Mgr inż. JERZY BOGDAN ZEMBROWSKI
Zakład Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji
Politechniki Białostockiej

Rozregulowania hydrauliczne i cieplne wymiennikowych węzłów cieplnych centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

Obecnie w kraju najbardziej rozpowszechnionym sposobem zamiany wysokich parametrów wody sieciowej na niskie użytkowe jest wymiana ciepła w przeponowych wymiennikach cieplnych. Wymienniki te wraz z innymi urządzeniami towarzyszącymi stanowią wyposażenie zespolonych węzłów c.o. i c.w.u. (zasilających jednocześnie instalacje centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej w budynku). Węzły te przyłączone są do dwururowej sieci cieplnej zasilanej z EC.

Od czasu pierwszych zastosowań węzłów c.o. i c.w.u. jako dwustopniowych, wystąpiło podczas ich eksploatacji wiele problemów nie rozwiązanych do dzisiaj. Od momentu wprowadzenia w życie zarządzeń o stosowaniu automatyki węzłów, jedne problemy zmalały, inne natomiast wzrosły i jeszcze bardziej się uwypukliły. Problemy te głównie dotyczą zasad doboru urządzeń węzła, sposobu regulacji, właściwego wymiarowania oraz zmniejszenia skutków zakłóceń spowodowanych rozregulowaniem hydraulicznym i cieplnym węzła i współpracujących z nim instalacji.

Stosowane obecnie węzły c.o. i c.w.u. oparte są na dwóch podstawowych układach:
— szeregowo-równoległym,
— szeregowo-szeregowym.

Przedstawione na rysunkach 1 i 2 schematy prezentują najbardziej powszechny i do dzisiaj stosowany sposób podłączenia zasobnika oraz pracy pomp c.w.u.

Należy zauważyć, że ze względu na częste zmiany wytycznych i zaleceń dotyczących wyboru układu węzła, projektanci oraz służby eksploatacyjne powszechnie stosują węzły w układzie mieszanym. Układ taki umożliwia dowolne przełączanie z szeregowo-równoległego na szeregowo-szeregowy i odwrotnie. Istnienie takich układów potwierdziła inwentaryzacja przeprowadzona przez autora na kilkudziesięciu węzłach w Białymstoku. Układ mieszany stwarza niebezpieczeństwo dowolności interpretacji regulacji węzła — zwłaszcza w połączeniu z nie zawsze wystarczająco wykwalifikowanymi służbami eksploatacyjnymi dokonującymi regulacji eksploatacyjnej ręcznie. Niebezpieczeństwo to jest dodatkowo potęgowane powszechnie znanymi kłopotami związanymi z zaworami regulacji automatycznej. Kłopoty te spowodowały wydanie kilka lat temu zarządzenia o automatyzacji węzłów, które dopuszczało oddanie węzła do eksploatacji bez automatyki, lecz z pozostawieniem miejsc na późniejszy montaż. Wskutek tego pracujące obecnie węzły w większości nie są wyposażone w automatykę bądź wyposażone są jedynie częściowo, głównie po stronie ciepłej wody użytkowej (ze względu na korozję).

Taki stan powoduje, że węzły cieplne c.o. i c.w.u. pracują z niezawodnością znacznie odbiegającą od wymaganej, a sprawność energetyczna urządzeń i całego węzła daleka jest od oczekiwanej. Praca takich węzłów odbija się również niekorzystnie na sprawności źródeł ciepła zasilających miejską sieć cieplną.

Z przedstawionych przyczyn, w dalszej części artykułu rozważania dotyczyć będą węzłów wyposażonych w niesprawną automatykę lub bez niej.

W celu lepszego zrozumienia zjawisk rozregulowań hydraulicznych i cieplnych węzła, należy przedstawić podstawowe równania dotyczące pracy wymienników ciepła, tzn.:
— moc cieplną po stronie wody sieciowej

$$Q_s = \dot{G}_s \Delta t_s c_{ps}, \quad \text{kW} \tag{1}$$

gdzie:

$\dot{G}_s$ — masowy przepływ wody sieciowej przez wymiennik na potrzeby c.o. lub c.w.u., kg/s,
Δt_s — różnica temperatury wody sieciowej przed- i za wymiennikiem, K,
c_{ps} — średnie ciepło właściwe wody sieciowej. KJ/(kg · K).

