

УДК 62-52 / 621.311.48 / 621.548

Р. В. Жесан, доцент, канд. техн. наук; В. О. Решетняк, магістр; О. П. Голик, аспірант
Кіровоградський національний технічний університет

До питання попереднього визначення кількості сонячної енергії при проектуванні систем енергопостачання з сонячними установками

Розглянуті окремі наукові моменти, що стосуються попереднього визначення наявної кількості сонячної енергії при проектуванні систем енергопостачання на основі сонячних установок.

геліоенергетика, сонячна енергія, енергетичний потенціал, випромінювання, сонячна установка, сонячна батарея, теоретичні та експериментальні дослідження, статистичний аналіз

Сонячне світло, сонячне тепло живить все живе на Землі і є першоджерелом для багатьох різновидів енергії. В даний час, коли людством усвідомлена небезпека інших видів енергетики, невимірно зросли потреби і звужилися можливості їх задоволення, воно повертається до витоків – сонячної або геліоенергетики.

В даний час питанням використання відновлюваних джерел енергії приділяється серйозна увага. Ці джерела енергії розглядаються як істотне доповнення до традиційних. Серед поновлюваних джерел енергії сонячна радіація по масштабах ресурсів, екологічній чистоті і повсюдній поширеності найбільш перспективна на всій території України.

У нашій державі вже зараз і в найближчій перспективі можна використовувати сонячну енергію для нагріву води і опалювання житлових і виробничих приміщень, сушіння сільськогосподарської продукції, вирощування овочів, розсади, опріснення води і отримання помірного холоду [1-5].

При проектуванні систем, в яких використовуються сонячні установки, постає проблема оцінки кількості наявних енергоресурсів.

Для визначення кількості енергії, що надходить від Сонця в конкретній місцевості, де планується використовувати енергосистеми із сонячними установками, можна скористатись двома способами:

- теоретичними наближеними методами, які базуються на різних астрономічних та кліматичних даних і їхньому зв'язку із сонячним випромінюванням (СВ.);
- шляхом активного експерименту із застосуванням метрологічних засобів та методів статистичного аналізу даних.

Скористаємося обома цими способами для визначення окремих енергетичних характеристик СВ в м. Кіровограді. Опис проведених досліджень та представлення результатів і буде метою даної статті.

Теоретичне визначення кількості енергії, що надходить від Сонця.

Кількість сонячної енергії, що потрапляє на горизонтальну площину, яка лежить на земній поверхні, сильно залежить від широти місцевості. Відношення середньомісячних приходів сонячної радіації в червні і грудні із збільшенням широти зростає. Ще в більшій мірі розрізняється надходження сонячної енергії в найкращий і найгірший дні року, при цьому відношення може досягати 50. Ці дані свідчать про велику зміну протягом року кількості сонячної енергії, що надходить, а отже, і про подібну зміну кількості виробленого тепла

геліосистемами.

Для розрахунку кількості сонячної енергії, що надходить на похилу променепоглинаючу поверхню, необхідно знати кути падіння сонячних променів на похилу і горизонтальну поверхні в даному місці.

Положення деякої точки А на земній поверхні щодо сонячних променів в даний момент часу визначається трьома основними кутами (рис. 1) [1, 2]:

- широтою місцеположення точки φ ;
- годинниковим кутом ω ;
- схиленням Сонця δ .

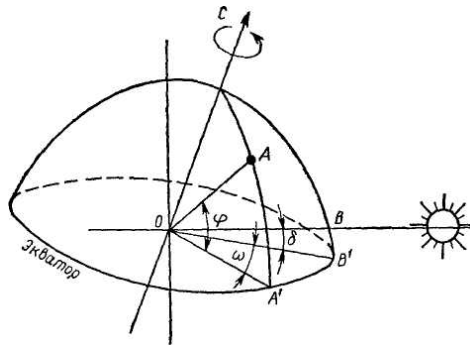


Рисунок 1 – Схема видимого руху Сонця небосхилом

Поряд з трьома основними кутами (φ, ω, δ) у розрахунках сонячної радіації використовують також зенітний кут z , кут висоти α та азимут a Сонця (рис. 2).

