

ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ ENERGY SYSTEMS AND COMPLEXES

УДК 621.311.1:620.92

В.А. Попов, д-р техн. наук, доц., О.С. Ярмолук, канд. техн. наук, ст. викл.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ І ГЕОГРАФІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Розроблено алгоритми оцінювання оцінок вихідної потужності систем сонячного теплопостачання, з урахуванням невизначеності ряду технічних характеристик обладнання, метеорологічного, географічного, та іншого факторів на основі використання елементів математичного апарату теорії нечітких множин. Встановлено, що при оцінюванні режимів роботи системи сонячного теплопостачання повною мірою враховані вітчизняні та міжнародні діючі нормативні документи, особливості фізичних процесів, що мають місце при перетворенні енергії відповідно сонячного випромінювання в теплову енергію. Удосконалено методика визначення обсягів теплоти, яка може бути отримана за допомогою систем сонячного теплопостачання в окремі характерні періоди доби, враховуючи невизначеність, пов'язану зі складністю прогнозування температури навколишнього повітря та хмарності неба. У роботі запропоновано структурну схему визначення вихідної потужності, що враховує наявність різноманітних паспортних даних, типових і технічних характеристик обладнання, та інших факторів.

Ключові слова: недостатність та недостовірність інформації, сонячне випромінювання, метеорологічні фактори, сонячний колектор.

Вступ. Формування інтегрованих систем енергозабезпечення, реалізація вимог концепції *Smart Grid*, процес інтелектуалізації енергетичних мереж, із однієї сторони, вимагають значного розширення й удосконалення інформаційної бази, проте, з іншого боку, масштабна інтеграція розосереджених джерел генерації електричної та теплової енергії, у першу чергу, альтернативних, яка має місце при цьому, підсилює вплив чинника невизначеності інформації. Питання можливості оснащення теплових мереж сучасною виміральною технікою, забезпечення достатності та достовірності інформації, завжди були принциповими для світової енергетики. Поряд із цим, наприклад, для електроенергетики активно вивчалася і проблема коректного оцінювання режимів із урахуванням об'єктивно існуючої невизначеності інформації. Окрім моделей навантажень вузлів електричної мережі, для оцінювання режимів інтегрованих електропостачальних систем необхідно з належним ступенем адекватності враховувати і відповідні характеристики джерел розосередженої генерації (РГ) й акумулювання електричної енергії, що інтегруються до системи. Адже, вихідні характеристики джерел РГ у значній мірі залежать від багатьох зовнішніх факторів, які важко однозначно визначити та спрогнозувати. Враховуючи характер даних, які реально доступні при визначенні вихідної потужності джерела, відповідні розрахункові моделі можуть бути адекватними лише за можливості врахування невизначеності початкової інформації.

Мета та завдання. Фізичні процеси, що лежать в основі роботи систем сонячного теплопостачання (ССТ), характеристика складових ССТ і геофізичні фактори, які впливають на їх роботу, унеможливають однозначне прогнозування режимів роботи та не дають змоги сформувати уніфікований підхід для формування вихідних характеристик джерел РГ. У зв'язку з цим необхідно запропонувати методика, яка дасть можливість найбільш раціональним чином задіяти всю наявну відповідну інформацію відносно характеристик джерела РГ, конкретних умов експлуатації та фізичних процесів, що лежать в основі її роботи, а також низки гідрометеорологічних факторів для оцінки вихідної потужності в окремі періоди часу, що може бути використано при розв'язанні задач побудови інтегрованих систем енергозабезпечення й оптимального керування їх режимами роботи.

