

# WYTYCZNE PROJEKTOWANIA WĘZŁÓW CIEPLNYCH CZĘŚĆ 2

## Spis treści

<b>1. Informacje formalne .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Układy automatycznej regulacji węzłów cieplnych .....</b>	<b>3</b>
2.1. Konfiguracje węzłów cieplnych .....	3
2.2. Funkcje układów automatycznej regulacji .....	4
<b>3. Wymagania techniczne dla urządzeń automatycznej regulacji .....</b>	<b>5</b>
3.1. Wymagania ogólne .....	5
3.2. Regulatory różnicy ciśnień i przepływu .....	5
3.3. Regulatory temperatury c.w. ....	5
3.4. Regulatory temperatury c.o. i c.t. ....	7
3.5. Regulatory różnicy ciśnień w instalacji c.o. ....	7
<b>4. Zasady doboru urządzeń automatycznej regulacji .....</b>	<b>8</b>
4.1. Zasady ogólne .....	8
4.2. Dobór regulatora różnicy ciśnień i przepływu .....	8
4.3. Dobór zaworów regulacyjnych regulatorów temperatury .....	13
4.4. Dobór regulatora różnicy ciśnień odwrotnego działania (nadmiarowo-upustowego) .....	14
4.5. Dane techniczne do doboru zaworów regulacyjnych .....	15
<b>5. Zasady montażu urządzeń automatycznej regulacji .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Zawartość projektu automatycznej regulacji węzłów cieplnych .....</b>	<b>18</b>
<b>Materiały źródłowe .....</b>	<b>20</b>

## Rysunki:

1. Schemat węzła cieplnego dwufunkcyjnego c.o. i c.w. dla budynków mieszkalnych.
2. Schemat układu zasobnikowego przygotowania c.w.u. z pompami ładującocyrkulacyjnymi.
3. Schemat układu zasobnikowego przygotowania c.w.u. z rozdzielonym ładowaniem i cyrkulacją.

## Aktualizacja 01.2016

*Wytyczne projektowania węzłów mogą być stosowane wyłącznie w ramach współpracy i na potrzeby Veolia Energia Warszawa S.A. Stanowią one wyłączną własność Veolia Energia Warszawa S.A. i nie mogą być powielane, rozpowszechniane i udostępniane stronie trzeciej, tak w całości, jak w części, bez pisemnej zgody Dyrektora Działu Technologii.*

## 1. Informacje formalne.

Przedmiotem pracy są wytyczne dla projektantów układów automatycznej regulacji węzłów ciepłych wymiennikowych typu szeregowo-równoległego.

Celem pracy jest podanie projektantom automatyki węzłów ciepłych podstawowych wiadomości niezbędnych przy projektowaniu układów automatycznej regulacji w węzłach ciepłych wymiennikowych typu szeregowo-równoległego z uwzględnieniem wymagań, założeń i rozwiązań technicznych VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Opracowanie zawiera następujące zagadnienia:

- układy automatycznej regulacji węzłów ciepłych,
- parametry techniczne urządzeń automatycznej regulacji,
- zasady doboru urządzeń automatycznej regulacji,
- zasady montażu urządzeń automatycznej regulacji,

## 2. Układy automatycznej regulacji węzłów ciepłych.

### 2.1. Konfiguracje węzłów ciepłych.

W warszawskim systemie ciepłowniczym najczęściej występującym węzłem ciepłym jest węzeł wymiennikowy typu szeregowo-równoległego dostarczający ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym (rys. nr 1).

W obiektach przemysłowych oraz użyteczności publicznej występują węzły wymiennikowe trzyfunkcyjne dostarczające dodatkowo ciepło na potrzeby wentylacji (c.t.). W niektórych obiektach można spotkać węzły jednofunkcyjne dostarczające ciepło tylko na potrzeby centralnego ogrzewania, tylko na potrzeby wentylacji (c.t.) lub tylko na potrzeby ciepłej wody.

Ciepło na potrzeby ciepłej wody użytkowej dostarczane jest w sposób szeregowo-równoległy. W węzłach o zapotrzebowaniu ciepła dla c.w.:

- poniżej 75 kW,
- poniżej 150 kW i stosunku mocy  $N_{c.o.}/N_{c.w.}^{max} > 4$   
dopuszcza się przygotowanie c.w.u w sposób równoległy.

W uzgodnieniu ze VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A. dopuszcza się inne rozwiązania schematów technologicznych węzła.

Występuje również zróżnicowanie węzłów ciepłych od strony przygotowania ciepłej wody użytkowej. VEOLIA ENERGIA WARSZAWA zaleca stosowanie układu bezzasobnikowego z pompą cyrkulacyjną i dodatkowym obiegiem cyrkulacyjnym (tzw. spinką). Schemat takiego układu przedstawiono na rys. nr 1.

Na życzenie użytkownika dopuszcza się stosowanie układu przygotowania ciepłej wody użytkowej z zasobnikiem ciepła i z zespołem pomp ładująco-cyrkulacyjnych w/g. rys. nr 2. Układ ten ma jednak poważną wadę. Bardzo trudno jest wyrównoważyć hydraulicznie oba obiegi, tak by zapewnić warunki do właściwego ładowania i rozładowania zasobnika. Dlatego też, zalecamy stosowanie układów z rozdzielonym ładowaniem i cyrkulacją (dwa zestawy pomp) – przykład: rys. nr 3.

Układy z zasobnikiem ciepła mogą być stosowane w węzłach warszawskiego systemu ciepłowniczego jako rozwiązania indywidualnie uzgadniane z dostawcą ciepła.

## 2.2. Funkcje układów automatycznej regulacji.

Układy automatycznej regulacji węzłów cieplnych powinny spełniać następujące podstawowe funkcje:

- regulacja różnicy ciśnień z ograniczeniem natężenia przepływu wody sieciowej przez węzeł cieplny,
- regulacja stałwartościowa temperatury ciepłej wody użytkowej wypływającej z wymiennika c.w. na zadanym poziomie,
- regulacja pogodowa temperatury zasilania instalacji c.o. i c.t. oraz ograniczanie temperatury powrotu wody sieciowej z wymiennika c.o. i c.t. w zależności od temperatury zewnętrznej.

Dodatkowo wymagane są:

- ograniczenie temperatury w instalacjach c.w. przy pomocy bezpieczników temperatury STB,
- ograniczenie temperatury w instalacjach c.o. i c.t. wykonanych z tworzywa sztucznego z zastosowaniem ogranicznika temperatury STW,
- wszystkie siłowniki elektryczne zaworów regulacyjnych muszą być wyposażone w funkcję awaryjnego zamykania w przypadku zaniku napięcia zasilającego,
- funkcja okresowego przegrzania wody dla celów dezynfekcji termicznej instalacji c.w.u.,
- ograniczanie różnicy ciśnień w instalacjach c.o. wyposażonych w zawory termostatyczne przygrzejnikowe.

Niezbędnym wyposażeniem zautomatyzowanego węzła cieplnego są:

- ciepłomierz z możliwością chwilowego pomiaru natężenia przepływu wody sieciowej,
- urządzenia zabezpieczające zawory regulacyjne i wodomierz przed zanieczyszczeniami niesionymi z czynnikiem grzejnym (filtry i odmulacze),
- urządzenia kontrolno-pomiarowe temperatury i ciśnienia służące do oceny poprawności działania urządzeń automatycznej regulacji (termometry i manometry),
- zawór regulacyjny nastawiany ręcznie lub kryza dławiąca montowana w przyłączy węzła cieplnego zabezpieczająca zawory regulacyjne przed wystąpieniem kawitacji oraz przed za wysokim ciśnieniem dyspozycyjnym.