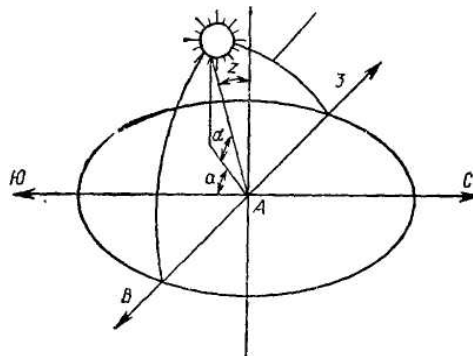


Рисунок 2 – Траєкторія Сонця з точки зору спостерігача на земній поверхні

З метою одержання об'єктивної інформації про СВ й оцінки вірогідності різних методик його розрахунку необхідно користуватися даними метеостанцій даного досліджуваного регіону, але такої можливості ми не маємо, тому будемо користуватись даними попередніх досліджень [1-5].

Наша місцевість відноситься до тих районів, де немає даних безпосередніх вимірювань, що спонукає знайти інший метод визначення енергетичного потенціалу сонця.

Існує математичне співвідношення [3], яке дозволяє визначати густину потоку СВ (інтенсивність) за висотою сонцестояння α та висотою місцевості над рівнем моря H :

$$I = 850 + 520 \cdot \sin \alpha - 495 \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^{-\frac{H}{1500}} . \quad (1)$$

Середню висоту місцевості над рівнем моря H неважко знайти за фізичними картами.

Так для м. Кіровограда, наприклад, $H \approx 80$ м.

Кут висоти сонцестояння, у градусах, для співвідношення (1) знаходиться з умови [1]:

$$\alpha = 90 - i + \delta, \quad (2)$$

де i – географічна широта місця, градус;

δ – кут схилення Сонця, градус.

$$\delta = \delta_0 \cdot \sin(360 \cdot [284 + n] / 365). \quad (3)$$

де $\delta_0 = 23,50$ – кут нахилу земної вісі;

n – порядковий номер дня в році.

Існує також математичне співвідношення [2, 5], яке дозволяє визначати густину потоку СВ (інтенсивність) за відомим значенням освітленості і часу освітлення (вектор Пойнтінга):

$$I = E \cdot H, \quad (4)$$

де H – освітленість.

Оскільки

$$H = E \cdot t, \quad (5)$$

то формула (4) може бути записана у вигляді

$$I = E^2 \cdot t. \quad (6)$$

Для перевірки працездатності співвідношень (1) та (6) необхідно провести експериментальні дослідження.

Практичне визначення освітленості, що потрапляє на одиницю площі земної поверхні.

Експериментальні дослідження полягали у визначенні інтенсивності СВ в м. Кіровограді за трьохмісячний період (лютий-квітень 2006 р.)

Необхідні енергетичні показники сонця в даній місцевості, а також інформація щодо кількості можливого перетворення сонячної енергії у електричну були здобуті в польових умовах за допомогою сонячної батареї кремнієвої БСК-2 (батарея сонячна кремнієва виробництва Заводу чистих металів, м. Світловодськ Кіровоградської області) та люксметра Ю116 (переносний фотоелектричний люксметр загальнопромислового призначення, який використовується для контролю освітленості в промисловості, у сільському господарстві, на транспорті та інших галузях народного господарства, а також для досліджень, що проводяться в наукових, конструкторських і проектних організаціях).

Протягом лютого-квітня 2006 р. проводились заміри люксметром освітленості та відповідні останній миттєві значення вихідних параметрів сонячної батареї – напруга та сила струму.

