

НЕЙРОАДАПТАВНИЙ КОНТУР НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯМ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЙ СОНЦЯ ТА ВІТРУ

О. П. ГОЛИК, асистент

Р. В. ЖЕСАН, кандидат технічних наук

Кіровоградський національний технічний університет

В. М. ШТЕПА, кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Проведено синтез та дослідження нейронечіткої системи автоматичного керування системою автономного енергопостачання. В результаті чого було побудовано функції належності для термів вхідних змінних згідно з попереднім навчанням нейронної мережі.

Нейронна мережа, функція належності, автономне енергопостачання, система автоматичного керування, сонячна батарея, вітроелектрична установка.

Метою роботи є синтез і дослідження нейронечіткої системи автоматичного керування (САК) системою автономного енергопостачання

© О.П. Голик, Р.В. Жесан, В.М. Штепа, 2011

(САЕП) на основі вітро-сонячних установок та резервного електроагрегату з двигуном внутрішнього згорання (ЕА з ДВЗ).

Матеріали і методика досліджень. В [1] наведено загальний вигляд, структурну та функціональну схеми САЕП. Як основні джерела енергії для САЕП було обрано сонячну та вітрову енергії, а як резервне – ЕА з ДВЗ. Згідно з електричною функціональною схемою [1], підключення того чи іншого джерела енергії (ДЕ) відбувається за допомогою силових електронних ключів, які на схемі виконано у вигляді блока комутації джерел.

Постає задача – розробити САК САЕП, яка повинна оптимізувати процес енергопостачання для автономного споживача, враховуючи умови, в яких планується впроваджувати САЕП (енергетичні потенціали ДЕ, енергетичні потреби споживача тощо).

Для визначеності подальші дослідження було виконано з урахуванням умов Кіровоградського регіону, які наведені в роботах [2, 3].

Схема комплексу прийняття рішень нейронечіткої САК САЕП показана на рис. 1.

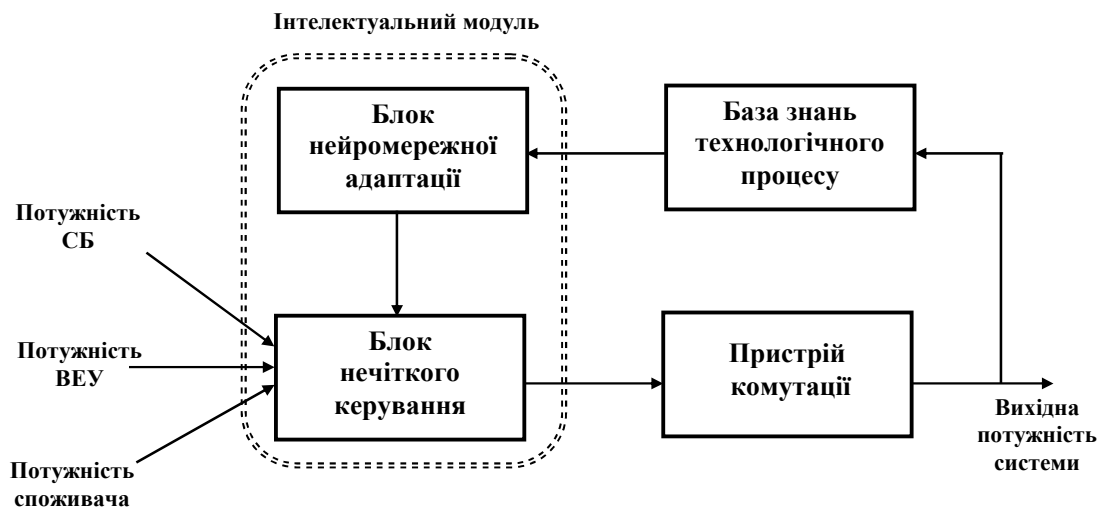


Рис. 1. Схема САК САЕП

Вона має у своєму складі:

- блок нечіткого керування;
- пристрій комутації (вибору режиму);
- базу знань технологічного процесу;
- блок нейромережевої адаптації.

На вхід надходять дані щодо потужності, яку здатні забезпечити сонячні батареї (СБ) та вітроелектрична установка (ВЕУ). Третій вхідний параметр – потужність, яка потрібна споживачеві. Залежно від їхніх значень комутаційний пристрій має забезпечувати один із режимів:

- Режим 1 – підключення лише сонячної батареї.
- Режим 2 – підключення СБ та ВЕУ.
- Режим 3 – підключення СБ, ВЕУ та ЕА з ДВЗ.

