

Ćwiczenie Nr 9

Temat: **POMIAR STRAT CIEPŁA W OBIEGU CYRKULACJI CIEPŁEJ
WODY UŻYTKOWEJ (C.W.U.)**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z metodą pomiaru przepływu oraz strat ciepła w instalacji cyrkulacji ciepłej wody użytkowej. Studenci zapoznają się również z zagadnieniami dotyczącymi układów przygotowania c.w.u. Znajomość tych zagadnień jest przydatna w doborze i regulacji instalacji ciepłej wody użytkowej z cyrkulacją.

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

1. Zasady pomiaru przepływu cieczy i pomiar temperatury w przewodach rurowych [2].
 2. Zasady obliczania rozbioru c.w.u. [1,3,6]:
 - 2.1. normy zużycia;
 - 2.2. współczynniki nierównomierności rozbioru c.w.u.;
 - 2.3. rozbiory wody:
 - średni dobowy,
 - średni godzinowy,
 - maksymalny godzinowy.
 3. Układy do przygotowania c.w.u.[3,4,5]:
 - 3.1. Podział ze względu na zasięg układu
 - 3.1.1.układy centralne:
 - węzły dwufunkcyjne c.o. i c.w.u.,
 - węzły cieplne jednofunkcyjne c.w.u.;
 - 3.1.2.układy decentralne:
 - miejscowe z jednym punktem poboru,
 - lokalne z wieloma punktami poboru;
 - 3.2. Podział za względu na rozwiązania układu:
 - 3.2.1.pojemnościowe,
 - 3.2.2.przepływowe.
 4. Sposoby regulacji instalacji c.w.u. (kryzowanie, regulacja automatyczna).
 5. Podział centralnych instalacji c.w.u. ze względu na [1,3]:
 - 5.1. sposób rozprowadzenia:
 - rozdział dolny,
 - rozdział górny;
 - 5.2. cyrkulację:
 - bez cyrkulacji,
 - z cyrkulacją w przewodach poziomych,
 - z pełnym obiegiem cyrkulacyjnym.
 6. Zakresy stosowania instalacji cyrkulacji [1,3]:
 - grawitacyjnej,
 - wymuszonej.
-

7. Obliczenia hydrauliczne instalacji c.w.u. [1,4,6]:
- określenie rozbioru c.w.u. i przepływu cyrkulacyjnego,
 - dobór średnic przewodów c.w.u. i cyrkulacyjnych,
 - dobór pompy w obiegu cyrkulacji,
 - dobór urządzeń regulacyjnych.

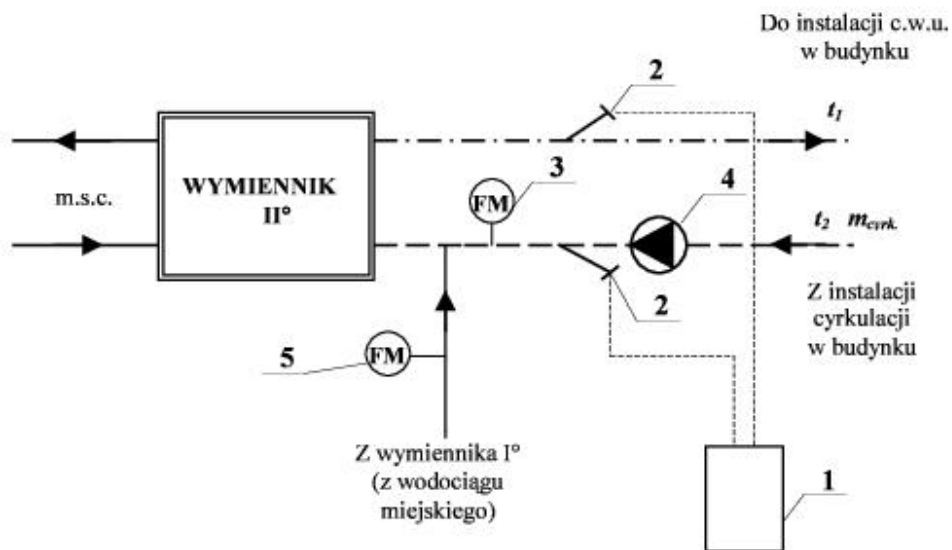
B. Część doświadczalna ćwiczenia

1. Charakterystyka pomiarów

Część doświadczalna ćwiczenia odbywa się na stanowisku pomiarowym w węźle wielofunkcyjnym budynku WBiA. Dokonuje się pomiaru temperatury i przepływu ciepłej wody na wyjściu z wymiennika c.w.u. II° oraz temperatury i przepływu w instalacji cyrkulacyjnej na wejściu do wymiennika

2. Wielkości mierzone [2]

- temperatura ciepłej wody użytkowej na wyjściu z wymiennika i cyrkulacyjnej przed wymiennikiem,
- przepływ wody cyrkulacyjnej,
- przepływ ciepłej wody użytkowej,



