

УДК 621.311.16

Дубицкий Михаил Александрович,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: dubitskii_ma@mail.ru

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Dubitskii M.A.

OBJECTIVES OF THE STUDY THE SECURITY OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Аннотация. В статье дана классификация задач, в рамках которых рассматриваются вопросы обеспечения безопасности электроэнергетических систем. Выделены концептуальные, информационные, функциональные, нормативные и оптимизационные задачи.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, безопасность.

Abstract. The article presents the classification of tasks, within which the issues of safety of electric power systems are considered. Conceptual, informational, functional, normative and optimization tasks are highlighted.

Keywords: power systems, security.

Все задачи, в рамках которых рассматриваются вопросы безопасности электроэнергетических систем (ЭЭС), можно разбить на пять классов задач методического плана: концептуальные, информационные, функциональные, нормативные и оптимизационные.

Концептуальные задачи посвящены:

- решению вопросов определения места проблемы безопасности в общей проблеме управления развитием и режимами ЭЭС;
- определению таких понятий как надежность ЭЭС, надежность электроснабжения, безопасность объекта и безопасность субъекта, энергетическая, экологическая, производственная, продовольственная и национальная безопасность;
- соотношению таких свойств как безотказность, режимная управляемость, живучесть и безопасность ЭЭС;
- обоснованию смысловых и математических формулировок соответствующих задач, связанных с обеспечением безопасности ЭЭС;
- выбору критерия принятия решений по обеспечению безопасности ЭЭС.

Для оптимального управления системой могут быть использованы два подхода, обеспечивающие принятие решений с учетом безопасности:

- на основе экономических оценок;
- исходя из обеспечения нормативных требований к безопасности ЭЭС.

В первом случае в качестве критерия используется минимум затрат с учетом ущербов от вреда, причиненного окружающей среде и здоровью людей.

При проектировании ЭЭС критерий примет следующий вид:

$$Z_{\Sigma} = Z + U_T + U_B = \min, \quad (1)$$

где Z - приведенные затраты без учета ущерба; U_T - ущерб, причиненный окружающей среде и здоровью людей, из-за недостаточно высокого технического совершенства ЭЭС; U_B - математическое ожидание ущерба, причиненного окружающей среде и здоровью людей из-за недостаточной безопасности ЭЭС. Если нормативные требования к техническому совершенству системы заданы, то критерий (1) примет следующий вид:

$$Z_{\Sigma} = Z + U_B = \min, \quad (2)$$

при

$$\bar{T} \leq T, \quad (3)$$

где T - уровень технического совершенства ЭЭС, \bar{T} - нормативный (требуемый) уровень технического совершенства системы.

Техническое совершенство является функцией соответствующих параметров системы

$$T = f(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

в качестве которых могут быть, например, значения концентрации вредных веществ в воздухе и водоемах или же значения выбросов вредных веществ электрическими станциями и т.п.

Условие (3) может быть выполнено только в том случае, если контролируемые

параметры не превышают своих предельно допустимых значений, т.е.

$$X_i \leq \bar{X}, \quad i = \overline{1, n};$$

где n - количество контролируемых параметров.

При эксплуатации ЭЭС критерий примет следующий вид

$$Z_{\Sigma} = Z_{\Sigma} + Y_T + Y_B = \min \quad (4)$$

а когда известны требования к уровню технического совершенства системы:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\Sigma} + Y_B = \min, \quad (5)$$

при

$$\bar{T} \leq T,$$

где Z_{Σ} - эксплуатационные затраты без учета ущерба.