Układy automatycznej regulacji powinny zapewniać właściwą dostawę ciepła na potrzeby c.w., c.o. i c.t., ograniczać natężenie przepływu czynnika grzejnego przez węzeł cieplny w przypadku równoczesnego maksymalnego otwarcia się wszystkich zaworów regulatorów temperatury (np. wskutek nadmiernego zaniżenia zamówionej mocy cieplnej przez odbiorcę) oraz zabezpieczać system ciepłowniczy przed niewłaściwym rozdziałem i wykorzystaniem czynnika grzejnego.

W związku z ograniczaniem przydziału wody sieciowej dla węzłów cieplnych VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A. zaleca stosowanie układów automatycznej regulacji umożliwiających pokrywanie szczytowego zapotrzebowania ciepła na cele c.w. kosztem osłabienia c.o. – priorytet c.w.

Priorytet dla przygotowania c.w. można realizować następująco:

- stosując regulator elektroniczny 2-kanalowy (dla c.o. i c.w.) z funkcją priorytetu dla c.w.,
- stosując regulator elektroniczny c.o. z możliwością programowego obniżania nastawy temperatury c.o. w okresach szczytowego poboru c.w.

W przypadku możliwości występowania długotrwałego zaniżania temperatury wody sieciowej, osłabienie ogrzewania w celu uprzywilejowania dostawy ciepła na cele c.w. powinno być sterowane czasowo (programowane wyłączenie priorytetu).

Priorytet dla przygotowania c.w. można również w niewielkim zakresie zapewnić tak dobierając zawory regulacyjne w obiegu c.o. i w obiegu c.w., aby przy maksymalnie otwartych obu zaworach regulacyjnych natężenie przepływu w obiegu c.w. było większe od obliczeniowego, a natężenie przepływu w obiegu c.o. było mniejsze od obliczeniowego. Jest to t.zw. „priorytet hydrauliczny”. Zaleca się, aby w takim przypadku obliczeniowy spadek ciśnienia na kryzie dławiącej, którą teoretycznie należałoby wstawić w obieg c.w., nie był on większy niż 25% spadku ciśnienia w obiegu c.o.

W przypadku konieczności ograniczania natężenia przepływu wody sieciowej przez I st. wymiennika c.w. (dla stosunku  $N^{CO}/N^{CW}$  mogącego spowodować zbyt duże spadki ciśnienia na I stopniu) należy stosować obejście I st. wymiennika c.w. z zamontowanym tam zaworem regulacyjnym z ręczną nastawą natężenia przepływu i końcówkami do pomiaru.

Zawory regulacyjne z ręczną nastawą natężenia przepływu i końcówkami do pomiaru należy stosować również w układzie przygotowania c.w. do zapewnienia właściwych przepływów wody w poszczególnych obiegach (rys. nr 1 i 2).

W węzłach cieplnych jednofunkcyjnych nie można stosować zestawu podwójnej regulacji (T/V), opartego na wspólnym zaworze regulacyjnym, realizującego regulację temperatury i ograniczenie natężenia przepływu wody sieciowej.

### 3. Wymagania techniczne dla urządzeń automatycznej regulacji.

#### 3.1. Wymagania ogólne.

Wszystkie urządzenia automatycznej regulacji węzłów cieplnych muszą spełniać wymagania techniczne przedstawione w opracowaniu [1]. Dla węzłów o mocy do 75 kW dopuszczalne są odstępstwa dla urządzeń automatycznej regulacji przedstawione w opracowaniu [2]. Należy sprawdzić, czy korzysta się z aktualnej wersji wymagań.

Poniżej przedstawiono dodatkowe uwagi, które mogą być pomocne dla projektantów.

#### 3.2. Regulatory różnicy ciśnień i przepływu.

Regulatory różnicy ciśnień i natężenia przepływu ( $\Delta p/V$ ) stosuje się we wszystkich węzłach cieplnych w.s.c. Należy stosować tylko regulatory z osobnymi, niezależnie od siebie działającymi na wspólny zawór regulacyjny członami regulacji różnicy ciśnień i przepływu (siłownik z dwoma membranami roboczymi), do montażu na rurociągu zasilającym. W węzłach o mocy poniżej 75 kW dopuszcza się stosowanie uproszczonej wersji regulatora (siłownik z jedną membraną roboczą) do montażu na rurociągu powrotnym wody sieciowej.

Do prawidłowego doboru wielkości zaworu regulacyjnego i określenia warunków właściwego działania regulatora projektant powinien otrzymać od dostawcy ciepła następujące dane:

- maksymalną dyspozycyjną różnicę ciśnień, jaka występuje w danym rejonie zasilania ( $\Delta p_{dysp\ max}$ ),
- minimalną dyspozycyjną różnicę ciśnień, jaka występuje w danym rejonie zasilania ( $\Delta p_{dysp\ min}$ ),
- dyspozycyjną różnicę ciśnień, jaka najczęściej występuje w danym rejonie zasilania ( $\Delta p_{dysp}$ ),
- minimalne ciśnienie zasilania, jakie występuje w danym rejonie zasilania ( $p_{z\ min.}$ ).

Dane te są niezbędne do określenia warunków pracy regulatora bez występowania hałasu i zjawisk kawitacyjnych. Szczegółowy opis tego problemu przedstawiony jest w opracowaniu [3].

Zakres nastaw regulatorów różnicy ciśnień i przepływu powinien umożliwiać nastawy wartości obliczeniowych. Zaleca się dobieranie jak najwęższego zakresu nastaw członu regulacji różnicy ciśnień.

#### 3.3. Regulatory temperatury c.w.

W węzłach cieplnych w.s.c. należy stosować regulatory temperatury c.w. elektroniczne. W węzłach małej mocy (do 75 kW), jeśli nie zastosowano w nich wymienników płytowych, dopuszcza się stosowanie regulatorów temperatury c.w. bezpośredniego działania z STB (odstępstwo od wymagań [2]).

W węzłach bezzasobnikowych (rys. nr 1) wymagany jest dodatkowy obieg cyrkulacyjny, do stworzenia stabilnych warunków pracy regulatora c.w. Na obu obiegach cyrkulacyjnych powinny być zainstalowane zawory regulacyjne, nastawiane ręcznie z możliwością zamontowania końcówek do podłączenia przyrządu pomiarowego, celem ustawienia właściwych przepływów przez obydwa obiegi i oceny prawidłowości doboru pompy c.w. Początek krótkiego obiegu musi znajdować

się za czujnikiem pomiarowym regulatora. Natężenie przepływu wody instalacyjnej przez dodatkowy obieg cyrkulacyjny (tzw. spinkę), przy braku rozbioru c.w. i przy natężeniu przepływu w głównym obiegu cyrkulacyjnym równym  $0,2 Gi_{max}^{cW}$ , powinno wynosić co najmniej  $0,4 Gi_{max}^{cW}$ .

Pompa cyrkulacyjna powinna być dobrana na minimum  $0,4 Gi_{max}^{cW}$ .

Stosowanie zasobników jest zasadne w węzłach o mocy  $N_{cw\ max} < 50\ kW$ , w większych węzłach może następować na życzenie odbiorcy.

