

В.І. Іщенко, к.т.н., доц.

І.В. Зімчук, к.т.н., доц.

О.В. Базелюк, асист.

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова  
Державного університету телекомунікацій*

## ДВОКООРДИНАТНА АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ ДЛЯ НАВЕДЕННЯ ПАНЕЛІ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ

*Викладено результати розробки двокоординатної системи автоматичного управління наведенням сонячної батареї. При побудові системи для підвищення точності наведення сонячної батареї на Сонце використано принцип зміни структури системи управління. Систему управління реалізовано у вигляді діючого макету. Працездатність системи доведено імітаційним моделюванням.*

**Ключові слова:** автоматична система; панель сонячної батареї; система управління.

**Постановка проблеми.** Високі темпи приросту споживання невідновних енергоресурсів (ядерне паливо, вугілля, природний газ, нафта) породжує глобальну проблему у пошуку та використанні альтернативних джерел електричної енергії. Для України основними джерелами електричної енергії, які відновлюються, є сонячна, вітрова, енергія великих та малих гідроелектростанцій, біогаз та біомаса тваринного та рослинного походження. Згідно з інформаційним бюлетенем з питань відновлювальної енергетики [4], потужність українських електростанцій, що використовують відновлювальні джерела енергії, станом на червень 2013 року досягла 0,9 ГВт, з яких 569,5 МВт припадає на сонячну енергію.

Ефективність електростанцій, які використовують енергію сонячного випромінювання, визначається правильною орієнтацією панелей сонячних батарей на Сонце. Підвищити ефективність перетворення фотонів сонячної радіації в електричну енергію передбачається можливим шляхом наведення панелей сонячних батарей таким чином, щоб вектор сонячних променів потрапляв на фотоелементи перпендикулярно. При цьому мінімізується коефіцієнт відбиття світла і, порівняно з нерухомими системами управління орієнтацією, віддача панелей сонячних батарей підвищується на 40 % [2].

**Огляд останніх досліджень.** Основу систем управління орієнтацією панелей сонячних батарей складає автоматизований електропривід постійного струму. Такі системи будуються за пасивним або активним принципами управління. Пасивний метод управління передбачає наведення панелі сонячної батареї за результатами розрахунку сферичних координат Сонця [5]. В таких системах помилка наведення з часом збільшується за рахунок наявності помилок визначення географічних координат панелі сонячної батареї та розрахунку сферичних координат Сонця. Пасивний метод управління є грубим, точність якого залежить від топографічної прив'язки місця розташування панелі сонячних батарей. Ця обставина призводить до необхідності проводити початкову ініціалізацію системи наведення через деякий час. Активний метод управління ґрунтується на використанні автоматичних слідкувальних систем, функціонування яких базується на принципі керування за відхиленням з датчиками сонячного положення (ДСП) [1, 3]. Недоліком таких систем є низька точність наведення панелі сонячної батареї у похмуру погоду. Позбавитись вказаних недоліків вбачається можливим шляхом суміщення у складі системи управління наведенням панелі сонячної батареї розглянутих принципів.

**Метою статті** є розробка двокоординатної автоматичної системи управління наведенням сонячної батареї для підвищення ефективності перетворення сонячної енергії в електричну шляхом досягнення високої точності наведення панелей сонячної батареї за рахунок суміщення у складі системи пасивного та активного принципів управління.

**Викладення основного матеріалу.** Досягти поставленої мети можливо шляхом реалізації системи управління зі змінною структурою. Принцип функціонування такої системи при управлінні за одною кутовою координатою пояснюється функціональною схемою (рис. 1). На рисунку 1 позначено: ПУ – пристрій управління; ППУ – пристрій програмного управління; КЕ – комутуючий елемент; ЕП – електропривід.

© Іщенко В.І., Зімчук І.В., Базелюк О.В., 2014

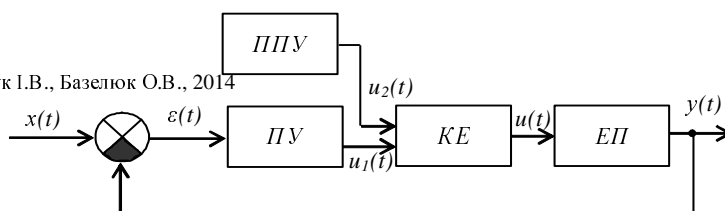


Рис. 1

Е сонячну погоду управління електроприводом панелі сонячної батареї здійснюється за замкненим циклом<sup>^</sup>

$$u(t) = u_1(t) . \quad (1)$$

Пристрій управління реалізує пропорційний закон управління:

$$u_1(t) = k\varepsilon(t) , \quad (2)$$

де  $\varepsilon(t) = x(t) - y(t)$  – кутове розузгодження;  $k$  – коефіцієнт перетворення;  $x(t)$  – напрямок на Сонце у сферичній системі координат (вхідна дія);  $y(t)$  – реальний напрямок оптичної осі сонячної батареї.

