

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ВІТРО-СОНЯЧНИХ УСТАНОВОК ТА РЕЗЕРВНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Голик О. П., Жесан Р. В., Березюк І. А.

Кіровоградський національний технічний університет

Запропоновано структуру нечіткої нейронної мережі та архітектуру системи автоматичного керування системою автономного енергопостачання

Постановка проблеми. Зміни, що відбулися в сільськогосподарській сфері держави у відповідності з Указом Президента України "Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки" (№1529/99 від 3 грудня 1999 р.), призвели до подібнення крупних господарств і все більшого зростання ролі невеликих селянських (фермерських) господарств в економіці країни. Кризові явища в національному енергетичному комплексі, монополізм енергокомпаній та розподіленість новостворених господарств на великих територіях спонукають нині мислячих людей до пошуку альтернативи традиційним шляхам енергозабезпечення сільського господарства. Оскільки такі господарства розподілені по території та віддалені від ліній електропередач централізованого енергопостачання, то їх можна назвати автономними споживачами (АС).

Для автономного енергопостачання (АЕП) використання відновлюваних джерел енергії є (ВДЕ) є порятунком в умовах енергетичної кризи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз та узагальнення світового досвіду використання ВДЕ для АЕП показали доцільність об'єднання двох або більше установок, що працюють на основі ВДЕ та традиційних установок на базі двигунів внутрішнього згорання в комбінованих енергетичних системах невеликої та середньої потужності.

Світова практика показала, що найдоцільнішим способом енергозабезпечення розподілених невеликих господарств та окремих сільськогосподарських споживачів є створення власних джерел та систем енергопостачання. Коли йдеться про енергозабезпечення АС, енергосистеми часто називають системами автономного енергопостачання (САЕП).

Метою статті є аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб АС, шляхом теоретичного моделювання роботи САЕП, та на основі отриманих результатів пропонується розробити систему автоматичного керування (САК) САЕП з використанням апарату нечіткої логіки (НЛ) з нейромережною (НМ) адаптацією.

Основні матеріали дослідження. Оскільки найрозповсюдженішими та доступними ВДЕ в будь-якій точці планети є сонячна та вітрова енергії, то в якості ВДЕ для АЕП було обрано саме їх. На рис. 1 наведено загальний вигляд САЕП на основі вітро-сонячних установок та резервної електростанції.

До складу САЕП входять відповідні перетворюючі установки до яких надходять різні джерела енергії (ДЕ). Основними ДЕ є сонячна та вітрова енергії, резервним – пальне.

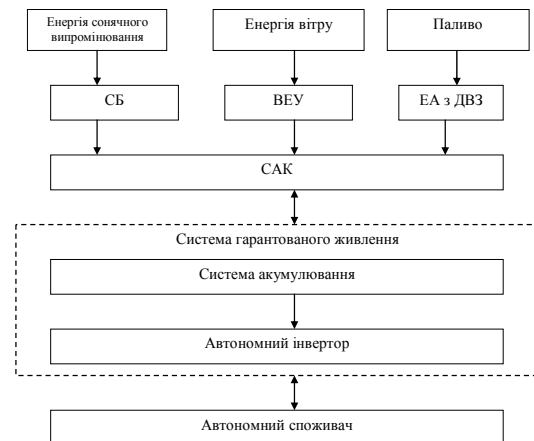


Рисунок 1 – Загальний вигляд САЕП:
СБ – сонячна батарея; ВЕУ – вітроелектрична установка; ЕА з ДВЗ – електроагрегат з двигуном внутрішнього згорання

Оскільки майже всі складові САЕП, такі як: СБ, ВЕУ, акумуляторні батареї та автономний інвертор, існують на споживчому ринку, то немає необхідності в їх розробці. Необхідно лише обрати відповідні типи обладнання, яке б дозволило задовольнити енергетичні потреби АС.

Таким чином виникає задача – розробити САК САЕП.