На початковому етапі за допомогою нейронної мережі з використанням експертних даних відбувається адекватне налаштування системи керування на основі нечіткої логіки. Далі відбувається запуск САЕП.

У процесі функціонування постійно поповнюється база знань технологічного процесу. При невідповідності якості керування або через певний інтервал часу (встановлюється фахівцем-експертом) інформація із бази даних передається на інтелектуальний модуль, де за допомогою нейронної мережі здійснюється перенавчання нечіткої системи. Все це здійснюється на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки (градієнтний метод), який можна реалізувати за допомогою графічного інтерфейсу гібридних (нечітких) нейронних мереж модуля ANFIS Editor (Fuzzy Logic Toolbox) у пакеті прикладних програм системи MatLab® [4, 5].

Вхідні параметри:

- потужність, яку може забезпечити СБ: 0...2,5 кВт;
- потужність, яку може забезпечити ВЕУ: 0...6 кВт;

- потужність, яка потрібна споживачу: 0...7 кВт.
- Вихідний параметр системи:
- вибір одного із трьох режимів (записують в умовних одиницях від 1 до 3).

Для ефективного моделювання було використано три блоки: по 150 наборів експертних даних - навчальні (Training data) і контрольні (Testing data); та 35 наборів перевіряльних даних (Checking data). Наявність трьох блоків покращує якість подальшої роботи системи керування, оскільки дає можливість впевнитись, що не відбулося «перенавчання» мережі [5].

Інформаційні блоки заповнювались із врахуванням особливостей нейромережного синтезу – дані повинні змінюватись плавно та максимально насичено заповнювати всю область їхніх значень.

Нормування параметрів та зменшення розмірності матриці входів не проводили, оскільки вони технологічно взаємопов'язані та змінюються в однакових порядкових областях.

На рис. 2 наведено частину даних, які було використано для навчання нейронної мережі.

Нейромережне навчання нечіткої системи розпочали із використанням стандартних налаштувань ANFIS Editor. Функції належності – trimf.

X1	X2	X3	Y
0	0	0.001	3
0	0	7	3
0	0	1	3
.....			
.....			
0	6	1	2
1.5	0	0.01	1
2	0	4	3
1	1	1	1
2.5	1	2.5	1
1.5	2	3.5	2
.....			
.....			
0	5	5	2
0	6	6	2
0.1	2	0.1	1
2	5	6	2
0	6	7	3

Рис. 2. Загальний вигляд навчальних даних:
 X1 – «потужність СБ»; X2 – «потужність ВЕУ»;
 X3 – «потужність споживача»; Y – вибір одного з режимів
 Активувавши ANFIS Editor, завантажили навчальну вибірку (рис. 3).

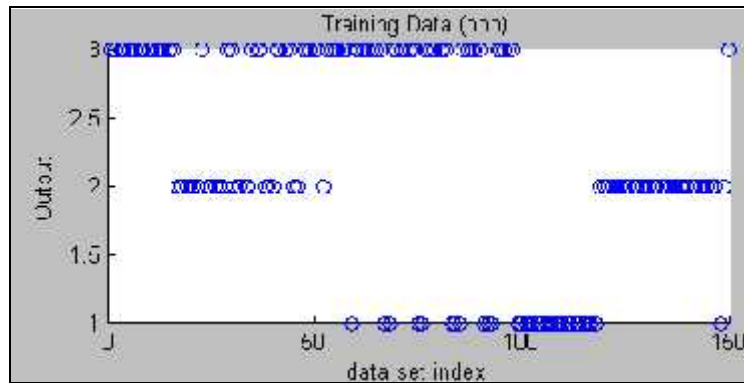


Рис. 3. Навчальна вибірка

Запустивши навчання із 500 епохами та гібридним алгоритмом підлаштування функцій належності нечіткої системи отримали середньоквадратичну похибку – 0,24744 у.о. (рис. 4)

