

KONWERSJA ENERGII - KOLEKTOR

DR INŻ. HALINA KRUCZEK

K5 - KOLEKTOR SŁONECZNY

KOLEKTOR SŁONECZNY.

CEL CWICZENIA.

Kolektor słoneczny oświetla się lampą halogenową o znanej intensywności promieniowania. Energia cieplna zaabsorbowana przez kolektor może być obliczona na podstawie danych o natężeniu przepływu i różnicy temperatur wody na wlocie i wylocie z absorbera, jeśli temperaturę wlotową wody utrzymuje się na stałym poziomie poprzez oddawanie energii do zbiornika. pozwala to na określenie efektywności kolektora. Pomiar wykonuje się dla różnych ustawień kolektora i dla różnych temperatur absorbera.

Określenie efektywności kolektora słonecznego dla różnych warunków eksperymentalnych.

- 1.) Absorpcja energii z oświetlenia (20°) tj. bez oświetlenia go. dla temperatury wody wlotowej do absorbera $T = 5^{\circ}\text{C}$.
 - 1.1. Absorber z izolacją i płytą szklaną (kompletny)
 - 1.2. Sam absorber
- 2.) Absorpcja energii przy naświetleniu lampą halogenową i temperaturze wody wlotowej $T_w = 20^{\circ}\text{C}$.
 - 2.1. Kompletny kolektor
 - 2.2. Kolektor bez płyty pokrywającej
- 3.) Absorpcja przy naświetlaniu jw. i temp. wody wlotowej 50°C .
 - 3.1. Kompletny kolektor
 - 3.2. Kompletny kolektor, strumień zimnego powietrza
 - 3.3. Kolektor bez płyty szklanej
 - 3.4. Kolektor bez płyty szklanej, strumień zimnego powietrza pada na powierzchnię kolektora.

KONWERSJA ENERGII – KOLEKTOR

STANOWISKO BADAWCZE I METODYKA POMIARÓW.

Schemat stanowiska pokazany jest na rys.1.

Aby napelnić układ obiegowy kolektora słonecznego, należy podłączyć wymiennik ciepła do wlotu pompy (na dole) węzłem gumowym. Wąż należy też podłączyć do wylotu z pompy (na górze) i drugiej strony wymiennika ciepła.

Zawór rotametri jest otwarty i układ ostrożnie napelnić wodą (w taki sposób aby woda przepływała najpierw poprzez wymiennik i następnie poprzez pompę) zamknięte poprzez zacisk na wąż gumowy.

Kolektor napelnia się poprzez przewód umieszczony pod spodem króćca pomiarowego temperatury.

W tym celu odłącza się wąż pomiędzy wlotem i wylotem absorbera a podłącza pompę i wymiennik ciepła. (patrz rys.1).

Pompa wymaga zasilania prądem zmiennym rzędu 14 V AC.

Ważne: Należy przed pomiarem odpowietrzyć układ uzupełniając wodę.

Do oświetlenia kolektora stosuje się lampę halogenową o mocy 1000 W, która zapewnia równomierne oświetlenie o rozkładzie zbliżonym do promieniowania słonecznego.

W odległości 70 cm od lampy intensywność promieniowania jest rzędu 1 kW/m^2 .

Wymiennik ciepła umieszcza się w zbiorniku wody. Zawór rotametri powinien być w pełni otwarty przed każdą serią pomiarów, zapewniając maksymalny przepływ, wówczas można założyć, że temperatura w całym układzie cyrkulacyjnym równa³⁾ temperaturze wody w zbiorniku z wodą.

Przepływ ustawia się na poziomie $100 \text{ cm}^3/\text{min}$ dla każdej serii pomiarów.

Temperatury na wlocie i wylocie z absorbera mierzy się co minutę, powinny ustalić się na stałym poziomie po ok. 10 min.

Czas trwania każdej serii pomiarowej wynosi ok. 15 min.

1. Wymiennik ciepła umieszcza się w zbiorniku o pojemności 2l który napelnia się wodą z lodem. Obie serie pomiarów wykonuje się bez lampy (oświetlenia). W pierwszym przypadku np. kolektor jest kompletny natomiast w drugim usuwa się płytę szklaną i tylną izolację.

Podczas trwania pomiarów należy utrzymać temperaturę wody w zbiorniku na

tylę niską aby temperatura dołotowa wody wynosiła nie więcej niż 5°C (dodając lód do wody).

2.) W tym przyp. 4.5 l wody powinno się znajdować w zbiorniku o temp. pokojowej umieszcza się następnie wymiennik ciepła. Odległość pomiędzy lampą a kolektorem wyniesić ma 70 cm.

Obie serie pomiarów wykonuje się z lampą. W pierwszym przypadku kolektor jest kompletny a w drugim tylko bez szyby szklanej. Należy utrzymywać stałą temperaturę wylotową z kolektora $\pm 2\text{K}$.