Завданням нашої САК є оптимізувати процес енергопостачання для АС. Він залежить головним чином від таких факторів:

1. Кліматичні та метеорологічні умови місцевості, де планується впроваджувати САЕП;
2. Обладнання та пристрої, що входять до складу САЕП;
3. Енергетичних потреб АС.

Для прикладу подальші дослідження було проведено в умовах Кіровоградського регіону.

Наявність інформації про кліматичні та метеорологічні умови місцевості дає змогу визначити енергетичні потенціали ДЕ та в подальшому провести моделювання роботи енергетичних установок, що входять до складу САЕП.

Таку інформацію можна знайти в довідникових джерелах, наприклад [1]. Однак, зазвичай в таких джерелах наводяться енергетичні потенціали лише за сезонами року, а не середньодобові. Тому бажано провести експериментальні дослідження по визначен-

ню середньодобових енергетичних потенціалів сонячної та вітрової енергій.

Такі експериментальні дослідження для Кіровоградського регіону нами було проведено, в результаті чого було визначено імовірнісний закон розподілу інтенсивності сонячної радіації [2] та імовірнісний закон розподілу швидкості вітру [3]. Однак повністю передбачити наявність та доступність цих ДЕ неможливо (внаслідок стохастичного характеру їх надходження). Тобто можемо сказати, що присутній певний елемент невизначеності.

Так само невизначеність присутня і у другому факторі – обладнання та пристрої. Що входять до складу САЕП (неможливо наперед передбачити в який момент часу може вийти з ладу те чи інше обладнання, це можна зробити лише з деякою імовірністю).

Дослідимо третій фактор – енергетичні потреби АС. Згідно даних статистичного щорічника Кіровоградської області за 2008 рік [4], в Кіровоградській області станом на 1 січня 2009 року налічувалося понад 2500 селянських (фермерських) господарств. У якості макетного об'єкту автономного енергопостачання було обране типове селянське (фермерське)

господарство сімейного типу, в якому працює 3 людини і яке спеціалізується в сфері рослинництва. Площа земель такого господарства – 46 га, з них 45 га – рілля. При цьому у фермерів є підсобне господарство, в якому вирощується 2 корови, 2 свині, 15 курей, 10 качок та 5 гусей.

У 1981 р. у інституті "Сельэнергопроект" на основі експериментальних досліджень та статистичної обробки великого дослідного матеріалу були визначені основні імовірнісні характеристики навантажень сільськогосподарських споживачів [5]. У відповідності з цією методикою були визначені характеристики навантажень такого господарства за сезонами року. Денний максимум навантаження P_{max} для нашого макетного господарства приймаємо рівним 7 кВт.

З метою аналізу задоволення енергетичних потреб споживача було проведено теоретичне моделювання роботи САЕП. Для цього було обрано типи ВЕУ, СБ та ЕА з ДВЗ. На основі методик, наведених у [6, 7], було визначено середньодобові потужності ВЕУ та СБ за сезонами року в умовах Кіровоградського регіону, які представлені на рис. 2.