Матеріал і результати досліджень. У загальному випадку на довільно-орієнтований приймальний майданчик сонячне випромінювання надходить у вигляді трьох потоків сонячної енергії [1]

$$E_{\Sigma}(t) = E_{\text{пр}}(t) + E_{\text{диф}}(t) + E_{\text{від}}(t),$$

де $E_{\text{пр}}(t)$ – пряме сонячне випромінювання, що реалізується у вигляді спрямованого потоку уздовж прямої лінії, що пов’язує собою сонце та приймальний майданчик на землі;

$E_{\text{диф}}(t)$ – дифузне сонячне випромінювання, що реалізується за рахунок спрямованого сонячного випромінювання, розсіяного в атмосфері землі хмарами, аерозолями, пилом тощо;

$E_{\text{від}}(t)$ – відбита від поверхні землі частина спрямованого сонячного випромінювання.

Оскільки плоскі сонячні колектори (СК) ССТ приймають лише пряму, а деякі моделі також і дифузну (розсіяну) сонячні радіації, будемо використовувати ці дві складові сонячної радіації в усіх подальших розрахунках [2]. Зауважимо, що значення сонячного випромінювання (сонячної інсоляції), яке надходить на довільно орієнтований СК у конкретний час, конкретному місці, визначається на підставі методики, наведеної у [3], яка повністю відповідає міжнародній практиці [2, 4-7], наприклад, реалізований у програмі *Sunny Design*.

Необхідно пам’ятати, що на сьогодні сонячна енергія широко використовується у багатьох країнах світу для виробництва теплової енергії, частіше всього – у вигляді гарячої води. Комплект ССТ (геліосистеми) включає такі складові: СК, бак-акумулятор, насосна група, контролер, розширювальний бак і теплоносій. У подальшому будемо розглядати плоскі СК, особливістю яких є те, що вони перетворюють у теплоту як пряме, так і розсіяне випромінювання. Областю їх застосування є нагрівання води для побутових та інших цілей, де достатня температура на рівні 60 °С, а саме – для гарячого водопостачання [2, 8–10]. Традиційні прості плоскі СК були спроектовані для застосування у регіонах із теплим сонячним кліматом. Вони різко втрачають в ефективності у несприятливі дні – у холодну, хмарну та вітряну погоду [8, 10].

Потужність на виході ССТ [2, 8–11]

$$Q_{\text{ССТ}} = Q_{\text{СК}} k_{\text{т.б}} k_{\text{в.б}} \eta_{\text{н}} = Q_{\text{СК}} k_{\text{т.б}} k_{\text{в.б}} \eta_{\text{Г}} \eta_{\text{о}} \eta_{\text{м}},$$

де $Q_{\text{ССТ}}$ – тепла енергія на виході зі ССТ отримана за одиницю часу, Вт/год;

$Q_{\text{СК}}$ – корисна енергія, яка відводиться з СК за одиницю часу, Вт/год;

$k_{\text{р.б}}$ – коефіцієнт, що враховує продуктивність ССТ, який залежить від розміщення баку: горизонтальне/вертикальне положення, в.о. (за наявності горизонтального бака продуктивність системи знижується на 10–20 % [11]);

$k_{\text{т.б}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти у баку, які залежать від безлічі факторів: температури оточуючого повітря, наявності вітру, пори року та т.д., і складають близько 0,5–1 °С на годину протягом ночі [11];

$\eta_{\text{н}}$ – повний ККД насосу, в.о., складає 0,68–0,91;

$\eta_{\text{Г}}$ – гідравлічний ККД, який враховує втрати енергії на подолання гідравлічного опору при русі рідини від входу насоса до виходу із нього, в.о., складає 0,8–0,95 [12];

$\eta_{\text{о}}$ – об’ємний ККД, який враховує втрати енергії при циркуляції рідини скрізь щілинні зазори між робочим колесом і корпусом насоса – від нагнітальної частини до всмоктувальної, в.о., складає 0,9–0,98 [12];

$\eta_{\text{м}}$ – механічний ККД, який визначає втрати енергії внаслідок тертя у підшипниках, сальниках та між поверхнею робочого колеса й самою рідиною, в.о., складає 0,95–0,98 [12].

