

**КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ АПК  
З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ МЕРЕЖАМИ (SMART GRID)**

Дудніков С. М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Представлені функціональні залежності, які характеризують на рівні формалізації задачі побудову математичної моделі системи енергопостачання споживачів АПК з урахуванням концепції Smart Grid.

**Постановка проблеми.** Забезпеченість у інформаційних потоках системи Smart Grid в складі комбінованої системи енергопостачання (КСЕП) з альтернативними джерелами полягає в зборі та обробці великих масивів інформації. Математичне моделювання генерації та споживання споживачем обсягів різноманітних видів енергетичних ресурсів застосовується для вирішення даної складної задачі. На шляху вирішення даної проблеми існують відповідні складнощі: відносна мала густина (концентрація) на одиницю поверхні; непостійність потоку енергії в часі на прозі доби; необхідність акумулювання виробленої енергії; порівняно більші капітальні вкладення на будівництво установок по перетворенню енергії альтернативних джерел в інші види, наприклад, в електричну або теплову.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Альтернативні джерела енергії (АДЕ) змушені працювати в умовах стохастичної зміни як вироблених, так і спожитих обсягах енергії. Узгодження режимів перетворення, розподілу і акумулювання енергії в подібних енергетичних установках є нетривіальною технічною задачею, часто з досить суперечливими критеріями, успішне вирішення якої неможливе без застосування потужного апарату моделювання [1].

На першому етапі формалізації задачі розробка моделі включає в собі пошук нових джерел, необхідних на протязі року, а також обґрунтування узагальнюючих параметрів, які мінімізують техніко-економічні річні показники [2].

Загальна структурна схема інтелектуальної мережі з можливими взаємозв'язками між елементами якої наведено на (рис.1) [3].

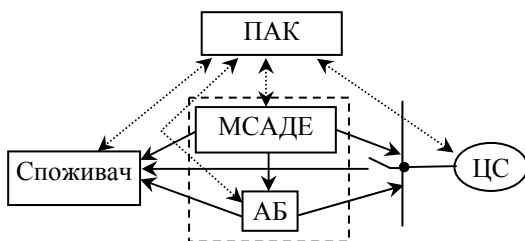


Рисунок 1 – Можливі взаємозв'язки між елементами інтелектуальної мережі:  $\longrightarrow$  - силове коло;  $\cdots\longrightarrow$  - коло керування.

Інтелектуальна мережа складається з елементів: споживач, місцевої системи МСАДЕ, ЦС, акумуляторна батарея (АБ), пристрій автоматичного керування (ПАК).

ПАК виконує узгодження між елементами системи в залежності від поставлених задач і на вимогу потреб споживача може підключити його до ЦС, МСАДЕ або АБ за наявності у відповідних енергетичного потенціалу з урахуванням пікових навантажень джерел енергії ЦС. Вироблена електрична енергія від МСАДЕ може генеруватися до ЦС, споживача або акумулюватися в АБ.

**Мета статті.** Обґрунтування методики щодо побудови математичної моделі, яка характеризує взаємодію споживачів з іншими складовими КСЕП з урахуванням концепції Smart Grid.

**Основні матеріали дослідження.** Об'єктом дослідження на предмет впровадження інтелектуальної мережі прийнято КСЕП, структурно-параметрична схема якої наведена на (рис.2).

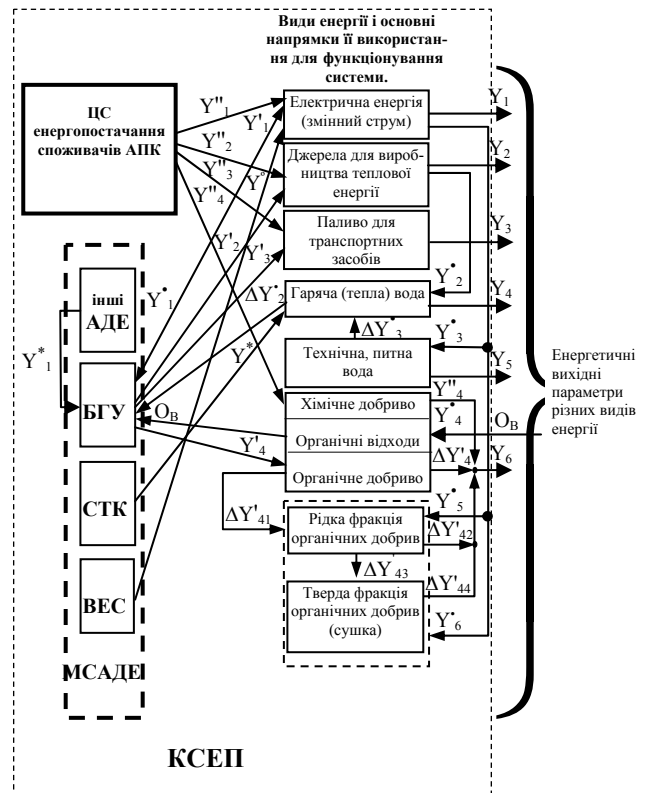


Рисунок 2 – Структурно-параметрична схема КСЕП споживачів АПК

Загальні обсяги вироблених  $i$  –  $ix$  видів енергії КСЕП ( $A_{\Sigma}$ ), які надходять до споживача (рис 2), у математичній формі відобразимо у вигляді рівнянь (1- 6) функції (1), де  $Y'_1, Y'_2, Y'_3$  – енергія біогазу, яка вико-

