

УДК 620.92+621.31

Костюк В.О., к.т.н, Радченко О.Л., к.т.н.,  
Інститут загальної енергетики НАН України,  
Аксьонова О.С., магістрант, Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

### МОДЕЛЬ СФЕУ З ВІДСТЕЖЕННЯМ КУТА СХОДЖЕННЯ СОНЦЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРО-ПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ТА З ВРАХУВАННЯМ ЗМІННОГО ПОКАЗНИКА ІНСОЛЯЦІЇ

Підвищення ефективності систем енергопостачання споживачів з використанням традиційних фотоелектричних перетворювачів сонячного випромінювання в електричну енергію (ФЕП) досягають шляхом належного спрямування потоку сонячної енергії на площину панелей ФЕП. Порівняно вищий рівень утилізації енергії сонячного випромінювання може бути забезпечено стандартними панелями ФЕП, оснащеними пристроями відстеження азимутального кута Сонця протягом доби [1], що, однак, потребує додаткового простору для розташування групи таких панелей (столів) СФЕУ.

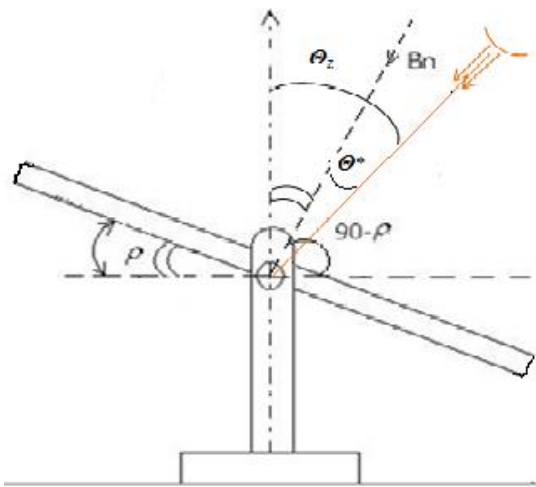


Рис. 1

З метою оцінювання можливостей збільшення обсягу електроенергії, яка продукується ФЕП, виконано моделювання СФЕУ зі столами, оснащеними промисловими електромеханічними пристроями стеження марки DuraTrack HZv3 виробництва компанії Agru Technologies.

Стеження за кутом падіння сонячного проміння  $\theta^*$  на таку панель здійснюють зміною кута нахилу сонячної панелі  $\rho$  (рис. 1): це є кут нахилу стола «до Сонця» у процесі його руху по небосхилу зі сходу на захід, у поточний момент часу відносно горизонтального положення. Робочі значення кута  $\rho$  для обраних слідкуючих пристроїв протягом світлового періоду доби обираються автоматизованою слідкуючою системою з робочого діапазону  $[-52^\circ \text{ до } 52^\circ]$ .

Розрахункове співвідношення  $R_\rho$  (коефіцієнт погодинного рівня інсоляції та/або обсягу перетвореної енергії) відносно обсягу енергії, виробленої розташованою горизонтальною панеллю ФЕП, для стола із пристроями стеження HZv3 визначається за формулою:

$$R_\rho = \frac{B_n \cos \theta^*}{B_n \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta^*}{\cos \theta_z}; \quad \theta^* = \theta_z - \rho, \quad (1)$$

де  $B_n$  – фіксований обсяг прямого сонячного випромінювання,  $\theta^*$  – кут падіння сонячного проміння, який вимірюється між напрямком сонячного випромінювання і нормаллю до площини стола СФЕУ. У полудневу годину для екватора  $\rho = \theta^* = \theta_z|_{T=12} = 0$ , а загалом *зенітний* кут Сонця  $\theta_z$  обчислюють в залежності від широти  $\varphi$  та кута схилення  $\delta$  для годинного кута  $\omega_T$ , що відповідає поточному часу світлового періоду доби  $T$  [2]:

$$\cos \theta_z = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega_T + \sin \varphi \cdot \sin \delta; \quad \omega_T = 15(12 - T). \quad (2)$$

Важливим фактором обмеження обсягу виробленої СФЕУ електроенергії є хмарність. Її вплив на інсоляцію поверхні столів має мінливий характер, врахування якого можливе шляхом

імітаційного моделювання на основі детерміновано-стохастичних моделей [3]. У [4] запропоновано усереднену залежність між хмарністю та інсоляцією нижче її рівня по висоті:

$$I_c/I_f = 1 - c^2/2; \quad c = S_c/S_f, \quad (3)$$

де  $I_c$ ,  $I_f$  – інсоляції за хмарності на небі та в умовах безхмарного неба відповідно,  $S$  – вся площа небесного простору, яка спостерігається у ясну погоду,  $c$  – коефіцієнт, який враховує рівень хмарності,  $S_c$  – частина площі  $S$ , яка закрита хмарами. Формулу (3) застосовують безпосередньо для визначення впливу хмарності на обсяг генерованої СФЕУ енергії, для чого розрахункові значення  $I_c$  та  $I_f$  слід домножити на дійсну сумарну площу поверхні панелей ФЕП (всіх робочих столів СФЕУ).