Используется этот подход, обеспечивающий принятие решений с учетом безопасности ЭЭС, только в тех случаях, когда все негативные последствия из-за перерывов снабжения потребителей можно оценить в денежном выражении. При этом погрешности в определении составляющих суммарных затрат должны быть, по возможности, одинаковыми, а сами составляющие суммарных затрат не должны резко (на порядок) отличаться друг от друга (иначе они будут сопоставимы с погрешностями). Применение этого критерия может быть оправдано только при государственном регулировании экономики (когда решения принимаются одним субъектом – государством, для него они и будут оптимальными). В условиях рыночной экономики, когда в системе может быть несколько «хозяйствующих» субъектов, полученное для них решение может быть не оптимальным. Вместе с тем, определение величины ущерба всегда будет полезным, т.к. позволяет получить представление о возможных последствиях из-за недостаточно высокой безопасности ЭЭС.

Во втором случае в качестве критерия используется минимум затрат с учетом ограничений по безопасности.

При принятии решений при проектировании ЭЭС критерий (1) примет следующий вид

$$Z_{\Sigma} = Z = \min, \quad (6)$$

при ограничениях

$$\bar{T} \leq T, \quad \bar{B} \leq B, \quad (7)$$

где B – уровень безопасности ЭЭС; \bar{B} - нормативный уровень безопасности.

Безопасность ЭЭС характеризуется значениями показателей безопасности

$$B = f(P_1, P_2, \dots, P_m).$$

Тогда, условие (7) может быть выполнено в том случае, если показатели безопасности будут не меньше своих нормативных значений

$$P_i \leq \bar{P}_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (8)$$

где P_i - показатель, характеризующий безопасность ЭЭС при i -ом виде отказов по «безопасности», \bar{P}_i - нормативное значение показателей по безопасности.

При эксплуатации ЭЭС критерий (6) примет следующий вид

$$Z_{\Sigma} = Z = \min, \quad (8)$$

при ограничениях

$$\bar{T} \leq T, \quad \bar{B} \leq B.$$

Для обеспечения безопасности могут использоваться нормативные правила принятия решений, выполнение которых обеспечивает требуемую безопасность ЭЭС. Тогда условие (8) примет следующий вид

$$P_i \leq \bar{P}_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (9)$$

где P_i – правила, направленные на обеспечение безопасности, которые были реализованы в ЭЭС, \bar{P}_i - нормативные правила принятия решений, выполнение которых обеспечивает требуемую безопасность ЭЭС.

Возможно совместное использование ограничений (8) и (9). Например, для атомных электростанций безопасность их атомных реакторов оценивается показателями надежности, а при выборе площадки руководствуются соответствующими правилами. Назовем некоторые из них. Площадка не должна располагаться:

- 1) в зонах активного карста;
- 2) в районах тяжелых (массовых) оползней и селевых потоков;
- 3) в районах возможного действия снежных лавин;
- 4) в зонах крупных провалов в результате горных выработок;
- 5) в районах заболоченных и переувлажненных с постоянным притоком напорных грунтовых вод;
- 6) в зоне возможного затопления в результате разрушения плотин или дамб, расположенных выше предполагаемого места строительства электростанции;
- 7) в районах, подверженных воздействию катастрофических явлений, таких как цунами и т.п.

К концептуальным задачам относятся также задачи, в которых рассматривается соотношение:

проблемы обеспечения безопасности объекта (топливно-энергетического комплекса) и проблемы обеспечения безопасности субъекта (личности, общества, государства).

Энергетическая безопасность — это состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения и возникновения ситуаций, опасных для людей и окружающей среды [1]. Проблема обеспечения энергетической безопасности является более общей проблемой по сравнению с проблемой обеспечения безопасности объектов энергетического комплекса, так как учитывает широкий спектр угроз — экономических, социально-политических, внешнеэкономических и внешнеполитических, техногенных, природных и управленческо-правовых.

Экологическая безопасность — состояние защищенности личности, общества и государства от последствий антропогенного и природного воздействия на окружающую среду [2]. Существенное влияние на окружающую среду оказывает не только энергетический комплекс, но и автомобильный и железнодорожный транспорт, предприятия химической промышленности, а также и другие объекты. Поэтому проблема обеспечения энергетической безопасности не охватывает все вопросы обеспечения экологической безопасности.