W węzłach zasobnikowych z pompami ładująco-cyrkulacyjnymi (rys. nr 2) celem zapewnienia poprawnej pracy układu, tzn. rozładowywania zasobnika ciepła podczas szczytowego rozbioru wody oraz ładowania zasobnika ciepła przy braku rozbioru c.w. i przy małym rozborze, należy zainstalować zawory regulacyjne nastawiane ręcznie z końcówkami do pomiaru. Jeden zawór na powrocie cyrkulacji z budynku (przed pompami) i drugi w obiegu ładowania zasobnika (bezpośrednio przy zasobniku). Zawory regulacyjne należy tak ustawić, aby przy braku rozbioru c.w. i przy natężeniu przepływu w głównym obiegu cyrkulacyjnym równym  $0,2 Gi_{max}^{cW}$ , natężenie przepływu w obiegu ładowania zasobnika wynosiło  $(0,4 \div 0,5) Gi_{max}^{cW}$ . Pompa ładująco-cyrkulacyjna powinna być dobrana na natężenie przepływu równe  $(0,6 \div 0,7) Gi_{max}^{cW}$ .

W obiegu ładowania zasobnika należy zainstalować zawór regulacyjny dostosowany do przepływu w obu kierunkach, gdyż przepływ odbywa się naprzemian do zasobnika lub z zasobnika ciepła. W przypadku zbyt szybkiego rozładowywania zasobnika ciepła należy zwiększyć spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym zainstalowanym w obwodzie ładowania (przy zasobniku), pozostawiając przepływ w cyrkulacji głównej na poziomie  $0,2 Gi_{max}^{cW}$  (skorygowany na uzyskanie temperatury powrotu cyrkulacji ok.  $40^{\circ}C$ ).

Układ ten ma jednak poważną wadę. Bardzo trudno jest wyrównoważyć hydraulicznie oba obiegi, tak by zapewnić warunki do właściwego ładowania i rozładowania zasobnika dla wszystkich występujących rozborów c.w.u. Układu takiego nie zalecamy obecnie do stosowania. Zalecamy natomiast stosowanie układów z rozdzielonym ładowaniem i cyrkulacją. W tych układach mamy dwa zestawy pompowe sterowane przez regulator temperatury c.w. na podstawie wskazań z czujników temperatury w zasobniku. Po szczegóły odsyłamy do kart katalogowych regulatorów temperatury, gdzie z reguły jest do wyboru kilka schematów technologicznych z układami zasobnikowymi z dwoma zespołami pompami (przykład rys. nr 2).

Zawory regulacyjne temperatury c.w. należy dobierać z charakterystyką przepływową typu stałoprocentowego lub inną typu „wklęsłego”. Dla regulatora temperatury c.w. bezpośredniego działania dopuszcza się charakterystykę liniową.

Czujnik temperatury wody i czujnik bezpiecznika STB należy stosować tylko typu zanurzeniowego o krótkiej stałej czasowej. Nie wolno stosować czujników typu przylgowego do rury (opaskowego).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. regulator powinien umożliwiać przeprowadzenie okresowej dezynfekcji termicznej instalacji c.w. przy temperaturze wody nie niższej niż  $70^{\circ}C$ .

### 3.4. Regulatory temperatury c.o. i c.t.

W węzłach cieplnych w.s.c. należy stosować regulację pogodową temperatury zasilania instalacji c.o. i c.t. oraz ograniczanie temperatury powrotu wody sieciowej z wymiennika c.o. i c.t. w zależności od temperatury zewnętrznej.

W węzłach cieplnych o mocy całkowitej do 75 kW, dla instalacji c.o. wykonanej z metalu, dopuszcza się nie stosowanie regulatora temperatury c.o.

W węzłach cieplnych o mocy całkowitej do 75 kW dopuszcza się stosowanie uproszczonego regulatora temperatury c.o. – t.j. takiego, który realizuje wyłącznie regulację temperatury zasilania instalacji c.o. w funkcji temperatury zewnętrznej.

Nie wymagane są funkcje ograniczenia temperatury powrotu, sterowanie pompą, programy czasowe itp.

W węzłach c.o. o zapotrzebowaniu ciepła do 75 kW i instalacjach c.o. wyposażonych w termostaty przygrzejnikowe regulator pogodowy może być zastąpiony regulatorem bezpośredniego działania, ograniczającym tylko temperaturę powrotu wody sieciowej z wymiennika c.o. Regulatory bezpośredniego działania, ograniczające temperaturę powrotu wody sieciowej z wymiennika mogą być stosowane również w węzłach c.t. o zapotrzebowaniu ciepła do 75 kW.

W jednofunkcyjnych węzłach cieplnych w.s.c. regulator temperatury nie może być połączony z regulatorem przepływu (regulator T/V ze wspólnym zaworem regulacyjnym).

Zawory regulacyjne temperatury c.o. (c.t.) zaleca się dobierać z charakterystyką przepływową typu stałoprocentowego lub inną typu „wklęsłego”.

### 3.5. Regulatory różnicy ciśnień w instalacji c.o.

W instalacjach centralnego ogrzewania wyposażonych w zawory termostatyczne przygrzejnikowe wymagane jest stosowanie w węzle układów regulacyjnych ograniczających różnicę ciśnień, tak by nie doprowadzić do przekroczenia dopuszczalnego spadku ciśnienia w tych zaworach.

Stosuje się następujące rozwiązania:

- pompa obiegowa c.o. wyposażona jest w automatyczną regulację prędkości obrotowej w zależności od nastawionej różnicy ciśnień – rozwiązanie preferowane,
- regulator różnicy ciśnień odwrotnego działania, tzw. regulator nadmiarowo-upustowy. Regulator nadmiarowo-upustowy należy instalować na obejściu pomp obiegowych. Regulatora różnicy ciśnień nie należy stosować w przypadku, gdy pompy obiegowe wyposażone są w automatyczną regulację prędkości obrotowej w zależności od różnicy ciśnień.

Dodatkowo, w każdym pionie instalacji c.o. można stosować regulatory różnicy ciśnień lub ograniczniki przepływu.

## 4. Zasady doboru urządzeń automatycznej regulacji.

### 4.1. Zasady ogólne

Dobór urządzeń automatycznej regulacji polega na:

- wyborze typu regulatora,
- dobraniu zaworu regulacyjnego o określonej średnicy, charakterystyce przepływowej i współczynniku przepływu,
- dobraniu napędu zaworu regulacyjnego,
- dobraniu czujników pomiarowych,
- dobraniu elementów zabezpieczających.

Podstawowym kryterium doboru urządzeń automatycznej regulacji są funkcje, jakie urządzenia te mają spełniać w układzie automatycznej regulacji. Równie ważnym kryterium doboru urządzeń automatycznej regulacji są własności statyczne i dynamiczne obiektu regulacji. Urządzenia automatycznej regulacji powinny mieć parametry techniczne zapewniające realizację wymaganych funkcji oraz stabilną pracę pętli automatycznej regulacji w pełnym przedziale warunków pracy.

Wybór typu regulatora, napędu zaworu regulacyjnego, czujników pomiarowych i elementów zabezpieczających w zależności od funkcji, jakie urządzenia te mają spełniać w układzie automatycznej regulacji przedstawiono w punktach 2 i 3.

W punkcie 4 omówione zostały przede wszystkim zasady doboru zaworów regulacyjnych. Przy doborze zaworów regulacyjnych należy się kierować zasadą minimalizacji ich wielkości, co jest korzystne technicznie i ekonomicznie.

