

Ćwiczenie Nr 7

Temat: **WYZNACZANIE WSPÓLCZYNNIKA PRZENIKANIE CIEPŁA „K”
WYMIENNIKA CIEPŁA**

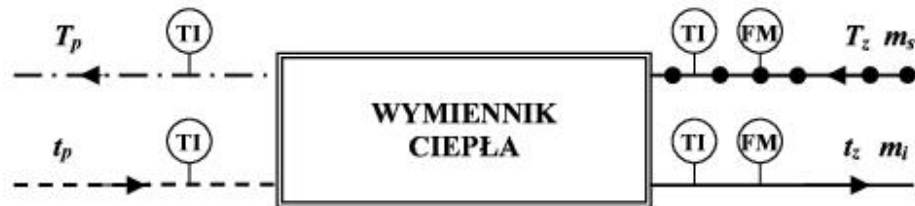
Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z bilansem cieplnym wymiennika płytowego w węźle ciepłowniczym oraz stratami ciepła na tym urządzeniu.

A. Zakres przygotowania teoretycznego obowiązującego studentów przed przystąpieniem do ćwiczenia.

1. Pomiar przepływu przepływomierzem i pomiar temperatury termometrem oporowym w przewodzie [1]
2. Regulacja dostawy czynnika grzewczego [2,3]:
 - jakościowa,
 - ilościowa,
 - jakościowo-ilościowa.
3. Urządzenia regulacyjne węzłów ciepłowniczych:
 - podstawowe pojęcia automatyki,
 - rodzaje regulatorów.
4. Wymiennik jako źródło ciepła w instalacji c.o. i c.w.u. [2]:
 - parametry pracy w różnych okresach sezonu ogrzewczego,
 - powierzchnia wymiany ciepła wymiennika,
 - współczynnik przenikania ciepła K,
 - obliczenia hydrauliczne wymienników.

B. Część doświadczalna ćwiczenia.

1. Wykonanie pomiarów
Część doświadczalna ćwiczenia polega na określeniu rzeczywistej ilości ciepła przekazywanego od strony wody sieciowej do czynnika ogrzewanego (wody instalacyjnej). Na podstawie pomiarów temperatury wody sieciowej i instalacyjnej oraz sporządzonego bilansu ciepła określa się wielkość strat ciepła do otoczenia i wartość współczynnika przenikania ciepła K dla wymiennika.
2. Wielkości mierzone [2]:
 - temperatura wody sieciowej i instalacyjnej,
 - przepływ wody sieciowej i instalacyjnej,



Rys 1. Schemat zabudowy punktów pomiarowych do wyznaczenia współczynnika „K”

Warunki prowadzenia ćwiczenia:

- stan ustalony pracy wymiennika,
- uruchomienie i sprawdzenie układu pomiarowego.

3. Tabela wyników pomiarów oraz wielkości obliczonych:

Lp	V_s	τ_s	\dot{m}_s	T_z	T_p	\dot{Q}_s	V_i	τ_i	\dot{m}_i	t_z	t_p	\dot{Q}_i	\dot{Q}_{str}	Δt_1	Δt_2	Δt_{str}	K
	dm^3	s	kg/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kW	dm^3	s	kg/s	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	kW	kW	K	K	K	W/m^2K

Oznaczenia:

- V_s - objętość wody sieciowej, [m^3];
- τ_s - czas pomiaru przepływu objętości V_s wody sieciowej, [s];
- \dot{m}_s - masowe natężenie przepływu wody sieciowej, [kg/s];
- T_z - temperatura wody sieciowej na zasileniu wymiennika, [$^{\circ}C$];
- T_p - temperatura wody sieciowej na powrocie z wymiennika, [$^{\circ}C$];
- \dot{Q}_s - moc cieplna wymiennika obliczona z ilości ciepła przekazywanego przez wodę sieciową, [kW];
- V_i - objętość przepływu wody instalacyjnej, [m^3];
- τ_i - czas pomiaru przepływu objętości V_i wody instalacyjnej, [s];
- \dot{m}_i - masowe natężenie przepływu wody instalacyjnej, [kg/s];
- t_z - temperatura wody instalacyjnej na zasileniu wymiennika, [$^{\circ}C$];
- t_p - temperatura wody instalacyjnej na powrocie z wymiennika, [$^{\circ}C$];
- \dot{Q}_i - moc cieplna wymiennika obliczona z ilości ciepła przekazywanego przez wodę instalacyjną, [kW];
- \dot{Q}_{str} - moc cieplna tracona przez wymiennik do otoczenia, [W];
- Δt_1 - różnica temperatur na wlocie wymiennika, [K];

- Δt_2 - różnica temperatur na wylocie wymiennika, [K];
- Δt_{sr} - średnia różnica temperatur, [K];
- Φ - rzeczywiste względne obciążenie wymiennika, [%];
- K - współczynnika przenikania ciepła „K”, [kW/m²K].