Результати вимірювань зведені до табл. 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань

Дата	Час	Вхідна величина	Вихідні величини		Дата	Час	Вхідна величина	Вихідні величини	
		Освітленість, 10 ⁻⁴ Лк	Напруга, В	Струм, мкА			Освітленість, 10 ⁻⁴ Лк	Напруга, В	Струм, мкА
11.02.2006	9:13	14	2	145	13.03.2006	8:34	19	1,7	247
11.02.2006	14:04	19	3	330	13.03.2006	16:01	12	1,1	203
13.02.2006	10:56	33	3,3	395	14.03.2006	9:02	19	3,1	198
13.02.2006	16:35	9	1,6	200	14.03.2006	15:27	11	2,4	318
14.02.2006	8:53	23	2,3	188	15.03.2006	8:44	9	2,5	203
14.02.2006	16:35	4	2,4	200	15.03.2006	17:00	6	1,2	208
15.02.2006	11:26	20	4,3	970	16.03.2006	8:54	8	2,1	74
15.02.2006	16:45	8	2,1	245	16.03.2006	15:37	6	1,4	197
17.02.2006	9:03	19	4,1	774	17.03.2006	8:41	9	1,1	185
17.02.2006	12:00	33	5,3	1000	17.03.2006	15:12	9	2,5	110
20.02.2006	9:25	15	3,3	384	18.03.2006	9:36	20	3	222
20.02.2006	16:52	4	1,8	131	18.03.2006	14:51	13	3,5	303
21.02.2006	9:56	12	3,8	378	20.03.2006	9:13	36	2,7	475
21.02.2006	15:56	4	1,7	134	20.03.2006	15:28	4	1,8	1617
22.02.2006	8:52	5	1,7	126	21.03.2006	8:56	19	3,7	133
22.02.2006	16:40	2	0,8	84	21.03.2006	16:03	13	3,2	537
23.02.2006	9:36	13	3,3	389	22.03.2006	8:33	16	2,9	356
23.02.2006	17:06	3	1,2	83	22.03.2006	16:06	13	2,2	285
24.02.2006	9:12	6	1,4	99	23.03.2006	8:03	6	1,2	172
24.02.2006	16:34	4	1,8	152	23.03.2006	15:08	24	3,1	72
25.02.2006	9:13	5	2,2	187	24.03.2006	10:06	14	2,8	616
25.02.2006	14:55	3	1,4	123	24.03.2006	15:48	11	2,3	266
27.02.2006	8:55	9	2,6	246	27.03.2006	9:15	25	3,4	231
27.02.2006	16:33	3	1,2	85	27.03.2006	17:13	11	1,2	397
28.02.2006	9:31	14	3,6	500	28.03.2006	8:44	9	1,6	71
28.02.2006	16:52	5	1,1	71	28.03.2006	16:52	19	2,7	108
01.03.2006	8:56	11	1,9	140	29.03.2006	8:56	19	2,9	227
01.03.2006	15:29	6	1,8	130	29.03.2006	16:04	9	2,4	314
02.03.2006	8:57	33	3,1	342	31.03.2006	8:58	22	3,6	198
02.03.2006	15:32	26	3,3	378	31.03.2006	16:52	14	2,9	576
03.03.2006	9:20	41	4,1	789	01.04.2006	9:13	52	4,4	301
03.03.2006	15:56	21	3,5	458	01.04.2006	16:42	32	3,8	1482
04.03.2006	9:04	34	3,7	511	03.04.2006	8:07	38	3,1	615
04.03.2006	15:15	14	3,3	394	03.04.2006	15:30	36	2,7	298
06.03.2006	9:02	11	1,9	302	04.04.2006	9:23	42	4,6	304
06.03.2006	15:36	4	1,1	82	04.04.2006	17:02	25	2,3	512
07.03.2006	8:50	30	4,9	1975	05.04.2006	8:55	28	3,1	249
07.03.2006	15:35	11	3,1	301	05.04.2006	16:49	31	3,6	358
09.03.2006	9:08	26	2,7	316	06.04.2006	9:34	53	4,7	447
09.03.2006	15:18	21	1,6	475	06.04.2006	17:22	41	3,8	1765
10.03.2006	8:59	64	4,9	1898	07.04.2006	10:14	23	2,4	645
10.03.2006	16:10	9	1,9	136	07.04.2006	15:20	19	2,1	260
11.03.2006	9:04	39	4,1	823	08.04.2006	8:21	34	3,7	222
11.03.2006					08.04.2006	15:48	18	2	186

