

УДК 621.314

Р.В. Колосов, Ю.М. Максимов, В.В. Титов

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ГРУППОЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается тематика использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) работающих на автономную сеть, а также изложена концепция нечетких множеств и её применение для задач управления группой автономных возобновляемых источников энергии, построена модель элемента нечеткого регулятора и представлены результаты моделирования. Построенная модель системы позволяет учитывать различные внешние воздействия, такие как изменение скорости ветра, величину солнечного излучения, величину заряда аккумуляторных батарей, величину нагрузки в сети. Существует возможность оценки состояния всех систем, возможно прогнозирование потребляемой и вырабатываемой мощности, оценка времени работы от аккумуляторных батарей, необходимость их заряда. Полученные результаты моделирования показывают работоспособность нечеткого элемента для системы управления группой автономных возобновляемых источников энергии

*Ключевые слова:* Возобновляемые источники, нечеткие алгоритмы управления, моделирование, энергоэффективность, нечеткая логика.

Концепция нечетких множеств, введенная в середине 1960-х годов профессором Лотфи Заде из Калифорнийского университета в Беркли, вызвала неоднозначную реакцию в научном сообществе [1]. Одним из следствий такого положения дел было то, что в опубликованных в тот период времени книгах слишком большой акцент делается на логические, реляционные и тому подобные аспекты нечеткого управления, и при этом слишком мало внимания уделяется вопросам, связанным с управленческой спецификой: моделированию как основе управления. Значимость моделирования существенно выше, чем значимость собственно управления, поскольку область применения моделирования несравненно шире. К сожалению, проблемы моделирования не нашли должного освещения в литературе по нечетким системам, хотя исследования в области нечеткого моделирования и ведутся [2].

В концепции нечетких множеств не используются точные данные, измеренные с помощью каких либо устройств, а данные описываются с помощью таких терминов, как «низкая», «средняя» и «высокая» (так называемые «гранулы»). Такое описание предполагает использование информации любой степени гранулированности в задачах моделирования, управления, оптимизации и диагностики. Более высокая степень гранулированности может привести к сокращению объемов обрабатываемой и хранимой информации и к повышению быстродействия алгоритмов. Появляется возможность подстройки уровня гранулированности информации под требуемую точность моделирования, управления, оптимизации, диагностики и т. д. [2].

Применение элемента нечеткой логики для управления автономной группой возобновляемых источников позволит реализовать описанные выше преимущества для наиболее эффективного результата, то есть для получения максимальной мощности от возобновляемых источников энергии на выходе системы [3].

На рис. 1 представлена типовая структура нечеткой модели системы с двумя входами и одним выходом. На входы нечеткой модели поданы два четких числовых значения  $X_1^*$ ,  $X_2^*$ . Блок «ФАССИФИКАЦИЯ» (FUZZIFICATION) вычисляет их степени принадлежности входным нечетким множествам  $A_i$ ,  $B_j$ . Для выполнения указанной операции блок фаззификации должен иметь доступ к точно определенным функциям принадлежности  $\mu_{A_i}(X_1^*)$ ,  $\mu_{B_j}(X_2^*)$  входов. Вычисленные и представленные на выходе блока фаззификации степени принадлежности  $\mu_{A_i}(X_1^*)$ ,  $\mu_{B_j}(X_2^*)$  дают информацию о том, в какой степени числовые значения  $X_1^*$ ,  $X_2^*$  принадлежат конкретным нечетким множествам, т. е. насколько эти величины являются малыми ( $A_1$ ,  $B_1$ ) или большими ( $A_2$ ,  $B_2$ ). Блок «ВЫВОД» (INFERENCE) на входе получает степени принадлежности  $\mu_{A_i}(X_1^*)$ ,  $\mu_{B_j}(X_2^*)$  и на выходе вычисляет так называемую результирующую функцию принад-

ложности выходного значения модели (рис. 1). Данная функция обычно имеет сложную форму и определяется посредством вывода, который может быть осуществлен множеством способов. Блок «ДЕФАЗЗИФИКАЦИЯ» (DEFUZZIFICATION) на основе результирующей функции принадлежности  $\mu_{res}(y)$  вычисляет четкое числовое значение  $y^*$  выходного параметра, являющееся результатом для входных числовых значений  $X_1^*$ ,  $X_2^*$ . Данная операция выполняется посредством механизма дефаззификации, который определяет метод вычисления.