Розрахунок корисної енергії, яка відводиться з СК за одиницю часу $Q_{\text{СК}}$ починають із визначення площі поверхні СК. Розмір СК залежить від добової потреби у гарячій воді. Розмір береться з паспортних даних СК або розраховується за співвідношенням [5]

$$A_{\text{СК}} = \frac{0,287 a C_{\text{в}} (t_{\text{Г}} - t_{\text{Х}})}{\eta E_{\text{пox}}},$$

де $A_{\text{СК}}$ – розрахункова площа поверхні СК, м²;

a – годинна витрата гарячої води, кг/год;

$C_{\text{в}}$ – питома ізобарна теплоємність води, $C_{\text{в}} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, або $C_{\text{в}} = 1 \text{ ккал}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

$t_{\text{Г}}$ – температура гарячої води, за відсутності даних приймається $t_{\text{Г}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ [5, 13];

$t_{\text{Х}}$ – температура холодної (водопровідної) води, за відсутності даних приймається $t_{\text{Х}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ у літній період та $t_{\text{Х}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ в опалювальний період [5, 13];

η – ККД устави сонячного теплопостачання, в.о.;

$E_{\text{пox}}$ – інтенсивність сумарної сонячної радіації на похилу поверхню, Вт/м².

ККД устави сонячного теплопостачання [5]

$$\eta = 0,8 \left\{ \theta - \frac{8\xi[0,5(t_1 + t_2) - t_{0,п}]}{E_{\text{пox}}} \right\},$$

де θ – приведена оптична характеристика СК прямої радіації, за відсутності даних приймається рівною для СК із одним шаром скла $\theta = 0,73$, для двох шарів – $\theta = 0,63$ [5];

ξ – приведений коефіцієнт теплових втрат СК, при відсутності даних приймається рівним для СК із одним шаром скла $\xi = 8$ Вт/м²·°C, для двох шарів – $\xi = 5$ Вт/м²·°C [5];

t_1 – температура води на вході до СК, °C, для дво- та триконтурних установок можна приймати $t_1 = t_x + 5$ [5];

t_2 – температура води на виході з СК, °C, для дво- та триконтурних установок можна приймати $t_2 = t_r$ [5];

$t_{0,п}$ – середнє значення температури оточуючого повітря, °C.

Теплова потужність плоского СК на виході – це різниця кількості сонячної енергії, яку поглинає пластина СК, та кількості енергії, яка втрачається у навколишньому середовищі [2, 4, 13, 14]

$$Q_{\text{СК}} = A_{\text{СК}} F_R [E_{\text{пox}} (\tau\alpha) - K_{\text{втр}} (t_1 - t_{0,п})] = a C_{\text{в}} (t_2 - t_1),$$

де F_R – коефіцієнт відводу теплоти з СК, в.о., значення якого залежить від типу СК [15];

τ – пропускна здатність прозорого покриття по відношенню до сонячного випромінювання, в.о., значення якого залежить від типу СК [15];

α – поглинальна здатність пластини СК по відношенню до сонячного випромінювання, в.о., значення якого залежить від типу СК [15];

$K_{\text{втр}}$ – повний коефіцієнт теплових втрат СК, Вт/м²·°C, значення якого залежить від типу СК [15].

Оцінювання режиму роботи СК може здійснюватися на підставі характерного графіка добової зміни температури навколишнього повітря для певного сезону року, виміряного у фактичному або передбачуваному місці розташування СК. Необхідно зазначити, що навіть за наявності можливості отримання достатнього обсягу статистичних даних, враховуючи добову та сезонну нестационарність реальних графіків зміни температури оточуючого повітря, є більш обґрунтованим при формуванні відповідних типових графіків орієнтуватися не на точкові (детерміновані), а на інтервальні оцінки ординат, формуючи їх за допомогою врахування довірчих інтервалів відповідних статистичних характеристик. Застосовані процедури у більшості випадків дають можливість аргументовано знизити рівень невизначеності сформованих добових інтервальних типових графіків зміни температури навколишнього повітря. Отже, оцінку температури для кожного періоду часу t отримуємо в інтервальному вигляді $[t_{0,п,t}, \bar{t}_{0,п,t}]$.