### 4.2. Dobór regulatora różnicy ciśnień i przepływu.

Do regulacji różnicy ciśnień i przepływu w węzłach cieplnych stosuje się regulatory bezpośredniego działania, zamykające się przy wzroście regulowanych parametrów ponad wartość zadaną. Średnicę nominalną zaworu regulacyjnego oraz współczynnik przepływu  $Kvs$  dobiera się w zależności od wymaganej nastawy regulowanej różnicy ciśnień i przepływu ograniczanego przez regulator. Szczegółowy opis przedstawiono w opracowaniu [3].

Podstawową wielkością wyjściową do doboru wielkości zaworu regulatora  $\Delta p/V$  jest maksymalne natężenie przepływu wody sieciowej przez węzeł cieplny (t.zw. przepływ limitowany, którego nie można przekroczyć).

Regulator  $\Delta p/V$  dobiera się tak, aby maksymalne natężenie przepływu ograniczane przez regulator było większe i możliwie najbliższe wartości obliczeniowej natężenia przepływu:

$$G_{\max}^{\Delta p/V} \geq a \times G_s \quad (1)$$

gdzie:

- $G_s$  - obliczeniowe natężenie przepływu wody sieciowej przez węzeł w sezonie grzewczym lub w okresie letnim (wyższe),
- $G_{\max}^{\Delta p/V}$  - maksymalne natężenie przepływu wody sieciowej ograniczane przez regulator  $\Delta p/V$ ,



$a$  - współczynnik korekcyjny przeciwdziałający przekroczeniu dopuszczalnego poziomu hałasu normalnie pracującego urządzenia (bez kawitacji) [3],

$a = 1$  - dla średnic zaworów do DN 80,

$a > 1$  - dla średnic zaworów powyżej DN 80.

Dla regulatorów  $\Delta p/V$  firm Danfoss i Samson do średnic nominalnych Dn 80 można przyjmować maksymalne wartości katalogowe ograniczenia natężenia przepływu (również te, co do których producent ostrzega przed możliwością wzrostu poziomu szumów). Nie spowoduje to wystąpienia hałasu na zaworze regulacyjnym ponad wartość dopuszczalną, określoną w Polskiej Normie PN-87/B – 02151/02 - przy przepływie bez kawitacji. Dla zaworów o średnicach ponad Dn 80 należy zmniejszyć dopuszczalny spadek ciśnienia na zaworze  $\Delta p_{r \max}$  i/lub przyjąć większą nastawę przepływu  $G_{\max}^{\Delta p/V}$  (co spowoduje konieczność doboru większego zaworu – współczynnik „a” we wzorze (1) może wzrosnąć do wartości 1,6 dla średnicy zaworu Dn 150). Obliczenia są skomplikowane i zależne od rzeczywistych warunków pracy, szczegóły zawarte są w opracowaniu [3]. Przy małych ciśnieniach zasilania ( $p_1 < 0,5$  Mpa) należy zachować szczególną ostrożność sprawdzając warunek graniczny wystąpienia hałasu (kawitacji) na zaworze wg wzoru [4]. Przy braku izolacji akustycznej pomieszczenia montażu regulatora (węzła) można zastosować max.:  $a = 1,2$  dla DN 100,  $a = 1,4$  dla DN 125 i  $a = 1,6$  dla DN 150.

Natężenia przepływu wody sieciowej oblicza się według danych projektowych, zgodnie z aktualnie ogólnie obowiązującymi wytycznymi do projektowania (przepływ całkowity jest sumą przepływów w poszczególnych obwodach) – jako metoda do stosowania przez projektantów automatyki węzłów cieplnych do doboru wszystkich zaworów regulacyjnych i ciepłomierza.

Przepływ wody sieciowej przez węzeł  $G_S$  w okresie zimowym obliczamy następująco:

$$G_S = G_{SCO} + G_{SCW} + G_{SCT} \quad (2)$$

gdzie:

$G_{SCO}$  – przepływ wody sieciowej w obwodzie c.o. w/g wzoru (15),

$G_{SCW}$  – przepływ wody sieciowej w obwodzie c.w. w/g wzoru (17),

$G_{SCT}$  – przepływ wody sieciowej w obwodzie c.t. w/g wzoru (16).

Przepływ wody sieciowej przez węzeł  $G_{SL}$  w okresie letnim obliczamy następująco:

$$G_{SL} = \frac{1,05 \cdot N_{cw,max} \cdot \psi}{\Delta T_L} [m^3/h] \quad (3)$$

gdzie:

$\Delta T_L$  - różnica temperatury wody sieciowej w okresie letnim przy obliczeniowym rozbiore c.w.

$\Delta T_L = 48^\circ\text{C}$  - dla wymienników płytowych,

$\Delta T_L = 43^\circ\text{C}$  - dla wymienników typ JAD [2 szt. w szeregu],

$\Delta T_L = 30^\circ\text{C}$  - dla pojedynczych wymienników typ JAD,  
 $\psi$  - współczynnik przeliczeniowy (zawiera ciepło właściwe i gęstość wody).

Ilość wody sieciowej dla celów regulacji węzłów i warunków umownych dostawy ciepła oblicza się według danych eksploatacyjnych, określanych przez VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Różnice w obliczeniach natężenia przepływu wody sieciowej według danych projektowych i danych eksploatacyjnych powodują, że uwzględniając obliczeniową wartość natężenia przepływu trzeba dobrać regulator  $\Delta p/V$  większy niż przy natężeniu przepływu występującym w warunkach eksploatacyjnych.

Praktyka pokazuje, że przydziały wody sieciowej obliczone w/g danych eksploatacyjnych są wystarczające dla właściwej dostawy ciepła do budynku.

W związku z tym, że dobór zaworów regulacyjnych następuje według danych projektowych, VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A. zastrzega sobie możliwość skorygowania doboru zaworu regulatora różnicy ciśnień i przepływu oraz ciepłomierza głównego stosownie do warunków umownych dostawy ciepła.

Wymaganą dla węzła różnicę ciśnień wyznacza się obliczając sumę spadków ciśnienia w węźle w sezonie grzewczym oraz w okresie letnim i wybierając większą z tych wartości. Sumę spadków ciśnienia oblicza się dla pełnego stopnia otwarcia zaworów regulacyjnych regulatorów temperatury i maksymalnego natężenia przepływu wody sieciowej w poszczególnych gałęziach. Zakres nastaw regulatora powinien umożliwiać nastawę wymaganej różnicy ciśnień. Wymagana wartość powinna znajdować się w miarę możliwości pośrodku zakresu nastaw.

Regulatory różnicy ciśnień i przepływu przeznaczone są do pracy całorocznej.

W węzłach cieplnych dwu i trzy funkcyjnych, aby uniknąć przestawiania nastaw regulatorów na okres letni i na sezon grzewczy, regulowaną różnicę ciśnień nastawia się na większą różnicę ciśnień (z reguły jest to nastawa na okres letni), a ograniczane natężenie przepływu na większy przepływ (z reguły jest to nastawa na sezon grzewczy). W przypadkach szczególnych, gdy niemożliwe jest całoroczne ustawienie regulatora, należy podać osobne nastawy na okres letni i na sezon grzewczy. Regulator musi mieć możliwość nastawienia tych wartości.