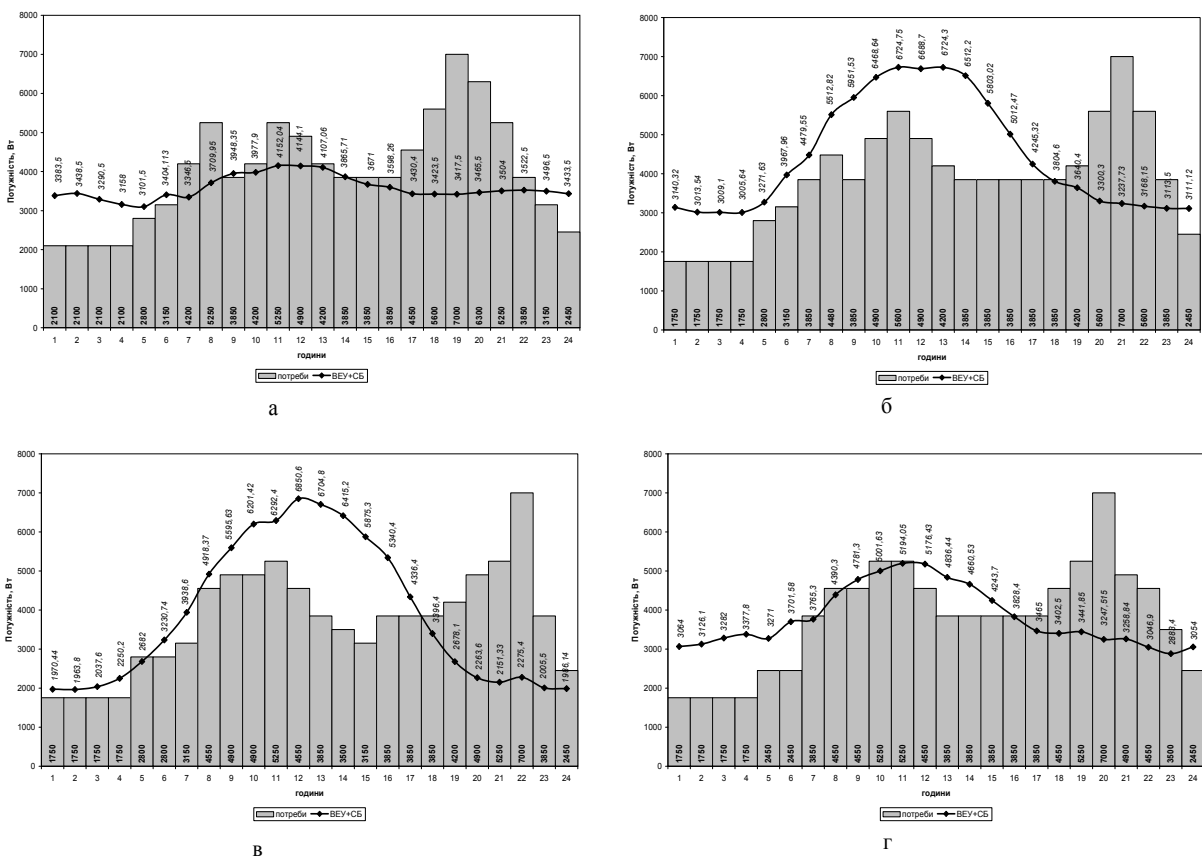


Рисунок 2 – Середньодобові графіки енергетичних потреб макетного об'єкту та сумарної кількості енергії (не враховуючи ЕА з ДВЗ) в умовах Кіровоградського регіону: а) – взимку; б) – весною; в) – влітку; г) – восени

Як видно з рис. 2 сонячна та вітрова енергії не можуть в даному регіоні повністю задовольнити потреби АС (особливо в пікові години). Існують так би мовити "провали" (місця на графіках, де основні ДЕ

не можуть задовольнити потреби споживача), які повинне заповнити резервне ДЕ, тобто – ЕА з ДВЗ.

Дослідження перерахованих вище факторів показало, що дана САЕП працює в умовах невизначеності.

Одним з традиційних шляхів вирішення задачі керування об'єктами в умовах невизначеності є використання адаптивних методів керування. Їхнє застосування дозволяє успішно вирішувати поставлені задачі. Проте, подібні методи мають деякі особливості, серед яких можна виділити наступні.

На етапі параметричної ідентифікації визначаються параметри моделі об'єкта керування. Таким чином, виникає необхідність у формуванні адекватних моделей об'єктів керування. Однак, із збільшенням розмірів і складності системи істотно ускладнюється її моделювання за допомогою відомих математичних виразів, зростає кількість змінних і параметрів.