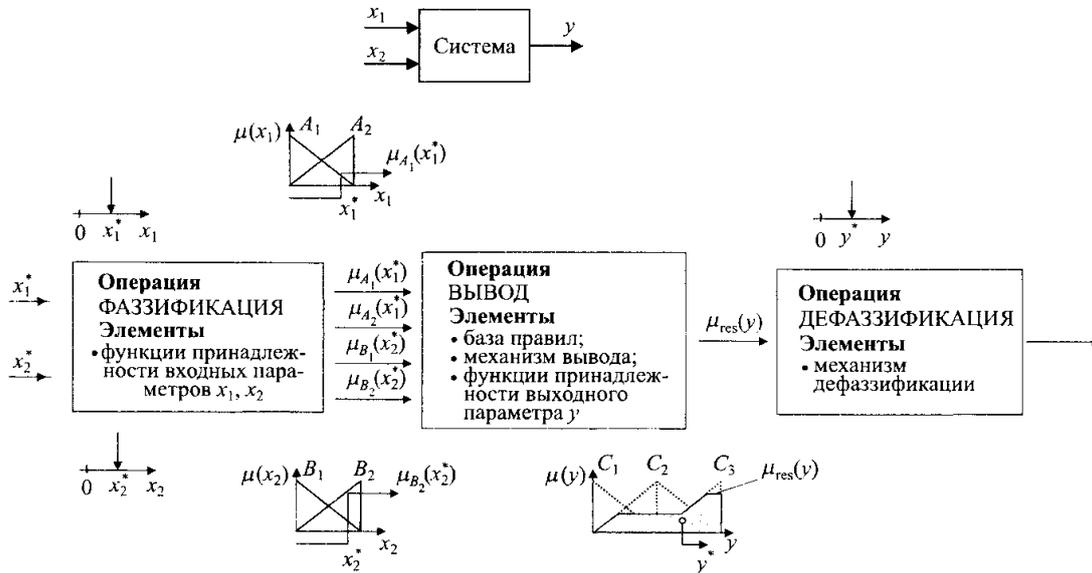


Рис. 1. Структура нечеткой модели системы с двумя входами и одним выходом

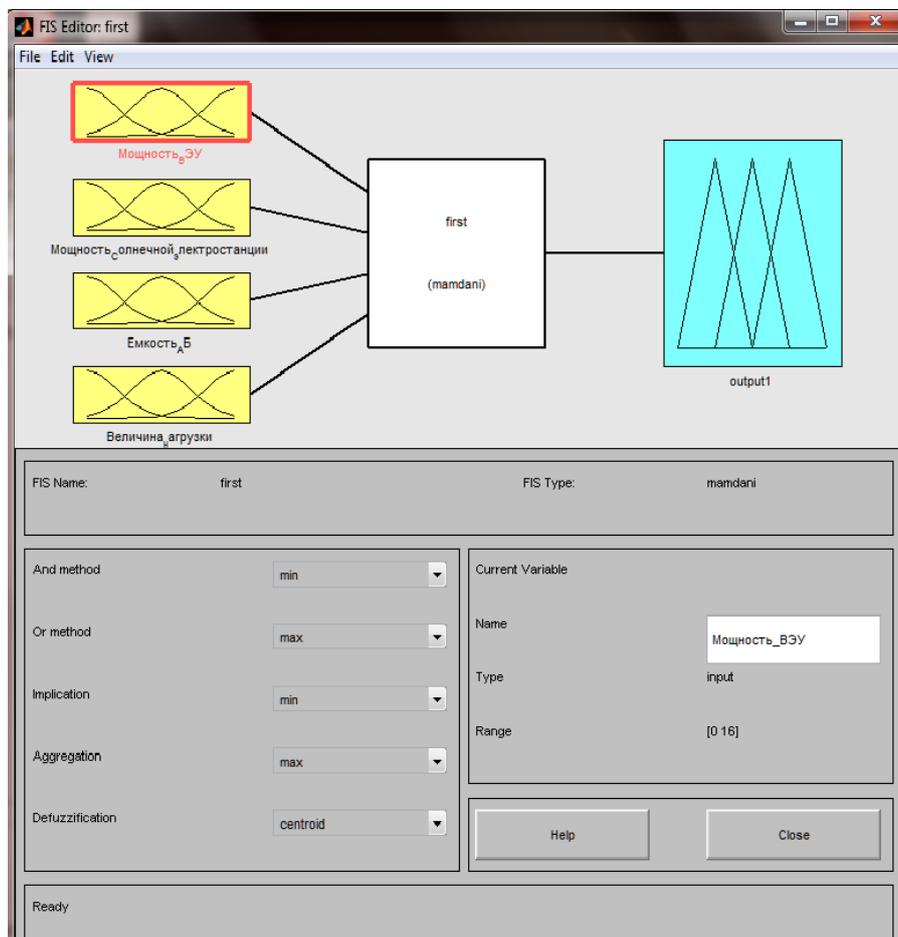


Рис. 2. Обобщенная схема нечеткого логического элемента

На рис. 2 представлена обобщенная схема нечеткого логического элемента, использующая в своей основе модель Мамдани [2].

Данная схема имеет четыре входные переменные, описывающие состояние каждого из присутствующих в ней элементов, и один выход, осуществляющий включение в сеть дизель – генератора при определенных состояниях системы.

Входные переменные:

- мощность вырабатываемая ветроэнергетической установкой (ВЭУ),
- мощность вырабатываемая солнечной электростанцией,
- емкость аккумуляторных батарей (АБ) в относительных единицах,
- величину нагрузки автономной сети в относительных единицах.

