

URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-502334.html?page=3> (дата обращения: 24.04.2013).

8. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-237033.html> (дата обращения: 11.07.2013).

9. Учебники по экономике раздел: Экономика <http://www.bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheniy-3/45.htm> (дата обращения: 02.07.2013).

10. Федеральная служба государственной статистики // URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 17.01.2013).

11. Митяков С.Н., Усачева Ю.В. Импортозамещение в Нижегородском регионе // Материалы Всероссийской

научно-практической конференции: Экономика, менеджмент и образование на современном этапе развития. Дзержинск, 2012. НГТУ, Н.Новгород, 2012, С. 61–63.

12. Зайцев Д.Н. Организация производства импортозамещающей продукции как направление экономического развития региона: дис. ... канд. экон. наук: Оренбург, 2002. 175 с. //URL: <http://www.dslib.net/economika-xoziajstva/organizacija-proizvodstva-importozamewajuwej-produkcii-kak-napravlenie.html> (дата обращения: 19.06.2013).

13. URL: <http://www.newsruss.ru/doc/index.php> (дата обращения: 15.07.2013).

УДК 621.311

Надежность электроэнергетики — основа безопасности государства

© 2013 г. Б.В. Панков*

Введение

Энергетическая безопасность (ЭБ) с учетом проникновения энергетики во все сферы жизнедеятельности современного общества является одной из важнейших составляющих обеспечения экономической и национальной безопасности. Следовательно, ЭБ – группа факторов, включающих качество и эффективность развития и функционирования энергетики, рост (снижение) масштабов энергетического хозяйства, влияющих на уровень национальной безопасности и отдельных ее составляющих [1], **рис. 1**.



Рис. 1. Соотношение анализируемых видов безопасности

Впервые проблема ЭБ была осознана в промышленно развитых странах с рыночной экономикой в 70-х годах прошлого века, когда началось резкое сокращение экспорта нефти из стран Ближнего Востока. Но озабоченность состоянием ЭБ государства не ограничивается нефтяной, газовой и атомной тематикой, а также возможностями использования возобновляемых энергетических ресурсов. Развивая трактовку, ЭБ необходимо соотнести ее с такой кате-

горией, как надежность [2]. Кроме того, необходимо формально определить угрозы ЭБ, которые представляют совокупность внешнеполитических, внешнеэкономических, внутрисистемных, природных, социально-политических, техногенных, управленческо-правовых, экономических условий и факторов, создающих опасность ослабления экономической безопасности страны.

Прежде всего, выделяются стратегическая и тактическая компоненты ЭБ. Эти понятия вводятся для различия защищенности энергетических интересов для двух ситуаций:

- когда стране угрожает значительный и длительный дефицит энергоресурсов, препятствующий экономическому росту, предусмотренному экономической стратегией государства или поддержанию нормального функционирования общества и экономики при минимальном или нулевом росте;
- когда стране (региону) угрожают лишь перебои, временные нарушения энергоснабжения.

Основные угрозы энергетической безопасности

Естественно, что направления обеспечения ЭБ во многом различаются. Поэтому необходимо выделить основные угрозы ЭБ, среди которых:

1. Внешнеполитические и внешнеэкономические – угрозы, обусловленные возможным ослаблением ЭБ в результате односторонних, дискриминационных или враждебных действий иностранных государств и юридических лиц в отношении российской энергетики и энергетических интересов России.
2. Природные – угрозы, обусловленные причинами природного характера, неблагоприятными для нормального функционирования систем энергетики

* Д-р техн. наук, проф. каф. электроэнергетики и электро-снабжения, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.

либо для полного удовлетворения спроса на энергоресурсы, проявляющиеся в форме стихийных бедствий, суровых зим, гололедных явлений, низкой величины речного стока.

3. Социально-политические – угрозы, обусловленные состоянием и противоречиями интересов разных политических сил, социальных слоев и групп и вытекающими из этих противоречий конфликтами, проявляющимися в виде региональных, национальных (этнических) и других острых политических конфликтов, сопровождаемых диверсиями на объектах энергетики, трудовых конфликтов и забастовок, криминализации хозяйственной деятельности в энергетике.

4. Техногенные – угрозы, обусловленные состоянием производственных систем энергетического сектора экономики и хозяйственной деятельностью людей в этом секторе. Это проявляется в виде крупномасштабных аварий; быстрого увеличения доли физически и морально изношенного оборудования; несвоевременного и (или) некачественного проведения ремонта, модернизации и монтажа оборудования; недостаточной квалификации, трудовой и технологической дисциплины персонала, порождающих его ошибочные действия.

