

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КРУПНЫМ АВАРИЯМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Гаварень А.Д.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

Современная электроэнергетическая система (ЭЭС) многих стран охватывает огромные территории и включает в себя ряд электроэнергетических объединений, параллельно работающих по межсистемным связям, состоит из многих тысяч электростанций, линий электропередачи и трансформаторов. Такое количество элементов не может работать продолжительное время безотказно: изнашивается оборудование, проявляются природные условия, ошибается дежурный персонал. Тем не менее тысячи крупных нарушений в ЭЭС ежегодно устраняются средствами релейной защиты и автоматики незаметно для потребителя. К пересечению зоны необратимых последствий, в которой авария продолжит развиваться каскадом, приводит триггерное событие.

Деление системы (ДС) [1] относится к средствам противоаварийного управления с воздействием коммутационного типа и осуществляется во время переходного процесса. По цели различаются три вида деления: для предотвращения нарушения устойчивости (упреждающее), для прекращения асинхронного хода (автоматика ликвидации асинхронного режима), для предотвращения потери собственных нужд электрических станций при недопустимом снижении частоты в энергосистеме в результате развития аварии (частотная делительная автоматика) [2]. На практике получили широкое распространение второй и третий виды ДС. При скоординированном воздействии на определенные выключатели с учетом дополнительных условий упреждающее деление может привести к существенному результату. За рубежом осуществляемое таким образом деление получило названия управляемого.

Управляемое деление включает в себя три подзадачи: когда начать деление, по каким сечениям его выполнить и в какой последовательности. Наиболее эффективно деление практически сразу после возникновения триггерного события [3]. Определение момента деления в реальном времени представляет собой очень сложную задачу из-за непредсказуемости и разнообразия возможных возмущений в крупной ЭЭС. Упрощают решение данной задачи методы динамической оценки надежности и совместное действие искусственных нейронных сетей (ИНС) [4]. Полученная в результате моделирования множества аварийных ситуаций база знаний ИНС может быть дополнена реальными данными о произошедших авариях.

В крупной ЭЭС всегда существует множество вариантов деления – сечений. Основными требованиями при определении сечений являются: определения групп сильносвязанных генераторов [6], поиск минимальных по абсолютному значению активной мощности сечений, минимизация количества образуемых островов и коммутируемых элементов, оценка возможных перенапряжений. Поиск сечения с учетом всех перечисленных задач представляет собой задачу оптимизации. Неправильно выбранное сечение может привести к снижению эффекта от его проведения и даже к развитию аварии. Поиск наилучшего сечения деления в режиме реального времени простым перебором возможных вариантов для крупной энергосистемы неосуществим в связи с его длительностью. Подготовленное заранее сечение не позволяет говорить о его точности. Использование современных информационных технологий позволяет существенно ускорить поиск оптимального сечения в крупной ЭЭС.

Следующий этап – объединение островов в систему – выполняется диспетчерами в условиях дефицита времени. В этих условиях напрашивается использование компьютеров в помощь диспетчерам. Восстановление ЭЭС после крупной системной аварии можно организовать с помощью программного комплекса восстановления электроснабжения в распределительной сети [5]. Он использует конкурентный поиск схемы восстановления

двумя алгоритмами: на основе графа схемы сети и на базе ИНС с отбором решений блоком оценки режимов. В алгоритм комплекса добавляется ряд условий, определяемых требованиями при рестарте ЭЭС: оценка возможностей генерации мощностей в узлах ЭЭС на моменты времени, определяемые характеристиками их запуска, при обеспечении технического минимума их загрузки и учете времени их ввода; учет важности подключаемого узла, определяемой его функцией (генерация, нагрузка), категоричностью нагрузки, топологией схемы и режимными особенностями сети; режимные условия по перенапряжениям при коммутациях и возможности синхронизации восстанавливаемых островов.

Предложенный метод управляемого деления системы является перспективным методом защиты ЭЭС от крупных аварий, приводящих к массовому погашению потребителей. Приведенные требования при выполнении управляемого деления позволили выявить решаемые при его проведении задачи и используемые в них методы. Однако для его практической реализации необходимо дальнейшее совершенствование подходов к определению времени и места деления. Существенна проблема обеспечения управляемого деления необходимым объемом быстродействующих измерений и средств дистанционного управления.

Литература

1. Barkans, J. Protection against Blackouts and Self-Restoration of Power Systems / J. Barkans, D. Zalostiba.– Riga: RTU Publishing House, 2009. – 142 p.
2. Кощев, Л.А. Автоматическое противоаварийное управление в электроэнергетических системах / Л.А. Кощев. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 140 с.
3. Voropai, N.I. Analysis of Blackout Development Mechanisms in Electric Power Systems / N.I. Voropai, D.N. Efimov // IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century. – 2008. – P.1–7.
4. Шумилова, Г.П. Оценивание границы динамической надежности электроэнергетической системы / Г.П. Шумилова, Н.Э. Готман, Т.Б. Старцева // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2010. – №1. – С.80–86.
5. Успенский, М.И. Методы восстановления электроснабжения в распределительных сетях /М.И. Успенский, И.В. Кызродев.– Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2010.– 122 с.
6. Абраменкова Н.А. Структурный анализ электроэнергетических систем (в задачах моделирования и синтеза) / Н.А. Абраменкова, Н.И. Воропай, Т.Б. Заславская. – Новосибирск: Наука, 1990. – 224 с.