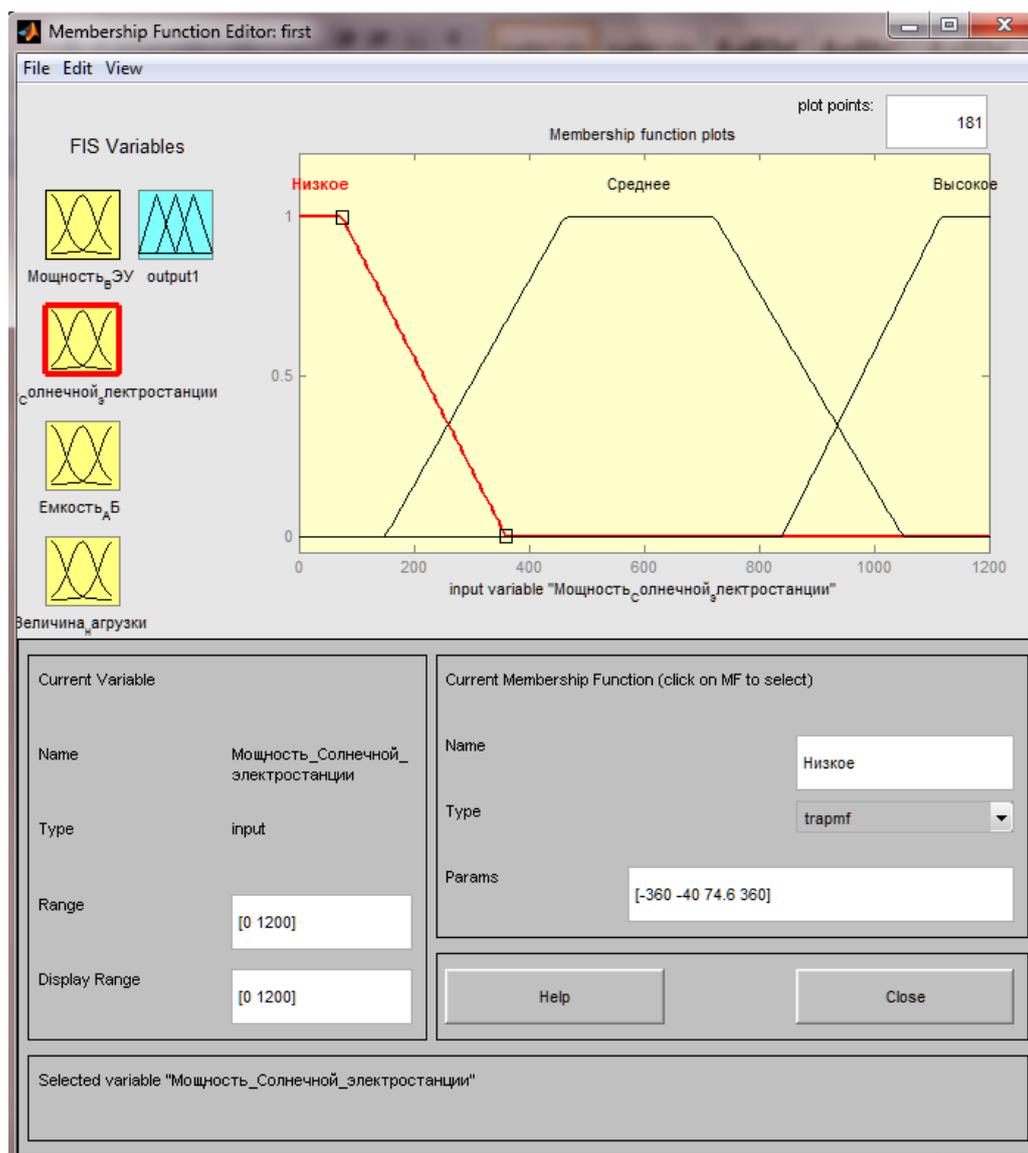


Рис. 3. Описание входных данных солнечной электростанции

На рис. 3 представлен вид входных переменных в виде трех гранул, описывающих состояния входа (состояние солнечного излучения) как «низкое», «среднее» и «высокое».

Далее формируется база правил нечеткого элемента записывающая соотношение всех входов и выходов ситемы при различных уровнях входных сигналов. Приведем несколько примеров правил:

1. if (Мощность\_ВЭУ is Низкая) and (Мощность\_Солнечной\_электростанции is

Низкое) and (Емкость\_АБ is Низкая) and (Величина\_нагрузки is Низкая) then (output1 is Стоп\_дизеля),

2. if (Мощность\_ВЭУ is Средняя) and (Мощность\_Солнечной\_электростанции is Низкое) and (Емкость\_АБ is Низкая) and (Величина\_нагрузки is Высокая) then (output1 is Запуск\_дизеля),

3. if (Мощность\_ВЭУ is Высокая) and (Мощность\_Солнечной\_электростанции is Низкое) and (Емкость\_АБ is Средняя) and (Величина\_нагрузки is Низкая) then (output1 is Стоп\_дизеля).

