

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 620.4.001

## О МЕТОДАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

© 2020 Ю. А. Клименко, А. П. Преображенский

*Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)*

*В данной работе проводится анализ некоторых методов моделирования при построении, проектировании распределенных энергетических систем.*

*Ключевые слова: энергетическая система, управление, моделирование, метод.*

Распределенная энергетика в настоящее время активным образом развивается [1-3].<sup>1</sup>

Это связано с ее основными преимуществами:

- защита от внешних возмущений;
- изменение стоимости в сфере энергообеспечения;
- изменение в освоении различных природных ресурсов;
- возможного практического использования инноваций [4] и др.

Использование централизованного энергоснабжения может быть обосновано в тех случаях, когда существуют большие нагрузки, а также нагрузки, характеризующиеся высокими плотностями энергопотребления.

Но внутри нашей страны в ряде регионов можно наблюдать достаточно низкую плотность нагрузки. При использовании обычных источников энергии можно наблюдать рост капитальных затрат, а также потерь, относящихся к тепловым и электрическим сетям.

В таких случаях следует применять подходы, базирующиеся на распределенной энергетике.

С одной стороны, наличие распределенной системы дает возможности в определенной гибкости при осуществлении процессов ее управления.

С другой стороны, такая система будет уже описываться большим числом параметров, ее структура будет сложнее, что ведет к усложнению необходимых для рассмотрения моделей.

---

Клименко Юрий Алексеевич – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, klm71165@mail.ru.  
Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. наук, профессор, app@vvt.ru.

Распределенная энергетика должна быть адаптивной [5-7].

В ходе анализа используются данные, которые получают с большого числа датчиков. За счет них обеспечиваются процессы автоматического управления в энергетических системах [8, 9].

Характеристики энергетических систем будут меняться, системы будут работать более эффективным образом, а также происходить расширение динамического диапазона.

Отметим возможные методы моделирования. Прежде всего, необходимо опираться на системный подход [10]. В нем происходит выделение входов ( $x$ ), выходов ( $y$ ), обратных связей ( $z$ ), а также воздействий ( $u$ ) на анализируемые энергетические объекты (рис. 1).

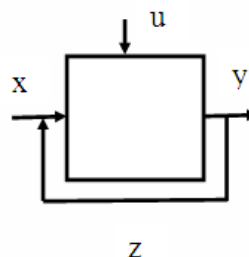


Рисунок 1. Общая схема энергетической системы

За счет обратных связей энергетические системы можно выводить на требуемые режимы работы.

Для диагностики работоспособности энергетических систем, когда рассматриваются режимы реального времени, представляет интерес использование экспертных подходов [11, 12].

Отказы в энергетических системах предсказываются на базе той статистики,

которая была собрана с установленных датчиков.

В ходе решения задач можно опираться на методы классического статистического анализа, например – регрессионный подход [10].

Кроме того, собранные данные позволяют осуществлять обучение нейронных сетей [13].

Затем эти нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования различных режимов работы энергетических систем.

Каким образом можно обеспечивать адаптацию в распределенных энергетических системах?

С тем, чтобы необходимые величины в обучающих множествах были определены для разных условий, необходимо использовать соответствующий алгоритм.

В таком алгоритме учитывается изменение различных параметров системы случайным образом. На рисунке 2 приведена схема работы адаптивной системы.

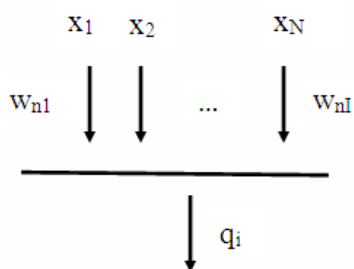


Рисунок 2. Иллюстрация работы адаптивной системы

Сигналы поступают на входы  $N$  датчиков. Для  $n$ -го датчика можно отметить формирование следующего сигнала:

$$x_n(t) = \sum_{i=1}^l w_{ni} A_i + r_n \cdot (1)$$

В указанном выражении  $r_n$  – показывает значение шума, которое будет наблюдаться в  $n$ -м датчике.

$w_{ni}$  – значение коэффициента передачи  $i$ -го сигнала к  $n$ -му датчику.

$A_i$  – значение амплитуды  $i$ -го сигнала.

Все сигналы поступают в блок. На выходе этого блока будет наблюдаться сигналы  $Q_k$ .

Эти сигналы формируются как взвешенное суммирование. При этом применяются весовые коэффициенты  $d_{nz}$ . Тогда формируется матрица векторов весовых коэффициентов  $D$ :

$$Q = DX \quad (2)$$

Процесс выбора весовых коэффициентов  $d_{nz}$  осуществляется таким способом, чтобы обеспечить формирование на выходе соответствующего вектора  $Q$ .