W węzłach wielofunkcyjnych, w których występuje bardzo duża dysproporcja mocy obliczeniowej dla okresu zimy i lata należy rozważyć możliwość zastosowania dwóch odrębnych regulatorów lub specjalnego regulatora tzw. pilotowego. W podejmowaniu decyzji należy kierować się deklarowanym przez producenta zakresem przepływów regulowanych oraz zaleceniami wynikającymi z doboru ciepłomierzy [cz. I, załącznik 2].

Przy doborze regulatora różnicy ciśnień i przepływu występuje konieczność wyboru spadku ciśnienia na dławiku członu regulacji przepływu ( $\Delta p_w$ ). Przy dużym ciśnieniu dyspozycyjnym w przyłączy węzła cieplnego należy wybierać większą wartość  $\Delta p_w$  (np. 0,5 bar), natomiast przy niskim ciśnieniu dyspozycyjnym mniejszą wartość  $\Delta p_w$  (np. 0,2 bar).

W przypadku możliwości wyboru zaworu regulacyjnego o tych samych zakresach nastaw, a różnych średnicach nominalnych należy stosować zasadę minimalizacji wielkości zaworu regulacyjnego, tzn. należy wybierać zawór o średnicy nominalnej możliwie najmniejszej. Należy jednak sprawdzić czy spełnione są następujące warunki poprawnej pracy zaworu regulacyjnego:

- Prędkość wody przepływającej przez zawór regulacyjny jest mniejsza od dopuszczalnej ze względu na poziom hałasu. Dopuszczalną prędkość wody przepływającej przez zawór ustala się na 3,5 m/s. Ograniczenia te dotyczą prędkości obliczeniowej w stosunku do średnicy nominalnej zaworu i dotyczą wszystkich zaworów regulacyjnych w węźle.
- Minimalny stopień otwarcia zaworu regulacyjnego jest większy od dopuszczalnego ze względu na stabilną pracę regulatora. Dopuszczalny minimalny stopień otwarcia zaworu regulacyjnego ustala się na 20%. Zaleca się dobór dla minimalnego stopnia otwarcia zaworu co najmniej 30%.
- Spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym jest niższy od dopuszczalnego ze względu na kawitację.

Nadwyżkę ciśnienia dyspozycyjnego, której zaworowi regulacyjnemu nie wolno zdławić, należy zredukować (np. ręcznym zaworem regulacyjnym lub kryzą dławiącą).

W warunkach projektowych należy określić maksymalną dyspozycyjną różnicę ciśnień  $\Delta p_{dysp\ max}$  w węźle, bez wystąpienia kawitacji.

Znając wielkość minimalnego ciśnienia zasilania  $p_{z\ min}$  (podawaną w założeniach do projektu) obliczamy maksymalny dopuszczalny spadek ciśnienia na zaworze  $\Delta p_{r\ dop.kaw}$ :

$$\Delta p_{r\ dop.kaw} < z \times (p_1 - p_v) \quad (4)$$

gdzie:

$z$  – współczynnik kawitacji (wartość  $z$  katalogu dla regulatora  $\Delta p/V$ ).

$p_1$  – ciśnienie cieczy przed zaworem [MPa (abs.)],

$$p_1 = p_{z\ min} - \Delta p_{węzeł\ zasil.} \quad (5)$$

$\Delta p_{węzeł\ zasil.}$  - spadek ciśnienia na zasilaniu węzła podłączeniowego [MPa] (od głównego zaworu odcinającego do zaworu regulatora  $\Delta p/V$ ),

$p_v$  – ciśnienie parowania cieczy przy maksymalnej temperaturze strumienia [MPa (abs.)] – Tabela nr 1.,

np.  $p_v = 0,203$  MPa (abs.) dla  $T_{z\ max} = 119^\circ\text{C}$

**Tabela nr 1.**

$T_z$ [°C]	70	80	90	100	110	119	124	130
$p_v$ [MPa(abs.)]	0,031	0,047	0,070	0,101	0,143	0,203	0,230	0,275

Następnie obliczamy maksymalną dyspozycyjną różnicę ciśnień  $\Delta p_{dysp.\ max.kaw}$  w węźle, bez wystąpienia kawitacji:

$$\Delta p_{dysp.max.kaw} = \Delta p_{r dop.kaw} + \Delta p_w + \Delta p_{węzeł zasil.} + \Delta p_{węzeł powr.} + \Delta H \quad (6)$$

gdzie:

$\Delta p_{węzeł powr.}$  - spadek ciśnienia na powrocie węzła podłączeniowego [MPa]  
(od miejsca poboru sygnału impulsowego regulatora  $\Delta p/V$   
do głównego zaworu odcinającego),

$\Delta p_w$  - spadek ciśnienia na dławiku zaworu regulatora  $\Delta p/V$  [MPa],

$\Delta H$  - nastawa regulowanej różnicy ciśnień [MPa].

Następnie należy sprawdzić czy maksymalna dyspozycyjna różnica ciśnień  $\Delta p_{dysp max.}$  (podana w założeniach do projektu) nie przekracza wartości dopuszczalnej  $\Delta p_{dysp.max.kaw}$ , wyznaczonej z warunku na kawitację. Jeśli tak jest, to nadwyżkę ciśnienia:

$$\Delta p_{kr.kaw} = \Delta p_{dysp max.} - \Delta p_{dysp.max.kaw} \text{ [MPa]} \quad (7)$$

należy zdławić, np. kryzą o średnicy:

$$d_o = 3,16 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_{smax}^2 [\text{m}^3 / \text{h}]}{\Delta p_{kr.kaw} \text{ [MPa]}}} \text{ [mm]} \quad (8)$$

Spadek ciśnienia na zaworze regulatora  $\Delta p/V$  przy 30% stopniu otwarcia obliczamy następująco:

$$\Delta p_{r/0,3/}^{\Delta p/V} = 100 \cdot \left[ \frac{G_s}{0,3 \cdot Kvs^{\Delta p/V}} \right]^2 \quad (9)$$

Następnie obliczamy maksymalną dyspozycyjną różnicę ciśnień  $\Delta p_{dysp.max./0,3/}$  w węźle dla 30% stopnia otwarcia, wzór (6) przyjmuje postać:

$$\Delta p_{dysp.max./0,3/} = \Delta p_{r/0,3/}^{\Delta p/V} + \Delta p_w + \Delta p_{węzeł zasil.} + \Delta p_{węzeł powr.} + \Delta H \quad (10)$$

Sprawdzamy czy maksymalna dyspozycyjna różnica ciśnień  $\Delta p_{dysp.max.}$  (podana w założeniach do projektu) nie przekracza wartości dopuszczalnej  $\Delta p_{dysp.max./0,3/}$ , wyznaczonej ze wzoru (10). Jeśli tak jest, to nadwyżkę ciśnienia:

$$\Delta p_{kr./0,3/} = \Delta p_{dysp max.} - \Delta p_{dysp.max./0,3/} \text{ [MPa]} \quad (7a)$$

należy zdławić, np. kryzą o średnicy wyznaczonej ze wzoru (8).

W praktyce stosuje się jedną kryzę dławiącą, wynikającą z warunku na minimalny stopień otwarcia lub z warunku na kawitację (obowiązuje warunek "ostrzejszy").

Kryzę należy montować w rurociągu powrotnym węzła.

Jeżeli w węźle cieplnym nie ma regulatora różnicy ciśnień i przepływu (np. nie można go zastosować z powodu zbyt małego ciśnienia dyspozycyjnego), to sprawdzenie warunku na kawitację i stopień otwarcia należy wykonać dla zaworów regulacyjnych regulatorów temperatury w poszczególnych gałęziach.