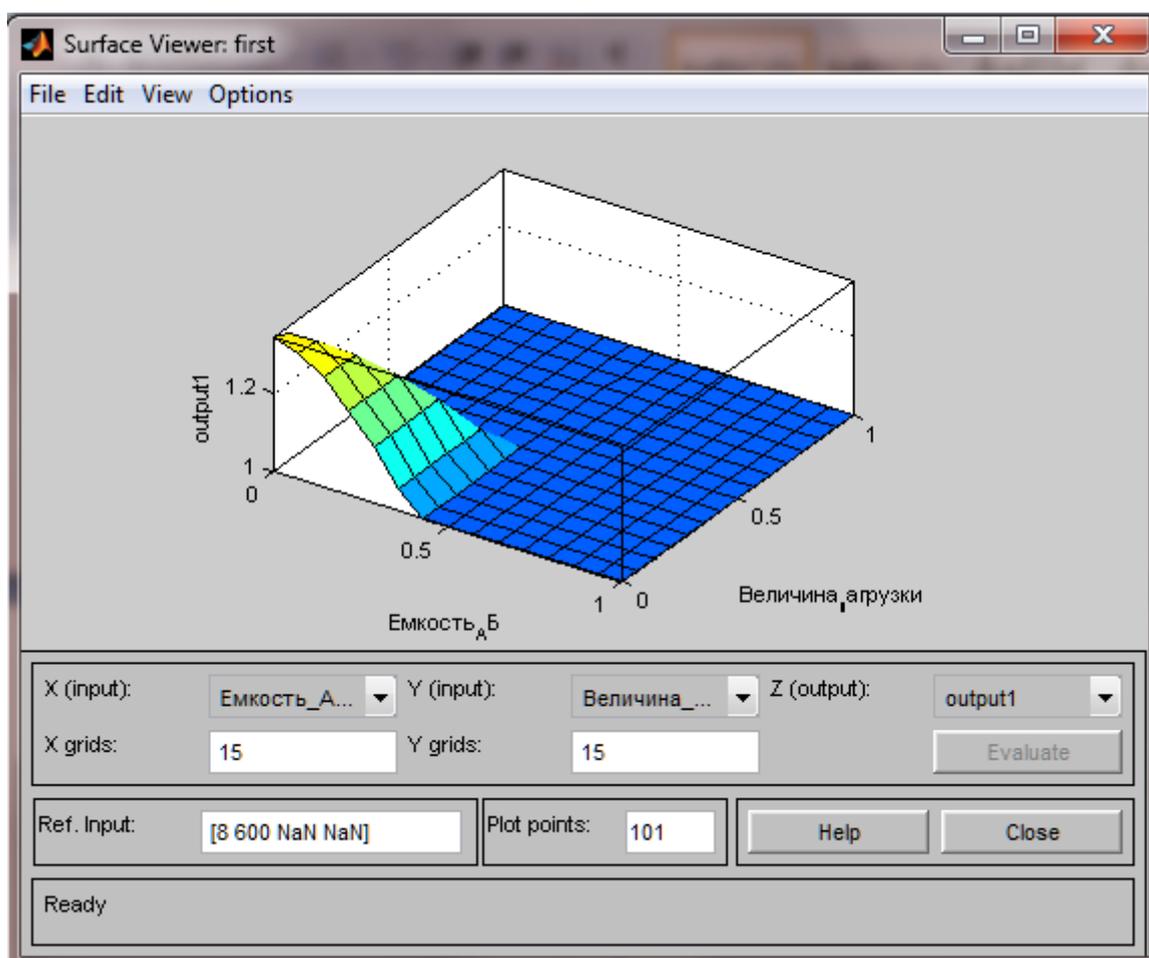


Рис. 4. Поверхность отображения «вход – выход» нечеткой модели

Представленная на рис. 4 поверхность отображения «вход – выход» показывает нам величину выходного сигнала при различных входных сигналах.

Полученные результаты моделирования показывают работоспособность нечеткого элемента для системы управления группой автономных возобновляемых источников энергии и позволяют построить полноценную модель системы управления группой возобновляемых источников энергии.

#### Библиографический список

1. **Zadeh, L.** Fuzzy sets // Information and Control. 1965. №8. P. 338–353.
2. **Пегат, А.** Нечеткое моделирование и управление: [пер. с англ.] / А. Пегат. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 798 с.

3. **Колосов, Р.В.** Система управления для альтернативных источников энергии / Р.В. Колосов, В.Г. Титов // Будущее технической науки: материалы международной молодежной научно-технической конференции; НГТУ. – Н. Новгород, 2012.

*Дата поступления  
в редакцию 15.12.2014*

**R.V. Kolosov, V.G. Titov, Yu.M. Maksimov**

**CONTROL SYSTEM FOR AUTONOMOUS GROUP  
OF RENEWABLE ENERGY SOURCES**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

**Purpose:** The building element of the fuzzy controller to control a group of autonomous renewable.

**Design / methodology / approach:** Identified minimum required knowledge about the object for building management system.

**Results:** The constructed model of the system , allows to take into account the various external influences , such as changes in wind speed , the magnitude of the solar radiation , the amount of charge the batteries , the amount of load on the network. There is the possibility of assessing the state of all systems may predict consumption and power output, the estimation of the time of the batteries, the need for their charge.

**Restrictions/values of research:** Identified the possibility of using fuzzy logic to control group renewable, get the opportunity to study in detail the impact of various influences

**Novelty/value:** the resulting basis for developing a complete model of the system group management renewable energy.

*Key words:* Renewable , fuzzy control , modeling , energy efficiency , fuzzy logic.