

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПАРОТУРБІННИХ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК (СЕУ)

Горбань О., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Відкриття та використання альтернативних джерел енергії стає не лише стратегічно важливою, але й необхідною у сучасному світі, орієнтованому на збереження навколишнього середовища та розвиток сталого виробництва.

Паротурбінні СЕУ є сучасними системами, які використовують сонячну енергію для генерації електроенергії. Вони базуються на технологіях концентрації сонячного випромінювання та перетворенні його в теплову енергію, яка подальшим чином приводить в рух турбіни, що генерують електричний струм. Відмінність паротурбінних СЕУ полягає у їх здатності до ефективного використання теплової енергії, що дозволяє їм працювати безперервно навіть у вечірні години або в умовах хмарного неба [1].

Мета роботи: розрахунок параметрів паротурбінних сонячних енергетичних установок та визначення ефективності їх роботи.

Для розрахунку параметрів паротурбінних сонячних енергетичних установок (СЕУ) потрібно скористатися наступними даними, а саме: кількість геліостатів n , площу дзеркал одного геліостата F , інтенсивність сонячного випромінювання I , коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання n_b . Також потрібно визначити термічний ККД і теоретичну потужність паротурбінної установки, яка працює за циклом Ренкіна, якщо параметри гострої пари p_1, t_1 , тиск в конденсаторі $p_2=10$ кПа, ККД парогенератора $n_{пт}=0,85$. Визначимо, як зміниться потужність СЕУ, якщо замість паротурбінної установки застосувати кремнієві фотоелектричні перетворювачі з ККД $n_{\phi e}=0,15$, що займають ту ж площу, що і дзеркала геліостатів.

Паротурбінна сонячна енергетична установка (СЕУ) [2] - це сонячна електростанція, яка використовує сонячну енергію для генерації електричної енергії за допомогою паротурбінного двигуна. Основний принцип роботи полягає в тому, що сонячне світло збирається за допомогою сонячних панелей або дзеркал і концентрується на певну точку, де знаходиться рідина (наприклад, вода) для створення пари. Отриманий пар потім використовується для приведення в рух турбіни, які в свою чергу генерують електричну енергію.

Загальна кількість теплоти, сприйнятої парогенератором, складає:

$$Q = n_b n F I \quad (1)$$

де n_b – коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання (змінюється в межах 0,35-0,5); n – кількість геліостатів; F – площа дзеркал одного геліостата, m^2 ; I – інтенсивність сонячного випромінювання, $Вт/m^2$.

Термічний ККД визначається:

$$n_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_k} \quad (2)$$

де h_1 – ентальпія гострої пари, h_2 – ентальпія пари (визначається за h-s діаграмою водяної пари), що відпрацювала в турбіні, h_k – ентальпія конденсату (визначається за таблицею термодинамічних властивостей води і водяної пари).

Теоретична потужність паротурбінної СЕУ:

$$P_{\text{фе}} = n_t n_e Q, \text{ Вт} \quad (3)$$

де n_e – ККД електрогенератора (в межах 0,92...0,96)

Потужність СЕУ з фотоелектричними перетворювачами визначається співвідношенням:

$$P_{\text{фе}} = n_{\text{фе}} F I \quad (4)$$

де $n_{\text{фе}}$ – ККД фотоелектричних перетворювачів (змінюється в межах 0,13 - 0,18); F – їх загальна площа, м².

На основі запропонованої методики здійснені необхідні розрахунки, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Зведена таблиця розрахункових даних

Назва параметру	Розрахунок	Значення
Загальна кількість теплоти	$Q = n_b n F I = 0,46 \cdot 5000 \cdot 14 \cdot 450$	$14,5 \cdot 10^6$ Дж
Визначаємо термічний ККД	$n_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_k} = \frac{3250 - 2400}{3250 - 2700}$	1,54
Теоретична потужність	$P_{\text{тм}} = n_t n_{\text{пр}} Q = 1,54 \cdot 0,85 \cdot 14,5 \cdot 10^6$	$18,9 \cdot 10^6$ Вт
Потужність СЕУ з фотоелектричними перетворювачами	$P_{\text{фе}} = n_{\text{фе}} F n I = 0,15 \cdot 14 \cdot 5000 \cdot 450$	$4,7 \cdot 10^6$ Вт

Приймаємо наступні умови: на вежі парогенератора паротурбінної сонячної електростанції кількість геліостатів $n=5000$, площа дзеркал одного геліостата $F=14$ м², інтенсивність сонячного випромінювання $I=450$ Вт/м², коефіцієнт ефективності використання сонячного випромінювання $n_b=46\%$, а параметри гострої пари $p_1=10$ МПа, $t_1=430^\circ\text{C}$, тиск в конденсаторі $p_2=10$ кПа, ККД парогенератора $n_{\text{пр}}=0,85$, ККД кремнієвого фотоелектричного перетворювача $n_{\text{фе}}=0,15$.

Визначаємо термічний ККД [3], при цьому згідно h-s діаграми водяної пари $h_1=3250$ кДж/кг (точка перетину $p_1=10$ МПа та $t_1=430^\circ\text{C}$), $h_2=2400$ кДж/кг (точка перетину $p_1=10$ кПа та насичення пари $X=95\%$), $h_k=2700$ кДж/кг (ентальпія конденсату при $X=100\%$). Отримані дані наведені в таблиці 1.

Список використаних джерел.

1. Тепломасообмін.
URL:https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/chepurnij_teplomasoob/d.htm Дата звернення: 27.01.2024
2. Вікіпедія: ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ. URL:
file:///D:/Students/Downloads/VDE_Monografia.pdf Дата звернення: 27.01.2024
3. Форкун Я. Б. Сонячна теплоенергетика : конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми – «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / Я. Б. Форкун, О. О. Шкурпела ; Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 88 с.

Науковий керівник: Семенов А.О., к.ф-м.н., доцент