Маючи інтервальну оцінку температури навколишнього повітря $[t_{0,п,t}, \bar{t}_{0,п,t}]$, отриману на підставі відповідного типового графіка, визначаємо інтервальну оцінку теплової потужності СК на виході

$$[Q_{\text{СК,t}}, \bar{Q}_{\text{СК,t}}] = A_{\text{СК}} [F_R (\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - [t_{0,п,t}, \bar{t}_{0,п,t}])].$$

Подальші розрахунки залежать від характеру існуючої початкової інформації відносно ССТ: параметри плоского колектора, діапазон робочих температур, кількість прозорих покриттів і властивість поглинальної поверхні пластини (пофарбована вона чорною матовою фарбою чи має селективне покриття).

Очевидно, що, як було показано вище, такі показники, як коефіцієнт, що враховує продуктивність ССТ і втрати теплоти у баку, а також значення ККД, які беруть участь у розрахунках, також є невизначеними величинами. У цьому випадку зазначені характеристики задаються у вигляді нечітких чисел із трикутними ФН (рис. 1).

Тоді потужність на виході ССТ для окремих періодів часу t можна оцінити таким чином:

$$\tilde{Q}_{\text{CCT}_t} = [\underline{Q}_{\text{CK}_t}, \bar{Q}_{\text{CK}_t}] \tilde{k}_{\text{p.б}} \tilde{k}_{\text{т.б}} \tilde{\eta}_{\text{H}} = A_{\text{CK}} [F_R(\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - [t_{\text{o.п.}}, \bar{t}_{\text{o.п.}}]) \tilde{k}_{\text{p.б}} \tilde{k}_{\text{т.б}} \tilde{\eta}_{\text{H}}.$$

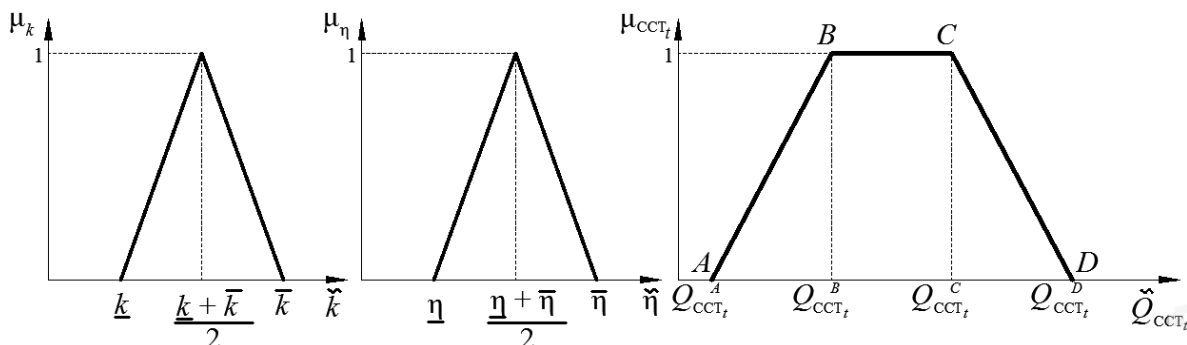


Рисунок 1 – Нечіткі оцінки відповідних коефіцієнтів і ККД, вихідної потужності ССТ

Враховуючи правила виконання операцій із нечіткими числами [16], результуюча величина буде представлена нечітким числом (\tilde{Q}_{CCT_t}) із трапецієвидною ФН (рис. 1).

