

Мультиагентная система моделирования производства и потребления электроэнергии в гибридных энергетических системах¹

М.В. Щербаков, А.С. Набиуллин, В.А. Камаев
Волгоградский государственный технический университет г.Волгоград

Введение

Проблема сбережения энергоресурсов в условиях неизменного уровня комфорта или постоянного производства является одной из наиболее значимых в современном мире [1, 2]. Для решения этой проблемы используются компоненты получения энергии из возобновляемых источников (солнечные панели, ветряные генераторы). Как следствие стали появляться проекты зданий, у которых основным источником электроэнергии являются источники возобновляемой энергии, т.н. здания с нулевым энергетическим балансом[3]. Строительство таких зданий приводит к снижению затрат на электроэнергию и дополнительно приводит к снижению 1) нагрузок на энергетическую сеть и 2) аварийных ситуаций. Однако источники возобновляемой энергии не являются стабильными и дешевыми решениями. В связи с этим используется концепция гибридных энергетических систем (HRES-систем), включающих в себя традиционные источники электроэнергии (энергосеть) и источники возобновляемой энергии [4]. Т.к. переход к гибридным энергосистемами связан с затратами на перевооружение существующей сети, то возникает проблема поиска оптимального решения 1) по числу компонент производства и хранения электроэнергии и 2) стратегиями закупки из «внешней» энергопроводящей сети, в соответствии с имеющимися тарифами [5].

Статья посвящена решению задачи расчёт оптимального числа характеристик компонент производства и хранения электроэнергии для заданного уровня потребления электроэнергии. В качестве решения предлагается мультиагентная система моделирования производства и потребления электроэнергии в гибридных энергетических системах малых мощностей.

1. Описание системы моделирования

1.1 Описание гибридной энергетической системы

Схема гибридной энергетической системы здания с фотоэлектрическими преобразователями солнечной энергии представлена на рис. 1.

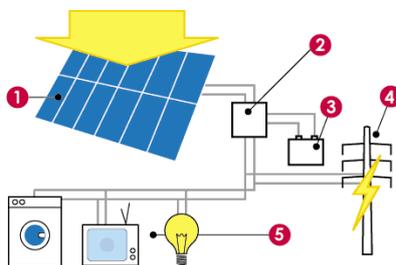


Рис 1.Схема гибридной энергетической системы здания(1- солнечная панель, 2 – инвертор, 3 – аккумуляторная батарея (АКБ), 4 – внешний источник электроэнергии, 5 - энергопотребление)

Электричество производится от солнечной панели (1), которая поступает на аккумуляторную батарею (АКБ) (3) проходя через контроллер заряда батареи (2). Далее с АКБ происходит питание всех энергопотребителей. В случае разряда батареи источником

¹Работа поддержана грантом РФФИ № 10-07-97008-р_поволжье_a

электроэнергии становится внешний источник (поставщик электроэнергии) (4). В данной схеме выделим исследуемые объекты, в частности блок производства электроэнергии, блок потребления а так же блок переключения между источниками. Считаем, что в здании установлена система учета потребления и производства электроэнергии. Информация сохраняется в базу данных и используется для управления энергетической системой [EcoSCADA].

1.2. Формирование требований пользователя

Главной функцией системы моделирования является расчет потребления и производства электроэнергии в заданный интервал прогнозирования и отображение интервалов времени, в которых осуществляется закупка электроэнергии из внешней сети. Входными данными к системе являются исторические данные об энергопотреблении, параметры системы энергопроизводства (мощность солнечной панели, объем аккумулятора батареи). На выходе система формирует прогнозные значения производства и потребления электроэнергии в заданный интервал прогнозирования H . Так как для моделирования использовались данные фиксируемые через каждые 15 минут, то горизонт прогнозирования составляет 1 сутки, т.е. 96 точек.

1.2. Агентификация

В соответствии с теорией мультиагентных систем агент представляется в виде[6]:

$$Ag = \langle G, S, A, \theta, \varphi \rangle \quad (1)$$

где G – целевая функция, $S = \{s_1, s_2, \dots$ – набор параметров состояния, $A = \{a_1, a_2, \dots$ – набор действий, база знаний и оператор $\varphi: G \times \theta \times S$ -. В нашем случае определено следующее множество агентов:

$$Ag_I = \langle Ag_{ec}, Ag_{ep}, Ag \rangle \quad (2)$$

где Ag_{ec} – агент энергопотребления, Ag_{ep} – агент энергопроизводства, Ag_I – агент моделирования. Отметим, что существует возможность расширения множества.

Агент энергопотребления: основным назначением данного агента является сбор данных информации об энергопотреблении и передачи их агенту моделирования.

