

К вопросу об оценке интеллектуальных сетей

Сынтульский С. С., директор по исследованиям
Института системного мониторинга, Санкт-Петербург

Появившиеся технологии интеллектуальной сети позволяют потребителям подключать к энергосистеме малые генераторы. Оценка интеллектуальной сети как реального опциона предполагает выбор оптимального момента времени и оптимальной мощности для установки генератора каждым подключенным к сети потребителем.

Ключевые слова: интеллектуальная сеть, энергосистема, опционы, генератор электроэнергии, тариф.

В статье рассматриваются вопросы, касающиеся оценки проектов по внедрению интеллектуальных сетей, оценки различных ИТ-платформ и генераторов электроэнергии как реальных опционов, а также задачи, связанные с моделированием цен на электроэнергию и энергоносители.

Оценка проектов по внедрению интеллектуальных сетей выполняется различными консультационными компаниями и центрами компетенций. К числу специализированных консультационных компаний относится компания «КЕМА», опубликовавшая материалы о методологии анализа проектов. Описание программного продукта, позволяющего провести оценку, представлено и на сайте Консорциума по исследованию интеллектуальных сетей. Хотя в обоих случаях расчет не детализирован, косвенные признаки свидетельствуют о смещении оценки в техническую сторону, при этом неопределенность, связанная с ценами на энергию, и реальность опциона во внимание не принимаются.

Оценка ИТ-платформ как реальных опционов осуществляется в двух случаях: во-первых, когда (как в данной статье) внедрение системы понимается как опцион в условиях неопределенности, вызванной неполнотой информации о мире в настоящем или будущем (наиболее характерный пример — расширение сети POS-терминала банка [1]); во-вторых, при рассмотрении риска, связанного с технологической неопределенностью (если технология перестает развиваться или вообще существовать, и компания, внедрившая ее, терпит убытки [2]).

Оценка генераторов электроэнергии как реальных опционов (spark spread option) довольно широко представлена в научной литературе [3–5], а также нередко применяется на практике [6, 7]. Распространенность данного метода обусловлена тем, что прибыль от продажи электроэнергии зависит от цены на

нее, которая может существенно колебаться. Существуют различные подходы к моделированию цен на электроэнергию и энергоносители [9, 10].

В задаче оценки реального опциона на создание генератора электрической энергии можно выделить следующие три подзадачи: моделирование цен, участвующих в оценке; оценка генератора с учетом этих цен; оценка реального опциона на строительство генератора.

Моделирование цен

Для оценки опциона необходимо моделировать цены на газ и электроэнергию. Цена на газ моделируется как геометрическое броуновское движение:

$$d \ln X_g^t = \mu_e dt + \sigma_g dZ_g, \quad (1)$$

где μ_e — долгосрочный тренд; t — время; σ_g — процентная волатильность цен на газ; dZ_g — случайное приращение цен на газ.

Цена на электроэнергию складывается из двух компонентов — детерминированного и недетерминированного:

$$\ln X_e^t = A^t + B^t. \quad (2)$$

Детерминированный компонент определяют с помощью линейной регрессии следующего вида:

$$A^t = \mu_e t + \sum_{i=1}^{12} m_i M_i^t + \sum_{i=1}^{24} h_i H_i^t + \sum_{i=1}^7 d_i D_i^t, \quad (3)$$

где M_i^t , H_i^t , D_i^t — переменные, принимающие значения 0 или 1 в зависимости от текущего месяца, часа или дня; m_i , h_i , d_i — множители, зависящие от временных факторов цены.

Недетерминированный компонент вычисляют в соответствии с моделью, аналогичной предложенной в [9]:

$$dB^t = \theta(E^t - B^t)dt + \sigma_b dZ_b, \quad (4)$$

где

$$dE^t = \sigma_e \sqrt{1-\rho^2} dZ_e + \sigma_e \rho dZ_g; \quad (5)$$

dZ_b — случайный фактор краткосрочных колебаний цен на электроэнергию; dZ_g — случайный фактор цены на газ; dZ_e — случайный фактор долгосрочной равновесной цены на электроэнергию; ρ — корреляция среднесрочных цен на газ и электроэнергию; σ_e — процентная волатильность приращения цен на электроэнергию.

Выбор такой модели цены на электроэнергию обусловлен тем, что при кратковременных ее колебаниях существенная доля прибыли обеспечивается за счет использования газового генератора (его включают, когда цена на энергию относительно высока). Однако долгосрочную равновесную цену нельзя считать постоянной, поскольку именно фактор долгосрочной неопределенности цены существенно влияет на ценность опциона. Следует также отметить, что цена на электроэнергию подвержена отрицательным скачкам — приблизительно в течение 0,5 % всего времени она принимает значения, на порядок ниже средних. Для оценки опциона данная особенность несущественна (она свидетельствует только о том, что в эти несколько часов генератор будет отключен). Поэтому в рассматриваемой модели не предполагается наличие провалов.