У разі відсутності прямих сонячних променів (похмура погода) засобами комутуючого елемента здійснюється перехід на програмне управління за розімкненим циклом:

$$u(t) = u_2(t) . \quad (3)$$

При цьому сигнал управління  $u_2(t)$  визначається згідно алгоритму PSA [5] за результатами розрахунку сферичних координат Сонця за формулами:

$$\beta(t) = \tan^{-1} \left( \frac{-\sin(\omega)}{\tan(\delta)\cos(\varphi) - \sin(\varphi)\cos(\omega)} \right); \quad (4)$$

$$\alpha(t) = \cos^{-1}(\cos(\varphi)\cos(\omega)\cos(\delta) + \sin(\delta)\sin(\varphi)), \quad (5)$$

де  $\varphi$  – географічна координата широти розташування панелі сонячної батареї;  $\delta$  – схилення;  $\omega$  – часовий кут;  $\alpha$ ,  $\beta$  – сферичні координати Сонця відносно місця розташування слідкувальної системи.

Викладено принцип функціонування системи управління зі змінною структурою реалізовано за функціональною схемою (рис. 2).

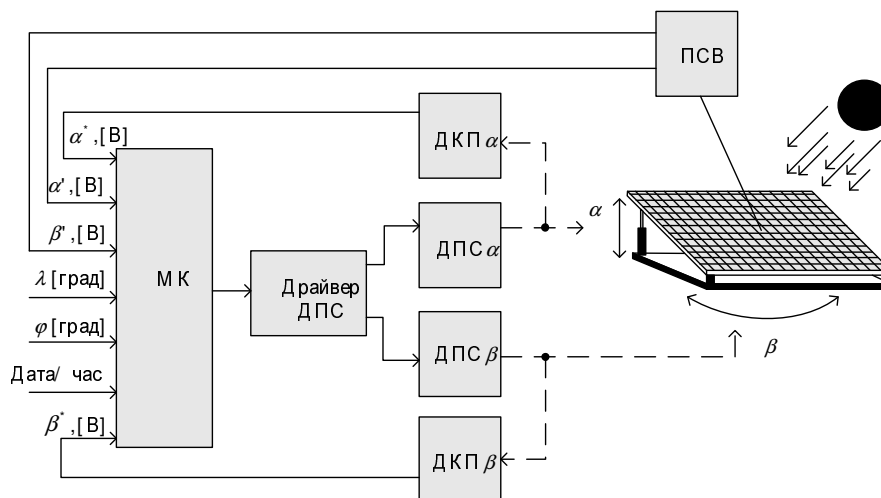


Рис. 2

На схемі позначено: МК – мікроконтролер; ДПС – двигун постійного струму; ДКП – датчик кутового положення; ПСВ – приймач сонячного випромінювання.

Основним елементом системи управління є мікроконтролер, який виконує такі функції:

- розрахунок координат Сонця у сферичній системі координат за (4) та (5);
- формування сигналу управління виконавчими двигунами постійного струму за алгоритмом PSA в режимі програмного управління;
- формування сигналу управління за (1) та (2) в режимі автоматичного супроводження;
- збір інформації про спрямованість сонячної батареї засобами ДКП;
- аналіз наявності вихідного сигналу з ПСВ;
- перемикання між режимами автосупроводження та програмного управління.

Вхідними даними для МК є: географічні координати довготи  $\lambda$  та широти  $\varphi$  розташування сонячної батареї; поточні дата та час за Гринвічем; результати вимірювань координат Сонця  $\alpha'$  та  $\beta'$  у сферичній системі координат; вихідні сигнали ПСВ  $\alpha^*$  та  $\beta^*$ .

У сонячну погоду за наявності вихідного сигналу ПСВ процес наведення панелі сонячної батареї реалізується за замкненим циклом (активний метод). В похмуру погоду або за іншого несприятливого

фактора, коли вихідний сигнал ПСВ відсутній, виміряні значення системою ігноруються і позиціонування панелі сонячної батареї системою проводиться в режимі програмного управління (пасивний метод).

Накопичення помилки при визначенні координат Сонця пасивним методом виявляється активним методом. Після чого проводиться корекція розрахунку значень координат  $\alpha$  та  $\beta$ .

Систему управління практично реалізовано на базі діючого фізичного макета слідкувальної системи (рис. 3).

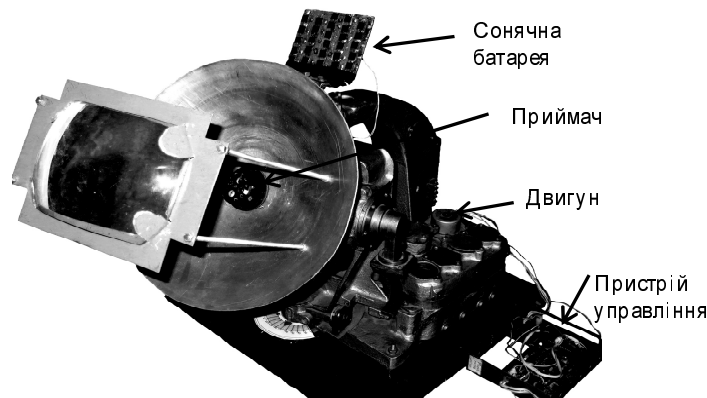


Рис. 3

Виконавчими елементами слідкувальної системи є двигуни постійного струму Д-75. ПСВ реалізовано на фототранзисторах. Використано 8-розрядний КМОП мікроконтролер Atmega16 (PDIP) виробника Atmel, який реалізований на базі розширеної RISC архітектури AVR. Програмне забезпечення для мікроконтролера написано мовою С у середовищі AVR Studio.