3.) W tej serii pomiarów w zbiorniku podgrzać wodę do temp. ok. 60°C stąd temperatura wlotowa do kolektora powinna osiągnąć wartość ok. 50°C . Odległość pomiędzy lampą a kolektorem jw. 70 cm.

Umieścić wentylator z nadmuchem w odł. 30 cm w taki sposób aby strumień powietrza uderzał kolektor pod kątem ok. 30° .

Pierwsze dwie serie pomiarów są prowadzone dla pełnego kolektora a pierwsza bez strumienia powietrza (symulacja prądu wiatru) a następnie z podmuchem powietrza. Trzecia i czwarta seria pomiarów są wykonywane bez szklanej płyty oraz pierwsza bez powietrza druga ze strumieniem powietrza.

Należy uważać aby temperatura wylotowa była stała.

OPRACOWANIE WYNIKÓW – PODSTAWY.

Kolektor słoneczny używany jest do podgrzewania wody przy użyciu promieniowania słonecznego. Aby ocenić sprawność kolektora należy brać pod uwagę nie tylko jego konstrukcję ale również warunki otoczenia (pogodę), takie jak temperaturę absorbera.

W eksperymencie lampa halogenowa oraz strumień zimnego powietrza symuluje w sposób powtarzalny pogodę.

Srednią temperaturę kolektora można utrzymać poprzez dobieranie odpowiedniej temperatury zbiornika z wodą.

Szyba pokrywająca kolektor pochłania lub odbija padającą energię promieniowania do pobliskiego otoczenia. Większa część promieniowania przechodzi przez wierzchnią warstwę kolektora i jest pochłaniana.

$$q_a = \alpha \tau q_j \quad (1)$$

q_a - energia promieniowania zamieniona na ciepłą w absorberze na jednostkę czasu i powierzchni

q_j - intensywność promieniowania na pozycji kolektora

α - współczynnik absorpcji promieniowania

τ - współczynnik przepuszczalności szyby pokrywającej kolektor.

Nie całkowita część promieniowania słonecznego jest użytecznie wykorzystywana. Część jest tracona poprzez promieniowanie, przewodzenie i konwekcję. Część promieniowania prowadzi do wzrostu temperatury absorbera i jest ona w kolektorze akumulowana.

Energia użyteczna q_N produkowana na jednostkę czasu i powierzchni wynosi:

$$q_N = q_a - q_V - q_{sp} \quad (2)$$

q_V - strata energii/s m^2

q_{sp} - energia zakumulowana/s m^2

$$\text{Dla warunków eksperymentu } q_{sp} = 0, \quad (3)$$

gdź różnica temperatur jest mierzona w stanie stacjonarnym przy prawie stałej temperaturze wlotowej.

Straty ciepła absorbera są większe im większa jest jego temperatura. Tylna izolacja określa straty poprzez przewodzenie; straty zachodzą na froncie spowodowane radiacją konwekcji. Wszystkie straty mogą być opisane za pomocą następującej formuły:

$$q_j = k (T_a - T_{ot}) \quad (4)$$

k - współczynnik przewodzenia

T_a - temperatura absorbera

T_{ot} - temperatura otoczenia

Sprawność kolektora słonecznego określa stosunek energii użytecznej do energii padającego promieniowania.

$$\eta = \frac{q_N}{q_i} = \left(\alpha \tau - \frac{k(T_a - T_{ot})}{q_i} \right) \quad (5)$$

Temperatura absorbera jest nieznaną, natomiast mierzone są temperatury wlotowe i wylotowe T_{wl} i T_{wyl} . Równanie (5) nie uwzględnia wymiany ciepła między absorberem a wodą, w tym przypadku wprowadza się współczynnik sprawności absorbera f .

$$\eta = f \left(\alpha \tau - \frac{k(T_w - T_{ot})}{q_i} \right) \quad (6)$$

gdzie T_w jest średnią temperaturą wody.

$$T_w = \frac{T_{wl} + T_{wyl}}{2} \quad (7)$$

Moc użyteczna P_N może być określona w stanie stacjonarnym z objętościowego natężenia przepływu wody

$$\dot{V} = 100 \text{ cm}^3/\text{min}$$

oraz z różnicy temperatur na wlocie i wylocie

$$P_N = c_p \dot{V} (T_{wyl} - T_{wl}) \quad (8)$$

c_p - ciepłota pojemność wody.

Intensywność promieniowania na pozycji kolektora wynosi

$q_i = 1 \text{ kW/m}^2$ (JEDNA ŻARÓWKI (WIĘKSZA))
 $1,4 \text{ kW/m}^2$ (DWE ŻARÓWKI)

powierzchnia absorbera

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

$$q_i = 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \left(\frac{70 \text{ cm}}{L} \right)^2$$

Tablica 1 pokazuje sprawność kolektora zmierzoną dla różnych warunków

$$\eta = \frac{P_N}{q_i A} \quad (9)$$

Porównanie pomiarów 2.1 i 3.1, lub 2.2 i 3.3, jasno pokazuje że straty kolektora rosną gdy temperatura rośnie. Odwrotnie, jeśli absorber jest chłodzony do temperatury poniżej otoczenia, energia może być pobierana nawet przy braku promieniowania słonecznego (pomiar 1.1 i 1.2). Absorber który jest nie izolowany jest bardziej efektywny w tym przypadku.