Выбор модели цены на газ затруднен в связи с тем, что сегодня в России нет биржевого рынка газа, поэтому исследовать свойства временного ряда не представляется возможным. Но на основе данных статистической отчетности можно провести оценку среднего (исходя их многолетнего) роста цен на газ и стандартного отклонения, после чего использовать эти значения применительно к простейшей из возможных моделей.

Оценка генератора

В данной статье применен метод оценки генераторов электроэнергии как опционов исходя из разности между ценой электроэнергии и переменной частью себестоимости ее выработки (ценой топлива). Для генераторов, использующих углеводородное топливо (газ), этот метод наиболее точен, поскольку

краткосрочные колебания цен, стимулирующие включения и отключения генератора, являются ключевым фактором его прибыльности. Существуют оценки, согласно которым результат, полученный при рассмотрении генератора как опциона, может в несколько раз превышать результаты, полученные методом NPV на основе средних ожидаемых значений цен [6].

В рассмотренной модели оценки интеллектуальной сети состав подключаемого генерирующего оборудования ограничен газовыми генераторами, поскольку предполагается, что в России в ближайшие годы будет преобладать именно этот вид локальной генерации.

Генерирующее оборудование, установленное у потребителя электроэнергии, может быть использовано для выработки электроэнергии с целью покрытия собственных нужд и для продажи на рынке другим потребителям. Цена единицы вырабатываемой энергии в обоих случаях — разная.

Цена на энергию генерирующей организации складывается из различных компонентов (помимо стоимости энергии): стоимости передачи, затрат на диспетчерское управление, сбытовой надбавки. Именно отсутствие этих компонентов обеспечивает экономию при производстве энергии для собственных нужд.

Выгода потребителя от строительства собственного генератора в час t рассчитывается по следующим формулам:

$$I^t(C) = \max [f(B^t, t) - KG^t, 0] V_1^t + \max [g(B^t, t) - KG^t, 0] V_2^t; \quad (6)$$

$$V_1^t = \min (V^t, C); \quad (7)$$

$$V_2^t = \max (C - V^t, 0), \quad (8)$$

где f и g — функции расчета итоговых цен на электроэнергию для собственного потребления и продажи на рынке соответственно; K — удельный расход газа на выработку единицы электроэнергии; V^t — прогнозный объем потребления электроэнергии потребителем за данный час; C — мощность генератора.

Тогда стоимость генератора рассчитывается из выражения

$$S^t(C) = E \left(\int_t^{t+T} e^{-r\tau} I^\tau(C) d\tau \right), \quad (9)$$

где r — безрисковая ставка доходности; t — текущий момент времени; T — срок службы генератора.

При предлагаемом подходе игнорируются некоторые физические особенности электрического генератора, связанные со стоимостью переключений при различных режимах работы.

Оценка реального опциона

Оценка интеллектуальной сети как реального опциона предполагает выбор оптимального момента времени и оптимальной мощности для использования генератора каждым потребителем, подключенным к сети. Если предположить, что у потребителя есть набор инвестиционных опций, связанных с различной мощностью генератора, стоимость опциона можно описать следующей формулой:

$$X = E \left\{ \max_{C, t} \left[e^{-rt} \left(S^t(C) - \text{cost}^t(C) \right) \right] \right\}, \quad (10)$$

где cost^t — функция стоимости установки генерирующего блока мощностью C .

Список литературы

1. **Benaroch M., Kauffman R. J.** A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments. — *Information Systems Research* 10.1 (1999): 70 – 86.
2. **Fichman R. G.** Real options and IT platform adoption: Implications for theory and practice. — *Information Systems Research* 15.2 (2004): 132 – 154.
3. **Maribu K. M., Galli A., Armstrong M.** Valuation of Spark-spread Options with Mean Reversion and Stochastic Volatility. — *IJEBM* 5.3 (2007): 173 – 181.
4. **Deng S., Johnson B., Sogomonian A.** Spark spread options and the valuation of electricity generation assets. — *System Sciences*, 1999. HICSS-32. Proceedings of the 32nd Annual Hawaii. — *International Conference on IEEE*, 1999.
5. **Tseng Ch., Graydon B.** Short-term generation asset valuation: a real options approach. — *Operations Research* 50.2 (2002): 297 – 310.
6. **Frayner J., Nazli U. Z.** What is it worth? Application of real options theory to the valuation of generation assets. — *The Electricity Journal* 14.8 (2001): 40 – 51.
7. **Cassano M., Gordon S. G.** Valuation of a spark spread: an LM6000 power plant. — *The European Journal of Finance* ahead-of-print (2011): 1 – 26.
8. **Pilipovic D.** Energy risk: Valuing and managing energy derivatives. Vol. 300. New York: McGraw-Hill, 1998.
9. **Postali F. AS, Picchetti P.** Geometric Brownian Motion and structural breaks in oil prices: a quantitative analysis. *Energy Economics* 28.4 (2006): 506 – 522.

ssyntulsky@gmail.com