

Таким образом, максимальную полную мощность, отдаваемую преобразователем частоты, следует выбирать из условия максимальной требуемой механической мощности ЛСД, работающего при угле нагрузки в соответствии с записанным условием.

При номинальной механической мощности двигателя можно стремиться обеспечить работу ЛСД при максимуме коэффициента полезного действия, что соответствует углу $\Theta = 90^\circ$. В этом случае ток и напряжение двигателя не должны превышать максимальных значений, выбранных при максимальной полной мощности двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Важнов А.И. Переходные процессы в машинах переменного тока. – Л.: Энергия, 1980. – 256 с.

В.Е. ЕГОРОВ

О БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В XXI ВЕКЕ

В аннотируемой статье рассмотрены субъективные и объективные факторы, определяющие надежность и безопасность энергетики. Показано, что при проектировании и строительстве новых электростанций необходимо учитывать проектные и запроектные форс-мажорные обстоятельства и особенно их сочетание. При анализе технической безопасности сделан вывод, что существующая противоаварийная автоматика электростанций не в полной мере отвечает требованиям надежности и безопасности и отсутствует комплекс нормативной документации по безопасности.

В выводах по статье отмечается: необходимо повысить статус энергетики (Энергетика – компонент национальной безопасности); надежность и безопасность стоят больших денег, требуется совершенствовать противоаварийную автоматику; необходимо создавать независимую службу безопасности.

В предыдущих статьях рассматривались отдельные аспекты состояния электроэнергетики в настоящее время.

При исследовании такого важного вопроса, как безопасность электростанции (ЭС), необходимо в основу анализа положить соответствие системы безопасности реальным условиям и тенденциям развития угроз для энергетики.

Основным источником информации должна служить статистическая информация об авариях и техногенных катастрофах и их причинах на электростанциях. В XX веке указанную работу выполняла фирма «ОРГРЭС» при Минэнерго. В настоящее время эта работа не ведется, так как новых частных владельцев генерирующих компаний (ГК) интересуют в первую очередь вопросы прибыли и дивидендов, а потом все остальное, но уже по остаточному принципу.

Ростехнадзор, по причине своей загрузки, вопросам безопасности ЭС не может уделить должного внимания. Ошибочно ликвидированная организация Энергонадзор, как самостоятельная единица, не восстанавливается по неизвестным причинам.

Сравним надежность работы блоков ЭС во второй половине XX века с современностью: например, Волховская ГЭС – немецкая авиация не смогла даже разбомбить плотину, а по дну Ладожского озера в условиях войны были проложены кабельные линии. Об остановке блоков ГЭС никто даже подумать не мог, не то чтобы остановить их из-за технической неисправности.

В настоящее время неплановая аварийная остановка блоков на электростанциях по разным причинам происходит по несколько раз в год.

Общественное сознание лихорадят события, произошедшие в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) ряда стран, в том числе, и России. Несмотря на мажорный тон заявлений руководителей проектирующих и эксплуатирующих компаний, аварии и техногенные катастрофы следуют одна за другой, причём, нарастающим итогом, как по частоте, так и по ущербу.

Попробуем разобраться в причинах происходящего. По мнению авторов тут налицо сочетание многих субъективных и объективных причин. К субъективным причинам, сложно преодолеваемым, можно отнести [1-8]:

1. Отсутствие персональной ответственности за обеспечение надёжности и безопасности электростанции и всей энергетики;
2. Стремление получить от ТЭЖ как можно больше, вкладывая в безопасность и инвестиции как можно меньше;
3. Строительство электростанций в зонах прилегающих или соседствующих с зонами с повышенной сейсмической, вулканической активностью и возможных цунами;
4. Концентрация огромных энергетических мощностей на небольшой географической площади, хранение отработавших твелоов на территории станции;
5. Нежелание учитывать факторы загрязнения окружающей среды;
6. Отсутствие требований обеспечения безопасности при работе в автоматическом и ручном режимах, особенно в отсутствие собственных нужд на АЭС;
7. Ограничение учитываемых форс-мажорных обстоятельств, как по количеству, значению, так и возможности комплексного воздействия;
8. Не учитываются последствия цунами, возникающих при разрушении плотин ГЭС;
9. Необоснованное продление сроков эксплуатации энергетических установок электростанций;
10. Не обеспечивается информационная безопасность объектов энергетики;
11. Чрезмерное усложнение нормативной базы, дающее прямо противоположный эффект;
12. Снижение квалификации персонала всех уровней управления и психологической устойчивости эксплуатирующего персонала электростанции;
13. Снижение приоритетов надёжности и безопасности в энергетике в условиях рыночных экономических отношений.