5. Управленческо-правовые – угрозы, обусловленные неэффективностью государственного и корпоративного управления в сфере энергетики, неполнотой энергетического законодательства, ошибочными или корыстными действиями управленческого персонала, неэффективностью технологического управления.

6. Экономические – угрозы, обусловленные состоянием экономики, экономических отношений и экономической политикой государства. Они проявляются в остром дефиците инвестиционных ресурсов, в финансовой дестабилизации, кризисе неплатежей, в неоправданно высоком уровне спроса на энергоносители, в нарушении хозяйственных связей, чрезмерной монополизации на рынке энергоресурсов.

7. Угроза невозможности исполнения функции гарантирующего поставщика – ситуация, характеризующаяся ухудшением платежеспособности гарантирующего поставщика, определяемым на основании отклонений показателей его финансового состояния от заданных параметров, и (или) возникновением иных нарушений принятых им обязательств.

8. Угроза причинения существенного ущерба – подтвержденная доказательствами очевидная неотвратимость причинения существенного экономического ущерба в результате внезапного нарушения электроснабжения.

Сложность, безопасность, надежность

Феномен сложности современных электроэнергетических систем (ЭЭС) не познан до конца в научном плане и не решен удовлетворительно в прикладном. Несмотря на то что вероятность аварий в больших технических системах, к которым относятся и ЭЭС, меньше, чем в простых, их ликвидация

существенно тяжелее (и технологически, и экономически), а последствия более масштабны. Работа таких систем часто зависит от нескольких операторов, их квалификации, мастерства. Поэтому в условиях дальнейшего нарастания сложности и числа больших технических систем (развития ЭЭС) вопросы надежности и безопасности техники, порядка и организованности приобретают все большее значение как в региональном, так и в мировом масштабе.

Одним из вопросов, связанных с ЭБ, является надежность функционирования систем электроснабжения, входящих в одну из жизнеобеспечивающих отраслей – электроэнергетику. Кроме того, ЭБ является фактором развития и экономики, и энергетики, синтезируя надежность их развития и функционирования. Поэтому надежность и безопасность электроэнергетики напрямую связаны с обеспечением экономической и национальной безопасности государства.

В связи с этим мировой опыт обеспечения надежности систем энергетики и электроснабжения в рыночных условиях представляет несомненный интерес. Здесь далеко не все однозначно, так как введение механизмов конкуренции, повышая эффективность работы энергосистем, негативно сказывается на надежности. Во-первых, усложняются режимы работы из-за увеличения обменов мощностью и энергией, разрешения транзита через сети для других энергокомпаний, возрастания противоречий между независимыми энергокомпаниями, наличия множества договорных условий между субъектами электроэнергетического рынка. Во-вторых, снижается заинтересованность энергокомпаний в наличии резервных мощностей и сооружении дополнительных линий электропередачи (ЛЭП), увеличивающих пропускную способность связи. В-третьих, изменяется и усложняется система подходов, стандартов, правил, средств обеспечения надежности, а разработка новой методологии требует времени и часто не успевает за радикальными реформами в организации электроэнергетики [3]. Проблемы ЭБ обостряются в связи с дефицитом инвестиционных ресурсов, недофинансированием топливно-энергетического комплекса (ТЭК), ростом неплатежей, перекрестным субсидированием и другими угрозами экономического характера, а также экологическими проблемами.

Аварийные ситуации и их последствия

За последние 50 лет в электроэнергетических системах Бразилии, Великобритании, Грузии, Дании, Иордании, Индии, Италии, Канады, Мексики, Нигерии, Новой Зеландии, России, СССР, США, Таджикистана, Франции, Швейцарии, Швеции, Японии произошло множество крупных аварий, последствия которых сопровождались человеческими потерями, огромным экономическим и экологическим ущербом [4]. Число крупных системных аварий за 1965–2012 гг. достигло 36, причем частота их к концу периода существенно увеличилась. Величины погашаемых мощностей составляли 350–6800 МВт,

аварийные ситуации распространялись на территорию нескольких регионов и даже государств с числом жителей до 50 млн человек. Длительность нарушений нормального режима электроснабжения составляла от 4 часов до нескольких суток. Экономические потери составили сотни миллионов долларов.

