

УДК 621.311

И.В. Пантелеева, Т.Н. Романовская

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены различные аспекты обеспечения надежной работы энергосистемы с точки зрения поддержания динамической устойчивости.

энергосистема, надежность, динамическая устойчивость, линия электропередачи

Введение

Постановка проблемы. Аварии, связанные с нарушением устойчивости параллельной работы в крупных энергосистемах, влекут за собой расстройство электроснабжения больших районов и городов. Ликвидация таких аварий и восстановление нормальных условий работы электрических систем представляет большие трудности и требует много времени.

Тяжелые последствия таких аварий заставляют уделять значительное внимание вопросам повышения устойчивости как при проектировании электрических станций и сетей, так и при их эксплуатации.

Анализ последних достижений и публикаций. Проблема устойчивости наложила глубокий отпечаток на схемы коммутации, режимы работы и параметры оборудования электрических систем. В настоящее время следует применять современные быстродействующие выключатели, релейную защиту на цифровой элементной базе, а также предусматривать проведение других мероприятий, которые способствовали бы резкому уменьшению аварийности в электрических системах [1].

Цель работы, заключается в определении ряда задач, возникающих при сохранении динамической устойчивости параллельной работы.

Основной материал

Развитие современного общества не мыслимо без постоянного роста производства электроэнергии. Чтобы удовлетворить эти постоянно растущие потребности, создаются сложные энергосистемы. Для того, чтобы предвидеть, как будет работать такая сложная система, специалисты должны располагать все более мощными средствами анализа и синтеза.

Исключительно велико значение проблемы устойчивости при передаче электроэнергии на большие расстояния. Можно утверждать, что устойчивость систем является одним из основных факторов, ограничивающих пропускную способность электропередач переменного тока большой протяженности.

Успешная работа энергосистемы в значительной степени зависит от ее способности обеспечить надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей. Причем понятие надежности подразумевает гораздо большее, нежели простая готовность энергосистемы нести нагрузку. Главное требование обеспечения надежности электроснабжения потребителей – сохранение синхронной работы генераторов. В противном случае это может привести к значительным колебаниям токов и напряжений в узлах нагрузки и автоматическому отключению линий электропередачи устройствами релейной защиты в тех точках, где это было бы крайне нежелательно. При отделении генератора от системы он должен быть повторно синхронизирован и затем вновь загружен, если, конечно, он не поврежден, а его первичный двигатель не остановлен в результате аварийного отключения.

Второе требование обеспечения надежной работы энергосистемы – сохранение в работе основных линий электрических сетей. Отключение таких линий может привести к нарушению энергоснабжения узлов нагрузки. Поскольку почти все энергосистемы связаны межсистемными линиями связи с соседними энергосистемами, возникает также задача исследования режимов этих связей на протяженных территориях.

В связи с этим возникает необходимость непрерывного контроля за режимом линий электропередачи, нагрузка которых может внезапно и быстро возрасти; своевременного выявления моментов отключения линий, которые сопровождаются набросами мощности и опасными перегрузками параллельных линий и другого оборудования; выявления моментов разрыва электропередач, которые могут привести к опасному повышению частоты и напряжения; выявления моментов нарушения устойчивости и характера возникшего при этом асинхронного режима.

При возникновении указанных нарушений нормального режима работы необходимо достаточно быстро производить разгрузку линий электропе-

редачи и другие операции, которые предотвращают повреждение оборудования и развитие местных нарушений режима в крупную системную аварию.

Живучесть и надежность работы энергетической системы значительно снижается при выводе в ремонт ЛЭП и других элементов системы (трансформаторов, выключателей, систем шин и др.). Во многих странах мира, особенно в США, широко используется метод ремонта электроустановок под напряжением. В энергетической системе Украины в 80-90 г.г. подобные методы были освоены и использовались всеми предприятиями электрических систем. В городах Винницы и Ровно созданы полигоны и центры по разработке технологий проведения работ под напряжением и выпуска специальной технологической оснастки. В связи с разработкой и внедрением технической диагностики электроустановок способами инфракрасной техники, соединение ее с ремонтным обслуживанием под напряжением, может дать новый чрезвычайно эффективный инструментальный обеспечения надежности работы электроустановок.

Режимы работы крупных энергетических объединений в настоящее время имеют ряд особенностей, к которым относятся:

- работа дальних электропередач с малыми запасами по динамической и статистической устойчивости в нормальных и послеаварийных условиях;
- возможность, а в ряде случаев допустимость кратковременного существования асинхронных режимов работы, возникающих вследствие нарушения устойчивости, несинхронного автоматического повторного включения и других причин;
- наличие небольших энергосистем, связанных с мощными энергосистемами и гидроэлектростанциями. В аварийных режимах возможны набросы активной и реактивной мощности на небольшие энергосистемы, что сопровождается опасными повышением частоты и напряжения;
- наличие слабых связей между энергосистемами (слабой называется такая связь, пропускная способность которой составляет менее 10% мощности меньшей из энергосистем, которые она соединяет). Для сохранения устойчивости параллельной работы по слабым связям требуется жесткое ограничение величины активной мощности, передаваемой по ним;
- наличие дальних линий электропередачи напряжением 330 – 750 кВ, одностороннее отключение которых может вызвать значительное повышение напряжения в сети, представляющее опасность для электротехнического оборудования.

Быстрое протекание процессов при резких аварийных нарушениях нормальных режимов исключает возможность их ликвидации и тем более предотвращения действиями оперативного персонала даже

при наличии средств телеконтроля. Поэтому предотвращение, локализация и ликвидация нарушений нормального режима целиком возлагаются на специальные автоматические устройства – противоаварийную режимную автоматику.

Однако, ликвидация такого рода аварий и восстановление нормальных условий работы электрических систем, требуют значительных усилий и материальных затрат. Тяжелые последствия подобных аварий требуют исключительного внимания при проектировании и эксплуатации электроустановок.

Анализ аварий, которые произошли в энергосистемах США, Швеции, Италии (2003 г.), России (Мосэнерго, май 2005 г.), Германии, Франции, Швейцарии (ноябрь 2006 г.) позволяет сделать вывод, что основной их причиной является отсутствие жесткой вертикали оперативно-диспетчерского управления в объединенных энергосистемах, а также неконтролируемый рост нагрузок электрических сетей (прежде всего в мегаполисах).

Из-за отсутствия финансирования в отрасль, в Украине не исполняются в полном объеме мероприятия по обмену устаревшего оборудования, средств противоаварийной автоматики и релейной защиты электроэнергетических объектов.

Выводы

Как отмечалось выше, для современных энергосистем характерно стремление к максимальному использованию пропускной способности линий электропередач, при этом допускается работа с нагрузками, близкими к пределу динамической устойчивости. При этом принимаются все возможные меры для предотвращения нарушения динамической устойчивости:

1. Быстрое отключение коротких замыканий, что осуществляется с помощью быстродействующих выключателей и релейных защит.
2. Наличие в энергосистеме Украины достаточного горячего (обратного) и холодного резервов мощности на электростанциях.
3. Эффективные централизованные и локальные способы противоаварийной автоматики и централизованное «ручное» обесточивание потребителей.
4. Достаточный запас пропускной способности электрических сетей.

Список литературы

1. Андерсон П., Фуад А. Управление энергосистемами и устойчивость. – М.: Энергия, 1992. – 658 с.

Поступила в редколлегию 2.12.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ф. Артюх, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.