При цьому характерні точки ФН (A, B, C, D) визначаються таким чином

$$Q_{\text{CCT}_t}^A = A_{\text{CK}} [F_R(\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - t_{\text{o.п.}}) \underline{k}_{\text{p.б}} \underline{k}_{\text{т.б}} \underline{\eta}_{\text{H}},$$

$$Q_{\text{CCT}_t}^B = A_{\text{CK}} [F_R(\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - t_{\text{o.п.}}) \frac{\underline{k}_{\text{p.б}} + \bar{k}_{\text{p.б}}}{2} \frac{\underline{k}_{\text{т.б}} + \bar{k}_{\text{т.б}}}{2} \frac{\underline{\eta}_{\text{H}} + \bar{\eta}_{\text{H}}}{2},$$

$$Q_{\text{CCT}_t}^C = A_{\text{CK}} [F_R(\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - \bar{t}_{\text{o.п.}}) \frac{\underline{k}_{\text{p.б}} + \bar{k}_{\text{p.б}}}{2} \frac{\underline{k}_{\text{т.б}} + \bar{k}_{\text{т.б}}}{2} \frac{\underline{\eta}_{\text{H}} + \bar{\eta}_{\text{H}}}{2},$$

$$Q_{\text{CCT}_t}^D = A_{\text{CK}} [F_R(\tau\alpha)_n E_{\text{пox}} - F_R K_{\text{втр}} (t_1 - \bar{t}_{\text{o.п.}}) \bar{k}_{\text{p.б}} \bar{k}_{\text{т.б}} \bar{\eta}_{\text{H}}.$$

На рис. 2 представлено модель для ілюстрації розрахунку вихідних параметрів ССТ, який було розглянуто вище. У розрахунку враховується наявність різноманітних паспортних даних, типових і технічних характеристик обладнання, гідрометеорологічних, географічних та інших факторів. У наведеній моделі передбачено різні форми (представлення) завдання початкових даних із точки зору представлення рівня невизначеності (детерміновані, інтервальні та нечіткі оцінки, включаючи їх детермінований аналог) і. Результатом є оцінка вихідної потужності джерела генерації енергії, що відрізняється рівнем невизначеності й орієнтована на розв'язання різних типів технологічних задач. Наведену модель побудовано на підставі поєднання діючих вітчизняних і міжнародних нормативних документів, урахування особливостей фізичних процесів, що мають місце при перетворенні енергії та фактору невизначеності принципів технічних характеристик обладнання, метеорологічних і гідрологічних факторів, для об'єктивного аналізу та прийняття адекватних рішень при формуванні інтегрованих енергопостачальних систем.

Висновки. Запропонована методика дає можливість найбільш раціональним чином використати всю наявну відповідну початкову інформацію відносно характеристик ССТ та конкретних умов їх використання, з метою оцінки їх вихідної потужності для окремих періодів часу. Можливість безпосереднього врахування реальної невизначеності основних показників, що визначають вихідну потужність ССТ, дає можливість забезпечити достатню коректність і адекватність оцінок, що визначаються. Одночасно наведена модель не враховує деякі фактори, наприклад, вплив температури СК на їх ККД. Це пов'язано з тим, що по-перше, для врахування таких факторів необхідна додаткова інформація, яку не завжди можливо отримати в умовах експлуатації станції, а по-друге, відсутні переконливі дослідження відносно ступеня впливу зазначених факторів на вихідну потужність ССТ. Тому у процесі практичного застосування запропонованої математичної моделі вона може коригуватися та доповнюватися додатковими розрахунками, якщо буде доведено таку доцільність.