После техногенных катастроф на атомных электростанциях (Чернобыль, 1986 г.; Фукусима, 2011 г.) отдельные регионы и даже страны рассматривают возможность перехода на эффективные, но потенциально менее опасные энергетические ресурсы. Но если происходит отказ от атомной энергетики, то возникает зависимость от угля, нефти, газа, цены на которые существенно растут. Тут же встает вопрос, связанный с возможными экологическими и климатическими изменениями.

Так как возобновляемые источники энергии, по мнению ряда экспертов, не смогут в ближайшие десятилетия обеспечить необходимый объем производства, атомная энергетика дает определенную энергетическую независимость, а следовательно, обеспечивает и безопасность государства. Однако в условиях глобализации страна, сделавшая выбор в ее пользу, должна учитывать, что сопредельные государства и весь мир потребуют от нее гарантий безопасности. Одновременно возникает необходимость решения проблемы хранения ядерных отходов. Причем ряд экспертов считает, что такая деятельность для конкретного государства может оказаться очень выгодной.

Считается, что производство электрической энергии на гидроэлектростанциях (ГЭС) является эффективным и относительно безопасным. Так как любая техническая система принципиально не может быть абсолютно надежной, для оценки приоритетов того или иного способа производства электроэнергии необходим их сравнительный анализ на основе статистики крупнейших аварий и анализа их возможных последствий.

Так, последствиями аварий на гидротехнических сооружениях (ГТС) являются повреждение и разрушение плотин и примыкающих к ним сооружений. Начиная с VIII в. каждые 5 лет разрушалась 1 плотина. Строительство все более высоконапорных плотин с большими водохранилищами в сложных природных условиях приводит к тому, что в настоящее время практически каждые 15 месяцев происходит одна катастрофа в среднем с 50 человеческими жертвами. За 175 лет из 300 аварий плотин в разных странах в 35 % случаев причина – превышение расчетного максимального сбросного расхода. Потери населения, находящегося в зоне действия волны прорыва, могут достигать: ночью – 90 %, днем – 60 %. Из общей численности пострадавших количество погибших может составлять: ночью – 75 %, днем – 40 %. Последствия усугубляются возможными авариями на потенциально опасных объектах в зоне затопления. Меняя облик ландшафта, водохранилища ГЭС за 20–25 лет эксплуатации приводят к формированию нового экологического баланса и изменению климата прилегающих регионов.

Топливо-энергетический комплекс России использует 350 гидротехнических сооружений,

из которых около 100 – ГЭС с водохранилищами относительно большого объема. После аварии на Саяно-Шушенской ГЭС возникли сомнения в безопасности и надежности ряда ГТС (ГЭС). Изношенность основного оборудования многих российских ГЭС достигает 70–80 %. У 17 % этих объектов уровень безопасности неудовлетворительный, у 58 % – опасный. В работе [5] на примере Франции рассматриваются вероятностные зависимости возникновения аварий и число возможных жертв от различных факторов. Вероятность от 1 до 3 аварий ГТС в год оценивается от 0,37 до 0,06 соответственно, а годовой риск гибели людей от $1,4 \cdot 10^{-7}$ до $5,1 \cdot 10^{-8}$. Произошедшие в XX и уже в XXI вв. крупнейшие аварии только на ГЭС показывают необходимость детального анализа возможных последствий и разработки мероприятий по их предотвращению. Однако доступной информации недостаточно не только для построения функций распределения исследуемых случайных величин, но и для достоверной оценки вероятностей этих событий. Хотя закон РФ «О безопасности гидротехнических объектов» предусматривает страхование ГТС, количественные показатели риска их разрушения, затопления территорий, ущерба от нарушений электроснабжения не определены.

Вместе с тем водохранилища оказывают положительное влияние, сдерживая в половодье неконтролируемый ход паводков. Кроме того, гарантированная глубина, образовавшаяся в результате подпора и навигационных попусков, позволяет наладить активное грузовое и пассажирское судоходство. Так, например, на протяжении Камы и Волги от Твери до Каспия эта глубина приблизилась к 4 м (до реконструкции в верховьях Волги она составляла 0,4–0,5 м, в низовьях – до 2 м). Это позволило эксплуатировать на Волге суда грузоподъемностью 2–5 тыс. т (до реконструкции 0,6–1,0 тыс. т), значительно увеличить грузооборот и пассажирские перевозки. Кроме того произошло спрямление трасс судового хода, что сократило маршруты перевозок.