— moc cieplną po stronie wody instalacyjnej

$$Q_i = \dot{G}_i \Delta t_i c_{pi}, \quad \text{kW} \tag{2}$$

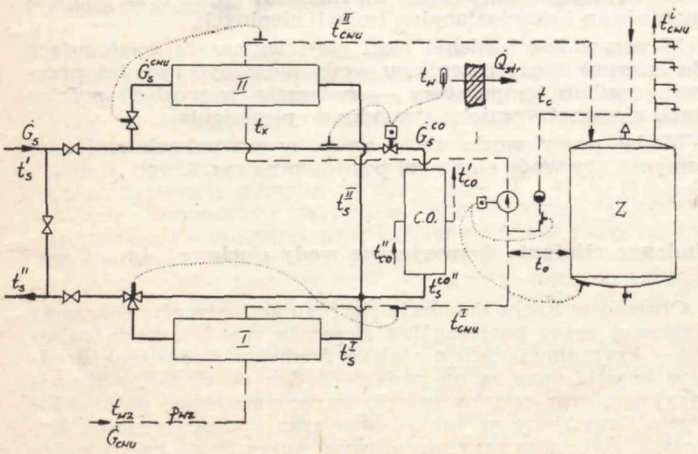
gdzie: oznaczenia jak poprzednio, lecz odniesione do wody instalacyjnej c.o. lub c.w.u.;

— strumień ciepła przenikającego od wody sieciowej do instalacyjnej

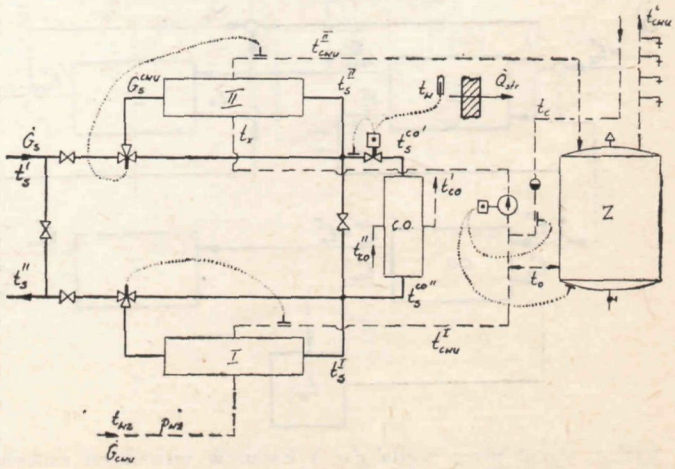
$$Q = K F \Delta t_{lg}, \quad \text{kW} \tag{3}$$

gdzie:

K — współczynnik przenikania ciepła przegrody wymiennika, kW/(m² · K),
F — pole powierzchni wymiany ciepła przez przenikanie, m²,
Δt_{lg} — średnia logarytmiczna różnica temperatury wody sieciowej i instalacyjnej, K;



Rys. 1. Uproszczony schemat ideowy węzła c.o. i c.w.u. w układzie szeregowo-równoległym



Rys. 2. Uproszczony schemat ideowy węzła c.o. i c.w.u. w układzie szeregowo-szeregowym

— zmiany przepływu odpowiadające zmianom oporów hydraulicznych [5]

$$\Delta \dot{G} = \dot{G}' \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta H}{H'}} - 1 \right) \text{ kg/s} \tag{4}$$

gdy $\Delta H > 0$ oraz $H' \neq 0$

lub

$$\Delta \dot{G} = \dot{G}' \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\Delta H}{H'}} \right) \text{ kg/s} \tag{5}$$

gdy $\Delta H < 0$ oraz $H' \neq 0$

gdzie:

G' — przepływ masowy wody przez wymiennik w warunkach początkowych, kg/s,

H' — opór hydrauliczny wymiennika w warunkach początkowych, kPa,

ΔH — zmiana oporów hydraulicznych odpowiadająca zmianie przepływu o $\Delta \dot{G}$, kPa;

— temperaturę za wymiennikiem wody sieciowej

$$t_s'' = t_s' - \left(t_s' - t_i' \right) Z, \ ^\circ C \tag{6}$$

oraz wody instalacyjnej

$$t_i'' = t_i' + \left(t_s' - t_i' \right) \frac{W_s}{W_i} Z, \ ^\circ C \tag{7}$$

gdzie:

t_s' — temperatura wody sieciowej przed wymiennikiem, °C,

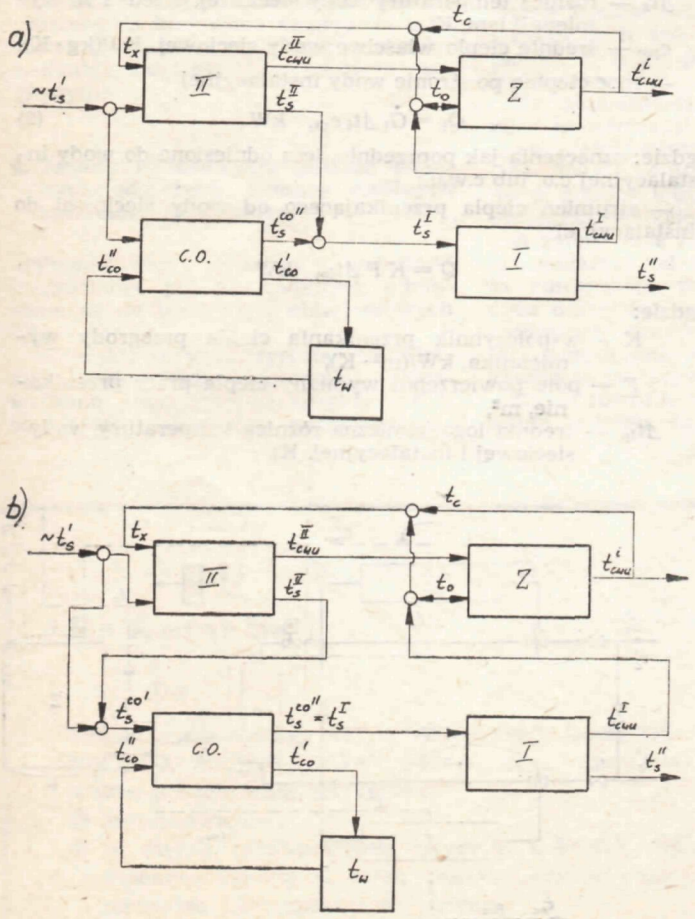
t_i' — temperatura wody instalacyjnej przed wymiennikiem, °C,