Здесь же следует отнести оплошности (невыявленные ошибки) при проектировании, такие как:

- расположение вычислительных центров, релейных щитов, элементов автоматики, распределительных электрических устройств, резервных дизельных электростанций в возможной зоне затопления;
- отсутствие питания АСУТП, противоаварийной автоматики (ПА) и вычислительных центров в аварийной ситуации от собственных гарантированных шин питания.

К объективным факторам следует отнести:

- форс-мажорные обстоятельства (в том числе неисследованные и маловероятные природные явления);
- террористические акты [5];
- физический и моральный износ оборудования (износные отказы);
- случайные отказы.

Из анализа субъективных причин следует, что они целиком и полностью зависят от решений на уровне руководств генерирующих компаний, научно-исследовательских проектных институтов, Росатома, профильных министерств и правительств стран в целом.

Все фиктивные экономии, не обеспечивающие достаточный уровень безопасности и надёжности при разработке и проектировании, строительстве и монтаже; ведут к огромным тяжёлым последствиям при эксплуатации, многократно превосходящим «экономленную» массу денежных средств.

Современные исследования в области поведения земной коры говорят о возрастающем влиянии даже незначительных по силе землетрясений на рукотворные сооружения в отдельных районах планеты, в которых сейсмоактивность ранее не была зарегистрирована. Вследствие этого в качестве ФМО необходимо учитывать все геофизические факторы района, где строится, и будет эксплуатироваться электростанция.

Рассмотрим более подробно форс-мажорные обстоятельства (ФМО). Когда говорят о ФМО при проектировании, то упоминают только землетрясения для континентальных станций и возможную разрушительную волну на береговых ЭС. Тем не менее, перечень форс-мажорных обстоятельств в современных условиях целесообразно расширить, как по количеству и их возможному сочетанию, так и по качеству проявления. ФМО

напрямую связаны с начавшимися изменениями в климате планеты в целом, усилением вредных воздействий зон сейсмической активности и на территории, в которых сейсмоактивность не зарегистрирована, а также повышением вероятности проведения террористических актов.

Пределные значения природных форс-мажорных обстоятельств и существенно опасных из них приведены в таблице 1, при этом в числителе дроби указана норма, принимаемая при проектировании, а в знаменателе – числовой критерий, который целесообразно учитывать в качестве запроектного значения.

Таблица 1

Наименование	Величина
Землетрясения	7/10 баллов
Извержения вулканов	
Цунами	10/20 метров (400 метров ГЭС)
Торнадо и ураганы	30/40 метров/сек
Ледяные дожди	5/10 см и более
Пожары	
Террористические акты	
Падение самолёта (космического тела) на ЭС	

Особую опасность, конечно, представляет запроектная совокупность форс-мажорных обстоятельств (пример – АЭС Фукусима-1).

При сильных грозах, землетрясениях, электромагнитных воздействиях, террористических атаках и повышении солнечной активности существует вполне вероятная возможность вывода из строя значительной доли вычислительной техники АСУТП, АСУП и противоаварийной автоматики (ПА) от мощного импульса электромагнитного излучения (ЭМИ). При этом минимальный ущерб может быть оценён как ущерб от простоя ЭС на время отыскания неисправности и ремонта оборудования, а максимальный – как ущерб, связанный с тяжёлыми авариями и последствиями, связанными с потерей управления над важным оборудованием ЭС.