З врахуванням зазначеного вище, приходимо до висновку щодо доцільності використання апарату НЛ із НМ адаптацією. Оскільки внаслідок зміни зазначених вище умов НМ можна буде перенавчати за рахунок накопичення бази знань в ході роботи системи. Тим більше, що саме така можливість програмно реалізована у середовищі ANFIS Editor пакету прикладних математичних програм MatLab® [8].

На вхід надходять дані щодо потужності, яку здатні забезпечити сонячні батареї та вітроелектрична установка. Третій вхідний параметр – потужність, яка потрібна споживачу. В залежності від їхніх значень комутаційний пристрій повинен забезпечувати один із режимів:

- Режим 1 – підключення лише сонячної батареї.
- Режим 2 – підключення сонячної батареї та вітроелектричної установки.
- Режим 3 – підключення сонячної батареї, вітроелектричної установки та електроагрегату з двигуном внутрішнього згорання.

На початковому етапі за допомогою нейронної мережі із 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® [8].

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 3 режимів (записуватимемо в умовних одиницях від 1 до 3).

Потім було проведено навчання НМ в результаті чого було отримано архітектуру нечіткої системи керування, згідно рекомендацій ANFIS Editor, рис.3 .

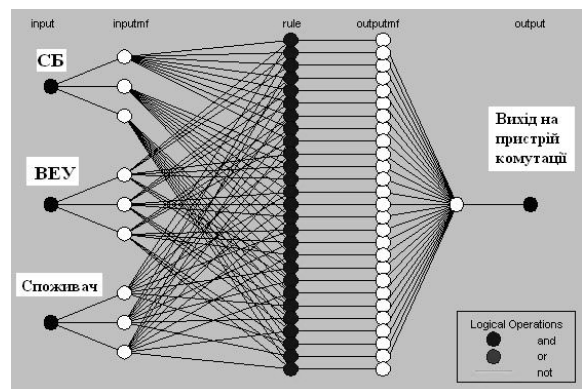


Рисунок 3 – Архітектура нечіткої САК САЕП, згідно рекомендацій ANFIS Editor

Наведену на рис. 3 нечітку САК САЕП було синтезовано за допомогою модуля FIS Editor пакету прикладних програм MatLab®. Синтезовану нечітку САК САЕП зображено на рис. 4. Алгоритм опрацювання інформації – Сугено.

В 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 [8].

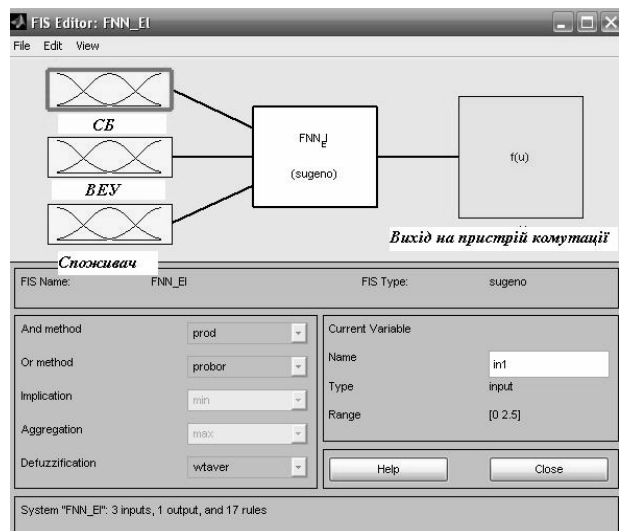


Рисунок 4 - Структура нечіткої САК САЕП у FIS-Editor MatLab®

На рис. 5 наведено функції належності для термів вхідних змінних.

Програмний код такої нечіткої системи за допомогою функціональних блоків MatLab® легко перегенерувати на код мови програмування FCL (Fuzzy Control Language).

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.

