

## ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ВІДСЛІДКУВАННЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ

**Постановка проблеми.** Фотоелектрична енергетика розпочала інтенсивно досліджуватися як екологічно чиста технологія з 1970-х років у зв'язку з практичною нескінченністю її енергетичних ресурсів і відсутністю викидів вуглекислого газу. Однак низька ефективність і висока вартість на одиницю потужності є найбільшою проблемою системи, яка запобігає широкому використанню таких систем і сьогодні. Методика ефективного використання фотоелектричних систем, відома як відслідковування точки максимальної потужності (*MPPT – maximum power point tracking*), дає змогу отримати максимальну кількість енергії, яку можуть виробити фотоелектричні елементи – сонячні батареї (СБ).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день існують різноманітні алгоритми MPPT. Найбільш поширеним з них є метод підйому на вершину, який досягає оптимальної робочої точки шляхом зміни робочої напруги або струму, поки потужність не стає максимальною [1]. Але методи підйому на вершину та спроб і спостережень можуть не спрацювати в швидкозмінних атмосферних умовах.

Інші методи, які повністю відрізняються від підйому на вершину, теж варті уваги. Деякі з них визначають оптимальний робочий струм на основі струму короткого замикання даної СБ [2]. Ці методи використовують пропорційну залежність оптимальної робочої точки СБ від її струму короткого замикання.

Пошук MPP на основі нечітких регуляторів теж добре працює при різних атмосферних умовах. Тим не менше, їх ефективність багато в чому залежить від знань користувача або контролю інженера у виборі правильного обчислення помилки і правильного створення таблиці бази правил [3].

Потрібно відзначити, що більшість алгоритмів керування можуть бути застосовані лише з використанням мікропроцесорів та інших засобів цифрової техніки і лише одиничні варіанти допускають реалізацію на аналоговій техніці.

Надзвичайно цікавим є метод швидкого відстеження наближеної точки максимальної потужності представлений у [4], який працює у дві стадії: на першій – робоча точка швидко переміщується близько до точки максимуму, а на другій стадії з використанням одного з відомих методів відбувається точний пошук максимуму. На першій стадії система відстежує проміжну змінну  $\beta$  замість відстеження потужності. Це дає змогу подолати обмеження інших методів, оскільки немає змоги передбачити крок ітерацій і період ввімкнення ШПП, які необхідні для визначення точки максимуму. Для швидкого відстеження на першій стадії не потрібно точності, бо на другій стадії інший метод достовірно визначить точку максимуму, тому запропонований алгоритм особливо придатний для швидко змінних метеорологічних умов. Проте навіть у цьому методі є свої недоліки, тому було запропоновано новий метод MPPT на основі додатного зворотного зв'язку [5].

**Метою статті** є опис результатів вдосконалення розробленого методу пошуку точки максимальної потужності з використанням додатного зворотного зв'язку.

**Виклад основного матеріалу.** У роботі [5] показано, що для забезпечення перебування системи з додатним зворотним зв'язком у точці екстремуму величина коефіцієнту зворотного зв'язку повинна дорівнювати

$$k_f = 1/K_e, \quad \text{де} \quad K_e = \frac{f(x_e)}{x_e} \quad - \quad \text{статичний}$$

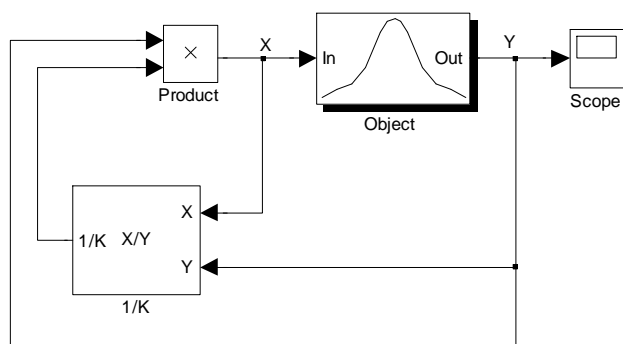


Рис. 1 – Комп'ютерна модель екстремальної системи за пропонуванним алгоритмом

коефіцієнт підсилення системи в точці екстремуму,  $x_e$  – значення аргументу в точці екстремуму. Здійснення такої системи можливе у випадку вимірювання в усталеному режимі вхідного  $X$  і вихідного  $Y$  сигналів і розрахунку на основі їхніх значень величини статичного коефіцієнту підсилення об'єкта  $K$  і оберненої до нього величини  $1/K$  (функціональна схема комп'ютерної моделі такої системи показана на рис. 1).

Таким чином, для побудови екстремальної системи з використанням додатного зворотного зв'язку необхідно обчислювати коефіцієнт підсилення системи в кожен момент часу з певним кроком  $h$ . Запропонована в роботі [5] реалізація алгоритму мала невисоку швидкість відслідковування точки екстремуму, через що виникла потреба вдосконалення власне алгоритму.

В алгоритмі [5] пошук розпочинають з точки рівноваги системи з додатним зворотнім зв'язком, що знаходиться на спадаючій ділянці характеристики  $y = f(x)$  (у цю точку система з додатним зворотним зв'язком переходить після закінчення перехідного процесу пуску). У запропонованому алгоритмі коефіцієнт  $K$  у точці екстремуму визначають з умови максимуму, тобто  $y_{\max} = f(x_{\max})$ .

