

УДК 621.313

С.А.Нефёдова (6 курс, каф. ЭСиС), Е.Ю.Змазнов, к.т.н., с.н.с. ОАО НИИПТ

АНАЛИЗ, ОГРАНИЧЕНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ СО ВСТАВКОЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Вставки постоянного тока (ВПТ) между соседними энергосистемами придают объединению этих энергосистем важные благоприятные свойства. Они позволяют осуществлять асинхронную работу энергосистем, обеспечивая практически безинерционное регулирование межсистемных перетоков мощности, предотвращают нарушение устойчивости, присущее связям на переменном токе, открывают дополнительные возможности для оптимизации режимов и взаимной помощи энергосистем.

Особенно важной становится роль ВПТ при соединении ими энергосистем разных стран или разных экономических регионов, где требуется строгое выполнение межгосударственных или межрегиональных контрактов по коммерческой передаче электроэнергии.

Характеризуя ВПТ, как энергетические объекты, нужно отметить, что наряду со многими достоинствами они обладают и рядом недостатков. Одним из недостатков является то, что любая ВПТ имеет очень сложную структуру, что ухудшает её обслуживание. Для этого требуется высококвалифицированный персонал, а также использование соответствующего оборудования.

В Российской Федерации существует единственный подобный объект, но несмотря на это данная ВПТ является одной из самых мощных в мире. Сооруженная в 1981-84 гг. линия электропередачи 330/400кВ Россия-Финляндия со вставкой постоянного тока в районе г. Выборга первоначально была рассчитана на длительную передачу мощности 600 МВт с возможностью увеличения до 1000 МВт в аварийных режимах. Вставка постоянного тока состоит из четырёх преобразовательных блоков (КВПУ – комплектное высоковольтное преобразовательное устройство) с суммарной мощностью 4×350 МВт. Выпрямительно-инверторные блоки являются совершенно автономными. Каждый блок состоит из парных шестифазных выпрямительных и парных инверторных мостов, работающих друг на друга через два сглаживающих реактора с сопротивлением $R_d=2 \times 0,3$ Ом и индуктивностью $L_d=2 \times 0,1$ Гн. Каждая пара мостов связана с шинами переменного тока подстанции через трехфазные группы четырёхобмоточных однофазных силовых трансформаторов мощностью 3×135 МВА

Между тем приходится отметить, что ВПТ наряду со многими достоинствами обладают рядом недостатков. Один из таких недостатков состоит в том, что ВПТ имеют в своём составе мощные вентильные преобразователи, которые могут отрицательно влиять на форму напряжений и токов в примыкающих к ним электрических сетях – создавать в них высшие гармоники. Этот недостаток является особенно серьёзным вследствие того, что ВПТ присоединена к электрическим сетям высших классов напряжения с длинными линиями переменного тока, в которых эти гармоники подвержены значительным резонансным усилениям. Гармоники напряжения и тока ухудшают условия работы многих видов высоковольтного оборудования. Кроме того, они могут нарушать правильное действие релейных защит, вызывать недопустимые помехи в линиях связи. Поэтому величины гармоник, которые возникают в сетях, примыкающих к ВПТ, достаточно жёстко нормируются, и соответственно это является одним из условий по качеству энергии, которые регламентируются соответствующими контрактами. Ограничение превышения величины генерируемых гармоник осуществляется посредством конденсаторных батарей – фильтры

КБФ.

Как было сказано ранее, гармонические составы тока и напряжения в сетях высших классов напряжения подвергаются жёсткому контролю. Как правило ограничения накладываются на гармоники напряжения. Последние ограничиваются либо порознь для каждой гармоники, либо для всех гармоник вместе. В качестве показателей, охватывающих все гармоники, применяются:

- общее действующее значение всех высших гармоник, или коэффициент несинусоидальности кривой напряжения;
- арифметическая сумма всех высших гармоник напряжения;
- показатели, характеризующие влияние линий электропередачи на линии связи.

Они выражаются через гармоники напряжения.

Также по гармоническому составу нормируется ток. Гармоники тока во многом определяются частотными характеристиками сети примыкания. При неблагоприятных частотных характеристиках гармоники тока могут достигать больших величин, а соответствующие гармоники напряжения оставаться малыми.

Для обеспечения требуемого качества энергии и своевременного выявления повреждения фильтрового оборудования необходимо производить настройку фильтров преобразовательной подстанции и осуществлять её непрерывный контроль. Особую актуальность данный вопрос приобретает при возможных резонансных усилениях гармоник в одинаково настроенных параллельных звеньях. При возникновении аварийных режимов возможен выход из строя КБФ. Любой аварийный режим на КБФ влечёт за собой серьёзные последствия. Поэтому требуются корректная и надёжная защита. На данный момент такая защита разрабатывается.

Исходя из малой части приведенных проблем, можно сделать *вывод*, что ВПТ достаточно сложный объект и требует значительных затрат. Вследствие этого, строительство ВПТ необходимо только при невозможности соединения энергосистем посредством ЛЭП (наличие водной границы), либо при заключении договоров с другими государствами о поставке электроэнергии.