Производственная безопасность — состояние защищенности производственного персонала от вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда на производстве. Следствием недостаточно высокой производственной безопасности являются не только рост производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, но и гибель людей при авариях на объектах энергетического комплекса [2].

Продовольственная безопасность — состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз, не позволяющих населению страны бесперебойно получать чистые и полезные для здоровья продукты питания (в том числе — питьевой воды) в достаточном количестве (необходимом для активной и здоровой жизни) по доступным. Нельзя обеспечить продовольствен-

ную безопасность, не обеспечив энергетическую безопасность [2].

Национальная безопасность — это состояние защищенности важнейших жизненных интересов страны — ее граждан, общества, государства и определяемых этими важнейшими интересами других коренных национальных интересов в экономической, социальной, внутривластной, международной, оборонной, духовной, культурной сферах [3]. Проблема обеспечения национальной безопасности включает в себя различные проблемы обеспечения безопасности и в том числе — проблему обеспечения безопасности объектов, экологической, производственной, продовольственной и энергетической безопасности.

Информационные задачи включают вопросы создания достоверной информационной базы, методологии получения необходимой исходной информации, исследование ее свойств. Эти задачи в первую очередь охватывают вопросы регистрации, сбора и обработки статистических данных, на основе которых можно было бы оценить состояние объекта в смысле его опасности для людей и окружающей среды после отказа его элементов.

Функциональные задачи связаны, в частности, с определением существующих значений показателей безопасности в зависимости от размещения и режимов работы объектов ЭЭС, надежности их элементов и их резервирования.

Нормативные задачи включают выбор показателей безопасности, используемых для различных объектов ЭЭС и определения их нормативных значений. Нормативные значения показателей безопасности должны определяться не только на основе экономических или технико-экономических соображений, но в первую очередь исходя из сохранения жизни и здоровья людей и окружающей среды. Определению нормативных значений показателей безопасности могут способствовать экономические оценки, экспериментальные исследовательские расчеты и анализ прошлого опыта. Выбору нормативных значений показателей безопасности может также способствовать концепция замещения рисков. Каждый энергетический объект представляет собой определенную опасность для окружающей среды, здоровья и жизни людей. Поэтому сооружение новых объектов можно считать оправданным (приемлемым), если при

этом уже достигнутый уровень безопасности сохраняется.

Оптимизационные и оценочные задачи связаны с принятием решений по развитию ЭЭС и их эксплуатации с учетом их безопасности.

Задачи, связанные с обеспечением безопасности на проектном и эксплуатационном уровнях, различны. При управлении развитием ЭЭС безопасность учитывается при размещении объектов на территории страны (района); резервировании тех элементов, отказы которых приводят к ситуациям, опасным для здоровья и жизни людей и ок-

ружающей среды; выборе структуры сети; средств управления контролем за объектами ЭЭС, которые позволяют предотвратить эти ситуации (или сохранить их число) и т.д. В условиях эксплуатации ЭЭС безопасность учитывается при планировании режимов, составлении графиков работы оборудования объектов ЭЭС, настройке средств управления и контроля за объектами ЭЭС и т.д. Существенно заметить, что решение любой оптимизационной задачи содержит этап анализа (оценки) безопасности, который может рассматриваться в качестве самостоятельной задачи [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубицкий М.А., Асламова В.С. Безопасность электроэнергетических систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. Вып. 3 (35). С. 221–226.
2. Дубицкий М.А., Асламова В.С. Системный анализ понятий безопасность и надежность железнодорожного транспорта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. Вып. 2 (50). С. 218–225.
3. Энергетическая безопасность. Термины и определения / отв. ред. член-корр РАН Н.И. Воропай. М.: ИАЦ «Энергия», 2005. 60 с.
4. Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4-х т. / под общ. ред. Ю.Н. Руденко. Т.1. Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики. М.: Энергоатомиздат, 1994. 480 с.