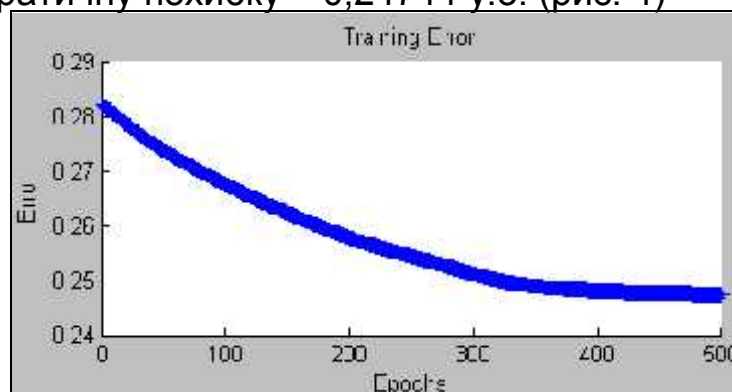


Рис. 4. Якість навчання із використанням функції належності - trimf

У відсотковому відношенні вона становить – 12,37 %. Така якість функціонування системи не влаштовує. Тому після ряду апробацій вибрали функцію належності gbellmf, що 1000 тренувальних епох забезпечують середньоквадратичну похибку – 0,095218 у.о. (4,76%) (рис. 5).

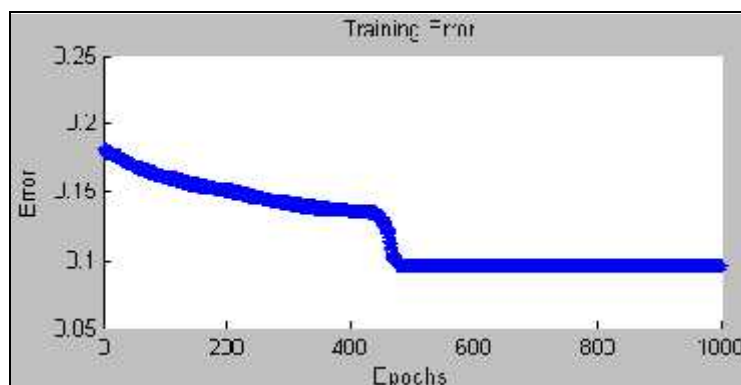


Рис. 5. Якість навчання із використанням функції належності – gbellmf

Результати досліджень. На рис. 6 наведено архітектуру нечіткої системи керування згідно з рекомендаціями ANFIS-Editor.

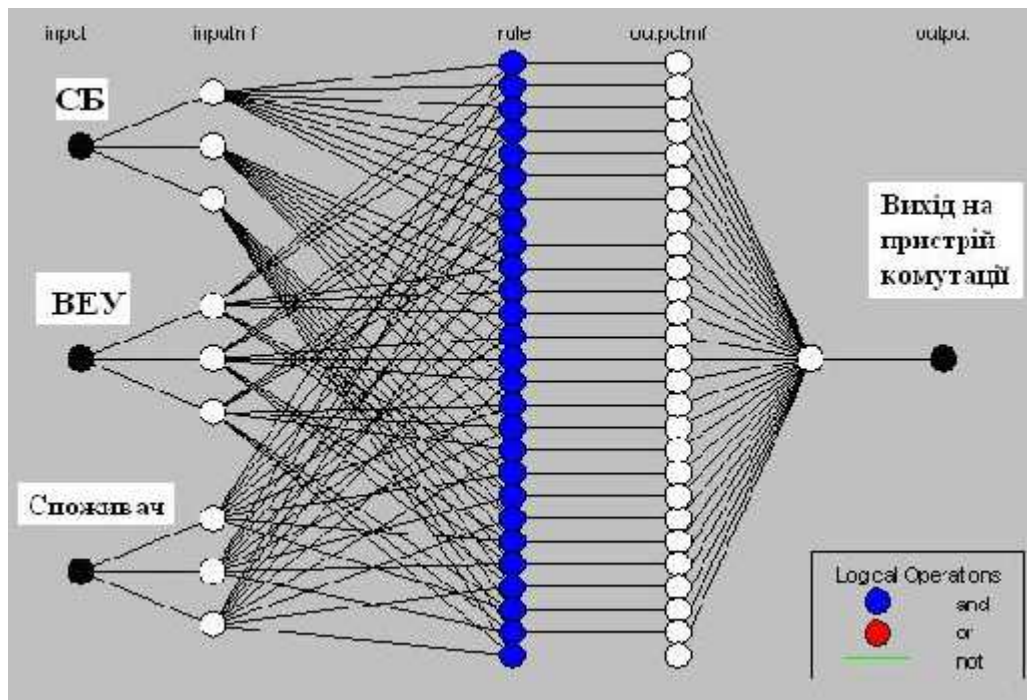


Рис. 6. Архітектура нечіткої САК САЕП

Потім завантажили блок контрольних даних (рис. 7), встановивши, що середньоарифметична похибка роботи нечіткої системи – 0,40804 у.о. (20,4 %).

