

**Katedra Silników Spalinowych
i Pojazdów ATH
ZAKŁAD TERMODYNAMIKI**

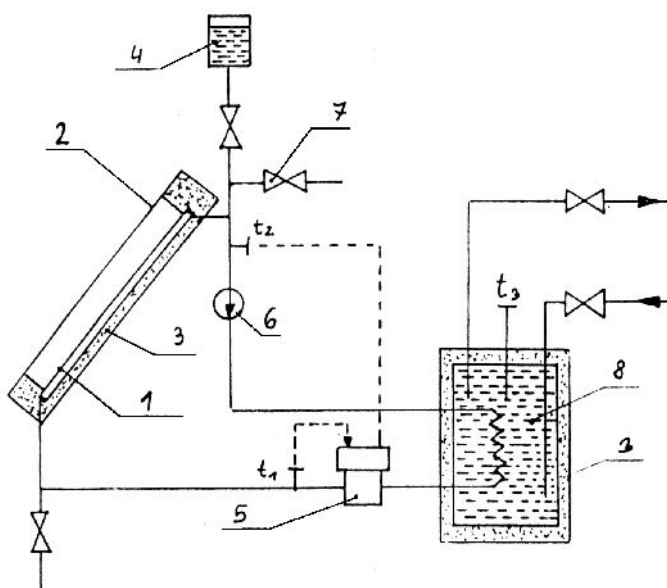
Badanie energetyczne płaskiego kolektora słonecznego

Wprowadzenie

Wykorzystanie energii cieplnej promieniowania słonecznego do celów ogrzewania, chłodzenia oraz wytwarzania ciepłej wody użytkowej ma obecnie szczególnie ważne znaczenie, gdyż jego wynikiem jest zredukowanie zapotrzebowania na energię cieplną wytwarzaną w wyniku spalania paliw konwencjonalnych. Jednym z najistotniejszych elementów systemu wytwarzania energii cieplnej z promieniowania słonecznego jest **kolektor słoneczny**. Zachodzą w nim kolejno procesy absorpcji promieniowania słonecznego, przemiany w energię cieplną oraz przenoszenia jej do czynnika użytkowego- ciecży lub powietrza cyrkulującego w systemie. Istnieje wiele typów konstrukcji kolektorów. W polskich warunkach klimatycznych stosowany może być tzw. **plaskopłytowy kolektor słoneczny**. Wpływ wielu czynników na wybór materiałów i konstrukcji kolektora skłania do opracowania szczegółowej charakterystyki pracy każdego z kolektorów, tym bardziej, że jego sprawność ma decydujący wpływ na sprawność całej instalacji.

Pomiar

Element pochłaniający promieniowanie słoneczne w badanym kolektorze wykonany jest z płyty aluminiowej pokrytej warstwą lakieru szaro-czarnego. Absorbowane promieniowanie ogrzewa wodę przepływającą kanalikami wewnątrz płyty. Płyta pochłaniająca przykryta jest od zewnętrznej strony szybą ze szkła zwykłego o powierzchni $1,8\text{m}^2$.



Rys. 1. Schemat instalacji kolektora.

Cyrkulacja wody w obiegu kolektora wymuszana jest pompą obiegową (6) pracującą przy stałej prędkości obrotowej i niezmiennych oporach przepływu. Zapewnia to stały przepływ

wody w obiegu kolektor- węzownica i podgrzanie wody w zbiorniku akumulacyjnym (8), zależnie od przyrostu temperatury wody w kolektorze.

Licznik ciepła (5) składa się z wodomierza turbinkowego z nadajnikiem impulsów oraz mikroprocesorowego układu przeliczającego. Do układu przeliczającego wprowadzane są następujące sygnały:

impulsowy, odpowiadający przepływowi wody w obiegu kolektora,

ciągły z termometru oporowego zabudowanego w obudowie wodomierza (temperatura t_1)

ciągły z termometru oporowego mierzącego temperaturę t_2 wody na wylocie z kolektora.

Energia cieplna przekazywana z kolektora do zbiornika akumulacyjnego określana jest wzorem:

$$Q_u = \frac{\Delta m}{3600} \sum_{i=1}^n c \cdot (t_{2i} - t_{1i})$$

gdzie:

Δm masa wody przypadająca na jeden impuls sygnału z wodomierza [kg],

t_{1i}, t_{2i} temperatury przed i za kolektorem w momencie pojawienia się impulsu [°C],

c średnie ciepło właściwe w granicach temperatur od t_{1i} do t_{2i} [kJ/kgK],

i liczba odpowiadająca kolejnym impulsom,

Q_u energia cieplna przekazana z kolektora do zbiornika akumulacyjnego [kWh].

Aktualną wartość Q_u odczytać można na wyświetlaczu licznika ciepła, gdy w ciągu ostatnich trzech minut nie wybierano innego pomiaru przyciskiem umieszczonym na liczniku.

