющийся наиболее характерным примером использования устройств продольной компенсации, управляемых продольных элементов, а также управляемых шунтирующих реакторов, которые предлагается установить взамен уже существующих нерегулируемых реакторов. Это электроэнергетическая система Бразилии. После объединения двух основных электроэнергетических систем Бразилии Севера и Юга в одну, общая протяженность электропередачи составила около 1050 км, что непосредственно повлияло на устойчивость общей системы. В результате проведенного мероприятия возникла необходимость в исследовании УШР как элемента этого объекта. Для данной системы были получены следующие результаты.

Основными особенностями установившегося режима электропередачи с нерегулируемыми реакторами являются заметные падения напряжения на продольно включенных емкостных сопротивлениях и невозможность обеспечения баланса реактивных мощностей с помощью неуправляемых реакторов. В случае если заменить все неуправляемые реакторы на управляемые, подобных перепадов напряжений наблюдаться не будет. Значения напряжений во всех точках электропередачи при этом не превысят предельно допустимых и не понизятся менее чем на 5% от номинального.

При передаче мощности меньшей натуральной $P = 0,75P_{\text{нат}}$ в случае с неуправляемыми реакторами напряжения в промежуточных узлах не превышают предельно допустимых значений. Поэтому для электропередачи с нерегулируемыми ШР режим передачи мощности $P = 0,75P_{\text{нат}}$ является наиболее приемлемым. В настоящее время именно такую мощность передают по электропередаче «Север-Юг». При установке УШР в таком режиме потери уменьшаются на 2,2%. Также это позволяет без дополнительных затрат увеличить пропускную способность линии.

Помимо приведенных выше факторов было установлено, что при малых возмущениях режима работы электропередачи система регулирования УШР обеспечивает соответствующее изменение проводимостей реакторов и потребляемой ими реактивной мощности, а также затухание возникающих колебаний.

Если рассматривать в качестве аварийных возмущений короткие замыкания вблизи генератора и вблизи управляемого реактора, длительность которых составляет 0,1 с, то можно сказать, что при применении АРВ «сильного действия» генератора совместно с УШР переходный процесс характеризуется высокими показателями демпфирования колебаний, что не наблюдается при отсутствие реактора.

При исследовании динамической устойчивости было выяснено, что применение УШР является более эффективным мероприятием, чем неуправляемый ШР. Обусловлено это тем, что в момент возникновения короткого замыкания управляемый реактор стремится поддержать напряжение за счет резкого уменьшения проводимости реактора до нуля. Далее относительно плавное изменение индуктивности приводит к стабилизации напряжения. Но при этом УШР не влияет на увеличение угла ротора генератора на первом колебании.

Можно сделать вывод, что УШР не обладает значительной эффективностью с точки зрения ограничения величины увеличения угла ротора генератора на первом колебании, но при этом существенно улучшает демпфирование послеаварийных колебаний.

Таким образом, УШР является уникальным комплексом стабилизации напряжения, снижения потерь, повышения надежности эксплуатации протяженных линий электропередач, вследствие чего может рассматриваться как одно из перспективных устройств, которое может быть использовано для передачи электроэнергии на дальние расстояния.