1. Rejestrator
2. Czujniki PT 100
3. Przepływomierz
4. Pompa cyrkulacyjna
5. Wodomierz

Rys 1. Schemat stanowiska pomiarowego

Ćwiczenie laboratoryjne z Ogrzewnictwa i Wentylacji

3. Tabela wyników pomiarów oraz wielkości obliczonych:

| Lp. | t_1 | t_2 | t_{zw} | V_{cyrk} | τ_{cyrk} | \dot{m}_{cyrk} | \dot{Q}_{cyrk} | ΔQ_{cyrk} | $V_{c.w.u.-I}$ | $V_{c.w.u.-II}$ | $\Delta V_{c.w.u.}$ | T | $\dot{Q}_{c.w.u.}$ | Φ |
|-----|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|---------------------|-----|--------------------|--------|
| | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ | m^3 | s | kg/s | kW | kW | m^3 | m^3 | m^3 | s | kW | $\%$ |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Oznaczenia:

- t_1 - temperatura wody instalacyjnej na wyjściu z wymiennika c.w.u., [$^{\circ}C$];
- t_2 - temperatura wody w obiegu cyrkulacji przed wymiennikiem c.w.u., [$^{\circ}C$];
- V_{cyrk} - objętość wody cyrkulacyjnej, [m^3];
- \dot{m}_{cyrk} - strumień masy wody w instalacji cyrkulacji, [kg/s];
- τ_{cyrk} - czas pomiaru przepływu objętości V_{cyrk} , [s];
- \dot{Q}_{cyrk} - strata ciepła w instalacji cyrkulacji, [kW];
- $V_{c.w.u.-I}$ - wskazanie wodomierza na początku pomiaru, [m^3];
- $V_{c.w.u.-II}$ - końcowy stan wodomierza po upływie okresu pomiarowego, [m^3];
- $\Delta V_{c.w.u.}$ - zużycie ciepłej wody użytkowej – wg stanu wodomierza (w okresie pomiaru), [m^3];
- T - okres pomiarowy, [s];
- $\dot{Q}_{c.w.u.}$ - średnia moc cieplna do podgrzania c.w.u. od temperatury t_{zw} do t_1 z okresu pomiaru, [kW].

4. Opracowanie wyników pomiarów

Sposób obliczenia strat ciepła w instalacji cyrkulacji c.w.u.:

$$\dot{Q}_{cyrk} = \dot{m}_{cyrk} c_w \Delta t = \dot{m}_{cyrk} c_w (t_1 - t_2) \quad [kW]$$

gdzie:

c_w - ciepło właściwe wody dla temperatury średniej $\frac{t_1 + t_2}{2}$, [$J/kg K$]

Średnie zapotrzebowanie na moc cieplną do przygotowania c.w.u. w okresie pomiarowym:

$$\dot{Q}_{c.w.u.} = \frac{\Delta V_{c.w.u.}}{T} \rho c_w (t - t_{zw}) \quad [kW]$$

Szacunkowe określenie udziału zapotrzebowania na moc cieplnej na pokrycie strat ciepła cyrkulacji w stosunku do całkowitego zapotrzebowania na moc cieplną w układzie przygotowania c.w.u. obliczone z okresu pomiarowego T :

$$\Phi = \frac{\dot{Q}_{cyrk}}{\dot{Q}_{c.w.u.} + \dot{Q}_{cyrk}} \cdot 100 \quad [\%]$$

5. Analiza błędów

Błąd maksymalny bezwzględny pomiaru strat ciepła w obiegu cyrkulacji przy pominięciu błędu określenia ciepła właściwego:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{cyrk}} &= \left| \frac{\partial Q_{\text{cyrk}}}{\partial m_{\text{cyrk}}} \right| \Delta m_{\text{cyrk}} + \left| \frac{\partial Q_{\text{cyrk}}}{\partial \Delta t} \right| \Delta t_2 + \left| \frac{\partial Q_{\text{cyrk}}}{\partial \Delta t} \right| \Delta t_1 = \\ &= \Delta m_{\text{cyrk}} c_w (t_1 - t_2) + \Delta t_1 m_{\text{cyrk}} c_w + \Delta t_2 m_{\text{cyrk}} c_w \quad [\text{kW}] \end{aligned}$$

gdzie:

- Δm_{cyrk} - błąd pomiaru strumień masy wody w instalacji cyrkulacji;
- Δt_1 - błąd pomiaru temperatura wody instalacyjnej na wyjściu z wymiennika c.w.u.;
- Δt_2 - błąd pomiaru temperatura wody w obiegu cyrkulacji przed wymiennikiem c.w.u.

Opisowa analiza uzyskanych wyników pomiarowych i błędu strat ciepła w instalacji cyrkulacji.

$$\dot{Q}_{\text{cyrk}} = \dot{Q}_{\text{cyrk}} \pm \Delta Q_{\text{cyrk}} \quad [\text{kW}]$$

Literatura:

1. Chybowski B. „Instalacje ciepłej wody użytkowej”, Warszawa, Arkady 1973r., rozdział 4.1 (str. 122), rozdział 7 (str.171-179), rozdział 10 (str.209-218);
2. Kołodziejski L., Rubik M., Mańkowski S. „Pomiary w inżynierii sanitarnej”, Warszawa, Arkady 1974r.
3. Mańkowski S. „Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej”, Warszawa, Arkady 1981r, rozdział 1.3.3 (str. 48-51), rozdział 2.1., 2.2, 3.1 (str. 57-100, 116-126, 133-150);
4. Koczyk H. „Ogrzewnictwo dla praktyków”, Poznań, 2002r, rozdział 8.6 (str. 131-142);
5. Pieńkowski K., Krawczyk D., Tumel W. „Ogrzewnictwo tom 1”, Białystok, 1999r, str.:186-195, 308-321.
6. PN-92/B-01706: Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.