W_s — wodny równoważnik wody sieciowej, określony jako

$$W_s = \dot{G}_s c_{ps}, \ \text{kW/K} \tag{8}$$

W_i — wodny równoważnik wody instalacyjnej, określony jako

$$W_i = \dot{G}_i c_{pi}, \ \text{kW/K} \tag{9}$$



Rys. 3. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach zmiennej temperatury wody sieciowej: a) układ szeregowo-równoległy, b) układ szeregowo-szeregowy

Z — parametr charakterystyczny, dla wymiennika przeciwprądowego określony równaniem

$$Z = \frac{1 - \exp\left[-\left(1 - \frac{W_s}{W_i} \right) \frac{KF}{W_s} \right]}{1 - \frac{W_s}{W_i} \exp\left[-\left(1 - \frac{W_s}{W_i} \right) \frac{KF}{W_s} \right]} \tag{10}$$

Dwustopniowym węzłom c.o. i c.w.u. (rys. 1 i 2) stawia się wiele wymagań do spełnienia, z których główne to:

— zabezpieczenie temperatury ciepłej wody użytkowej w żądanym przedziale 45—55°C,

— uzupełnianie ubytków wody z zasobnika wodą podgrzaną w wymiennikach I stopnia,

— dogrzanie wody uzupełniającej zasobnik również w wymiennikach II stopnia,

— podgrzanie wody cyrkulacyjnej w wymiennikach II stopnia,

— po rozładowaniu zasobnika, spełnienie cyklu ładowania oraz cyrkulacji wody w węźle i przyłączonej instalacji c.w.u.,

— zabezpieczenie odbiorców c.w.u. przed dopływem przez przewody cyrkulacyjne wody niezupełnie podgrzanej,

— utrzymanie temperatury wewnętrznej w budynku na wymaganym poziomie,

— wykorzystanie ciepła pobieranego z m.s.c. w takim stopniu, że temperatura wody powrotnej z węzła odpowiada aktualnym wartościom wg wykresu regulacyjnego.

Aby sprostać przedstawionym wymaganiom, węzeł musi być kompletnie wyposażony w automatykę i sterowanie. Cechą charakterystyczną pracy każdego węzła c.o. i c.w.u. jest występowanie zakłóceń hydraulicznych i cieplnych, powodujących większe lub mniejsze rozregulowania (w zależności od wyposażenia w automatykę). Fakt ten wpływa na stopień spełniania przez węzły przedstawionych wymagań.

W wyniku kilkuletnich obserwacji pracy węzłów c.o. i c.w.u. na terenie Białegostoku oraz badań wykonanych przez autora w Węźle Doświadczalnym Politechniki Białostockiej, wyróżnić można wiele zakłóceń w pracy węzłów.

Zmienne wartości temperatury wody sieciowej t'

Temperatura wody sieciowej zasilającej węzeł (na przestrzeni całego roku kalendarzowego) powinna odpowiadać wartościom zgodnym z wykresem regulacyjnym. Jednakże jest ona z reguły zaniżana o kilkanaście stopni zimą i kilka stopni latem. Do rzadkości należą przypadki, gdy temperatura ta odpowiada wymaganej. Charakterystyczne jest również to, że podczas występowania odmiennej niż wymagana temperatura wody sieciowej zachodzą też wahania jej wartości w ciągu doby. Amplituda tych wahań wynosi 5÷20°C.

Główną przyczyną zmian temperatury wody sieciowej jest proces jej regulacji w elektrociepłowni, który uwarunkowany jest realiami eksploatacji systemu cieplnego, tj.: stopniowaniem zasilania, jakością opału, jakością regulacji oraz obniżaniem temperatury zasilania podczas występowania zawyżonych wartości temperatury wody powracającej z m.s.c.