Агент энергопроизводства: основной назначением данного агента является обработка технических данных системы (мощность солнечной панели, емкость аккумулятора) и передача результатов обработки агенту моделирования

Агент моделирования: основной функцией данного агента является построение прогнозных значений потребления и производства на основе данных полученных от агентов Ag_{ec} и Ag_{ep} характеристик гибридной энергосистемы.

При моделировании, агент моделирования использует данные полученные от агента энергопотребления и строит на основе этих данных прогноз, используя среднюю модель прогнозирования, в соответствии с которой прогноз потребления в момент времени t (Вт ч) определяется как

$$\hat{y}_t = \sum_{i=1}^p y_{t-i} \quad (3)$$

где p – порядок уравнения, L – параметр лага. Для экспериментов использовались $p = 4$ и $L = 96$.

Модель агента производства электроэнергии основана на эмпирических оценках производства номинальной солнечной панели в различные дни и выражено следующей формулой

$$\hat{z}_t = k_t x_t \quad (4)$$

где коэффициент k является функцией от номера месяца. В зависимости от месяца рассчитывается среднее производство в его и длительность времени выработки панелью солнечной энергии.

2. Результаты

Для апробации предлагаемого метода была создана программа в виде web приложения на основе .NetFramework 4, с помощью технологии ASPMVC 3. В качестве тестового примера будут использованы данные энергопотребления офисного здания в формате .csv. В таблице 1 отображены параметры моделирования, характеризующие различные гибридные энергетические системы.

Таблица 1. Параметры моделирования

№ эксперимента	Время года	Мощность СП (Вт)	Число СП	Число батарей	Ёмкость (А ч)	Среднее дневное потребление (Вт ч)
1	Весна (14 марта)	500	1000	100	420	170
2	Лето (10 июля)	500	900	100	450	300
3	Осень (19 ноября)	400	1200	100	400	300
4	Зима	480	1100	110	430	280
5	Зима, вск	500	1000	100	420	80

Опыт 1. В первом опыте рассмотрено потребление и производство электроэнергии на 14 марта. Результат эксперимента представлен на рисунке 1.а) Как видно из рисунка в период с 10:30 до 15:30 производство электроэнергии превышает потребление, более того этот период затрагивает участок практически наивысшего потребления, что говорит об оптимальности выбранного оборудования для данного сезона.