4. Opracowanie wyników pomiarów

- a) Sporządzenie bilansu cieplnego dla badanego wymiennika ciepła

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_s (T_z c_{Tz} - T_p c_{Tp}) \quad [\text{kW}]$$

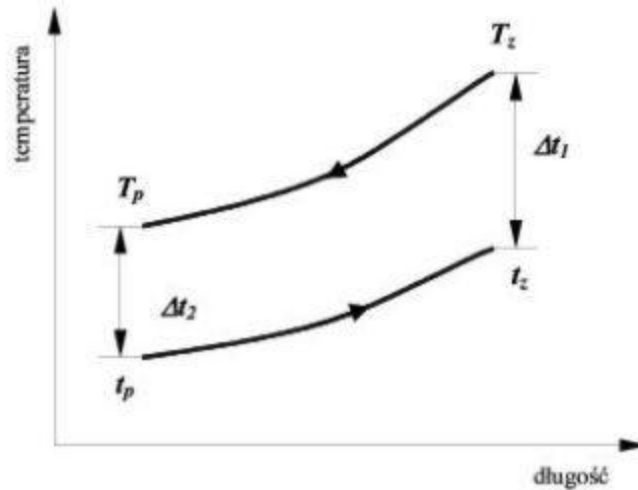
$$\dot{Q}_i = \dot{m}_i (t_z c_{tz} - t_p c_{tp}) \quad [\text{kW}]$$

$$\dot{Q}_{sr} = \dot{Q}_s - \dot{Q}_i \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

- c - ciepło właściwe wody dla danej temperatury, [J/kg K]

- b) Obliczenie średniej logarytmicznej różnicy temperatur:



$$\Delta t_1 = T_z - t_z$$

$$\Delta t_2 = T_p - t_p$$

$$\Delta t_{sr} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

- c) Obliczenie współczynnika „K”:

$$K = \frac{\dot{Q}_i}{\Delta t_{sr} F} \quad [\text{kW/m}^2\text{K}]$$

gdzie:

F - powierzchnia wymiany ciepła w wymienniku, [m²]

- d) Obliczenie rzeczywistego względnego obciążenia wymiennika Φ :

$$\Phi = \frac{\dot{Q}_{pom}}{\dot{Q}_{obt}} 100 \quad [\%]$$

$$\Phi = \frac{T_z - T_p}{T_z^o - T_p^o} 100 \quad [\%]$$

gdzie:

T_z^o - obliczeniowa temperatura wody sieciowej na zasileniu wymiennika, [K];

T_p^o - obliczeniowa temperatura wody sieciowej na powrocie z wymiennika, [K];

5. Analiza błędów

Błąd maksymalny bezwzględny pomiaru współczynnika przenikania ciepła „K”:

$$\begin{aligned} \Delta K &= \left| \frac{\partial K}{\partial Q_i} \right| \Delta Q_i + \left| \frac{\partial K}{\partial \Delta t_{sr}} \right| \Delta(\Delta t_{sr}) + \left| \frac{\partial K}{\partial F} \right| \Delta F = \\ &= \left| \frac{1}{\Delta t_{sr} F} \right| \Delta Q_i + \left| \frac{-Q_i}{\Delta t_{sr}^2 F} \right| \Delta(\Delta t_{sr}) + \left| \frac{-Q_i}{\Delta t_{sr} F^2} \right| \Delta F \quad [\text{kW/m}^2\text{K}] \end{aligned}$$

gdzie:

$\Delta(\Delta t_{sr})$ - błąd średniej logarytmicznej różnicy temperatur;

ΔQ_i - błąd obliczonej mocy cieplnej wymiennika,

ΔF - błąd obliczenia powierzchni wymiany ciepła w wymienniku.

Błąd pomiaru mocy cieplnej wymiennika obliczonej z ilości ciepła przekazywanego przez wodę instalacyjną przy pominięciu błędu określenia ciepła właściwego:

$$\begin{aligned} \Delta Q_i &= \left| \frac{\partial Q_i}{\partial m_i} \right| \Delta m_i + \left| \frac{\partial Q_i}{\partial t_z} \right| \Delta t_z + \left| \frac{\partial Q_i}{\partial t_p} \right| \Delta t_p = \\ &= \Delta m_i |t_z c_{wz} - t_p c_{wp}| + \Delta t_z |m_i c_{wz}| + \Delta t_p |-m_i c_{wp}| \quad [\text{kW}] \end{aligned}$$

gdzie:

- Δm_i - błąd obliczenia strumień masy wody instalacyjnej;
- Δt_z - błąd pomiaru temperatura wody instalacyjnej na zasileniu wymiennika;
- Δt_p - błąd pomiaru temperatura wody instalacyjnej na powrocie z wymiennikiem.

Błąd średniej logarytmicznej różnicy temperatur:

$$\Delta(\Delta t_{sr}) = \left| \frac{\partial \Delta t_{sr}}{\partial T_z} \right| \Delta T_z + \left| \frac{\partial \Delta t_{sr}}{\partial t_z} \right| \Delta t_z + \left| \frac{\partial \Delta t_{sr}}{\partial T_p} \right| \Delta T_p + \left| \frac{\partial \Delta t_{sr}}{\partial t_p} \right| \Delta t_p \quad [\text{kW/m}^2\text{K}]$$

gdzie:

- ΔT_z - błąd pomiaru temperatury wody sieciowej na zasileniu wymiennika;
- ΔT_p - błąd pomiaru temperatury wody sieciowej na powrocie z wymiennika.

Opisowa analiza uzyskanych wyników oraz błędu.

$$K_o = K \pm \Delta K \quad [\text{kW/m}^2\text{K}]$$

Literatura:

1. Kołodziejczyk L., Rubik M., Mańkowski S.: „Pomiary w inżynierii sanitarnej”. Warszawa, Arkady 1980r, rozdział 2.2.4 (str. 61-73, rozdział 5.3.3 (str. 308-317);
2. Kwiatkowski J., Cholewa L.: „Centralne ogrzewanie - pomoce projektanta”. Warszawa, Arkady 1980r, rozdział 3.3.2-3.3.5, 8.1 i 8.2 (str.686-692);
3. „Energooszczędne układy zaopatrzenia budynków w ciepło. Budowa i eksploatacja” praca zbiorowa, Poznań, 1994r. rozdział 6.1-6.5 (str.151-191), rozdział 8.1 (str. 245-258);
4. Karta katalogowa płytowego lutowanego wymiennika ciepła firmy ALFA LAVAL, REFLEX, TERMEN.