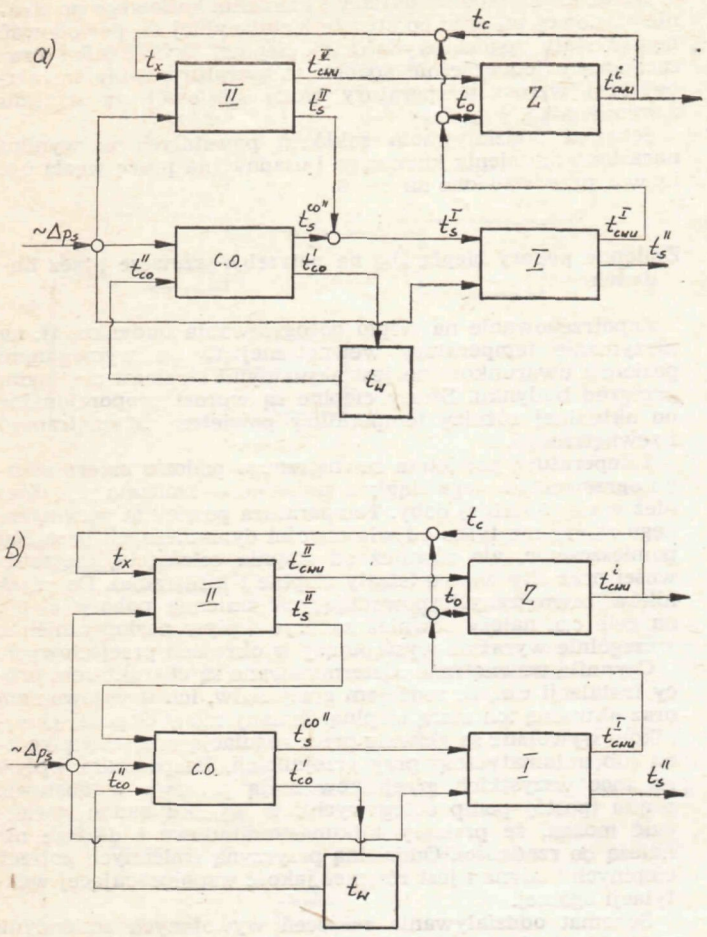
Pewne spadki temperatury wody spowodowane są również stratami cieplnymi rurociągów dosyłowych. Straty te potęgowane są dużą liczbą elementów nieizolowanych oraz jakością montażową i eksploatacyjną izolacji cieplnych.

W przypadku istnienia sieci pierścieniowych występująca dwukierunkowość przepływu wody może być również przyczyną wahań temperatury — zwłaszcza w węzłach położonych niesymetrycznie w stosunku do pierścienia.

Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach zmiennej temperatury wody sieciowej pokazano na rys. 3.

Zmienne ciśnienia dyspozycyjne wody sieciowej Δp_s

Obecnie w kraju dokonuje się regulacji przepływów wody sieciowej przez poszczególne elementy węzła metodą zabudowy kryz dławiących o stałych średnicach otworów. Średnice te dobierane są na podstawie danych ciśnienia dyspozycyjnego oraz oporów przepływu w warunkach obliczeniowych. Oczywiście w takim rozwiązaniu pracy węzłów c.o. i c.w.u., zwłaszcza przy niesprawnej automatyce, każda zmiana ciśnień dyspozycyjnych wody sieciowej powodować będzie jej samoregulacyjne przepływy przez węzeł.



Rys. 4. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach zmiennych ciśnień dyspozycyjnych wody sieciowej: *a*) układ szeregowo-równoległy, *b*) układ szeregowo-szeregowy

Zmienne ciśnienia dyspozycyjne wody sieciowej na wejściu do węzła są zjawiskiem nagminnym. Do rzadkości należą kilkugodzinne okresy, kiedy można uznać ciśnienia za stałe.

Wahania ciśnień dyspozycyjnych wywołane są głównie niestabilną pracą pomp obiegowych w EC oraz wyłączaniem poszczególnych węzłów lub odcinków sieci przez służby eksploatacyjne. W dużych systemach cieplnych dodatkową przyczyną zmiennych ciśnień jest współpraca ze sobą kilku źródeł ciepła oraz praca pomp w przepompowni. Nie bez znaczenia jest również efekt pracy zaworów regulacji automatycznej po stronie wody sieciowej, zamontowanych w węzłach zasilanych z tej samej sieci co i węzły niezautomatyzowane. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w takich warunkach przedstawiono na rys. 4.

Zmienne wartości temperatury wody wodociągowej t_{wz}

Temperatura wody zasilającej miejską sieć wodociągową zależy głównie od rodzaju jej ujęcia. Tak więc w przypadku ujęcia wody głębinowej można uważać, że w ciągu całego roku jej temperatura będzie niezmienna. Pewnych zmian temperatury w miejscu ujęcia należy się spodziewać w przypadku powierzchniowego ujęcia wody. Zmiany te zależeć będą oczywiście głównie od pory roku, tj. od aktualnie panującej temperatury powietrza zewnętrznego. W podobny sposób zmianom będzie podlegać temperatura wody na całej drodze przepływu w sieci wodociągowej, w zależności od takich czynników jak: prędkość przepływu, średnica i długość rurociągów, głębokość posadowienia w gruncie, odległość od rurociągów ciepłowniczych itp.

Jak wykazały badania autora, w większości okresów pracy węzłów cieplnych występuje podwyższona temperatura wody wodociągowej na wejściu w stosunku do zakładanych w obliczeniach. Podwyższenia te wynoszą przeważnie kilka stopni. W okresach niskiej temperatury zewnętrznej zdarzają się również znaczne zaniżenia temperatury wody wodociągowej, np. do wartości 3,5°C przy temperaturze zewnętrznej −20,5°C.

