

С. В. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»

О ВЫБОРЕ СТРАТЕГИЙ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Робота присвячена питанням раннього виявлення проблемних ситуацій в електроенергетиці, які можуть призвести до виникнення аварійних ситуацій з можливими збитками як у сфері виробництва і поставок електроенергії, так і у сфері її споживання. В роботі пропонується підхід, що дозволяє прогнозувати появу подібних подій при виникненні певних поєднаннях значень виділених факторів, зміни яких спостерігаються в статистичних даних, і процедури вибору стратегій, що перешкоджають розвитку відповідних негативних тенденцій.

Работа посвящена вопросам раннего обнаружения проблемных ситуаций в электроэнергетике, которые могут привести к возникновению аварийных ситуаций с возможными убытками как в сфере производства и поставок электроэнергии, так и в сфере ее потребления. В работе предлагается подход, позволяющий прогнозировать появление подобных событий при возникновении определенных сочетаний значений выделенных факторов, изменения которых наблюдаются в статистических данных, и процедуры выбора стратегий, препятствующих развитию соответствующих негативных тенденций.

This paper addresses early detection of problematic situations in the power that can lead to accidents with possible losses in the production and supply of electricity, as well as in its consumption. An approach that allows you to predict the likelihood of such events when certain combinations of values of the extracted factors, changes which are observed in the statistics and the procedures for selecting strategies for preventing the development of the negative trends it is proposed.

Введение. Своевременное распознавание неблагоприятных малозаметных процессов позволяет планировать и реализовывать адекватные меры по их нейтрализации вплоть до полного прекращения, что позволяет значительно повысить надежность функционирования. Целью работы является постановка и формализация задачи раннего обнаружения потенциальных проблемных ситуаций в электроэнергетике, которые могут привести к потерям различного уровня в результате прекращения поставок электроэнергии потребителям. В свою очередь, решение данной задачи позволяет сформировать задачу управления развитием электроэнергетической системы в условиях функционирования оптового рынка электроэнергии, решение которой позволяет выбрать стратегии развития, препятствующие возникновению негативных последствий изменения ее состояния.

Суть обсуждаемой проблемы заключается в следующем. Для управления производством и поставками электроэнергии Национальной комиссией регулирования электроэнергетики (НКРЭ) Украины в соответствии с практикой стран Евросоюза и России принята концепция оптового рынка электроэнергии и его участников [1–2]. В соответствии с положениями данной концепции предлагается использовать систему двухсторонних договоров между поставщиками (производителями) и потребителями электроэнергии, включаю-

щих долгосрочные, краткосрочные договора и договора по результатам торгов на балансирующем рынке электроэнергии, на котором выполняется согласование платежеспособного спроса на электроэнергию на следующие сутки и возможностей поставщиков и производителей его удовлетворения [3].

Энергосистема, включающая подсистемы производства, распределения и поставок электроэнергии, находится под влиянием процессов износа оборудования, морального старения используемых технологий и других случайных процессов, которые могут приводить к нарушениям графиков поставок электроэнергии, что в свою очередь снижает конкурентный потенциал энергосистемы и может стать причиной ее последующих убытков. Анализ текущего и прогнозного состояния энергосистемы, обеспечивающий своевременное обнаружение отрицательных тенденций в динамике изменения параметров функционирования представляют собой важный источник повышения эффективности управления и обеспечивающий процессы энергосбережения.

Постановка задачи. Выполняя анализ статистики процессов производства, поставок и потребления электроэнергии, можно обнаружить определенные тенденции, которые могут служить источниками информации для получения оценок возможностей возникновения проблемных ситуаций на ранних проявлениях изменений. На их основе могут быть сформированы совокупности соответствующих стратегий управления, реализация которых будет способствовать восстановлению требуемого состояния функционирования стадий производства, поставок, распределения и потребления электроэнергии.

Рассматриваемые задачи могут быть представлены в виде совокупности математических моделей, отражающих показатели процессов производства, поставок, распределения и потребления электроэнергии в зависимости от уровня влияния внешних и внутренних факторов, что позволяет анализировать динамику их изменения во времени и получить оценки контролируемых параметров и величин, а также оценки моментов выхода их за пределы задаваемых диапазонов, тем самым предоставляя возможность учесть возникновение проблемных ситуаций. Такие оценки позволяют планировать реализацию стратегий управления, препятствующих развитию негативных тенденций в пределах ограничений располагаемых материальных и временных ресурсов.

Будем считать, что для i -го производителя (поставщика) электроэнергии, $i \in I$, в моменты времени $t \in T$ может быть определена функция $y_i(t)$, отражающая изменение мощности i -го производителя электроэнергии в соответствии с действием двухстороннего договора о производстве и потреблении электроэнергии, $i \in I$, которая имеет следующий вид

$$y_i(t) = M_i(t) \cdot k_i(t), \quad i \in I, \quad t \in T. \quad (1)$$

Здесь $M_i(t)$ – рабочая мощность i -го производителя, $k_i(t)$ – оценка значения его коэффициента готовности. В свою очередь можно говорить о

существовании зависимостей значений $M_i(t)$ и $k_i(t)$ от ряда внешних и внутренних факторов, отражающих влияние внешней среды и внутренних параметров состояния энергосистемы.

Участники договорных отношений при выполнении договорных обязательств реализуют передачу электроэнергии, значения мощности которой могут быть представлены зависимостями следующего вида

$$x_j(t) = y_i(t) + z_k(t) + \varepsilon_{ijk}(t). \quad (2)$$

Здесь $x_j(t)$ – уровень потребления электроэнергии j -го потребителя, $j \in J$; $z_k(t)$ – объем внешних поставок электроэнергии от k -го поставщика, $k \in K$, а $\varepsilon_{ijk}(t)$ – текущий уровень неудовлетворенного спроса, вызванного проблемными ситуациями как в сфере производства, распределения и поставок, так и в сфере потребления.