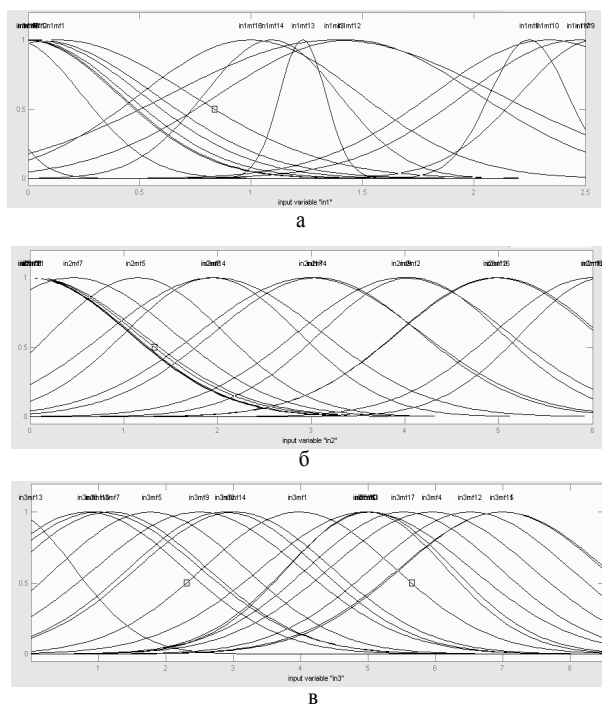


Рисунок 5 - Графіки функцій належності для термів вхідних змінних:

а) – "потужність СБ"; б) – "потужність ВЕУ"; в) – "потужність споживача"

Висновки. В наведеній статті проведено аналіз задоволення енергетичних потреб АС та можливостей САЕП, який показав, що в Кіровоградському регіоні сонячна та вітрова енергії не можуть повністю задовольнити потреби АС.

Обґрунтовано доцільність використання апарату НЛ з НМ адаптацією для створення САК САЕП на основі вітро-сонячних установок та резервної електростанції.

Запропоновано структуру нечіткої НМ та архітектуру САК САЕП. Використання НМ дає змогу оптимізувати структуру нечіткої САК в ході роботи САЕП, згідно певних вимог (енергетичні потреби АС, метеорологічні умови місцевості та ін.).

Список використаних джерел

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина Г. П., Шинкаренко Л. Я., Довга В. Т., Васько П. Ф., Бриль А. О., Шурчков А. В., Забарний Г. М., Жовмір М. М., Віхарєв Ю. А.. – 2-ге вид. – К.: НАНУ Ін-т електродинаміки; Державний комітет України з енергозбереження, 2007. – 42 с.

2. Голик О. П., Жесан Р. В. Визначення закону розподілу інтенсивності сонячної радіації на основі аналізу даних метеоспостережень в Кіровоградському

регіоні // Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні" - Зб. наук. статей, - Львів, ЛьЦНТЕІ, 2009. – С. 200-205.

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

4. Статистичний щорічник Кіровоградської області за 2008 рік / Кіровоград 2009 с.

5. Будзко И. А., Зуль Н. М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496 с.

6. Голик О. П., Жесан Р. В., Босов Є. П., Крепак Н. С. Розрахунок основних показників роботи горизонтально-осьової вітроелектричної установки у складі системи автоматизованого енергопостачання автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 21. – Кіровоград: КНТУ, 2008. – С. 224-233.

7. Голик О. П., Жесан Р. В. Розрахунок основних параметрів фотоелектричної системи для автоматизації енергопостачання автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону // Матеріали ІХ Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття" – Крим: – 2008. – С. 111-113.

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

Аннотация

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК И РЕЗЕРВНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Голик Е. П., Жесан Р. В., Березюк И. А.

Предложена структура нечеткой нейронной сети и архитектура системы автоматического управления системой автономного энергоснабжения

Abstract

AUTOMATED CONTROL OF INDEPENDENT POWER SUPPLY BASED ON WIND AND SOLAR SYSTEMS AND BACKUP POWER

O. Golik, R. Zhesan, I. Berezyuk

The structure of fuzzy neural network architecture of the automatic control system of autonomous power supply.