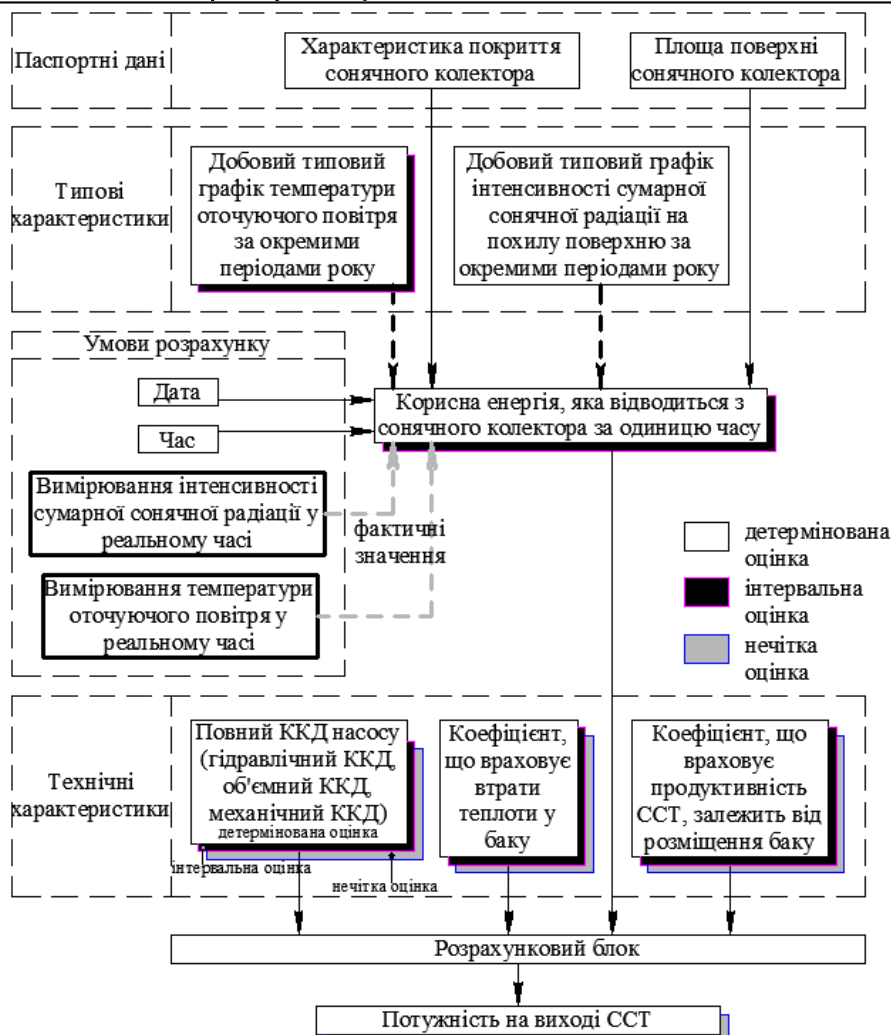


Рисунок 2 – Структурна схема визначення вихідної потужності ССТ

Перелік літератури

1. Солнечная энергетика [Текст] : науч. пособ. для ВУЗов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин ; под ред. В.И. Виссарионова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 317 с.
2. Харченко, М.В. Индивидуальные солнечные системы [Текст] / М.В. Харченко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
3. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Модель визначення вихідної потужності сонячної електростанції з урахуванням метеорологічних і географічних факторів» / А.Ф. Жаркін, В.А. Попов, О.С. Ярмолук. – № 52666 ; заявл. 21.10.2013 ; зареєстр. 19.12.2013.
4. Кривцов, В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика [Текст] / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 600 с.
5. Дудюк Д.Л. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі [Текст] : навч. посіб. / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин. – Львів : Магнолія 2006, 2008. – 188 с.
6. Nemes C. Potential solar irradiance assessment based on a digital elevation model [Text] / C. Nemes, F. Munteanu // Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2011. – V. 11. – № 4. – P. 89–92.
7. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии [Текст] / Д. Мак-Вейг. – М. : Энергоиздат, 1981. – 218 с.
8. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії [Текст] : навч. посіб. / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен [та ін.] ; за заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси : ЧДТУ, 2007. – 484 с.
9. McVeigh J.C. Low-cost solar water heater [Text] / J.C. McVeigh. – Proc. Conf. on Appropriate Technology, University of Newcastle-upon-Tyne, 1976.
10. Бекман У. Расчет систем солнечного теплоснабжения [Текст] / У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи ; пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
11. Солнечная энергия : Солнечные коллекторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>.

