

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПО КРИТЕРИЮ N-1

М.Я. КУНО, А.Н. КОНДРАТЬЕВ
(ООО "НПЦ Приоритет")



Описана возможность использования программного комплекса "Советчик по снятию перегрузок в энергосистеме (СД)" [2, 3] для формального определения надежности энергообъединения по критерию N-1.

Одной из основных задач органов оперативно-диспетчерского управления является обеспечение надежности функционирования энергосистемы. Наиболее распространенным показателем, характеризующим реализацию поставленной задачи, является выполнение требований критерия N-1 при краткосрочном планировании и управлении режимами энергосистемы в режиме реального времени. Под обеспечением надежности по критерию N-1, понимается такое состояние энергообъединения, при котором качественное снабжение электроэнергией потребителей, а также нормальная работа электростанций должны обеспечиваться при внезапном отключении (выпадении) одного из элементов системы [4, 6, 7].

Требование выполнения критерия N-1 является определяющим при перспективном проектировании энергосистем для схем присоединения электростанций и подстанций к основной сети и обеспечения пропускной способности ОЭС в сечениях основной электрической сети для покрытия максимума нагрузки [6]. Для определения приоритетов при инструментальном обследовании ЛЭП, в [1] предлагается воспользоваться критериями N-1, N-2. При этом под множеством выпадающих элементов понималось множество ЛЭП рассматриваемого энергообъединения. При выводе оборудования в ремонт необходимо проверить надежность оставшейся сети по критерию N-1 [4]. Под множеством выпадающих эле-

ментов можно понимать все оборудование энергосистемы или часть его, определенную степенью влияния внесенных изменений на всю систему.

Вопрос о множестве выпадающих элементов определяется пользователем при решении конкретной задачи. Очевидно, что в качестве выпадающих элементов не должны рассматриваться консольные блоки нагрузки. Под качественным снабжением электроэнергией потребителей, а также нормальной работой электростанций понимается отсутствие:

- ограничения энергопотребления;
- перегрузок оборудования электростанций, подстанций и линий электропередачи;
- отклонений напряжения и частоты, опасных для работы генерирующего оборудования и потребителей электроэнергии, оборудования электрических сетей;
- нарушения устойчивости.

Чтобы определить надежность по критерию N-1, необходимо иметь инструмент-процедуру, который позволил бы формально проверить, удовлетворяются ли перечисленные ограничения при отключении одного элемента единой электрической сети (N-1). В зависимости от задачи целесообразно с точки зрения затрат времени определить множество отключаемых элементов.

Процедура должна обеспечивать: расчет установившегося режима, проверку на наличие перегрузок, устойчивости, проверку на допустимость уровней напряжений в узлах

сети, получение советов по устранению перегрузок или, по крайней мере, фиксацию их наличия.

При моделировании отключения какого-либо оборудования сети рассчитывается установившийся режим. Если он существует и при этом не возникает перегрузок, целесообразно проверить получившуюся в результате отключения элемента схему энергосистемы по критерию N-1. Проверка состоит в том, что для образовавшейся сети из множества возможных отключаемых элементов моделируется их отключение по одному из них поочередно. Если в итоге можно обеспечить качественное энергоснабжение потребителей за счет некоторых схемно-режимных мероприятий, то это означает, что отключение оборудования допустимо. В противном случае необходимо предпринимать другие решения. Проверка наличия необходимых схемно-режимных мероприятий может осуществляться с помощью ПК «Советчик по снятию перегрузок в энергосистеме (СД)», далее ПК СД. ПК СД использует программу расчета установившегося режима (собственную или внешнюю), и по результатам расчета производит проверку наличия перегруженных элементов, а в случае их наличия – проверку выработанных логическим блоком советов по устранению перегрузок

ПК СД готов к работе, если расчет установившегося режима до/или после отключения одного или нескольких элементов системы показал наличие перегруженного оборудования. Если в расчетной модели энергосистемы предусмотрено включение каких-либо защит и/или противоаварийной автоматики, то предполагается, что они уже отработали. Логический блок СД на основе доступных для оперативного персонала инструментов (набор которых может быть дополнен) – коммутации, изменения генерации в допустимых пределах – определяет схемно-режимные мероприятия (советы), необходимые для снятия перегрузок в оборудовании энергосистемы без отключения потребителей, строго выполняя ограничения [1-3]:

- не должно возникать ограничения энергопотребления;
- не должны возникать перегрузки оборудования электростанций, подстанций и линий электропередачи выше заданных в блоке настройки;
- недопустим перенос перегрузки.

Поскольку расчет установившегося режима производится известным методом Ньютона-Рафсона, то вопросы апериодической устойчивости возникают только при отсутствии сходимости итерационного процесса расчета установившегося режима [5], при этом, возможно, потребуются дополнительные исследования переходных процессов с помощью дополнительных инструментов, которые могут быть включены в программный комплекс ПК СД.