Dodatkowo, w liczniku określany jest strumień ciepła przejętego przez wodę obiegową w kolektorze:

$$\dot{Q}_u = \frac{\Delta Q_u}{\Delta \tau}$$

gdzie:

ΔQ_u przyrost energii przekazanej do zbiornika akumulacyjnego,

$\Delta \tau$ przyrost czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami ΔQ_u .

Po dłuższym (4 sekundy) przyciśnięciu przycisku na liczniku uzyskać można wyświetlenie następujących pomiarów:

strumień wody w obiegu kolektora [m³/h],

temperatury wody t_2 i t_1 [°C],

przyrostu temperatury $\Delta t = t_2 - t_1$,

strumień ciepła przejętego przez wodę obiegową w kolektorze \dot{Q}_u [kW].

Przejdźcie do następnego pomiaru uzyskuje się przez krótkie naciśnięcie przycisku licznika. Po trzech minutach następuje przejście na pomiar \dot{Q}_u .

Obliczenia

Równanie bilansu cieplnego kolektora zapisać można w następującej postaci:

$$I \cdot F_k = \dot{Q}_u + \dot{Q}_o + \dot{Q}_s$$

gdzie:

- F_k pole powierzchni kolektora [m²],
- I natężenie promieniowania słonecznego całkowitego [kW/m]
- \dot{Q}_u strumień ciepła przejętego przez wodę obiegową w kolektorze [kW],
- \dot{Q}_o strumień strat ciepła kolektora do otoczenia na drodze przewodnictwa, konwekcji i promieniowania [kW],
- \dot{Q}_s strumień ciepła akumulowanego w instalacji kolektora [kW].

Strumień ciepła przejętego przez wodę obiegową w kolektorze uzyskujemy bezpośrednio z pomiaru w sposób opisany powyżej.

Strumień ciepła akumulowanego w kolektorze zależy od pojemności cieplnej wody w obiegu kolektora, metalu kolektora i rur łączących na odcinku od kolektora do punktów pomiarów temperatur t_1 i t_2 oraz rozkładu temperatur w tych elementach instalacji. Zastępując rozłożoną pojemność cieplną kolektora pojemnością skupioną równą sumie iloczynów masy i ciepła właściwego poszczególnych elementów kolektora wyznaczyć można strumień ciepła akumulowanego w obiegu:

$$\dot{Q}_s = W_k \frac{dt_{so}}{d\tau}$$

gdzie:

- τ czas [s],
- t_{so} średnia temperatura wody w obiegu kolektora [°C],
- W_k pojemność cieplna instalacji [kJ/K].

Dane dotyczące elementów instalacji kolektora:

Tworzywo	Masa [kg]	Ciepło właściwe c [kJ/kgK]	Pojemność cieplna W [kJ/K]
Stal (rurociąg + zbiornik)	21	0,477	10,017
Miedź	3,5	0,383	1,3405
Glin	6,5	0,896	5,824
Woda w instalacji kolektora	3,3	4,181	13,7973
SUMA W_k:			30,9788

Moc cieplną kolektora obliczamy ze wzoru:

$$\dot{Q}_{ui} = \dot{m}_i \cdot c_w \cdot \Delta t_i$$

$$\dot{m}_i = \dot{V}_i \cdot \rho$$

gdzie:

\dot{V}_i mierzone objętościowe natężenie przepływu wody.

ρ gęstość wody, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Z bilansu instalacji kolektora:

$$\sum_{i=1}^n (\dot{Q}_{ui} \cdot \Delta \tau_i) + N_p \cdot \Delta \tau = (W_k + W) \cdot (t_k - t_p)$$

Stąd obliczamy pojemność cieplną wody w zbiorniku akumulacyjnym:

$$W = \frac{\sum (\dot{Q}_i \cdot \Delta \tau_i) + N_p \cdot \Delta \tau}{t_k - t_p} - W_k$$

gdzie:

W pojemność cieplna wody w zbiorniku akumulacyjnym,

\dot{Q}_{ui} moc użytkowa kolektora,

$\Delta \tau_i$ czas pomiędzy kolejnymi pomiarami,

$\Delta \tau$ całkowity czas przeprowadzania bilansu, $\Delta \tau = \sum \Delta \tau_i$

N_p moc napędowa pompy; $N_p = 75 \text{ W}$

- W_k pojemność cieplna instalacji kolektora;
 t_p początkowa temperatura wody w zbiorniku akumulacyjnym;
 t_k końcowa temperatura wody w zbiorniku akumulacyjnym.

Mając daną wartość W oblicza się masę wody w zbiorniku akumulacyjnym ze wzoru:

$$W = m \cdot c_w \Rightarrow m = \frac{W}{c_w}$$