12. Спеціальне водопостачання [Текст] : навч. посіб. для ВНЗів / О.А. Петухова, І.А. Антіпов, М.М. Кулешов, А.М. Чернуха. – Х. : Університет цивільного захисту України, 2007. – 100 с.
13. Компанія виробництва сонячних та кваліфікаційної консультації «Solbat» : Додаткове обладнання. Акумулятори [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.solbat.su/dopobr/batteries/>.
14. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений [Текст]. – СПб. : Государственный гидрологический институт, 2005. – 46 с.
15. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Дж. Твайделл, А. Уэйр ; пер. с англ., под ред. В.А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
16. Мушик Э. Методы принятия технических решений [Текст] / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.

V. Popov, O. Yarmoliuk

**Power Supply Department of National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»
EVALUATION OF METEOROLOGICAL AND GEOGRAPHICAL FACTORS IN ASSESSING
MODES OF SOLAR HEATING SYSTEMS**

Algorithms assessment estimates the power output of solar heating systems with uncertainty a number of hardware specifications, meteorological, geographic, and other factors based on the elements of the mathematical apparatus of fuzzy sets. It was found that when evaluating modes of the solar heating system are fully taken account, national and international operating regulations, especially the physical processes that occur when converting energy under sunlight into thermal energy. Improved method for determining the amounts of heat, which can be obtained with the use of solar heating systems in certain periods of the day are typical, given the uncertainty associated with the complexity of predicting ambient air temperature and cloudy sky. The paper presents a block diagram of the definition of output, taking into account the existence of different passport data, model, technical, and other factors.

Keywords: insufficient and unreliable information, solar radiation, meteorological factors, solar collector.

References

1. Solar power [Text] / V.Y. Vyssaryonov, H.V. Deriuhyna, V.A. Kuznetsova, N.K. Malynyn ; ed. V.Y. Vyssaryonov. – М. : Yzdatelskyi dom MEI. – 2008. – 317 p.
2. Kharchenko M.V. Individual solar systems [Text] / M.V. Kharchenko. – М. : Enerhoatomyzdat, 1991. – 208 p.
3. The certificate of registration of copyright «Model definition output solar power based meteorological and geographic factors» / A.F. Zharkin, V.A. Popov, O.S. Yarmoliuk. – № 52666 ; claimed 21.10.2013 ; registered 19.12.2013.
4. Kryvtsov V.S. Inexhaustible energy. Bk. 3. Alternative Energy [Text] / V.S. Kryvtsov, A.M. Oleinykov, A.Y. Yakovlev. – Kh. : Nats. aerokosm, un-t «KhAY», 2005. – 600 p.
5. Dudiuk D.L. Alternative energy: basic theory and problems [Text] / D.L. Dudiuk, S.S. Mazepa, Ya.M. Hnatyshyn. – Lviv : Mahnoliia 2006, 2008. – 188 p.
6. Nemes C. Potential solar irradiance assessment based on a digital elevation model [Text] / C. Nemes, F. Munteanu // Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2011. – V. 11. – № 4. – P. 89–92.
7. Mak-Veih D. The use of solar energy [Text] / D. Mak-Veih. – М. : Enerhoatzdat, 1981. – 218 p.
8. Alternative and renewable energy sources [Text] / O.I. Solovei, Yu.H. Leha, V.P. Rozen [and others] ; ed. O.I. Solovei. – Cherkasy : ChDTU, 2007. – 484 p.
9. McVeigh J.C. Low-cost solar water heater [Text] / J.C. McVeigh. – Proc. Conf. on Appropriate Technology, University of Newcastle-upon-Tyne, 1976.
10. Bekman U. Calculation of solar heating [Text] / U. Bekman, S. Klein, Dzh. Daffy ; Eng. transl. – М. : Enerhoatzdat, 1982. – 80 p.
11. Solar energy: solar collectors [the electronic resource]. – Access mode : <http://rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>.
12. Special water supply [Text] / О.А. Петухова, І.А. Антіпов, М.М. Кулешов, А.М. Чернуха. – Х. : Університет цивільного захисту України, 2007. – 100 p.
13. Company production of solar and professional advice «Solbat» : Additional equipment. Accumulators [the electronic resource]. – Access mode : <http://www.solbat.su/dopobr/batteries/>.
14. Methodic recommendations for determination of estimated hydrological characteristics in the presence of these hydrometric observations [Text]. – СПб. : Gosudarstvennyi hydrolohycheskyi ynstytut, 2005. – 46 p.
15. Tvaiddell Dzh. Renewable energy [Text] / Dzh. Tvaiddell, A. Ueir ; Eng. transl., ed. V.A. Korobkova. – М. : Enerhoatomyzdat, 1990. – 392 p.
16. Mushyk E. Methods of making technical decisions [Text] / E. Mushyk, P. Miuller. – М. : Myr, 1990. – 206 p.

