

Основа безопасности государства – электроэнергетика

Б.В. Папков

Введение.

Энергетическая безопасность (ЭБ), с учётом проникновения энергетики во все сферы жизнедеятельности современного общества, является одной из важнейших составляющих обеспечения экономической и национальной безопасности. Это система, определяющая влияние энергетики на уровень национальной безопасности [1-5], 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 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 её с такой категорией, как надёжность [6]. 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 вводят для различия защищённости 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; и когда стране (региону) угрожают лишь перебои, временные нарушения энергоснабжения.

Основные угрозы энергетической безопасности. Направления обеспечения ЭБ во многом различны. Поэтому необходимо выделение основных угроз ЭБ, среди которых:

Внешнеполитические и внешнеэкономические – угрозы возможного ослабления ЭБ в результате односторонних, дискриминационных или враждебных действий иностранных государств и юридических лиц в отношении российской энергетики и энергетических интересов России.

Природные – угрозы, обусловленные причинами природного характера, неблагоприятными для нормального функционирования систем энергетики либо для полного удовлетворения спроса на энергоресурсы, проявляющиеся в форме стихийных бедствий, суровых зим, гололедных явлений, низкой величины речного стока.

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

Техногенные – угрозы, обусловленные состоянием производственных систем энергетического сектора экономики и хозяйственной деятельностью людей в этом секторе, проявляющиеся в крупномасштабных авариях; быстром увеличении доли физически и морально изношенного оборудования; несвоевременном (некачественном) проведении ремонта, модернизации и монтажа оборудования; недостаточной квалификации,

трудовой и технологической дисциплины персонала, порождающих его ошибочные действия.

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

Экономические – угрозы, обусловленные состоянием экономики, экономических отношений и экономической политикой государства, проявляющиеся 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.

Угроза невозможности исполнения функции гарантирующего поставщика – ситуация, характеризующаяся ухудшением платежеспособности.

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

Сложность, безопасность, надёжность. Несмотря на то, что вероятности аварий в больших технических системах к которым относятся и ЭЭС меньше, чем в простых, их ликвидация тяжелее (и технологически, и экономически), а последствия более масштабны. Работа таких систем зависит от нескольких операторов, их квалификации. Поэтому в условиях дальнейшего нарастания сложности (развития ЭЭС), вопросы надежности и безопасности, порядка и организованности приобретают большое значение.

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 надёжность их развития и функционирования. Поэтому надёжность и безопасность электроэнергетики напрямую связана с обеспечением экономической и национальной безопасности государства.

В этой связи мировой опыт обеспечения надёжности систем энергетики и электроснабжения в рыночных условиях представляет несомненный интерес. Здесь далеко не всё однозначно, так как введение механизмов конкуренции, повышая эффективность работы энергосистем, негативно сказывается на надёжности. Во-первых, усложняются режимы работы из-за увеличения обменов мощностью и энергией, разрешения транзита через сети 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 надёжности, а разработка новой методологии требует времени и часто не успевает за радикальными реформами в организации электроэнергетики [7]. Проблемы ЭБ обостряются в связи с дефицитом инвестиционных ресурсов, недофинансированием топливно-энергетического комплекса (ТЭК), ростом неплатежей, перекрёстным субсидированием и другими угрозами экономического характера, а также экологическими проблемами.

Аварийные ситуации и их последствия. За последние 50 лет в ЭЭС 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 [8]. Число крупных системных аварий в 1965–2012 гг достигло 36, а

частота их к концу периода увеличилась. Величины погашаемых мощностей составляли 350–6800 МВт, аварийные ситуации распространялись на территорию нескольких регионов и даже государств с числом жителей до 50 миллионов человек. Длительности нарушений нормального режима электроснабжения составляли 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 наиболее эффективные, не затрагивающие невозобновляемые углеводородные энергетические ресурсы. Но если происходит отказ от атомной энергетики, то возникает зависимость от угля, нефти, газа, цены на которые растут. Тут же встаёт 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 её пользу, должна учитывать, что сопредельные государства и весь мир потребуют от неё гарантий безопасности. Одновременно возникает необходимость решения проблемы хранения ядерных отходов. Причём 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 надёжной, 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 не только повреждение и разрушение плотин, но и примыкающих к ним сооружений. Начиная с VIII в. каждые 5 лет разрушалась 1 плотина; каждые 15 месяцев происходит 1 катастрофа в среднем с 50 человеческими жертвами. Причина – строительство всё более высоконапорных плотин с большими водохранилищами в сложных природных условиях. Из 300 аварий плотин в разных странах за 175 лет 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 объёма. 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 [9] на примере Франции рассматриваются вероятностные зависимости возникновения аварий и числа возможных жертв. Вероятность от 1 до 3 аварий ГТС в год оценивается от 0,37 до 0,06, а годовой риск гибели людей от $1,4 \cdot 10^{-7}$ до $5,1 \cdot 10^{-8}$. Произошедшие в XX и уже в XXI веке 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 трансформирующее влияние на половодье, сдерживая неконтролируемый ход паводков. Гарантированная глубина, образовавшаяся в результате подпора и навигационных попусков, на протяжении Камы и Волги от Твери до Каспия 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.

