



Kolektor słoneczny

1. Zagadnienia

absorpcja światła, promieniowanie cieplne, efekt cieplarniany, konwekcja, przewodnictwo cieplne, sprawność, kolektor słoneczny

2. Opis

Kolektor promieniowania słonecznego używany jest do podgrzewania wody. Aby zapewnić najlepsze warunki pracy i najlepszą wydajność urządzenia należy wziąć pod uwagę prawidłowy montaż względem największego promieniowania słonecznego. W doświadczeniu lampa halogenowa i nadmuch zimnego powietrza symulują warunki atmosferyczne.



Średnia temperatura absorbera może być reprezentowana przez średnią temperaturę zbiornika wody. Szyba chroniąca kolektor absorbuje oraz odbija promieniowanie padające w niewielkim stopniu. Pozostała porcja energii przechodzi dalej i jest w większości absorbowana.



Ilość energii promieniowania zaabsorbowana i zamieniona na ciepło przez absorber w jednostce czasu i przypadająca na jednostkę powierzchni można wyrazić za pomocą wzoru:

$$q_a = \alpha \cdot \tau \cdot q_i \quad (1)$$

q_i – natężenie światła padające na powierzchnię kolektora;
 α – współczynnik absorpcji absorbera;
 τ – współczynnik transmisji szkła.

Energia promieniowania zamieniona na ciepło nie jest całkowicie wykorzystana. Część z niej jest tracona przez radiację, konwekcję lub przewodzenie ciepła. Energia użyteczna generowana w jednostce czasu i jednostkę powierzchni równa się

$$q_N = q_a - q_l - q_{st} \quad (2)$$

q_l – energia stracona J/s m²

q_{st} – zmagazynowana energia J/s m² w warunkach laboratoryjnych $q_{st} \approx 0$.

Straty ciepła absorbera są tym większe im większa jest jego temperatura. Tylna izolacja odpowiedzialna jest za straty energii na skutek przenikania ciepła natomiast frontowa część za straty radiacyjne i konwekcji. Wszystkie te straty można wyrazić formułą:

$$q_l = k \cdot (\theta_{Ab} - \theta_{Am}) \quad (3)$$

k – współczynnik transmisji

θ_{Ab} – temperatura absorbera

θ_{Am} – temperatura otoczenia

Stosunek energii użytecznej do energii padającej pozwala wyznaczyć sprawność kolektora słonecznego:

$$\eta = \frac{q_N}{q_i} = \alpha\tau - \frac{k \cdot (\theta_{Ab} - \theta_{Am})}{q_i} \quad (4)$$

Temperatura absorbera nie jest znana. Mierzone są temperatury na wejściu i wyjściu z kolektora θ_{in} i θ_{out} . Równanie 4 nie bierze pod uwagę transferu ciepła z absorbera do wody. Uwzględniając współczynnik sprawności absorbera można zapisać równanie 4 w postaci:

$$\eta = f \cdot \left(\alpha\tau - \frac{k \cdot (\theta_w - \theta_{Am})}{q_i} \right) \quad (5)$$

$$\text{gdzie: } \theta_w = \frac{\theta_{in} + \theta_{out}}{2} \quad (6)$$

Moc użyteczna może być wyznaczona w stanie równowagi termodynamicznej strumienia przepływającej wody o znanym ciepłe właściwym c :

$$P_U = c \cdot \dot{m}(\theta_{out} - \theta_{in}) \quad (7)$$

$$\dot{m} = 100 \frac{\text{g}}{\text{min}}; \quad c = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}};$$

Moc jednostkowa padająca na kolektor o powierzchni absorbera $A = 0,12 \text{ m}^2$ ustawiony 70 cm od lampy halogenowej można przyjąć równą $q_i = 1 \text{ kW/m}^2$. Sprawność kolektora można obliczyć z zależności:

$$\eta = \frac{P_U}{q_i \cdot A} \quad (8)$$



W przypadku, gdy kolektor zostanie ochłodzony poniżej temperatury otoczenia energia może być pobierana z otoczenia nawet, gdy lampa halogenowa jest wyłączona. Absorber, który nie jest izolowany jest bardziej efektywny. Porównując współczynnik wydajności dla kolektora pracującego w temperaturze pokojowej z i bez ochrony szklanej można wyznaczyć współczynnik transmisji dla szkła τ na podstawie wzoru 5. Straty do otoczenia w tym wypadku można zaniedbać.

Ze szkłem $\eta_1 = f \cdot \alpha \cdot \tau$

bez szkła $\eta_2 = f \cdot \alpha$

$$\tau = \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

3. Doświadczenie

Kolektor słoneczny oświetlany jest lampą halogenową o znanym natężeniu światła. Energia zaabsorbowana przez kolektor może być obliczona na podstawie znajomości strumienia przepływającej przez kolektor wody jak również znając różnicę temperatur wody na wejściu i wyjściu z kolektora (równanie 7). Dzięki temu można wyznaczyć także współczynnik sprawności konwersji energii (równanie 8).

Temperatura wody w zbiorniku mierzona jest za pomocą termometru zanurzonego w wodzie, natomiast temperatury na wejściu i wyjściu z kolektora w odpowiednich gniazdach z uszczelkami. Temperatury początkowe na obu termometrach kolektora powinny być takie same. W przeciwnym wypadku należy przy obliczeniach wziąć pod uwagę różnicę we wskazaniach termometrów.

Strumień wody przepływający przez kolektor, wymiennik ciepła i przepływomierz wymuszony jest przez pompkę wodną zasilaną prądem stałym o napięciu w przedziale 3 ÷ 6 V.

1000 W lampa halogenowa zapewnia jednolite, powtarzalne oświetlenie przy prostopadłym ustawieniu lampy. W odległości 70 cm natężenie oświetlenia wynosi w przybliżeniu 1 kW/m².

Wymiennik ciepła wstawiony jest do zbiornika wypełnionego wodą. Zawór przepływomierza powinien być maksymalnie otwarty na początku każdej serii pomiarowej, aby zapewnić maksymalny przepływ strumienia wody i taką samą temperaturę w każdym miejscu układu równą temperaturze wody w zbiorniku. Dla każdej serii pomiarowej należy ustawić przepływ równy 100 cm³/min. Pomiary temperatur powinny odbywać się co 1 min. Po około 10 min temperatury na wejściu i wyjściu z kolektora powinny być stałe.

A. Absorpcja promieniowania z lampą halogenową.

4,5 L wody o temperaturze pokojowej nalewamy do zbiornika 5 L i wkładamy tam wymiennik. Lampę ustawiamy w odległości 70 cm od kolektora. Wykonujemy dwie serie pomiarowe: dla całego kolektora i kolektora bez osłony szklanej.

Doświadczenie można wykonać również z zimnym nawiewem powietrza. W takim przypadku wodę w zbiorniku podgrzewamy do temperatury 60 °C, lampę ustawiamy w odległości 70 cm, a strumień zimnego powietrza nakierowujemy na kolektor z boku pod kątem 30°.