При ураганных ветрах и ледяных дождях могут быть выведены из строя все линии электропередач (ЛЭП). В 1993 году на Кольском полуострове ураганный ветер (более 40 м/с) оборвал все ЛЭП напряжением 10–330 кВ. Противоаварийная автоматика отключила все энергоблоки на электростанциях. В условиях отсутствия электроэнергии от аварийных дизельных станций произошло обесточивание собственных нужд самих энергоблоков, общестанционных собственных нужд, пожарных и охранных подсистем и через 0,5–1,0 час вычислительных центров и связи ЭС. Для АЭС это тождественно аварийному останову атомных блоков (АЗ-5).

Следовательно, описанные ФМО приводят к тяжёлым аварийным последствиям. Благодаря действиям оперативного персонала КоАЭС в 1993 году наиболее тяжёлые последствия урагана были предотвращены и «Чернобыль 2» не состоялся.

Рассмотрим отдельные вопросы надёжности и безопасности ЭС при эксплуатации.

Прежде всего, необходимо уяснить, что отказы оборудования электроцеха электростанции представляет реальную техническую угрозу для электростанций, в том числе и АЭС. Тяжёлой аварией по последствиям для ЭС является разрушение агрегата ПТГ. Огромная запасённая кинетическая энергия может разрушить не только блок, но и оборудование машинного зала. По наихудшему запроектному сценарию авария может захватить все соседние блоки с обрушением машинного зала из-за взрывов водорода и пожара с разрушением трансформаторов собственных нужд и блочных трансформаторов. При этом исчезает напряжение на всех шинах собственных нужд, что особенно опасно для АЭС.

Характерным примером развития ситуации по описанному сценарию является авария на Саяно-Шушенской ГЭС, которая развивалась как запроектная авария с потерей собственных нужд.

В настоящее время существуют и эксплуатируются подсистемы, отслеживающие режимы работы турбогенератора (ТГ) по целому ряду параметров, и при превышении предупредительных уставок формируется сигнал оперативному персоналу, а при превышении аварийных уставок отключается турбогенератор и блок. Последнюю операцию может выполнить как оперативный персонал, так и ПА блока.

Рассмотрим одну из важных подсистем – турбогенератор. Проектными диагностируемыми (контролируемыми) параметрами режимов работы ТГ являются:

- отказ выключателя и синхронизатора;
- температура обмоток статора;
- вибрации опор агрегата;
- температура и давление водорода;
- температура и давление масляных систем;
- скорость агрегата;
- напряжения, токи и мощности нагрузки и система возбуждения ТГ;
- температура и давление дисцилятора;
- пожар в машинном зале.

Из приведенного краткого анализа можно полагать, что этих параметров явно недостаточно для полнофункционального контроля работы ТГ.

Во-первых, выросла угроза отказов износного характера, что вызывает необходимость дополнять мониторинг и диагностику на ЭС и стремиться к полнофункциональному контролю. Например, целесообразно контролировать и фиксировать:

- параметры вибродиагностики опор по методикам определения механической целостности узлов ротора ТГ;
- параметры упругих моментов валов агрегата;
- параметры осевого рыскания вала;
- качество настройки блока регулятора возбуждения ТГ;
- параметры пикового перенапряжения на обмотке возбуждения ТГ.

Во-вторых, структура ПА, которая отслеживает большое число контролируемых параметров, как правило, проектируются как одноканальная, что значительно снижает надёжность и уровень безопасности ЭС. Учитывая вышесказанное, следует заметить, что при проектировании ПА её следует выполнять, как минимум, двухканальной и стремиться к её полнофункциональности, что значительно повысит общую безопасность ЭС.

В-третьих, возросло влияние человеческого фактора, как причины возможных аварий:

- ошибочные действия (бездействие) оперативного персонала;
- угроза осуществления террористического акта.

В первую очередь влияние человеческого фактора (ЧФ) на надёжность и безопасность ЭС относится к подготовке оперативного персонала. Действия персонала могут влиять на безопасность ЭС двояко.

Положительное влияние заключается в следующем:

- наличии необходимой и достаточно высокой квалификации персонала системы;
- однозначности (непротиворечивости) нормативной базы и должностных инструкций;
- дисциплинированности;
- нахождении его в отличной психической, физической и моральной форме;
- получении всей информации в системе дружественного интерфейса пользователя;
- защите его статуса и регламента действий в принятии оперативных решений, а также при объективном расследовании нештатных ситуаций;
- достойной оплате его труда при высокой загрузке, интенсивности и ответственности.