Таким образом, советы, вырабатываемые СД, при отключении одного элемента энергосистемы при наличии перегрузок отвечают требованиям выполнения критерия надежности N-1 и, если необходимо, N-k, для исследуемого элемента энергосистемы. Отсутствие советов при наличии хотя бы для одного перегруженного элемента означает, что критерий N-1 не выполняется.

В статье «Определение приоритетов инструментального обследования линий электропередач» [1] была сформулирована задача и предложена блок-схема алгоритма по определению приоритетов при проведении работ по инструментальному обследованию технического состояния ЛЭП. Использование ПК «Советчик по снятию перегрузок в оборудовании энергосистемы (СД)» позволило реализовать алгоритм и решить эту задачу для учебной энергосистемы «Тренэнерго», разработанной в ЦДС ОАО «Мосэнерго» для проведения соревнований оперативно-диспетчерского персонала в 2001 г. В качестве выпадающих элементов энергосистемы рассматривались только ЛЭП различного напряжения. В рамках этого исследования логический блок СД использовался только для определения факта, что сетевые ограничения могут быть сняты с помощью оперативных схемно-режимных мероприятий.

При выводе оборудования в ремонт, в том числе и плановый, ПК-СД помимо выработки советов по снятию перегрузок можно использовать и как формальную процедуру для определения надежности энергосистемы при принятой ремонтной схеме по критерию N-1.

Исходные данные для ПК СД представляют собой стандартное описание для расчета режима в энергосистеме в виде RR-файла, при необходимости дополненные данными ТИ-ТС. Для возможности проверки состояния надежности энергосистемы по крите-

рию N-1 ПК СД позволяет отключить любой элемент энергосистемы (вплоть до станции), рассчитать установившийся режим, если он существует, определить наличие перегрузок и определить существование оперативных схемно-режимных мероприятий для их ликвидации.

В перечисленных источниках [1, 4, 6] обращается внимание на выбор режима, при котором необходимо проверять надежность по критерию N-1. Так в [1] предлагается проводить процедуру определения приоритетов для наиболее тяжелого режима, например, для зимнего максимума. В задачах, связанных с выводом оборудования в ремонт, естественно пользоваться режимом, в котором будет находиться энергосистема при реализации мероприятия. В [7] неявно предлагается самый тяжелый режим, и в качестве выпадающих элементов рассматриваются самые крупные генерирующие блоки, любой один элемент единой национальной электрической сети, имеющий наибольшее влияние на надежность ЭС. Вероятно, при каждом случае проверки надежности ЭС по критерию N-1 желательно определить множество выпадающих элементов в энергосистеме. Это может позволить существенно сократить время на вычисления. Здесь может пригодиться и опыт оперативно-диспетчерского персонала, и формальные процедуры, такие как расчет коэффициентов влияния предполагаемых действий на оборудование ЭС. Поскольку при наличии исходных данных для энергообъединения ПК-СД позволяет смоделировать любой установившийся режим, если он существует, то для исследования надежности ЭС по критерию N-1 ограничения по его применению отсутствуют.

ВЫВОД

ПК “Советчик по снятию перегрузок в энергосистеме (СД)” может быть использован в качестве *стандартного инструмента для определения надежности* энергосистемы по критерию N-1 и для решения задач, в которых важна автоматическая выработка схемно-

режимных мероприятий для обеспечения качественного снабжения электроэнергией потребителей.

Список литературы

1. *Механошин Б., Корякин Д., Шкапцов В.* Определение приоритетов обследования линий электропередачи // Электроэнергия. Передача и распределение. 2011. № 1. С. 38–43.
2. *Куно М.Я.* Доклад “Применение искусственного интеллекта для ликвидации перегрузок в электрических сетях”. – “VIII Международная научно-техническая конференция “Интеллектуальная электроэнергетика. Автоматика и высоковольтное коммутационное оборудование”. Москва. Ноябрь. 2010.
3. *Программный комплекс “Советчик Диспетчера энергосистемы” (СД) – Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2002610226.*
4. *Кравченко И.В., Леонов С.В., Карпов А.С., Дмитриев Д.А.* Анализ схемно-режимных мероприятий при решении задач ведения режимов работы и планирования ремонтов оборудования энергосистем. Филиал ОАО ЕСО ЕЭС Ленинградское РДУ. Оперативное управление в электроэнергетике. 2011. №3.
5. *Идельчик В.И.* Расчеты и оптимизация режимов электрических систем. Москва Энергоатомиздат. 1988.
6. *Малкин П.А.* Нормативы надежности при перспективном проектировании развития энергосистем / Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 57. Задачи надежности систем энергетики для субъектов отношений в энергетических рынках. Киев: Знания Украины. 2007. С. 10-11.
7. *Бондаренко А.Ф., Герих В.П.* О трактовке критерия надежности N-1 // Электрические станции. 2005. № 6. С. 40-43.

*Куно Михаил Яковлевич – зам. директора,
Кондратьев Алексей Николаевич – ведущий инженер
ООО “НПЦ Приоритет” (Москва).*