

УДК 621.311

УСТОЙЧИВОСТЬ И ЖИВУЧЕСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Янушкевич К.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Петруша Ю.С.

Выбранная тема особо актуальна в условиях стремительного развития современного мира. Производство электроэнергии обладает рядом особенностей, резко отличающих энергетическое производство от других отраслей промышленности. Важнейшая особенность электроэнергетической системы (далее ЭЭС) заключается в том, что производство электроэнергии, распределение и преобразование ее в другие виды энергии осуществляются практически в один и тот же момент времени. Другими словами, электроэнергия нигде не аккумулируется. Именно эта особенность превращает всю сложную ЭЭС в единый механизм, и приводит к тому, что все элементы системы взаимно связаны и взаимодействуют. Энергия, произведенная в системе, равна энергии, потребленной в ней в любой промежуток времени. Поэтому следует рассмотреть проблему устойчивости и живучести ЭЭС в целом.

Устойчивость энергосистемы – это способность ее возвращаться в исходное состояние при малых или значительных возмущениях, т.е. система находится в равновесном положении. Параллельная работа генераторов электрических станций, входящих в энергосистему, отличается от работы генераторов на одной станции наличием линий электропередачи, связывающих эти станции. Сопротивления линий электропередачи уменьшают синхронизирующую мощность генераторов и затрудняют их параллельную работу. Поэтому изучение проблемы устойчивости очень важно, особенно применительно к линиям электропередачи переменным током. Различают два вида устойчивости: статическую (способность системы самостоятельно восстановить исходный режим при малых и медленно происходящих возмущениях) и динамическую (способность системы сохранять синхронизм после внезапных и резких изменений параметров режима или при авариях в системе). Основным способом повышения устойчивости является увеличение предела передаваемой мощности. Основными средствами повышения устойчивости являются следующие:

- применение быстродействующих АРН, увеличивающих ЭДС генераторов при возрастании нагрузки. Для повышения динамической устойчивости при КЗ большое значение имеет форсировка возбуждения;
- повышение напряжений действующих линий, например, со 110 на 150 или 220 кВ;
- уменьшение индуктивного сопротивления линий, достигаемое расщеплением проводов мощных линий на два или три, или применением продольной емкостной компенсации с последовательным включением в линию батареи конденсаторов;
- применение быстродействующих выключателей, защит и АПВ линий.

На устойчивость энергосистемы может повлиять использование компенсирующих устройств.

Живучесть – способность системы восстановить свою работу после аварийных режимов.

В настоящее время вопросам живучести в технических задачах, и в частности в энергетике, начинают уделять все большее внимание. Это связано с тем, что потеря живучести в ЭЭС сопровождается большими народнохозяйственными ущербами и может явиться причиной высокой опасности для жизни человека и окружающей среды. Понятие живучести для ЭЭС еще требует содержательного уточнения и детализации. Если воспользоваться понятиями о «внешних» и «внутренних» целях подсистем, то работу каждой подсистемы ЭЭС можно представить пятью иерархиями целей (далее ИЦ) с соответствующими им узлами управления. К ним относятся две «внешних» иерархии: ИЦ 1 – выполнение подсистемой главных ее функций с точки зрения работы всей системы; ИЦ 2