Спроба отримати значення інтенсивності за формулою (6), шляхом підстановки в неї миттєвих значень освітленості (див. табл. 1), і порівняти їх із значеннями інтенсивності для того

ж дня року, отриманими за співвідношенням (1) показали досить суттєві розбіжності. Це може бути пояснене, очевидно, дуже малим розміром вибірки та, можливо, потребою введення до (6) певних статистичних поправочних коефіцієнтів, оскільки формула (1) неодноразово перевірялась на практиці в умовах України та Сирії [3, 4]

За допомогою програмного пакету MATLAB 6.5 була здійснена статистична обробка записів реалізацій випадкових процесів (див. табл. 1). Тобто для кожного процесу визначались:

- математичне сподівання $m_x(t)$;
- дисперсія випадкового процесу $d_x(t)$;
- кореляційна функція кожного випадкового процесу $k_x(t_1, t_2)$;
- взаємні кореляційні функції між вхідними та вихідними процесами $k_{xy}(t)$;
- спектральну щільність кожного процесу $S_x(t)$;

У підсумку, за допомогою відомих параметрів, визначались передаточні функції кожного з випадкових процесів, графіки їх зміни у часі, а також взаємні передаточні функції вхідних та вихідних величин для того щоб показати їх залежність одна від одної. Графічні результати обробки даних наведені нижче на рис. 3 – рис. 7.

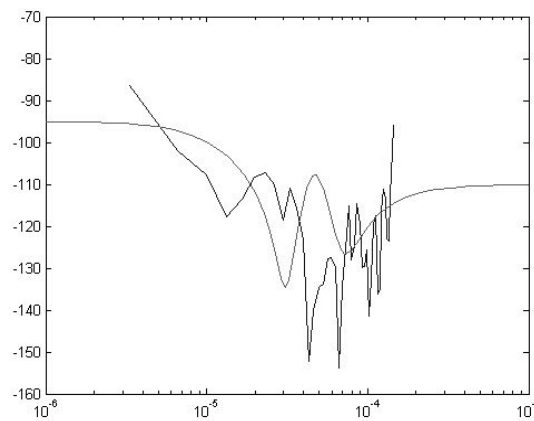


Рисунок 3 – Оцінка спектральної щільності освітленості та спектральна щільність освітленості

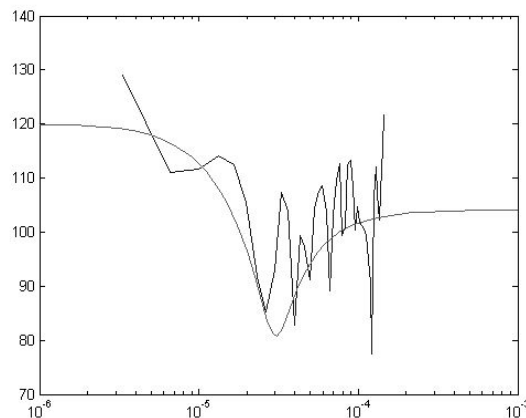


Рисунок 4 – Оцінка спектральної щільності струму та спектральна щільність струму

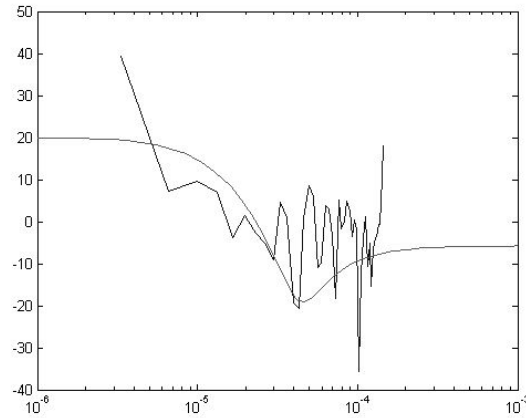


Рисунок 5 – Оцінка спектральної щільності напруги та спектральна щільність напруги