Spadki ciśnienia wody wodociągowej p_{wz}

Jeżeli spadek ciśnienia wody wodociągowej wystąpi podczas rozbiorów w budynku, zmniejszeniu również ulegną jej przepływy przez poszczególne obiegi w węźle cieplnym.

Na wielkość ciśnienia wody zimnej zasilającej węzeł decydujący wpływ wywiera praca pomp zasilających w stacji uzdatniania wody oraz praca zbiorników wyrównawczych.

Znaczne wahania ciśnień wywołane są też wyłączeniami poszczególnych odbiorców lub całych części sieci wodociągowej, dokonywanych przez służby techniczne. Podobne skutki wywołuje również istnienie niejednoczesności rozbioru wody zimnej przez poszczególne budynki (dotyczy to szczególnie okresów popołudniowych w budownictwie mieszkaniowym lub podczas pracy jednej zmiany w budownictwie przemysłowym wymagającym znacznych poborów wody).

Inną przyczyną, powodującą intensywne wahania ciśnień jest oddziaływanie pracy hydroforów zasilanych z tej samej sieci wodociągowej. Oddziaływanie to jest zależne od mocy zainstalowanych pomp hydroforowych oraz od liczby pracujących hydroforów w sąsiedztwie rozpatrywanych węzłów cieplnych.

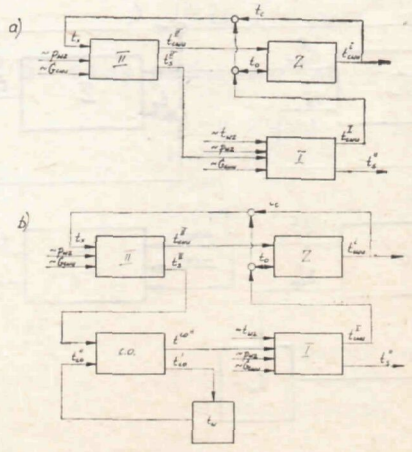
Nierównomierność rozbiorów c.w.u. w budynku $\dot{G}_{cwu}$

Powszechnie znane są przyczyny występowania nierównomierności rozbioru c.w.u. w budynku. Należą do nich m.in.: przeznaczenie budynku, rodzaj i wiek użytkowników, pora dnia, tygodnia i roku, standard wyposażenia w przybory sanitarne, stan higieny itp. Daje się również wyraźnie zauważyć pewien związek między rzeczywistą nierównomiernością rozbioru a zdolnościami akumulacyjnymi zasobników c.w.u. oraz jakością pracy instalacji cyrkulacyjnej.

Zmienne rozbiory c.w.u. w okresie letnim wpływają głównie na osiąganą temperaturę wody ciepłej zarówno po I, jak też i po II stopniu oraz na temperaturę wody sieciowej opuszczającej węzeł (wracającej do sieci). W okresie zimowym poza tymi wpływami, występuje również oddziaływanie na pracę sekcji c.o., tj. na temperaturę wewnętrzną w budynku (szczególnie w węzłach szeregowo-szeregowych).

Efektem występowania zmiennych rozbiorów c.w.u. jest także istnienie zmiennej temperatury wody zimnej na wejściu do węzła. Dotyczy to zwłaszcza przypadków prowadzenia przewodów wodociągowych długimi ciągami piwnic. Zachodzi tu wymiana ciepła między nieizolowanym przewodem wodociągowym a powietrzem, którego temperatura wynosi kilkanaście stopni w piwnicach oraz 25÷40°C w pomieszczeniu węzła cieplnego. Oczywiście przebieg zmian temperatury wody zimnej t_{wz} w dużym stopniu jest odwzorowaniem odwróconym przebiegu zmian rozbiorów ciepłej wody użytkowej w budynku (podczas rozbiorów nie większych niż średnie). Można przyjąć, że temperatura t_{wz} w ciągu roku jest średnio o 3÷6°C wyższa niż zakładana do obliczeń. Niekiedy wartości te są znacznie wyższe — zwłaszcza w przypadku prowadzenia przewodów wody zimnej w pobliżu rurociągów centralnego ogrzewania.

Z uwagi na podobny charakter oddziaływania zakłóceń temperatury wody wodociągowej, ciśnień wodociągowych oraz zmiennych rozbiorów c.w.u., na rys. 5 pokazano wspólnie model pracy węzła w takich warunkach.



Rys. 5. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach nierównomiernych rozbiorów c.w.u.: *a*) układ szeregowo-równoległy, *b*) układ szeregowo-szeregowy

Osadzanie się kamienia kotłowego i osadów

Podczas eksploatacji węzłów cieplnych na powierzchniach wymiany ciepła wymienników ciepłej wody użytkowej I i II stopnia oraz wymienników c.o., występuje wytrącanie się, tzw. kamienia kotłowego i osadów. Intensywność tego wytrącania zależy głównie od jakości wody wodociągowej, tj. od zawartości w niej kwaśnych węglanów wapnia i magnezu — jest więc niejednakowa w wymiennikach c.w.u. i c.o. Wyraźny wzrost intensywności wytrącania się kamienia występuje w przypadku wzrostu temperatury wody, np. przy przegrzewaniu jej w wymiennikach c.w.u. Intensywność narastania kamienia i osadów w wymiennikach c.o. zależeć będzie od częstotliwości uzupełnień instalacji wodą wodociągową.