Obliczona ze wzoru (10) maksymalna dyspozycyjna różnica ciśnień  $\Delta p_{dysp.max./0,3/}$  w węźle dla 30% stopnia otwarcia jest również kryterium sprawdzającym, czy zawór regulatora  $\Delta p/V$  nie jest przewymiarowany (czy nie jest za duży współczynnik przepływu  $K_{VS}^{\Delta p/V}$ ). Zawór regulatora  $\Delta p/V$  jest dobrany prawidłowo jeśli wartość  $\Delta p_{dysp.max./0,3/}$  jest większa od minimalnego ciśnienia dyspozycyjnego w węźle cieplnym  $\Delta p_{dysp.min}$ , czyli zachodzi zależność:

$$\Delta p_{dysp.max./0,3/} > \Delta p_{dysp.min} \quad (10a)$$

#### 4.3. Dobór zaworów regulacyjnych regulatorów temperatury.

Do regulacji temperatury stosuje się zestawy regulacyjne z zaworami o charakterystykach przepływowych stałoprocentowych, wklęsłych lub liniowych. Regulatory temperatury bezpośredniego działania c.w. z zasady wykonywane są z zaworami o charakterystykach liniowych. W przypadku regulatorów elektronicznych należy stosować wyłącznie zawory regulacyjne o charakterystyce stałoprocentowej (STP) lub typu „wklęsłego”.

Z charakterystyk statycznych i dynamicznych obiektów regulacji, jakimi są wymienniki ciepła, wynika że stabilną pracę regulatora uzyskuje się stosując następujące kryteria dławienia dla zaworów regulacyjnych:

- zawór liniowy  $\Delta p_r^* \geq 0,4$  (optymalnie  $\Delta p_r^* \geq 0,8$ ),
- zawór o charakterystyce stało procentowej lub mieszanej
  - dla regulatorów c.o.  $0,2 < \Delta p_r^* < 0,9$
  - dla regulatorów c.w.  $0,3 < \Delta p_r^* < 0,9$

Kryterium dławienia  $\Delta p_r^*$  (t.zw. współczynnik autorytetu zaworu) definiuje się następująco:

$$\Delta p_r^* = \frac{\Delta p_{r/1,0/}}{\Delta p_{r/1,0/} + \Delta p_i} \quad (13)$$

gdzie:

$\Delta p_{r/1,0/}$  - spadek ciśnienia na w pełni otwartym zaworze regulacyjnym, zaleca się nie przekraczanie wielkości 40 kPa

$\Delta p_i$  - spadek ciśnienia w obiegu, w którym zawór regulacyjny jest zainstalowany.

**Uwaga:** Dla uzyskania stabilnej pracy regulatora, współczynnik autorytetu zaworu regulacyjnego  $\Delta p_r^*$  powinien mieć jak największą wartość.

Dla węzła szeregowo-równoległego kryterium dławienia wyznacza się dla przypadku zamknięcia zaworu regulacyjnego w obwodzie równoległym.

Dla zaworu regulacyjnego c.w.  $\Delta p_i$  jest to spadek ciśnienia w obwodzie II st. c.w. i w obwodzie I st. c.w.

Dla zaworu regulacyjnego c.o.  $\Delta p_i$  jest to spadek ciśnienia w obwodzie c.o. i w obwodzie I st. c.w.

Dla zaworu regulacyjnego c.t.  $\Delta p_i$  jest to spadek ciśnienia w obwodzie c.t.

Wstępną wartość współczynnika przepływu zaworu regulacyjnego wyznacza się ze wzoru:

$$Kvs = 10 \cdot \frac{G}{\sqrt{\Delta p_{r/1,0}}} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

przy założeniach:

- gęstość wody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,
- $\Delta p_{r/1,0}$  [kPa] - spadek ciśnienia na całkowicie otwartym zaworze regulacyjnym,
- $G$  [t/h] - natężenie przepływu wody.

Zawór regulacyjny dobiera się o współczynniku przepływu najbliższym wartości obliczeniowej ze wzoru (14). Zaleca się dobierać zawór regulacyjny c.w. o współczynniku przepływu większym od obliczonego, a zawór regulacyjny c.o. o współczynniku przepływu mniejszym od obliczonego. Chodzi o to, by spadek ciśnienia ( $\Delta p_{r/1,0} + \Delta p_i$ ) w obwodzie c.o. był większy od spadku ciśnienia w obwodzie c.w.

Taki sposób doboru zaworów regulacyjnych wynika z:

- Ograniczonej liczby typoszeregów (DN, Kvs) zaworów regulacyjnych.
- Unikania kryzowania poszczególnych obwodów węzła. Teoretycznie w obwodzie c.w. trzeba by umieścić kryzę dławiącą do wyrównoważenia obiegów. Nie należy tego robić, głównie z powodu niepotrzebnego zaniżania współczynnika autorytetu zaworu regulacyjnego c.w. Taki dobór zaworów pozwala również uzyskać hydrauliczny priorytet przepływu na cele c.w. kosztem osłabienia c.o.

Zaleca się unikać w miarę możliwości kryzowania obwodów węzła.

Jeżeli w zaworach regulacyjnych stosowane są zredukowane gniazda, wówczas należy dobierać zawór regulacyjny o możliwie jak najmniejszej średnicy nominalnej (nie może być jednak przekroczona dopuszczalna prędkość przepływu, podana w p. 4.2.).

Jeżeli węzeł cieplny nie jest wyposażony w regulator różnicy ciśnień i przepływu, to należy sprawdzić, czy spadek ciśnienia na zaworach regulatorów temperatury jest niższy od dopuszczalnego ze względu na kawitację (wzór /4/).

#### **4.4. Dobór regulatora różnicy ciśnień odwrotnego działania, (nadmiarowo – upustowego).**

Do regulacji różnicy ciśnień w instalacji c.o. wyposażonej w zawory termostatyczne przygrzejnikowe stosuje się obecnie pompę obiegową posiadającą automatyczną regulację prędkości obrotowej. Dopuszcza się stosowanie pompy obiegowej o stałych obrotach. W tym przypadku należy w instalacji c.o. zastosować regulator ciśnienia, t.zw. nadmiarowo-upustowy. Regulator ten otwiera się z chwilą przymknięcia się zaworów termostatycznych przygrzejnikowych i przekroczeniu nastawionej na regulatorze różnicy ciśnień w instalacji c.o. Regulowaną różnicę ciśnień wyznacza się na podstawie dopuszczalnego spadku ciśnienia zastosowanych zaworów termostatycznych.

Średnicę nominalną regulatora różnicy ciśnień oraz jego współczynnik przepływu oblicza się na podstawie maksymalnej różnicy ciśnień w instalacji c.o. (regulowanej) oraz natężenia przepływu równego 40% przepływu obliczeniowego dla instalacji c.o.

Dobry regulator powinien mieć współczynnik przepływu  $Kvs$  co najmniej równy obliczonemu, a jego zakres proporcjonalności powinien być mniejszy od zakresu zmian różnicy ciśnień w instalacji c.o.