При анализе структурно-поведенческих свойств ЭЭС, ее перспективного развития, организации эксплуатации и управления определяющим моментом является повреждаемость элементов ЭЭС, в частности, наиболее распространенных системообразующих и распределительных ЛЭП напряжением 110–500 кВ. Актуальность данной характеристики состоит в том, что отказы элементов влияют на показатели надежности, безопасности и экономичности всей системы, что является одним из определяющих факторов эффективной работы ЭЭС. Кроме того, отметим, что решение задач организации эксплуатации, проектирования развития и управления функционированием систем электроэнергетики связано с исследованием их структурно-поведенческих свойств и вероятностным характером протекающих в них процессов. Поэтому прогнозирование состояния ЭЭС и ее элементов имеет смысл только в рамках вероятностных категорий, характеризующих ее возможное поведение.

Ретроспективный анализ работы ЛЭП показал [6], что число отключений ЛЭП-110 кВ превышает число отключений линий 220 кВ от 6 до 14 раз; линий напряжением 500 кВ – от 9 до 85 раз. Число отключений ЛЭП-220 кВ превышает число отключений ЛЭП-500 кВ от 2 до 8 раз. Средние величины числа отключений ЛЭП из-за грозовой деятельности составляют: ЛЭП-500 – 20 %, ЛЭП-220 – от 3,2 до 12,5 %, ЛЭП-110 – от 9 до 18,5 %. При этом возможны отключения (обрывы проводов, повреждение опорной изоляции, разрушение опор), связанные с распространением зоны повреждений на довольно большую территорию. Процент отключений ЛЭП от повреждений оборудования подстанций колеблется в пределах от 4,7 до 22,5 %. При этом большая величина относится к более высокому напряжению.

Достаточно большое количество отключений происходит по невыясненным причинам: ЛЭП-500 от – 37 до 60 %, ЛЭП-220 от 23 до 32 %, ЛЭП-110 от 43 до 52,4 %. Это говорит о необходимости более тщательного подхода к сбору и обработке статистической информации о повреждаемости ЛЭП, а также к анализу возможных причин их отключений.

Распределение количества внезапных отключений линий воздушных линий (ВЛ) 110–500 кВ по месяцам года характеризуется резко выраженной месячной неравномерностью. Рост отключений ВЛ летом обуславливается в основном грозовой деятельностью. В сети 110 кВ характерный скачок внезапных отключений приходится на зимние месяцы, что объясняется резким увеличением гололедно-ветровых нагрузок, а также меньшей механической прочностью устаревших конструкций элементов этой сети. Большую часть нарушений электроснабжения потребителей с продолжительным временем отключения составляют отключения ЛЭП, связанные с перекрытием фаз деревьями и кустарниками. Среднее время отключений при этом составляет около 9 часов. Если не учитывать эту составляющую в общем объеме технологических нарушений, не связанных с повреждением линии, то последствия 90 % отключений ликвидируются не более двух часов [6].

Рассмотренный перечень чрезвычайных ситуаций и аварийных событий последних лет показывает достаточно большую неустойчивость в обеспечении электроэнергией и теплом потребителей различного назначения. Существенное влияние на развитие кризисных явлений оказывает общая относительно неблагоприятная кадровая обстановка по ряду чисто энергетических специальностей.

Особо следует отметить угрозу энергетической безопасности от целенаправленных террористических и военных действий. Это, будем надеяться, временные явления, но в ближайшей перспективе они требуют обязательного учета. Опыт агрессии НАТО в Югославии (1999 г.) пока-

зал, что с помощью сравнительно недорогих боевых блоков, разбрасывающих проводящие нити или графитовую пыль, всего за двое суток было выведено из строя до 70 % энергетических мощностей Сербии [7]. В результате теракта в 2010 г. в Кабардино-Балкарии полностью была выведена из строя Баксанская ГЭС [8]. Электромагнитный импульс высотного взрыва ядерного боеприпаса охватывает территории радиусом в несколько тысяч километров и может вывести из строя не только системы связи управления, но системы электроснабжения за счет наведенных перенапряжений.

Возможные пути обеспечения энергетической безопасности

На основании изложенного становится очевидным, что в целях поддержания энергетической безопасности государства следует придерживаться нескольких принципов:

1. Резервирование, которое снижает ущерб от нарушений энергоснабжения, предоставляя возможность потребителям получать энергоносители необходимого количества и качества, а производителям сохранять стабильность рынков.
2. Устойчивость, «запас надежности», что смягчает воздействие как внешних, так и внутренних факторов, облегчая процесс восстановления.
3. Признание реальности интеграции.
4. Обеспеченность высококачественной информацией.