Для анализа структурно-поведенческих свойств электроэнергетической системы (ЭЭС) в задачах перспективного развития, организации эксплуатации и управления определяющим является повреждаемость элементов ЭЭС, в частности наиболее распространённых системообразующих и распределительных ЛЭП напряжением 110–500 кВ. Актуальность данной характеристики состоит в том, что отказы элементов влияют на показатели надёжности, безопасности и экономичности всей системы, что в рыночных условиях 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 её элементов имеет смысл только в рамках вероятностных категорий, для чего необходим сбор, анализ и накопление статистической информации, характеризующей её поведение в реальных условиях.

Ретроспективный анализ работы ЛЭП показал [10], 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.

Относительно 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 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 гололёдно-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 объёме технологических нарушений не связанных с повреждением линии, то последствия 90% отключений ликвидируются не более двух часов.

Рассмотренные чрезвычайные ситуации и аварийные события последних лет показывают 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, хотя и временные явления, но в ближайшей перспективе требующие обязательного учёта. Опыт агрессии НАТО в Югославии показал, 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 страны. В результате теракта в 2010 г. в Кабардино-Балкарии полностью была выведена из строя Баксанская ГЭС. 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 счёт наведённых перенапряжений.

Возможные пути обеспечения энергетической безопасности.

Очевидно, 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 надёжности», 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, их причин и ответственности сторон, с обеспечением

постоянного и квалифицированного сбора и учета информации по надежности, ее анализа, разработки и принятия мер по оптимизации. Обеспечение безопасности энергоснабжения страны и регионов должно производиться с применением современных геоинформационных технологий, диагностических и интеллектуальных активно-адаптивных систем. Получение качественной информации о надёжности оборудования и систем электроэнергетики в целом возможно при наличии научно обоснованной и законодательно утверждённой системы её сбора в формате постоянного мониторинга с использованием всех доступных источников.

Для сохранения надежного функционирования ЕЭС 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 её отсутствии с появлением в цепи электроснабжения потребителей множества самостоятельных хозяйствующих субъектов возникают определенные сложности 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 её 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.

В связи со значительной изношенностью и выработкой технического ресурса основным электроэнергетическим оборудованием всё большее значение на энергетическую безопасность оказывают аварии, взрывы, пожары техногенного происхождения, а также стихийные бедствия.

Заключение. Высокая аварийность энергетического оборудования хозяйств предприятий и муниципалитетов вынуждает их менеджмент сосредоточивается 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 тесно связанные с этим технического перевооружения отрасли имеют своим следствием сохранение в эксплуатации значительной доли изношенного и выработавшего свой ресурс оборудования. Это приводит к существенному снижению надёжности, значительному увеличению стоимости и продолжительности ремонтов. Влияют на энергетическую безопасность 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.

В статье использованы материалы государственного контракта №16.526.12.6016 от 11.10.2011 с Министерством образования и науки РФ.

Литература

1. Системные исследования проблем энергетики [Текст] / Под ред. Н.И. Воропая. – Новосибирск: Наука. Сиб. Издательская фирма РАН, 2000. – 558 с.
2. Мурзин А.Д., Анопченко Т.Ю. Нормативно-правовые основы формирования стратегии устойчивого социо-эколого-экономического развития урбанизированных территорий [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4(1). – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1104> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Makarov Y.V., Reshetov V.I., StroeV V.A., Voropai N.I. Blackout prevention in the United States, Europe, and Russia // Proceedings of the IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005. – V. 93(11). – P. 1942-1954.

4. Voropai N.I., Kolosok I.N., Kurbatsky V.G. Intelligent coordinated operation and emergency control in electric power systems // IFAC proceedings volumes (IFAC-papersonline). IFAC conference on control methodologies and technology for energy efficiency, CMTEE, 2010. – P. 198-203.

5. Гибадуллин А.А. Модернизация электроэнергетики [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/797> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Бушуев В.В., Воропай Н.И., Мастепанов А.М. и др. Энергетическая безопасность России [Текст] // Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. – 302 с.

7. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Энергетическая безопасность: проблемы функционирования и развития электроэнергетики [Текст] // М.: МГФ «Знание», 2001. – 480 с.

8. Папков Б.В. Становление и развитие электротехники и электроэнергетики: краткая хроника событий и фактов [Текст] // Нижний Новгород: изд. «Кварц», 2011. – 216 с.

9. Владимирова Е.П., Каленникова М.М., Лесных В.В. Анализ статистических данных для построения зависимостей «частота – последствия» и «частота – ущерб» [Текст] // Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики. Вып. 49. ИСЭМ СО РАН. Иркутск, 1998. – С. 375 – 386.

10. Макеев А.О., Папков Б.В. Повреждаемость ЛЭП 110 – 500 кВ в Нижегородской энергосистеме [Текст] // Электроэнергетика глазами молодежи: научные тр. III международной научно-технической конференции: сб. статей. В 2 т. Екатеринбург: УРФУ, 2012. Т. 1. С. 594 – 598.