Zwiększone wytrącanie się kamienia i osadów towarzyszy zawsze zmiennym prędkościom przepływu wody przez wymienniki, tak więc tym większe będą grubości osadów, im większe są zmiany prędkości. Nie bez znaczenia jest również dokładność płukania rurociągów przy odbiorze technicznym oraz stopień oczyszczania wody przez odmulacze. Powstające osady i kamień kotłowy utrudniają wymianę ciepła, a wielkość zakłóceń hydraulicznych i cieplnych zależeć będzie od aktualnej wartości wskaźnika η.

Wskaźnik η określić można jako

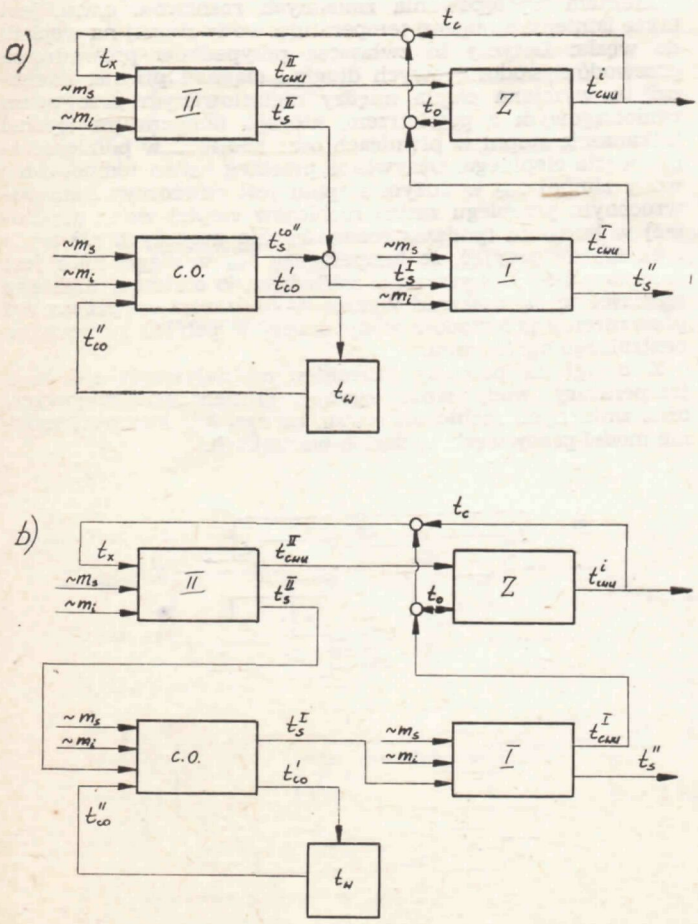
$$\eta = \frac{K_{rz}}{K_{obl}} \tag{11}$$

gdzie:

K_{rz} — rzeczywisty współczynnik przenikania ciepła wymiennika w danych warunkach,

K_{obl} — współczynnik przenikania ciepła wymiennika w warunkach obliczeniowych, W/(m² · K).

Oczywiście wskaźnik ten w początkowym okresie pracy wymiennika ma wartość $\eta > 1$ (wymiennik pracuje jako przewymiarowany), natomiast po pewnym czasie osiąga wartość $\eta < 1$ (wymiennik pracuje jako niedowymiarowany).



Rys. 6. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach osadzania się kamienia kotłowego i osadów: a) układ szeregowo-równoległy, b) układ szeregowo-szeregowy

Wzrastanie wielkości osadów i kamienia kotłowego po stronie sieciowej m_s oraz po stronie instalacyjnej m_i powodować będzie stały spadek wydajności cieplnej wymiennika oraz zachodzący jednocześnie spadek temperatury wody instalacyjnej i wzrost temperatury wody sieciowej na wyjściu z wymiennika.

Schemat oddziaływania zakłóceń powstałych w wyniku narastania kamienia kotłowego i osadów, na pracę węzła c.o. i c.w.u. przedstawiono na rys. 6.

Zmienne pobory ciepła $\dot{Q}_{co}$ na potrzeby grzewcze przez budynek

Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku, tj. na utrzymanie temperatury wewnętrznej t_w na wymaganym poziomie uwarunkowane jest aktualnymi stratami cieplnymi przegród budynku. Straty cieplne są wprost proporcjonalne do aktualnej różnicy temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego.

Temperatura powietrza zewnętrznego podczas całego sezonu ogrzewczego ulega ciągłym zmianom — zmienna jest również w ciągu każdej doby. Temperatura powietrza wewnętrznego zależy nie tylko od właściwości dynamicznych przegród pomieszczenia, ale również od stopnia osłonięcia, częstotliwości oraz siły wiatru (straty cieplne i infiltracja). Do czynników zewnętrznych powodujących zmienne pobory ciepła na cele c.o. należy również zaliczyć wpływ nasłonecznienia, szczególnie wyraźnie występujący w okresach przejściowych.