Для прискорення збіжності алгоритму пошуку використано модифіковане рівняння  $y_i = f(x_i + \Delta_i)$ , де  $\Delta_i$  – приріст аргумента  $x$  (вхідної координати) за час  $h$ . Приріст вибирають пропорційним з коефіцієнтом  $k_p$  до похідної кривої потужності  $y(x)$  та описують рівнянням  $\Delta_i = k_p \cdot y'$ , де  $y' \cong \frac{\Delta y}{\Delta x}$  – наближене значення похідної, яке визначають за поточними відліками вхідної та вихідної координат.

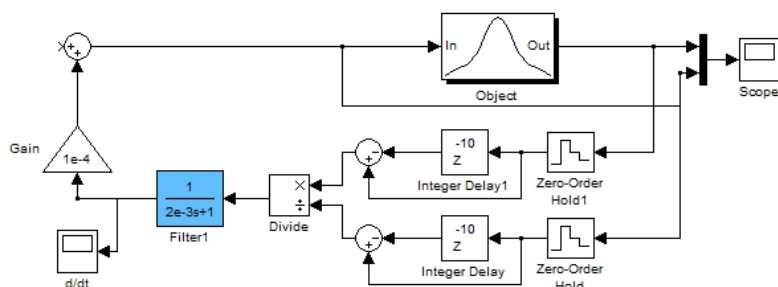


Рис. 2 – Структурна модель визначення похідної  $y'$

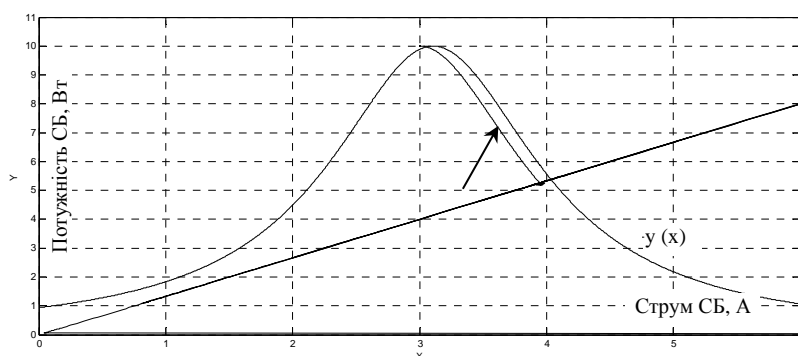


Рис. 3 – Траєкторія пошуку точки екстремуму за вдосконаленим алгоритмом

Таким чином, задача вдосконалення алгоритму [5] зводиться до визначення за поточними відліками приросту функції  $\Delta y$  стосовно приросту аргумента  $\Delta x$  і наступної корекції значення аргументу  $x$ .

Практичну реалізацію такого підходу реалізовано в середовищі MATLAB + Simulink, структурну модель вузла визначення наближеного значення похідної показано на рис. 2.

Експерименти на комп'ютерній моделі показали, що процес знаходження екстремуму прискорюється у випадку коректного підбору кроку  $h$ . Значення кроку дискретизації для обчислення похідної вибирають з умови закінчення перехідних процесів у керованому об'єкті (у випадку реалізації алгоритму MPPT – сонячній батареї).

Результат роботи вдосконаленого методу MPPT у вигляді траєкторії пошуку точки екстремуму наведено на рис. 3.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що використання запропонованої модифікації

алгоритму пошуку точки максимальної потужності на основі додатного зворотного зв'язку забезпечує швидке переміщення до точки максимуму з наступним її відслідковуванням.

### Література

- [1] C. Hua, J. Lin, and C. Shen, Implementation of a DSP-Controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking. – IEEE Trans. on Ind. Elec., 1998. - Vol. 45, No. 1, p. 99-107.
- [2] Toshihiko Noguchi, Shigenori Togashi, and Ryo Nakamoto, Short-Current Pulse-Based Maximum-Power-Point Tracking Method for Multiple Photovoltaic-and-Converter Module System. – IEEE Trans. on Ind. Elec., 2002. – Vol. 49, No. 1, p. 217-223.
- [3] N. Patcharaprakiti and S. Premrudeepreechacharn, Maximum power point tracking using adaptive fuzzy logic control for grid-connected photovoltaic system. – IEEE Power Eng. Soc. Winter Meet., 2002. – p. 372–377.
- [4] Sachin Jain, and Vivek Agarwal, A New Algorithm for Rapid Tracking of Approximate Maximum Power Point in Photovoltaic Systems. – IEEE Power Electronic Letters, 2004. – Vol. 2, No. 1.
- [5] Мороз В. Новый алгоритм экстремального керування / В. Мороз, Я. Марущак, О. Турич // XIX Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми автоматизованого електроприводу" : Електромеханічні та енергозберігаючі системи. Тематичний випуск "Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика" науково-виробничого журналу. – Кременчук : КрНУ. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – (660 с.) – С. 419–420.