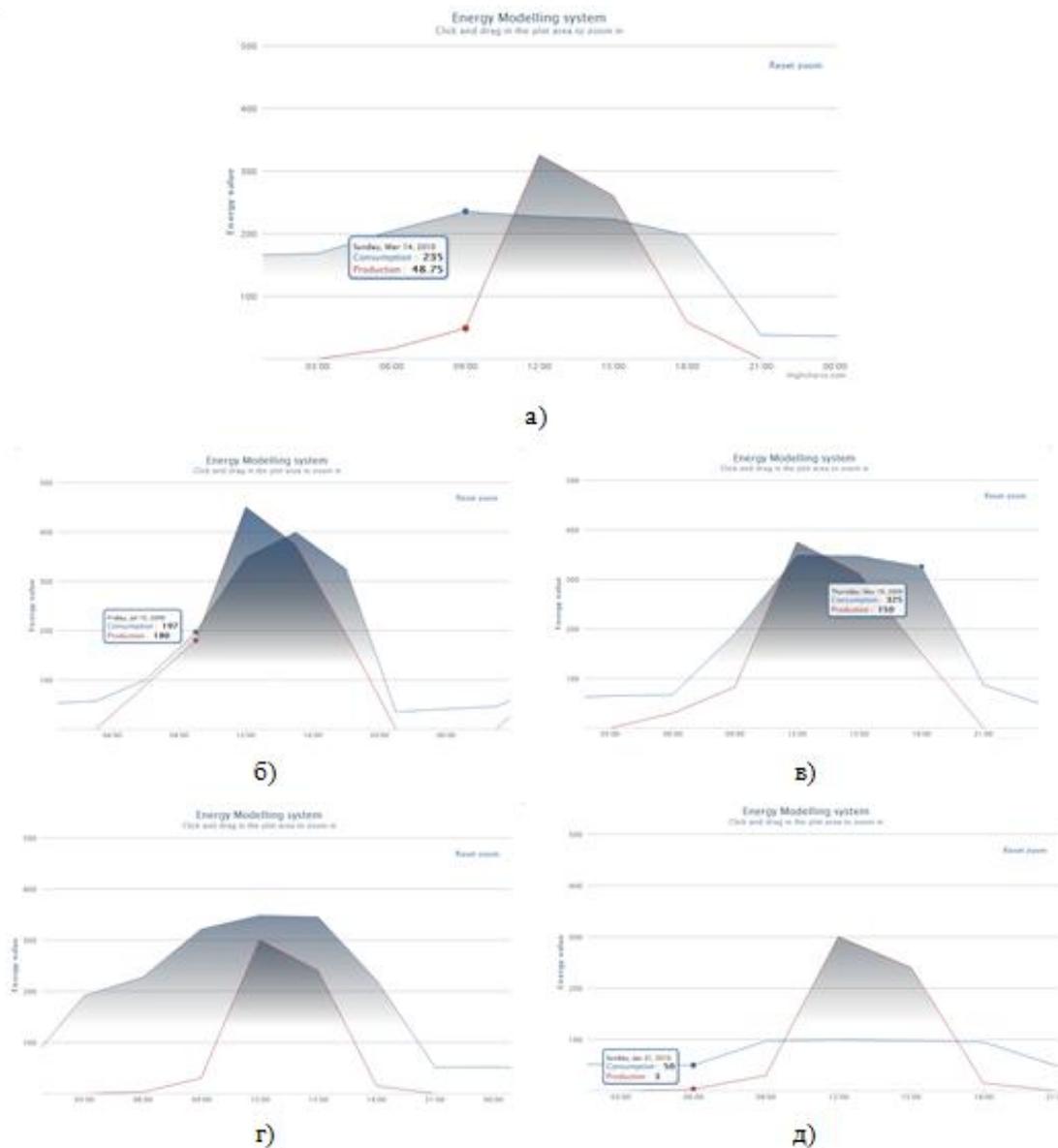


Рис 2. Результаты экспериментов а) 1-й эксперимент, б) 2-й эксперимент, в) 3-й эксперимент, г) 4-й эксперимент, д) 5-й эксперимент

Опыт 2: Во втором опыте рассматривается летний будний день, а именно 10 июля. Как видно из рисунка 1.б) в летнее время растет энергопотребление, в связи с включением в офисах систем кондиционирования. Но так же растет и максимальная мощность солнечных панелей и увеличивается время выработки энергии. Как видно из рисунка, время, когда выработка превышает потребление электроэнергии приходится на максимум потребления, что говорит о довольно удачном подборе оборудования.

Опыт 3: В данном опыте рассматривается осенний рабочий день, а именно 19 ноября. Результаты представлены на рисунке 1 в). Уменьшение мощности солнечных панелей не является оптимальным решением, так как период в котором производство превышает потребление значительно мал, что говорит о неоптимальной работе системы для данного времени года.

Опыт 4: В данном опыте рассматривается зимний рабочий день, а именно 1 февраля. Результаты опыта представлены на рисунке 1 г). Оборудование подобрано не удачно для текущего времени года, так как потребление электроэнергии значительно превышает производство.

Опыт 5: В последнем опыте рассмотрен зимний выходной день. Результаты опыта представлены на рисунке 1 д). В связи тем что выбранный день является выходным, потребление электроэнергии не высоко, в результате система полностью окупает электроэнергию за данный день.

Выводы

В результате работы, была предложена концепция системы моделирования на основе мультиагентного подхода. Предложена формализация гибридной энергетической системы в виде мульти-агентной системы.

Были проведены эксперименты по изменению состава компонент гибридной энергетической системы для различных сезонов. В ходе дальнейших модификаций можно произвести внедрения дополнительных агентов, таких как, агента анализа погоды, функция которого заключалась бы в анализе состояния погоды, агента анализа аккумуляторов, функции которого заключались бы в анализе аккумуляторов и выдаче данных о текущей его максимальной емкости, а так же других агентов.

Список литературы:

- 1.Щербаков, М.В. Методика выявления потенциала энергосбережения на основе интеллектуального анализа данных / М.В. Щербаков, Т.А. Яновский, А. Бребельс, Н.Л. Щербакова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. - 2011. - № 2. - С. 51-55.
- 2.Камаев, В.А. Интеллектуальные системы автоматизации управления энергосбережением / В.А. Камаев, М.В. Щербаков, А. Бребельс // Открытое образование. - 2011. - № 2. - С. 227-231.
- 3.Marszal A.J., Heiselberg P., Bourrelle J.S., Musall E., Voss K., Sartori I., Napolitano A. Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies Original Research Article Energy and Buildings, Volume 43, Issue 4, April 2011, Pages 971-979
- 4.Intelligent controller for hybrid renewable energy system based on multi-agent and embedded technology / А.П. Тюков, А.Ю. Ужва, М.В. Щербаков, А. Dobrowolski, А. Brebels // Artificial Intelligence Applications to Business and Engineering Domains / ed. by G. Setlak, K. Markov. – Rzeszow ; Sofia : ITHEA, 2011. – P. 46-52. – Англ.
- 5.Приложение к постановлению Управления по региональным тарифам Администрации Волгоградской области от 25 января 2012 г. N 3/9 «Тарифы на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категориям потребителей по Волгоградской области, действующие с 01.07.2012 по 31.12.2012»
- 6.Gerhard Weiss (Ed.). 1999. Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT Press, Cambridge, MA, USA.