Дослідження процесу наведення панелі сонячної батареї здійснювалось відносно місця розташування системи у місті Житомир з географічними координатами  $\varphi = 50,254$  град. та  $\lambda = 28,658$  град. Результати дослідження підтвердили працездатність та ефективність розробленої системи управління.

**Висновки.** Таким чином, в роботі викладено результати теоретичних розробок та практичної реалізації двокоординатної системи автоматичного управління наведенням панелі сонячної батареї. Підвищення точності наведення сонячної батареї досягнуте за рахунок суміщення у складі системи пасивного та активного методів управління, на базі яких реалізовано принцип зміни структури. Наслідком підвищення точності наведення панелей сонячних батарей є підвищення ефективності їх функціонування. Результати теоретичних розрахунків доведено до практичної реалізації у вигляді діючого макета слідкувальної системи.

#### Список використаної літератури:

1. *Жарков В.Я.* Система автоматичного повороту фотопанелі побутової фотоелектростанції за Сонцем / *В.Я. Жарков, Д.О. Верещакін, М.О. Пешков* // Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих : зб. наук. праць XIII наук.-тех. конф. аспірантів та студентів. – Донецьк : ДонНТУ, 2013. – 441 с.
2. *Байерс Т.* 20 конструкций с солнечными элементами / *Т.Байерс.* – М. : Мир, 1988. – 197 с.
3. *Яковлева А.А.* Система управления панелью солнечных батарей с двумя степенями свободы / *А.А. Яковлева* // Електроніка та системи управління. – 2012. – № 2(32).
4. *Kubrushko Yu.* Ukraine renewable energy newsletter. Issue #27 / *Yu. Kubrushko, L.Surzhenko* // Ukraine renewable energy newsletter. – Issue 19, oct. 2013.
5. *Solar Energy.* – Vol. 70, № 5. – 2001 Manuel Blanco-Muriel Computing the solar vector// *Manuel Blanco-Muriel, Diego C. Alarco´ N-padilla, Teodoro lo´ Pez-Moratalla, Mart´in Lara-Coira* Computing the solar vector.

ЩЕНКО Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова Державного університету телекомунікацій.

Наукові інтереси:

– алгоритми оцінювання та управління для сучасних інформаційно-керуючих систем.

ЗІМЧУК Ігор Валерійович – кандидат технічних наук, доцент, старший викладач кафедри автоматизованих систем управління, Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова Державного університету телекомунікацій.

Наукові інтереси:

– алгоритми адаптивного оцінювання та управління для сучасних інформаційно-керуючих систем.

БАЗЕЛЮК Олександр Володимирович – асистент кафедри комп'ютерних систем, Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова Державного університету телекомунікацій.

Наукові інтереси:

– проектування систем управління.

Стаття надійшла до редакції 22.10.2014

**Ищенко В.И., Зімчук І.В., Базелюк О.В.** Двокоординатна автоматична система управління зі змінною структурою для наведення панелі сонячної батареї.

**Ищенко В.И., Зімчук І.В., Базелюк А.В.** Двухкоординатная автоматическая система управления с переменной структурой для наведения панели солнечной батареи.

**Ishchenko V.I., Zimchuk I.V., Bazelyuk O.V.** Twoco-ordinate automatic control system with a variable structure for aiming of panel the sunny battery.

УДК 681.518

**Двухкоординатная автоматическая система управления с переменной структурой для наведения панели солнечной батареи / В.И. Ищенко, И.В. Зімчук, А.В. Базелюк**

В статье изложены результаты разработки двухкоординатной системы автоматического управления наведением солнечной батареи. При построении системы для повышения точности наведения солнечной батареи на Солнце использован принцип изменения структуры системы управления. Система управления реализована в виде действующего макета. Работоспособность системы доказана имитационным моделированием.

**Ключевые слова:** автоматическая система; панель солнечной батареи; система управления.

УДК 681.518

**Twoco-ordinate automatic control system with a variable structure for aiming of panel the sunny battery / V.I. Ishchenko, I.V. Zimchuk, O.V. Bazelyuk**

In the article the results of development of the twoco-ordinate automatic control system for aiming of sunny battery are expounded. At the construction of the system for increase the exactness of aiming the sunny battery principle of change the structure of control system is used. Control system is realized as an operating model. The capacity of the system is well-proven by an imitation design.

**Keywords:**