Это происходит за счет того, что измеренный сигнал сравнивается с известными значениями эталонных сигналов. Следует стремиться к минимизации ошибки:

$$\delta(d) = |Q - Q_{\text{эталон}}|^2 \quad (3)$$

Для энергопотребителей необходимо формировать гибридные энергетические установки.

Они дают возможности проводить реализацию режима утилизации потерь энергопотребителей.

Кроме того, энергия будет получена в любом виде. При этом она будет преобразована к таким видам, которые требуются для потребителей.

Происходит минимизация издержек при учете того, как оптимизируется выработка-закупка энергии.

Во многих случаях для решения указанных задач эффективными являются методы многокритериальной оптимизации [14].

В качестве критериев оптимальности во многих практических случаях рассматривают эффективность по критерию Парето [14].

Для того, чтобы решать многокритериальные задачи, исследователи применяют скалярное ранжирование.

Существуют перспективы использования энергологистических систем. Основная идея состоит при этом в том, что разнотипные энергетические потоки оптимизируются совместным образом.

Методы оптимизации комбинируются с логистическими подходами.

Энергетические системы будут гибкими. Если в каком-то участке энергологистической системы будет наблюдаться перегрузка, тогда энергия будет передаваться по другому пути.

Следует отметить перспективы использования в распределенных энергетических системах самонастраивающихся модулей.

Тогда после осуществления процессов диагностики различных участков системы на базе цифровых датчиков существуют возможности для того, чтобы сформировать их оптимальные конфигурации. Управление ведется на базе централизованной системой управления.

Можно отметить труды, в которых распределенные сети, в том числе, энергетические, описываются на основе тензорного исчисления Крона [15, 16]. Но для построения соответствующих моделей необходимо обладать соответствующей квалификацией.

Таким образом, в данной работе указаны некоторые подходы и методы, которые могут быть применены при моделировании распределенных энергетических систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров А. А. Стратегические перспективы электроэнергетики России / А. А. Макаров, Ф. В. Веселов, А. С. Макарова, Т. В. Новикова, Т. Г. Панкрушина // Теплоэнергетика. – 2017. – № 11. – С. 40-52.
2. Бухгольц Б. М. Smart Grids - основы и технологии энергосистем будущего / Б. М. Бухгольц, З. А. Стычински. Пер. с англ. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2017. – 461 с.
3. Integration of distributed energy resources in power systems: implementation, operation, and control. / edited by toshihisa funabashi. – Elsevier Inc. – 2016. – 313 p.
4. Преображенский Ю. П. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами / Ю. П. Преображенский, Р. Ю. Паневин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 5. – С. 99-102.
5. Преображенский Ю. П. Об экологически чистых источниках энергии / Ю. П. Преображенский // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. – 2019. – С. 199-202.
6. Цепковская Т. А. Возможности использования альтернативных источников энергии / Т. А. Цепковская // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. – 2019. – С. 282-284.
7. Горбенко О. Н. Проблемы использования солнечной энергии / О. Н. Горбенко, А. А. Рожкова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-2. – С. 38-39.
8. Черников С. Ю. Использование системного анализа при управлении организациями / С. Ю. Черников, Р. В. Корольков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2014. – № 2 (5). – С. 16.
9. Преображенский Ю. П. Об энергетических потоках в энергосистемах / Ю. П. Преображенский // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет; Россия Московский государственный машиностроительный университет. – 2018. – С. 319-321.
10. Советов Б. Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Издательство Юрайт. – 2012. – 343 с.
11. Мартемьянов Ю. Ф. Экспертные методы принятия решений: учеб. пособие / Ю. Ф. Мартемьянов, Т. Я. Лазарева. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – 80 с.
12. Пеньков П. В. Экспертные методы улучшения систем управления / П. В. Пеньков // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 108-110.
13. Круг П. Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: Учебное пособие по курсу "Микропроцессоры" / П. Г. Круг. – М.: Издательство МЭИ. – 2002. – 176 с.
14. Львович Я. Е. Многоальтернативная оптимизация: Теория и приложения / Я. Е. Львович // Воронеж. – 2006. – 415 с.
15. Курнышев Б. С. Тензорная методология в теории электротехнических систем / Б. С. Курнышев, С. П. Данилов // Учеб. пособие. Иван. гос. энерг. ун-т. Иваново. – 2002. – 180 с.
16. Крон Г. Тензорный анализ сетей: Пер. с англ./под. ред. Л. Т. Кузина, П. Г. Кузнецова. – М.: Советское радио. – 1978. – 720 с.

## THE PROBLEM OF CONTROL IN DISTRIBUTED ENERGY SYSTEMS

© 2020 Yu. A. Klimenko, A. P. Preobrazhenskiy

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

*This paper analyzes some of the problems associated with the management of energy systems.*

*Keywords: energy system, control, resource, consumer.*