Czynniki wewnętrzne zdeterminowane są charakterem pracy instalacji c.o., tj. rodzajem grzejników, ich usytuowaniem oraz aktualną ich mocą cieplną. Zmiany mocy cieplnej grzejników wywołane są głównie przez regulację miejscową (ręczną lub automatyczną) przy grzejnikach. Bezpośredni wpływ na moc wszystkich grzejników mają przerwy w dostawie prądu (postój pomp obiegowych); w wyniku badań stwierdzić można, że przerwy kilkunastominutowe i dłuższe nie należą do rzadkości. Oddzielną przyczyną zmiennych potrzeb cieplnych budynku jest również jakość współpracującej wentylacji ogólnej.

Schemat oddziaływania zakłóceń wywołanych zmiennymi potrzebami cieplnymi budynku na pracę węzła c.o. i c.w.u. przedstawiono na rys. 7.

Podczas pracy węzłów c.o. i c.w.u. występuje jeszcze wiele przyczyn powodujących trwałe lub czasowe rozregulowanie hydrauliczne i cieplne.

Jakość pracy instalacji cyrkulacyjnej c.w.u.

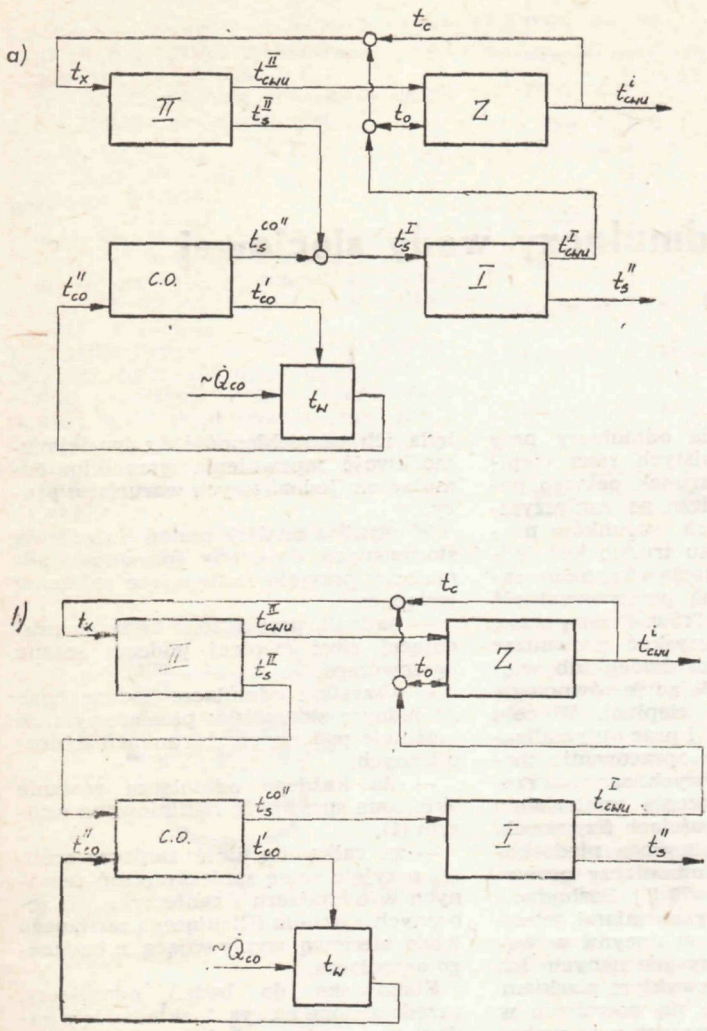
W przypadku wadliwej pracy pomp cyrkulacyjnych lub ładujących, zmianie ulegną wielkości przepływów przez poszczególne obiegi węzła, którym towarzyszyć będą zmienione również wartości temperatury osiągane za wymiennikami (po stronie instalacyjnej oraz po stronie sieciowej). Wskutek zmienionego rozkładu ciśnień, zmianie ulegną również przepływy cyrkulacyjne — w obiegach najdalszych wystąpić może brak cyrkulacji. W przypadku braku sterowania pomp cyrkulacyjnych, zasobniki c.w.u. pozbawione będą cyklu ładowania podczas braku rozbiorów w godzinach nocnych.

Praca zasobników c.w.u.

Jakość pracy zasobników c.w.u. zależy od układów połączeń, tj. od średnic i usytuowania poszczególnych króćców przyłączeniowych oraz od sposobu połączeń kilku zasobników (szeregowe, równoległe, mieszane). Na rozkład temperatury wewnątrz zasobnika ma również wpływ rodzaj zasilania: jednokierunkowe lub dwukierunkowe. W przypadku postoju pomp cyrkulacyjnych podczas braku rozbioru c.w.u. występować będzie stabilizacja warunków temperaturowych wewnątrz objętości zbiornika, której stopień jest wprost proporcjonalny do czasu przerw w rozbiorze c.w.u. Podczas rozbiorów minimalnych wystąpi zjawisko wyporu cieplnego [5] o kierunku dodatnim lub ujemnym — ma to bezpośredni wpływ na rozkład temperatury wody na wejściu do instalacji c.w.u. w budynku.