W praktyce, chłodzenie cieczy w obiegu cyrkulacyjnym absorbera poniżej temperatury otoczenia jest osiągane poprzez oddawanie energii do pompy cieplnej.

Pomiary dla warunków 2 i 3 pokazują efekt pokrycia szkłem. Gdy kolektor pracuje przy temperaturze otoczenia, straty ciepła są zanedbywalne. Współczynnik przepuszczalności pokrywy szklanej może być oceniony z porównania 2.1 i 2.2. Zgodnie z równaniem (8):

Z pokryciem szkłem $\eta = f \cdot \alpha \cdot \tau$

Bez pokrycia szkłem $\eta = f \cdot \alpha$,

$\tau = 88\%$ w przybl.

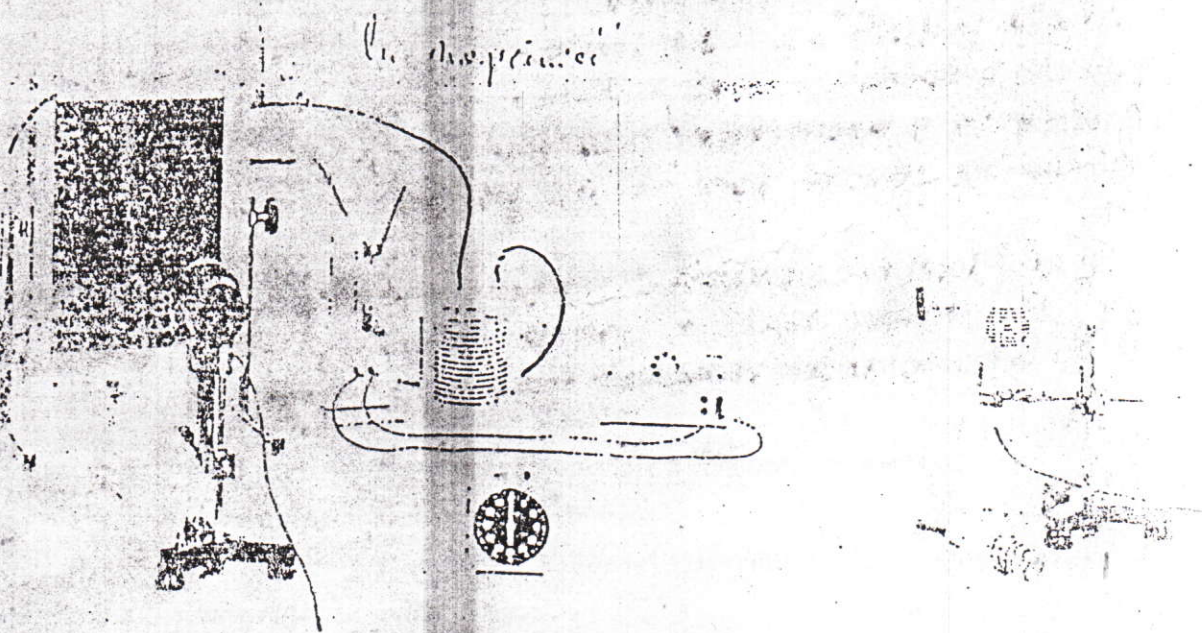
Porównanie pomiarów 3.1 i 3.2 pokazuje że pokrycie szklane redukuje straty ciepła absorbera: efekt cieplarniany. Promieniowanie słoneczne w tym przypadku w większej części przechodzi przez płytę szklaną, ciepło promieniowania gorącego absorbera jest dla większej zaabsorbowane i odbite.

W przypadku kolektora z pokryciem szklanym, wiatr nie ma zauważalnego wpływu na sprawność kolektora, podczas gdy wzrost temperatury dla kolektora bez pokrycia jest zauważalnie redukowany (pomiar 3.2 i 3.4).

TABELICA 1. TEMPERATURY WODY I SPRAWNOŚĆ KOLEKTORA DLA RÓŻNYCH WARUNKÓW EKSPERYMENTALNYCH, $u = 100 \text{ cm}^3/\text{min}$, $q_i = 1 \text{ kW/m}^2$, $A = 0.12 \text{ m}^2$.

nr.	plyta szklana	światło	zimne powietrze	T_{wi} °C	$T_{wy} - T_{wi}$ K	η %
1.1	+	-	-	5	2.5	15
1.2	-	-	-	5	5	29
2.1	+	+	-	20	11	54
2.2	-	+	-	20	12.5	73
3.1	+	+	-	50	8	47
3.2	-	+	+	50	8	47
3.3	+	+	-	50	6	35
3.4	-	+	+	50	3	17

* Te serie pomiarów wykonywano bez tylnej izolacji.



Schemat stanowiska do pomiaru sprawności kolektora.