#### 4.5. Dane techniczne do doboru zaworów regulacyjnych.

Zawory regulacyjne dobiera się na podstawie następujących danych:

Dane z projektu technologicznego węzła cieplnego:

- $N_{co}$  - obliczeniowa moc cieplna na cele centralnego ogrzewania [kW],
- $N_{ct}$  - jw. na cele wentylacji (c.t.),
- $N_{cwmax}$  - maksymalne godzinowe zapotrzebowanie ciepła na cele [kW],
- $N_{cw.śr}$  - średniogodzinowe zapotrzebowanie ciepła na cele c.w. deklarowane przez Odbiorcę [kW],
  - typ węzła i jego konfiguracja z wymiarami,
  - parametry obliczeniowe instalacji c.o. (c.t.).

Dane od dystrybutora ciepła:

- $T_Z$  - maksymalna obliczeniowa temperatura wody sieciowej w sezonie grzewczym,
- $T_{Z lato}$  - obliczeniowa temperatura wody sieciowej w okresie letnim,
- $\Delta p_{dysp.}$  - ciśnienie dyspozycyjne w przyłączy węzła cieplnego w sezonie grzewczym [kPa], z podaniem wartości maksymalnej i minimalnej jaka występuje w danym rejonie zasilania,
- $\Delta p_{dysp. /L/}$  - ciśnienie dyspozycyjne w przyłączy węzła cieplnego w okresie letnim [kPa],
- $p_{z min}$  - minimalne ciśnienie na zasilaniu węzła w sezonie grzewczym [kPa].

Dla węzłów nowo projektowanych potrzebne dane zawarte są w protokołach założeń techniczno-eksploatacyjnych do projektu, wydawanych przez VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Dla węzłów istniejących danymi do doboru zaworów regulacyjnych są parametry podane w projekcie technologicznym węzła cieplnego, potwierdzone przez ZEC, na terenie którego znajduje się węzeł cieplny, oraz parametry podane w protokole VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Dla istniejących węzłów cieplnych wskazane jest sprawdzenie czy są zgodne z projektem technologicznym węzła:

- konfiguracja węzła cieplnego,
- wymiary instalacji,
- typ wymienników ciepła i ich liczba,

oraz sprawdzenie, czy rzeczywiste wartości ciśnienia są zgodne z podanymi w protokole VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Natężenie przepływu przez regulator różnicy ciśnień i przepływu do doboru wielkości zaworu regulacyjnego należy określać w/g wzoru (1), w którym  $G_s$  – obliczeniowe natężenie przepływu wody sieciowej przez węzeł jest określone następująco:

- dla okresu zimowego w/g wzoru (2),
- dla okresu letniego w/g wzoru (3).

Wybieramy większą wartość.

Natężenie przepływu wody sieciowej w obwodzie c.w. do doboru wielkości zaworu regulacyjnego należy obliczać dla okresu letniego w/g wzoru (3).

Obliczanie natężenia przepływu wody sieciowej w obwodzie c.o. powinno być wykonane w/g wzoru:

$$G_{SCO} = \frac{N_{co}}{\Delta T_1} \cdot \psi \quad [m^3 / h] \quad (15a)$$

gdzie:

$\psi$  - współczynnik przeliczeniowy (zawiera ciepło właściwe i gęstość wody),

$$\Delta T_1 = T_Z - (t_{p_{co}} + 5^\circ C)$$

$t_{p_{co}}$  - temperatura powrotu wody z instalacji c.o. wynikająca z parametrów obliczeniowych instalacji c.o.,

Dla tej wielkości przepływu sprawdzamy dopuszczalną prędkość przepływu wody przez zawór regulacyjny.

Dobór wielkości zaworu regulacyjnego c.o. przeprowadza się dla warunku całkowitego otwarcia zaworów regulacyjnych c.o. i c.w. Przez te zawory płynie woda sieciowa o natężeniu równym wartościom obliczeniowym odpowiednio dla c.o. i c.w. II st.

$$G_{SCO} = \frac{N_{co}}{\Delta T_1} \cdot \psi \quad [m^3 / h] \quad (15)$$

Obliczanie natężenia przepływu wody sieciowej w obwodzie c.t. do doboru wielkości zaworu regulacyjnego powinno być wykonane w/g wzoru:

$$G_{SCT} = \frac{N_{ct}}{\Delta T_1} \cdot \psi \quad [m^3 / h] \quad (16)$$

Natężenie przepływu wody sieciowej w obwodzie c.w. w okresie zimowym należy obliczać w/g wzoru:

$$G_{SCW} = \frac{\beta \cdot N_{cw, \max}}{\Delta T_{II}} \cdot \psi \quad [m^3 / h] \quad (17)$$

gdzie:

$\Delta T_{II}$  - różnica temperatur wody sieciowej na wymienniku c.w. II st., przy maksymalnym rozbiorze c.w. w okresie przejściowym,

$\Delta T_{II} = 24^\circ C$  - dla wymienników płytowych,

$\Delta T_{II} = 21^\circ C$  - dla wymienników typu JAD,

$\psi$  - współczynnik przeliczeniowy (zawiera ciepło właściwe i gęstość wody),

$B = 0,45 \div 0,50$  - dla węzłów c.w. dwustopniowych (udział mocy wymiennika II st. c.w. w szczycie rozbioru ciepłej wody),

$\beta = 1$  - dla węzłów c.w. dwustopniowych bez zasobnika,



$$\beta = \frac{1}{\zeta \cdot (N_h - 1) + 1} \quad \text{- dla węzłów c.w. dwustopniowych z zasobnikiem,}$$

$N_h$  - współczynnik nierównomierności rozbioru c.w.u.,

$\zeta$  - współczynnik akumulacji ( $\zeta = 0,1 \div 0,3$ ).

Dla węzłów c.w. jednostopniowych (w układzie równoległym) należy stosować wzór (3).

Natężenie przepływu wody sieciowej w obiegu c.w. (wzór (17)) zaleca się skorygować, jeżeli różnica temperatur wody sieciowej na I st. wymiennika c.w. (przy maksymalnym rozbiore c.w. w okresie przejściowym) jest mniejsza niż 21°C – dla wymienników płytowych, lub 19°C – dla wymienników typu JAD.

Różnicę temperatur wody sieciowej na I st. wymiennika c.w. oblicza się ze wzoru:

$$\Delta T_{Ist} = \frac{N_{cw}^I}{G_{sco} + G_{scw}} \cdot \psi \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (18)$$

gdzie:

$N_{cw}^I$  - wydajność I st. wymiennika c.w. (dla węzłów bez zasobnika c.w.  $N$

$N_{cw}^I = 0,55 \cdot N_{cw,max}$ ).

Jeśli różnica temperatur wody sieciowej na I st. wymiennika c.w. jest za mała, to należy zastosować upuszczanie wody sieciowej przez bocznik I st. wymiennika c.w.

Obliczenia spadków ciśnień na poszczególnych elementach instalacji przeprowadzamy korzystając z zależności:

$$\Delta p = 100 \cdot \frac{G^2}{Kv^2} \quad [\text{KPa}] \quad (19)$$

gdzie:

$G$  - natężenie przepływu wody przez element [t/h],

$Kv$  - współczynnik przepływu danego elementu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],

$$Kv = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{1}{(Kvj)^2}}} \quad \text{szeregowe połączenie n elementów} \quad (20)$$

$$Kv = \sum_{j=1}^n Kvj \quad \text{równoległe połączenie n elementów} \quad (21)$$

Dla elementów instalacji współczynniki przepływu (jeśli producent ich nie podał) można obliczać ze wzorów:

- dla kryzy dławiącej:

$$Kv = 3,16 \cdot 10^4 \cdot d_{KD}^2 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (22)$$

- dla odcinka rurociągu:

$$Kv = 4,0 \cdot 10^4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{\frac{d}{\lambda \cdot l}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (23)$$

- dla armatury i kształtek:

$$Kv = 4,0 \cdot 10^4 \cdot d^2 \cdot \frac{1}{\sqrt{\zeta}} \quad [m^3/h] \quad (24)$$

gdzie:

- $d_{KD}$  - średnica otworu kryzy dławiącej w [m],
- $d$  - średnica wewnętrzna rurociągu w [m],
- $l$  - długość rurociągu w [m],
- $\lambda$  - współczynnik oporów liniowych ( $\lambda = 0,2 \div 0,4$ ),
- $\zeta$  - współczynnik oporów miejscowych.