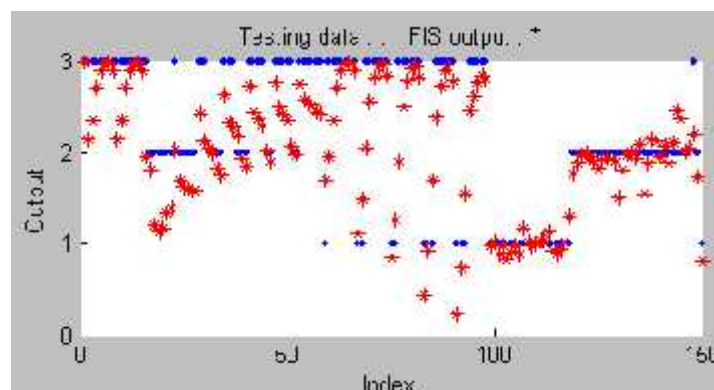


Рис. 7. Якість функціонування нечіткої системи при контрольній вибірці

Після повторних циклів навчання (рис. 8) вдалося досягнути середньоарифметичної похибки у розмірі 0,11776 у.о. (5,888 %).

Тоді завантажили блок перевіряльник даних (рис. 9), який підтвердив адекватність роботи нечіткої системи: середньоарифметична похибка – 0,12558 (6,279 %), та відсутність ефекту “перенавчання”.

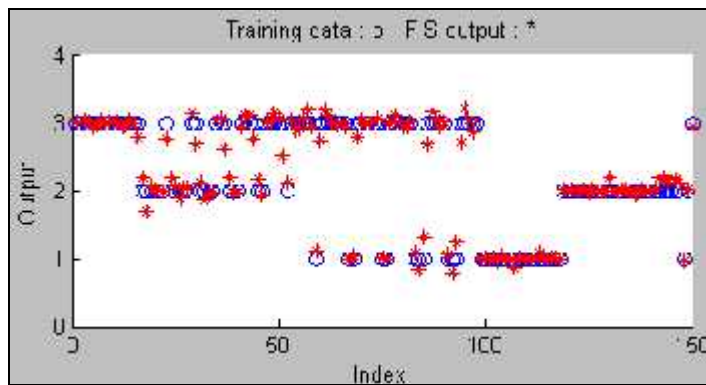


Рис. 8. Якість функціонування нечіткої системи при контрольній вибірці після додаткових циклів навчання

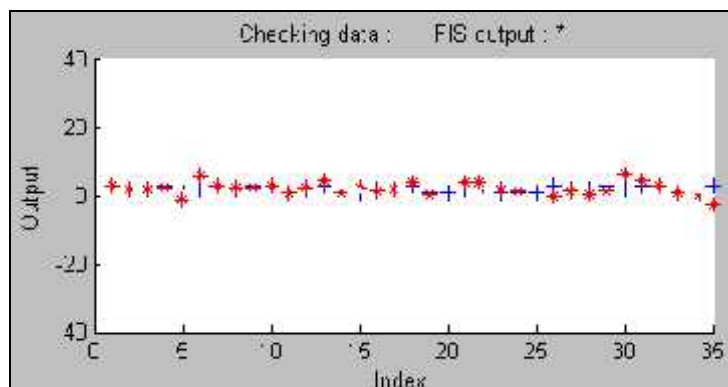


Рис. 9. Якість функціонування нечіткої системи при перевіряльній вибірці

Наведену на рис. 6 нечітку САК САЕП було синтезовано за допомогою модуля FIS Editor пакета прикладних програм MatLab[®]. Синтезовану нечітку САК САЕП зображено на рис. 10. Алгоритм опрацювання інформації – Сугено. У нашому випадку система нечіткого керування буде містити 17 правил нечітких продукцій. У контексті нечіткої логіки під фазифікацією розуміють процес знаходження значень функцій належності нечітких множин (термів) та на основі звичайних вхідних даних [6].

Метою аналізу фазифікації є встановлення відповідності між окремою вхідною змінною системи нечіткого керування і значенням функції належності відповідного їй терму вхідної лінгвістичної змінної.

На рис. 11 наведено функції належності для термів вхідних змінних, а на рис. 12 – правила нечітких продукцій для нечіткої САК САЕП з нейропідлаштованими параметрами функцій належності.