При этом очевидна необходимость разработки системы иерархического мониторинга безопасности с выявлением и анализом всех видов отказов элементов ЭЭС, выяснения их причин и ответственности сторон, обеспечения постоянного и квалифицированного сбора и учета информации по надежности, ее анализ. Обеспечение безопасности энергоснабжения страны и регионов должно производиться с применением современных геоинформационных технологий, диагностических и интеллектуальных активно-адаптивных систем. Особо отметим, что получение качественной информации о надежности оборудования и систем электроэнергетики в целом возможно при наличии научно обоснованной и законодательно утвержденной системы ее сбора в формате постоянного мониторинга с использованием всех доступных источников.

Для сохранения надежного функционирования ЭЭС России и надежности электроснабжения потребителей необходима разработка системы взаимной ответственности субъектов энергетического рынка за нарушения, являющиеся причиной системных отказов и отказов в электроснабжении потребителей. При отсутствии такой системы с появлением в цепи электроснабжения потребителей множества самостоятельных хозяйствующих субъектов возникают определенные слож-

ности в выявлении ответственных за обеспечение надежности и установление виновников отказов, степени их вины, юридической обоснованности привлечения их к ответственности. Отсутствие четкой регламентации этих вопросов ослабляет интерес субъектов энергетического рынка к поддержанию надежности функционирования принадлежащих им технологических объектов и систем.

Анализ ситуации и тенденций развития электроэнергетики и экономики выявил основные стратегические угрозы энергетической безопасности, формирующие устойчивую длительную дефицитность энергетического баланса страны, приводящую к сдерживанию ее экономического роста, стагнации, ухудшению социально-экономической обстановки. В среднесрочной перспективе умеренного сценария развития электроэнергетики до 2030 г. основными угрозами являются: дефицит инвестиций; энергорасточительность экономики; низкие темпы обновления оборудования в отраслях ТЭК. Кроме того, в связи со значительной изношенностью основного электроэнергетического оборудования и выработкой его технического ресурса все большее влияние на энергетическую безопасность оказывают аварии, взрывы, пожары техногенного происхождения.

Заключение

Высокая аварийность энергетического оборудования хозяйств предприятий и муниципалитетов вынуждает их менеджмент сосредоточиться на ремонте и других оперативных мерах предотвращения локальных энергетических катастроф, не уделяя должного внимания техническому перевооружению энергохозяйства. Низкие темпы замены физически и морально изношенной активной части основных фондов и, соответственно, задержка технического перевооружения отрасли имеют своим следствием сохранение в эксплуатации значительного количества изношенного и выработавшего свой ресурс оборудования. Это приводит к существенному снижению надежности, увеличению стоимости и продолжительности ремонтов. Кроме того, на энергетическую без-

опасность весьма значимо влияют трудовые конфликты и забастовки на предприятиях ТЭК, региональные, этнические и другие острые политические конфликты, конфликты между федеральными и региональными властями, экстремистские действия различных движений антиэнергетической направленности, криминализация энергетического бизнеса и другие социально-экономические факторы.

Библиографический список

1. Системные исследования проблем энергетики / под ред. Н.И. Воропая. Новосибирск: Наука. Сибирская Издательская фирма РАН, 2000. 558 с.
2. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов и др. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. 302 с.
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Энергетическая безопасность: проблемы функционирования и развития электроэнергетики. М.: МГФ «Знание», 2001. 480 с.
4. Папков Б.В. Становление и развитие электротехники и электроэнергетики: краткая хроника событий и фактов. Н. Новгород: изд-во «Кварц», 2011. 216 с.
5. Владимирова Е.П., Каленникова М.М., Лесных В.В. Анализ статистических данных для построения зависимостей «частота – последствия» и «частота – ущерб» // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. 1998. Вып. 49. ИСЭМ СО РАН. Иркутск.
6. Макеев А.О., Папков Б.В. Повреждаемость ЛЭП 110 – 500 кВ в Нижегородской энергосистеме // Электроэнергетика глазами молодежи: научные тр. III международной научно-технической конференции: сб. статей. В 2 т. Екатеринбург: УРФУ, 2012. Т. 1.
7. Россия в окружающем мире: 2000 (Аналитический ежегодник) / Отв. ред. Н.Н. Марфенин М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 328 с.
8. Козлова Н. Баксанский след в тайнике // «Российская газета» – Федеральный выпуск № 5253 (174) от 6 августа 2010 г.