В.А. Попов, д-р техн. наук, доц., Е.С. Ярмолюк, канд. техн. наук, ст. преп.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Разработаны алгоритмы оценок выходной мощности систем солнечного теплоснабжения с учетом неопределенности технических характеристик оборудования, метеорологического, географического и другого ряда факторов на основе использования элементов математического аппарата теории нечетких множеств. Установлено, что при оценке режимов работы системы солнечного теплоснабжения в полной мере учтены отечественные и международные действующие нормативные документы, особенности физических процессов, имеющих место при преобразовании соответственно энергии солнечного излучения в тепловую. Усовершенствована методика определения объемов теплоты, которая может быть получена с помощью систем солнечного теплоснабжения в отдельные характерные периоды суток, учитывая неопределенность, связанную со сложностью прогнозирования температуры окружающего воздуха и облачности неба. В работе предложена структурная схема определения выходной мощности, учитывающая наличие различных паспортных данных, типовых и технических характеристик оборудования и других факторов.

Ключевые слова: недостаточность и недостоверность информации, солнечное излучение, метеорологические факторы, солнечный коллектор.

Надійшла 03.10.2015

Received 03.10.2015

УДК 621.311

М.Й. Бурбело, д-р техн. наук, Л.М. Мельничук, канд. екон. наук
Вінницький національний технічний університет**ВИБІР ПЕРЕРІЗУ КАБЕЛІВ У РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ
НАПРУГОЮ 10(6) кВ ЗА ЕКОНОМІЧНІСТЮ**

В статті проаналізовано можливість вибору кабелів за економічною густиною струму в сучасних економічних умовах. Визначено значення економічної густини струму для кабелів з паперовою ізоляцією та з ізоляцією із зшитого поліетилену. Показано, що застосування критеріїв Вальда, Гурвіца, Лапласа, Севіджа тісно пов'язано з вибором кабелів за економічною густиною струму за різних його значень в діапазоні невизначеності.

Ключові слова: економічна густина струму, зведені річні витрати, економічний переріз.

Розгляд проблеми і постановка завдання

Переріз кабелів напругою 6...35 кВ вибирають за економічною густиною струму для нормального режиму роботи

$$s_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{п}}}{j_{\text{ек}}}, \quad (1)$$

де $j_{\text{ек}}$ – економічна густина струму.

Задачу визначення економічної густини струму в ЛЕП мережі формують у вигляді мінімізації зведених річних витрат

$$Z = E(a_0 + a_1 s)l + 3\rho I^2 \frac{l}{s} c_0 \tau \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $E = (E_{\text{н}} + E_{\text{а}} + E_{\text{о}})$ – сумарний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, який містить номативний, амортизаційний та експлуатаційний складники; a_0, a_1 – коефіцієнти, що характеризують залежності вартості ліній від перерізу.

Знайшовши похідну зведених річних витрат за площею перерізу та прирівнявши її до нуля

$$\frac{\partial Z}{\partial s} = E a_1 l - 3\rho I^2 \frac{l}{s^2} c_0 \tau = 0, \quad (3)$$