Если $\exists t_0 \in T$:

$$\varepsilon_{ijk}(t_0) > \eta_{ijk}(t_0) \text{ и } \Delta(t_0) > \delta(t_0), \quad i \in I, \quad j \in J, \quad k \in K, \quad (3)$$

или

$$\varphi_{ijk}(t_0) > \omega_{ijk}(t_0), \quad i \in I, \quad j \in J, \quad k \in K, \quad (4)$$

где $\eta_{ijk}(t)$ – допустимый уровень неудовлетворения спроса от невыполненных обязательств по поставкам электроэнергии в соответствии с действующим двухсторонним договором;

$\Delta(t_0)$ – текущий интервал времени нарушения договорных обязательств;

$\delta(t_0)$ – допустимый интервал времени нарушения договорных обязательств;

$\varphi_{ijk}(t_0)$ – уровень убытков, включая штрафные санкции, от невыполненных обязательств по поставкам электроэнергии в соответствии с действующим двухсторонним договором;

$\omega_{ijk}(t_0)$ – допустимый уровень убытков для рассматриваемых участников рыночных отношений, то возникает проблемная ситуация, для предотвращения негативных последствий которой требуется выбор и реализация некоторой стратегии из задаваемого подмножества для восстановления требуемого состояния энергосистемы.

Выбор соответствующих стратегий, обеспечивающих достижение поставленных целей в зависимости от уровня финансирования, может быть представлен задачей определения стратегий преодоления проблемных ситуа-

ций с критериями, такими как минимум затрат на восстановление работоспособного состояния энергосистемы, минимум потерь вследствие возникновения нарушений поставок электроэнергии потребителям, максимум эффективности компенсаций нарушений рассматриваемых поставок при ограничениях на потребляемые материальные и временные ресурсы.

Будем считать, что для каждого i -го производителя, $i \in I$, можно определить S_i – множество стратегий снижения негативных последствий тенденций изменения процессов производства, распределения и поставок электроэнергии доступных в момент $t \in T$, c_s – стоимость реализации s -й стратегии, $s \in S_i$, e_s – эффективность реализации s -й стратегии; p_s – оценка максимальных потерь при реализации s -й стратегии r_l – требуемые ресурсы l -го вида для реализации s -й стратегии, R_l – доступный объем ресурсов l -го вида.

Тогда при условии альтернативности вариантов стратегий снижения негативных последствий тенденций изменения состояния энергосистемы, которое описывается с использованием логических переменных, принимающих значения из множества $\{0, 1\}$, для каждого момента возникновения проблемной ситуации может быть рассмотрена следующая задача выбора стратегии.

Для i -го производителя, $i \in I$, $\forall t = t_0 \in T$, найти стратегию s^* в виде значений $\{\alpha_s\}$, которая обеспечивает выполнение следующих условий

$$C(t_0) = \sum_{s \in S_i} c_s \alpha_s \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$E(t_0) = \sum_{s \in S_i} e_s \alpha_s \rightarrow \max, \quad (6)$$

$$P(t_0) = \sum_{s \in S_i} p_s \alpha_s \rightarrow \min \quad (7)$$

при ограничениях

$$\sum_{s \in S_i} \alpha_s \leq 1, \quad t \in T, \quad (8)$$

$$\sum_{s \in S_i} r_l \alpha_s \leq R_l, \quad l \in L, \quad (9)$$

$$\alpha_s \in \{0, 1\}, \quad s \in S_i, \quad t \in T. \quad (10)$$

Задача выбора стратегий (5)–(10) является многокритериальной и для ее решения необходимо применять методы согласования критериев. В этом случае искомая стратегия s^* определяется компонентом решением задачи (5)–(10), для которого $\alpha_s^* = 1$.

Выводы. В работе сформулированы условия и содержание задач раннего обнаружения проблемных ситуаций в электроэнергетике, которые могут привести к соответствующим аварийным процессам и потерям как со стороны производителей и поставщиков электроэнергии, так и со стороны ее потребителей, произведена формализация рассматриваемой задачи в виде совокупности моделей с оценками выбранных факторов, которые могут быть использованы для выбора стратегий противодействия негативным последствиям проблемных ситуаций. Решение задач раннего обнаружения проблемных ситуаций в электроэнергетике предоставляет значительные преимущества по своевременному предотвращению развития негативных процессов и восстановления требуемого состояния функционирования электроэнергетических систем с согласованными значениями критериев эффективности. Использование для этих целей совокупности взаимодействующих математических моделей позволяет получить оценки возникновения событий выхода контролируемых параметров за пределы диапазона допустимых значений, формировать и выбирать необходимые стратегии, способствующие восстановлению требуемого работоспособного состояния электроэнергетической системы.

Список литературы: 1. Постанова КМУ від 16.11.2002 №1789 "Про схвалення Концепції функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України". – К. : Інформаційний Бюлетень НКРЕ. – 2002, – № 12. – 53 с. 2. Программа экономических реформ Украины на 2010–2014 гг. // Комитет по экономическим реформам при Президенте Украины. – Офиц. изд. – К. : 2010. – 99 с. 3. Шевченко С. В. Формирование планов производства электроэнергии с учетом динамики изменения состояния энергосистемы / С. В. Шевченко, А. М. Пивненко // Вісник НТУ «ХП». – 2010. – № 67. – С. 196–202.

Надійшла до редколегії 19.08.2011