Очевидно, что отрицательное влияние заключается в невыполнении хотя бы одного из вышеуказанных условий. При этом наркотические и алкогольные опьянения персонала станции, психотропные воздействия (террористические акты) в рамках данной статьи не рассматриваются.

Выводы:

1. В современных условиях в сфере ТЭК назрели серьёзные проблемы, решить которые можно при комплексном усилии, как государства, так и частных компаний (наука, проектные и строительные организации и эксплуатация);
2. Так как аварии на атомных ЭС касаются глобальных вопросов безопасности всего населения Земли, то контролировать и принимать решения в этой сфере должен наднациональный орган. Очевидно, что в современном мире крайне необходимо наделить такую организацию, как МАГАТЭ, не только рекомендательными, но и законодательными функциями в сфере атомной энергетики;
3. Целесообразно повысить статус энергетики в России до уровня «Энергетика – компонент национальной безопасности» и осуществлять деятельность в рамках этого статуса без навязывания этой федеральной отрасли, где надо и не надо, рыночных отношений;
4. Надёжность и безопасность стоят хороших денег, нужны серьёзные инвестиции;
5. Научные исследования можно начинать при финансировании НИР в рамках федеральных целевых программ, а в ОКР привлекать бизнес к обязательному софинансированию на законодательно-экономической основе;
6. Непрерывно и целенаправленно повышать квалификацию персонала, работающего в энергетике от министра до дежурного электромонтёра;
7. Создать на электростанциях независимую службу безопасности, вооружить ее необходимой техникой и подчинить напрямую Ростехнадзору (Росэнергонадзору).
8. Требования к электростанции должны отвечать новым вызовам XXI века.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров В.Е. и др. Отдельные проблемы в энергетике на примере АСУ ТП / В.Е. Егоров, К.В. Егоров, И.И. Бандурин. Академия энергетики. – №4, 2008. – С. 74–76.
2. Егоров В.Е. и др. Обеспечение надежности и безопасности на электрических станциях // В.Е. Егоров, К.В. Егоров, К.А. Баласс. Академия энергетики. – №6, 2009. – С. 50–53.
3. Егоров В.Е. Энергетика как она есть // Академия энергетики. – №1, 2010. – С. 16–20.
4. Егоров В.Е. и др. Энергетика – компонент национальной безопасности // В.Е. Егоров, К.В. Егоров, К.А. Баласс. Академия энергетики. – №6, 2010. – С. 34–36.
5. Бомбард Э. и др. Теория и принципы моделирования для оценки уязвимости и риска электроэнергетических систем в условиях угрозы теракта // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Выпуск 59. – Ирк.: ИСЭМ СО РАН, 2009. – С. 255–271.
6. Островский В.А. Эксплуатация атомных станций. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – С. 923.
7. Черновец А.К. и др. Методы и технические средства обеспечения безаварийной работы собственных нужд АЭС. – СПб.: ПЭИПК, 1998. – С. 220.
8. Федеральный закон «О безопасности» 28.12.2010 г. №390-ФЗ. – Режим доступа: <http://svr.gov.ru/>.

М.А. ЛУКИН

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ
ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ФЛАНЦЕМ
ПРИ НЕПОЛНОМ ТОКОПОВОДЕ**

Рассматривается технология контактной рельефной сварки фланца ТЭНа с боковиной электрорадиатора. Особенностью данной технологии является невозможность обеспечения полного токоподвода к торцевой поверхности фланца. Решение данной проблемы осуществляется путём поиска оптимальной формы фланца и рельефа.

В современном машиностроении, при производстве сварных деталей и заготовок из низкоуглеродистой стали, достаточно часто из-за конструктивных особенностей не удаётся обеспечить токоподвод ко всей площади поверхности одной из деталей. Примером может служить операция соединения рельефной сваркой фланца трубчатого электронагревателя (ТЭНа) с боковиной электрорадиатора, выполненной из листа низкоуглеродистой стали толщиной 0,8 мм (рис. 1) [1, 2].