Програмний код такої нечіткої системи за допомогою функціональних блоків MatLab[®] легко регенерувати на код мови програмування FCL (Fuzzy Control Language). Це дасть можливість інкапсулювати програмне забезпечення, розроблене на мові нечіткого керування FCL, у функціональний блок (на основі стандарту IEC 1131-3) програмованих логічних контролерів (PLC – Programmable Logic Controllers) у вигляді структурованого тексту. FCL описана у стандарті

IEC 1131-7, де визначені цілі розробки мови, її базова структура.

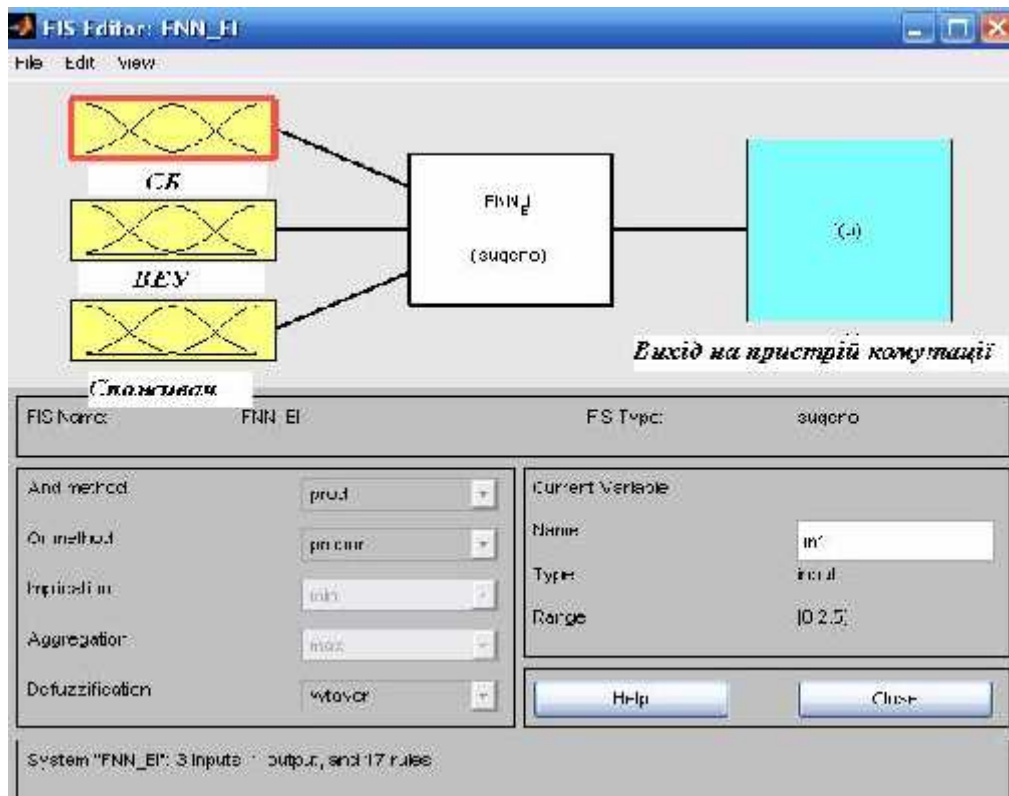
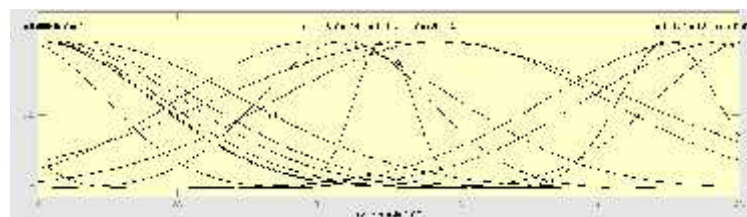
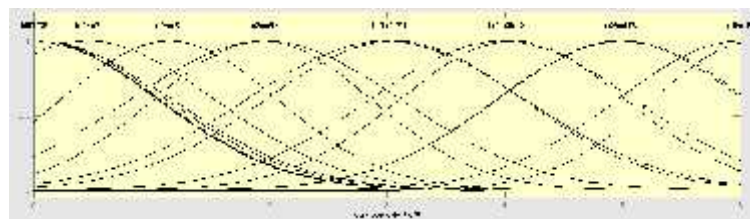


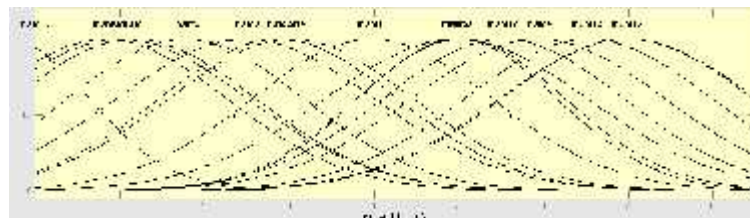
Рис. 10. Структура нечіткої САК САЕП у FIS-Editor MatLab®