– обеспечение ресурсом основного функционального процесса; и три «внутренних» иерархии: ИЦ 3 – снабжение ресурсом жизнеобеспечивающих механизмов подсистемы; иерархия определяющих целей (ИЦ 4), характеризующих работу самих механизмов жизнедеятельности подсистемы; иерархия дополняющих целей (ИЦ 5), оптимизирующих как процессы жизнедеятельности подсистемы, так и ее функционирование в отношении ИЦ 2. Нарушение устойчивости по целям ИЦ 1, ИЦ 2, прямо не приводит к потере живучести рассматриваемой подсистемы, хотя через различные обратные связи может вызвать каскадное развитие событий, которое в конце концов приведет к нарушению живучести в своей подсистеме или в других подсистемах. Непосредственное нарушение живучести будет лишь в том случае, если произойдет нарушение устойчивости хотя бы по одной из целей в ИЦ 4. В свою очередь, это дает начало качественно новому этапу развития аварийного режима — процессу умирания. Здесь также можно говорить о реанимации подсистемы за счет действия различных систем защиты и автоматики, ориентированных на прерывание процесса умирания и обеспечение обратимости нарушения живучести. В ЭЭС, как правило, происходит реанимация подсистемы, а полная гибель может быть только на уровне отдельных объектов, подверженных физическому разрушению. Исходя из этого, установим какое-то предельное время $T_{доп}$, больше которого реанимационный период α_p считается недопустимым, и если $\alpha_p > T_{доп}$, то, значит, произошла относительно необратимая потеря живучести. Особенно важны для сохранения устойчивости и живучести системы управления. Однако они сами могут нарушать свое функционирование и терять живучесть, что вызывает в зависимости от их роли в общей структуре управления подсистемой, возникновение каскада нарушений устойчивости. Поскольку в узлах управления ЭЭС находятся люди, следует говорить и об их живучести. Отсюда в ЭЭС следует различать три типа потери живучести:

1. Объектная потеря живучести: физическая (разрушение объекта, необходимость его ликвидации) и функциональная (потеря работоспособности из-за нарушения связей между элементами, прекращение энергопитания).

2. Управленческая потеря живучести: физическая (разрушение элементов системы управления под воздействием теплового фактора или др. причин), функциональная (потеря работоспособности датчиков информации, каналов связи, вычислительной техники как аппаратной, так и программной) и исполнительская (выход из строя исполнительных органов, прекращение их электропитания и т. д.).

3. Диспетчерская потеря живучести: физическая (ранение или гибель операторов), психическая (под действием тех или иных причин потеря способности объективно воспринимать текущую ситуацию и принимать правильные решения) и информационная (нарушение работы систем отображения информации или связи, что лишает оператора способности наблюдать за объектами и управлять ими).

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, какую роль в ЭЭС играют такие её показатели, как устойчивость и живучесть. Потеря живучести в ЭЭС сопровождается большими народнохозяйственными ущербами, может явиться причиной высокой опасности для жизни человека и окружающей среды. Нарушение устойчивости ЭЭС может иметь следующие последствия: повышение/снижение напряжения сети, нарушение синхронной работы оборудования станций и подстанций, перегрузки работающего оборудования, повышение/снижение частоты сети. Все эти последствия также нарушают бесперебойное энергоснабжение потребителей.

Все виды нарушений могут привести к авариям, финансовым затратам как самих станций (подстанций), так и потребителей электроэнергии.

Литература

1. Гук Ю. Б. Теория надежности в электроэнергетике: Учеб. пособие для ВУЗов. – Л.: Энергоатомиздат, 1990-208 с.

2. Воропай Н.И., Ковалёв Г.Ф., Кучеров Ю.Н. и др. Концепция обеспечения надёжности в электроэнергетике. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. – 212 с.
3. Калентионюк Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем: учебное пособие. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 375 с.
4. Манов Н.А., Хохлов М.В., Шумилова Г.П. и др. Методы и модели исследования надёжности электроэнергетических систем. – Сыктывкар: Российская Академия Наук, 2010. – 291 с.
5. Фёдоров В.К., Фёдоров И.В. Энтропийные аспекты эффективности, устойчивости и живучести электроэнергетических систем // Омский научный вестник. – 2013. - №1. – С. 187-193.
6. Устойчивость энергосистемы. Общие сведения. Способы повышения устойчивости. [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://electric-zone.ru/ustojchivost-energosisitemy-obshhie-svedeniya-sposoby-povysheniya-ustojchivosti/>. – Дата доступа: 27.04.2017.