Результати моделювання СФЕУ оснащеної електромеханічними пристроями DuraTrack HZv3, що забезпечують синхронне обертання всіх її столів навколо горизонтальної осі, та із врахуванням впливу хмарності за різних значень коефіцієнта  $c$  подано графічно на рис. 2.

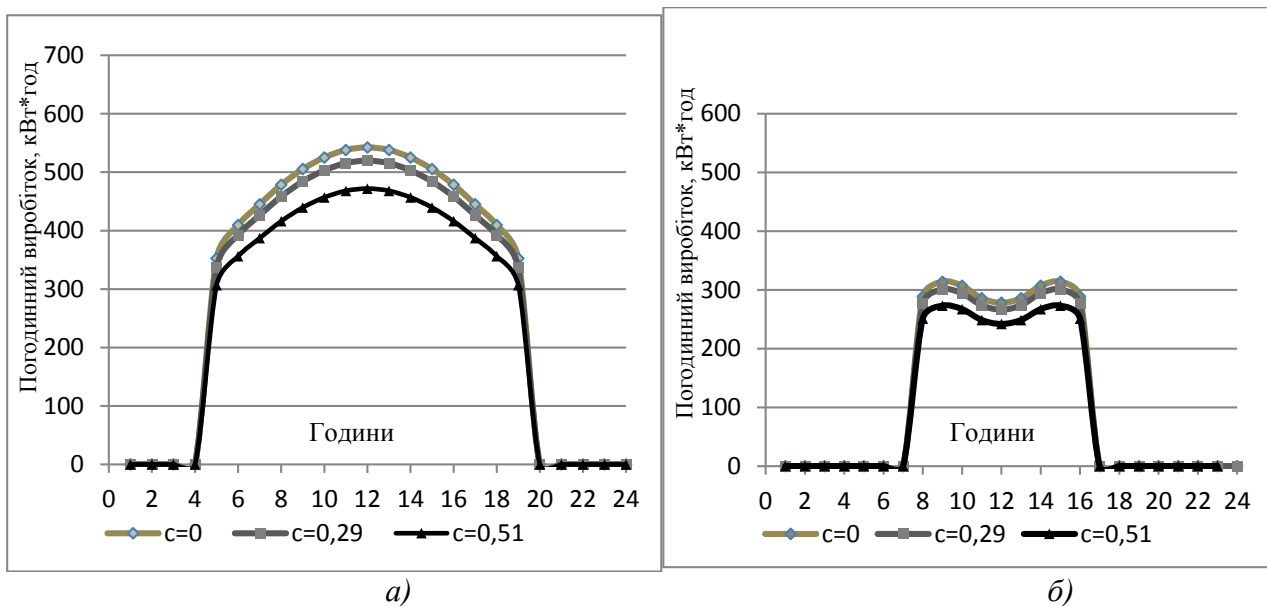


Рис. 2 Погодинний виробіток енергії СФЕУ: а) для характерного дня травня; б) для характерного дня листопада

Розрахункові криві на діаграмі рис. 2 наведено для географічних координат міста Києва з розрахунку на 1,0 МВт<sub>пик</sub> встановленої потужності ФЕП. Крива з урахуванням значення коефіцієнта хмарності  $c = 0,51$  є найбільш ймовірною виходячи з аналізу кліматичних умов обраного географічного місця.

Діаграми розрахункових значень обсягів добового вироблення електроенергії демонструють, що встановлення пристроїв відстеження положення Сонця може компенсувати 80–90% зменшення виробітку, обумовленого хмарністю та максимізує утилізацію сонячної енергії. Використання ФЕП із жорстко фіксованим положенням панелей характеризується нижчими обсягами виробітку електроенергії, що рівноцінно ефекту невикористання проектно встановленої потужності СФЕУ.

Список використаних джерел:

1. Костюк В.О., Аксьонова О.С. Модель добового електропостачання об'єкта, оснащеного фотоелектричною установкою з максимальним використанням сонячної енергії //Вісник ХНТУ сільського господарства ім. П. Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Випуск 165. – 2016. – С11–13.

2. Iqbal M. An introduction to solar radiation. Toronto: Academic press, 1983.

3. Костюк В.О. Системний огляд методів дослідження енергоустановок з мінливими технологічними показниками й практичні аспекти моделювання /В.О. Костюк // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – №2. – С.39–47.

4. Б. Дж. Бринкворт Солнечная энергия для человека. Пер. с англ. / Под ред. Б.В. Тарнижевского. – М.: Мир, 1976. – 291 с.