а



б



в

Рис. 11. Графіки функцій належності для термів вхідних змінних: а – «потужність СБ»; б – «потужність ВЕУ»; в – «потужність споживача»

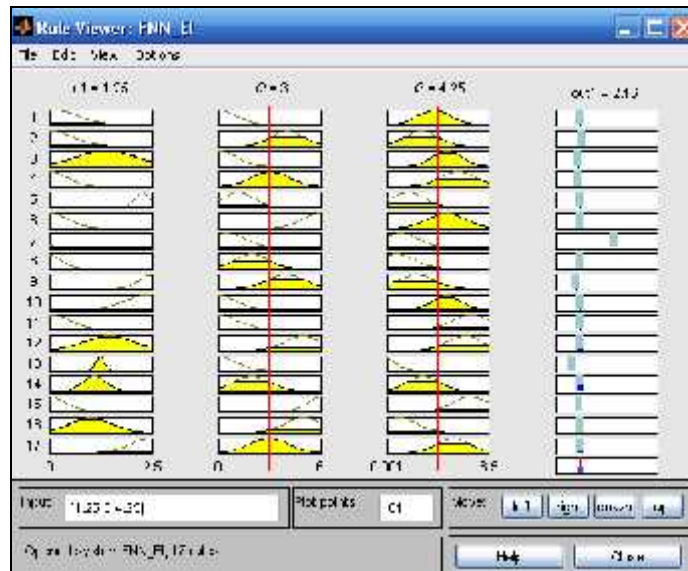


Рис. 12. Правила нечітких продукцій нечіткої САК САЕП, нейромережно налаштовані

Взаємодія алгоритму нечіткого керування САЕП з середовищем програмування у нашому випадку можна використати такі SCADA-системи як ISaGRAF та Trace Mode, повинна бути прихована від інших програм цього середовища.

Саме тому реалізація алгоритму функціонування програмного забезпечення САК САЕП може бути виконана функціональним блоком, наприклад у мові FBD/LD.

Висновки

1. На основі експертних та перевіряльних даних було проведено навчання нейронної мережі для створення нечіткої САК САЕП.
2. Було проведено фаззифікацію вхідних змінних, в результаті чого побудовано функції належності для термів вхідних змінних.
3. Використання нейронної мережі дає змогу оптимізувати структуру нечіткої САК в ході роботи САЕП, згідно з певними умовами (енергетичні потреби споживача, метеорологічні умови місцевості та ін.).
4. Запропоновану методику для створення САК можна використовувати для систем, які працюють на основі інших відновлюваних джерел енергії.

Список літератури

1. Голик О. П. Структура автоматизованої системи керування автономним енергопостачанням на основі відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс] /О. П.Голик, Р. В.Жесан, І. В. Волков // Науковий електронний журнал «Енергетика і автоматика». – 2010. – №1 (3). – Режим доступу: http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2010_1/index.htm.
2. Голик О. П. Аналіз даних метеорологічних спостережень за інтенсивністю сонячної радіації в Кіровоградському регіоні з метою створення системи автоматичного керування автономним енергопостачанням на основі сонячно-вітрових установок / О. П. Голик, Р. В. Жесан // Збірник наукових праць Кіровоград.

нац. техн. унів. / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 22. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 164-172.

3. Голик О. П. Одержання імовірнісних характеристик та законів розподілу швидкостей вітру на основі аналізу даних метеоспостережень / О. П. Голик, Р.В. Жесан // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. / Вип. 8. Т. 4. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 57–66.

4. Леоненков А. В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2003 – 736 с.

5. Ross T. J. Fuzzy logic with engineering applications / T. J. Ross. – McGraw-Hill, 1995. – 600 p.

6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

Проведен синтез и исследование нейронечеткой системы автоматического управления системой автономного энергоснабжения. В результате чего было построено функции принадлежности для термов входных переменных, согласно предварительного обучения нейронной сети.

Нейронная сеть, функция принадлежности, автономное энергоснабжение, система автоматического управления, солнечная батарея, ветроэлектрическая установка.

The synthesis and study of neuron system of automatic control system, autonomous power supply. As a result, was constructed membership functions for terms of input variables, according to a preliminary study of the neural network.

Neural network, the membership function, independent power supply, automatic control system, solar battery, wind power plant.