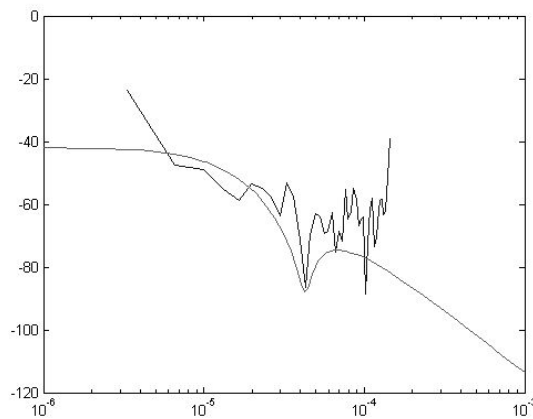


Рисунок 6 – Оцінка спектральної щільності взаємної передаточної функції між освітленістю та напругою і спектральна щільність взаємної передаточної функції між освітленістю та напругою

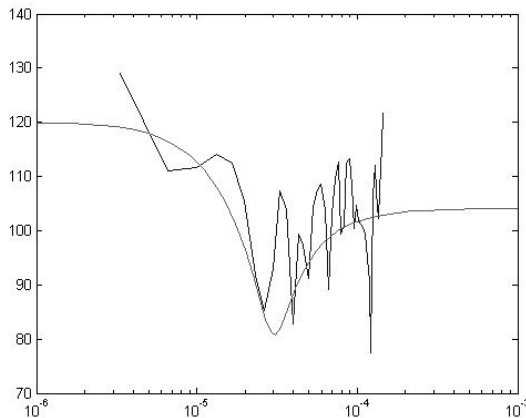


Рисунок 7 – Оцінка спектральної щільності взаємної передаточної функції між освітленістю та струмом та спектральна щільність взаємної передаточної функції між освітленістю та струмом

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили зробити наступні висновки.

Для визначення інтенсивності сонячного випромінювання у конкретній місцевості можна скористатись рядом функціональних залежностей. При цьому окремі з них для підвищення достовірності мають бути уточнені та доповнені статистичними поправочними коефіцієнтами

Для конкретного енергетичного обладнання (зокрема сонячних батарей певної

марки) можуть бути експериментально визначені миттєві вихідні характеристики та статистичні показники щодо можливої кількості виробленої енергії.

За допомогою сучасного програмного забезпечення здійснюється статистична обробка результатів і визначаються математичне сподівання, дисперсія, кореляційні функції, спектральні щільності.

Одержані статистичні параметри можуть бути використані при проектуванні систем енергопостачання із сонячними установками різної потужності.

При проведенні експериментальних досліджень слід максимально розширити вибірку, щоб одержати максимально статистично правдиві результати оцінки енергохарактеристик. Найоптимальнішим, очевидно є кількарічне систематичне спостереження у конкретній місцевості, де планується використовувати сонячні установки.

Список літератури

1. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.;
2. Мхитарян Н. М. Гелиоэнергетика. Системы, технологии, применение. – К.: Наукова думка, 2002. – 318 с.
3. Жесан Р. В., Джума А., Аналіз деяких методів попередньої оцінки кількості сонячної енергії при проектуванні систем енергопостачання з сонячними установками // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України” / Вип. 19. Том I. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 36-42.
4. Пащенко В. Ф., Жесан Р. В. Виявлення факторів, що впливають на ефективність роботи перетворювачів сонячної та вітрової енергії у складі комбінованого геліовітроенергетичного агрегату в умовах Кіровоградського регіону // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2000. – №1. – С. 86-92.
5. Конеченков А. В. Світ відновлювальних джерел. Будинки майбутнього // Зелена енергетика. – 2005. – №3. – С. 6-8.

Рассмотрены отдельные моменты, касающиеся предварительного определения наличествующей солнечной энергии при проектировании систем энергоснабжения на основе солнечных установок.

The separate moments, concerning preliminary definition of a present solar energy are considered at designing systems of power supply on the basis of solar plants.