Odstępstwa wykonawcze

Głównym mankamentem wykonawczym jest albo brak, albo niska jakość wykonywanych izolacji cieplnych poszczególnych elementów węzła i przyłączonych instalacji. Do czę-



Rys. 7. Model pracy węzła c.o. i c.w.u. w warunkach zmiennych potrzeb cieplnych budynku: *a*) układ szeregowo-równoległy, *b*) układ szeregowo-szeregowy

stych błędów wykonawczych, mających wpływ na uzyskiwane wartości temperatury, należy również niestosowanie kryz dławiących w poszczególnych obiegach po stronie wody sieciowej i instalacyjnej. Zaniżanie wydajności cieplnych wymienników często jest skutkiem stosowania w praktyce kołkowania, tj. zaślepiania przeciekających rurek wężownicy — szczególnie chętnie stosowanych w wymiennikach typu WCW i WCO.

Błędy projektowe

Do najczęściej występujących błędów projektowych należy zaliczyć nieprawidłowy dobór wymienników I i II stopnia c.w.u. oraz objętości zasobników. Często spotyka się również nieprawidłowe wymiarowanie poszczególnych obiegów w węźle (zwłaszcza po stronie c.w.u.) — w połączeniu z brakiem automatyki, potęguje to rozlegulowanie ciągłe węzła i instalacji.

Regulacja eksploatacyjna

Podczas eksploatacji niezautomatyzowanych węzłów c.o. i c.w.u. służby techniczne zmuszone są do ręcznych doregulowań. Przy nikłych zdolnościach regulacyjnych zaworów odcinających, doregulowania takie nie dają oczekiwanych efektów — najczęściej uzyskanie przybliżonych efektów po stronie instalacyjnej, prowadzi do rozlegulowania po stronie sieciowej. Przy tego typu manipulacjach spotyka się również stosowanie tzw. dzikich połączeń, np. zasilanie I stopnia wodą sieciową z pominięciem II stopnia itp. Daje się zauważyć też niekonsekwentne wymiary kryz dławiących letnich i zimowych oraz czyszczenia odmulaczy.

Przedstawione przyczyny oraz skutki rozlegulowań hydraulicznych i cieplnych węzłów c.o. i c.w.u. nie występują w praktyce oddzielnie, lecz obok siebie i to w różnych kombinacjach. Często powstające efekty niwelują się lub potęgują, dając w rezultacie wahania uzyskiwanych parametrów. Poznanie bliżej mechanizmów rozregulowań umożliwi projektantom trafniejsze dobranie automatyki i sterowania, a służbom eksploatacyjnym trafniejsze oddziaływanie na węzeł cieplny i przyłączone instalacje.

PIŚMIENNICTWO

[1] Czajkowski M., Heine A., Sikorski M.: *Automatyczna regulacja temperatury ciepłej wody i jej wpływ na pracę sieci cieplnych i elektrociepłowni.* COW 5/70

[2] Mańkowski St., Dobrzański J.: *Centralne instalacje ciepłej wody użytkowej.* Nowa Technika w Inż. Sanitarnej nr 4. Arkady, Warszawa 1974

[3] Kwiatkowski J., Cholewa L.: *Skutek odchyłek ilości temperatury wody sieciowej na temperatury wewnętrzne.* COW 7—8/76

[4] Wasilewski W.: *Przepływ wody wodociągowej w węźle c.w.u. z zasobnikiem.* COW 1/77

[5] Zembrowski J. B.: *Określenie charakterystyk eksploatacyjnych oraz możliwości regulacji wymiennikowych węzłów c.o. i c.w.u.* Etap IIb: *Praca węzła co/cwu z zasobnikiem w warunkach rzeczywistych — wyniki badań i pomiarów.* Praca nauk.-bad. nr 106/79. Politechnika Białostocka 1982 ■

Ceny ogłoszeń krajowych czasopisma „CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO WENTYLACJA"

Ogłoszenia czarno-białe

1 strona formatu A4	— 22 000 zł
3/4 strony formatu A4	— 20 000 zł
1/2 strony formatu A4	— 14 000 zł
1/4 strony formatu A4	— 9 000 zł
1/8 strony formatu A4	— 6 000 zł

Dodatki do ceny podstawowej

Przygotowanie do druku	+ 20%
Kolor dodatkowy	+ 25%
Pełny kolor	+ 100%
Okładka I, IV str.	+ 100%
Okładka II, III	+ 50%

Rabaty

3—5-krotne powtórzenie	— 3%
6—11-krotne powtórzenie	— 6%
12-krotne i powyżej	— 12%

Artykuły reklamowe, biuletyny i bloki oraz wkładki wykonane przez zleceniodawcę wycenia się według ceny podstawowej, udzielając 40% rabatu