ристана для вироблення відповідно електричної, теплової енергії та палива для ДВЗ транспортних засобів;  $Y^e$ ,  $Y^*$  - електрична та тепла енергія, вироблена відповідно вітровою електростанцією (ВЕС) та сонячним тепловим колектором (СТК). Обсяги енергії залежать від відповідних параметрів, які є аргументами функції  $Y_i$

$$A_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Y_1 = Y_1^e + Y_1^* + Y^e - Y_1^* - Y_2^* - Y_4^* - Y_5^* - Y_6^* \\ Y_2 = Y_2^e + Y_2^* - Y_2^* \\ Y_3 = Y_3^e + Y_3^* \\ Y_4 = Y_4^e + Y^* + \Delta Y_2^* - \Delta Y_2^* \\ Y_5 = Y_5^e - \Delta Y_2^* \\ Y_6 = Y_4^e + \Delta Y_4^e + \Delta Y_{4,2}^e + \Delta Y_{4,4}^e + Y_4^* + Y_5^* + Y_6^* \end{bmatrix} = \left[ \sum_1^6 Y_i \right]. \quad (1)$$

В роботі за базисну станцію прийнято МСАДЕ на базі біогазової установки (БГУ). Чим більше енергії ( $\zeta_{вс}$ ) генерується від ВЕС і СТК та інших джерел енергії ( $\zeta_{ін}$ ), тим менше витрати біогазу ( $G_{ен}$ ) на власні потреби БГУ

$$G_{ен} = G_{БГУ} - \zeta_{вс} - \zeta_{ін}, \quad (2)$$

де  $G_{БГУ}$  – загальні обсяги біогазу, вироблені БГУ.

Загальне рівняння енергетичного балансу для прикладу вироблення електричної енергії  $Y_I$  має вигляд

$$Y^e + \eta_{вс}(G_{БГУ} - G_{ен}) + \eta_{вс}\zeta_{вс} - \Sigma \eta_i Y_I = Y_I, \quad (3)$$

де  $\eta_{вс}$ ,  $\eta_{вс}$ ,  $\eta_i$  – відповідно ккд перетворення енергії біогазу, вітру та інших  $i$ -тих джерел енергії в електричну.

Величина диференційованого економічного показника (ДЕП) від впровадження КСЕП в порівнянні з існуючою ЦС за  $t$ -й рік, виконується за формулою

$$\Delta P_t = B_{тн} - B_{тк} = B_{тн} - (\Delta B_{тн} + \Delta B_{та}), \quad (4)$$

де  $\Delta P_t$  – величина ДЕП від впровадження КСЕП за  $t$ -й рік, грн.;

$B_{тн}$  – грошові витрати на закупівлю енергоносіїв від ЦС за  $t$ -й рік, грн.;

$B_{тк}$  – грошові витрати на отримання загального обсягу різних видів енергії від КСЕП за  $t$ -й рік, грн.

$\Delta B_{та}$ ,  $\Delta B_{тн}$  – відповідно пайові витрати на отримання різних видів енергії від місцевої і централізованої систем в складі КСЕП за  $t$ -й рік, грн.

Цільова функція відповідає максимізації чистого економічного ефекту  $E_t$  від використання АДЕ за  $t$ -й рік

$$E_t = \Delta P_t - Z_{тб} \Rightarrow \max, \quad (5)$$

де  $Z_{тб}$  – додаткові затрати за  $t$  – й рік, пов'язані з впровадженням і експлуатацією МСАДЕ, обсяги яких складають

$$Z_{тб} = \Delta B_{та} + EK, \quad (6)$$

де  $E$  – банківська процентна ставка, в.о.;  
 $K$  – капітальні вкладення в проект МСАДЕ, грн.

**Висновки.** Обґрунтовано функціональні залежності обсягів споживання різних видів енергії, які можуть полягати в основу математичного моделювання КСЕП та складових ПАК з цільовим напрямком збільшення величини економічного ефекту.

#### Список використаних джерел

1. Обухов С. Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: учебное пособие / С. Г. Обухов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 84 с.

2. Ракутуниаина С. Х. Применение нетрадиционных возобновляемых источников энергии для энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей в Демократической Республике Мадагаскар: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Ракутуниаина Сулуфу Хери. – Х., 1992. – 161 с.

3. Дудніков С. М. Деякі аспекти проектування комбінованих систем енергопостачання з поновлюваними джерелами з врахуванням концепції Smart Grid / С. М. Дудніков // Комунальне господарство міст. Серія: енергоефективна техніка та технології в житлово-комунальному господарстві: науково-технічний збірник ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова 2014. – Вип. 118(1). – С. 67-71.

#### Аннотация

#### КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СЕТЯМИ (SMART GRID)

Дудников С. Н.

*Представлены функциональные зависимости, которые характеризуют на уровне формализации задачи построение математической модели системы энергоснабжения потребителей АПК с учетом концепции Smart Grid.*

#### Abstract

#### THE COMBINED ENERGY SUPPLY SYSTEM OF AGRICULTURAL CONSUMERS WITH INTELLIGENT NETWORKS (SMART GRID)

S. Dudnikov

*Presented functional dependencies that characterize the level of formulation of the problem construction of mathematical model b TEM of power supply of consumers of the AIC taking into account the concept of the Smart Grid.*