Współczynniki oporów liniowych dla rurociągów i współczynniki oporów miejscowych dla zaworów odcinających, zwężek redukcyjnych, kolanek, odmulaczy należy przyjmować z kart katalogowych i tablic.

Nie zaleca się korzystania ze współczynników przepływu  $Kv$  dla wymienników ciepła, gdyż nie jest to wartość stała. Zależność spadku ciśnienia od natężenia przepływu nie jest funkcją kwadratową [ $\Delta p \neq f(G^2)$ ], nie można stosować wzoru (19).

Dlatego należy wyznaczać spadek ciśnienia dla obliczeniowego przepływu z nomogramów lub korzystać z programów komputerowych doboru wymienników.

## 5. Zasady montażu urządzeń automatycznej regulacji.

Zasady montażu urządzeń automatycznej regulacji w węzłach cieplnych w.s.c. przedstawiono w opracowaniu [4].

Dla projektantów istotna jest zasada, że zawory regulacyjne są montowane na rurociągach zasilających węzła cieplnego. Wszystkie urządzenia elektryczne muszą spełniać wymóg ochrony przeciwporażeniowej min. IP44. Dla regulatorów elektronicznych dopuszcza się stosowanie dodatkowej obudowy ochronnej.

Muszą być przestrzegane wszystkie zasady montażu określone przez producenta regulatorów.

Regulator różnicy ciśnień tzw. nadmiarowo-upustowy należy montować w instalacji c.o. wyłącznie na obejściu pomp obiegowych.

Podstawą montażu urządzeń automatycznej regulacji są: projekt automatyki i projekt elektryczny, uzgodnione w VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.

Nie wolno wykonywać żadnych obejść zaworów regulacyjnych bez zgody dostawcy ciepła.

W węźle cieplnym po stronie wody sieciowej nie należy stosować kryz dławiących poza przewidywanymi w projekcie automatyki.

## 6. Zawartość projektu automatycznej regulacji węzłów cieplnych.

Projekt układów automatycznej regulacji węzłów cieplnych wymiennikowych typu szeregowo-równoległego w warszawskim systemie ciepłowniczym powinien zawierać:

1. Podstawę opracowania.
2. Zakres opracowania:
  - 2.1. Zakres projektu (jakie układy automatycznej regulacji są zastosowane).

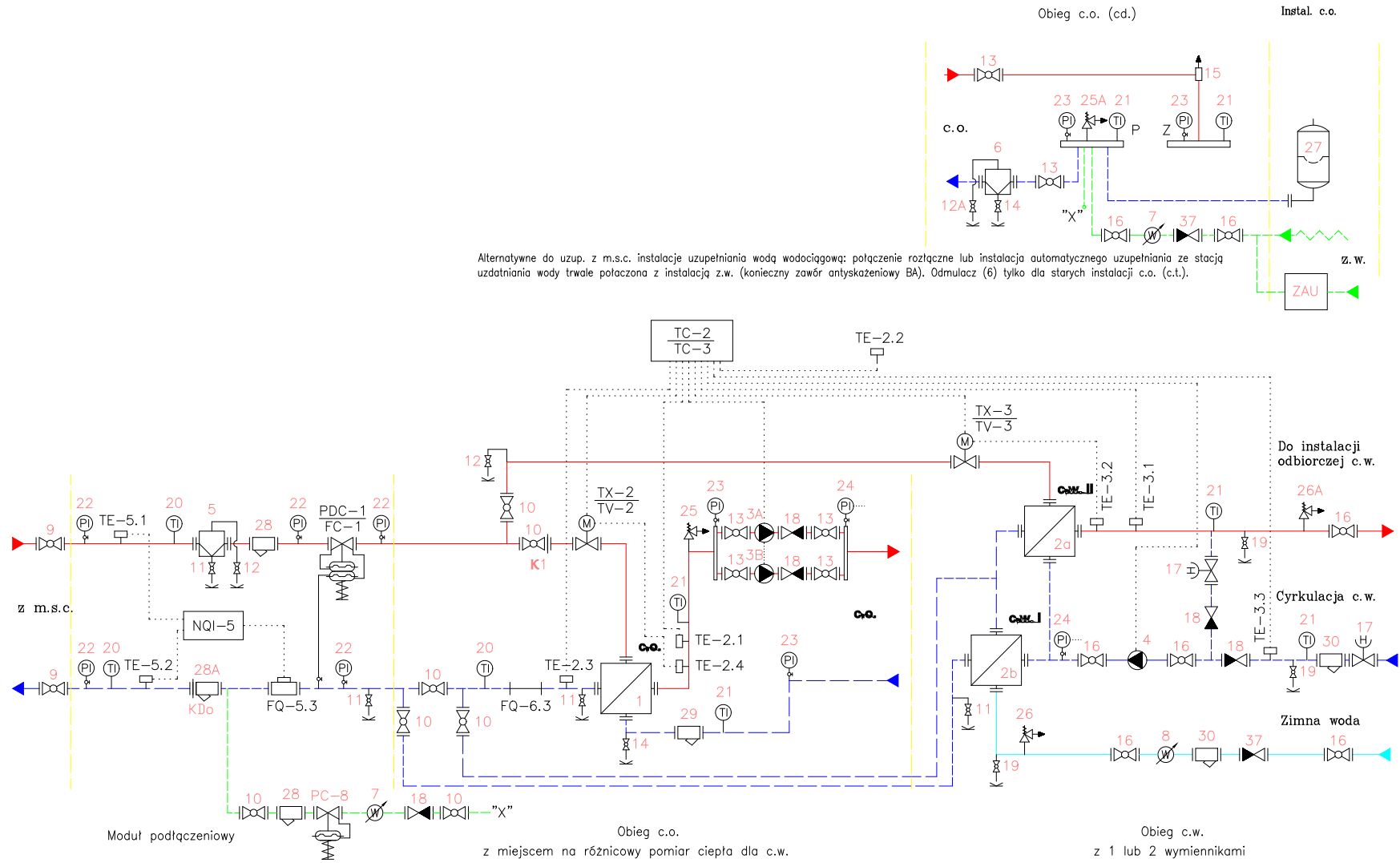
- 2.2. Rozwiązania projektowe (opis działania, z potwierdzeniem spełnienia wymagań technicznych VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A.).
3. Elektryczna instalacja zasilająca i ochrona przeciwporażeniowa (opis).
4. Wskazówki wykonawcze (muszą być zgodne z obowiązującymi wymaganiami).
5. Zestawienie danych technicznych:
  - 5.1. Z projektu technicznego węzła (typ węzła, moce cieplne, wymienniki ciepła, rurociągi, armatura i t.p.
  - 5.2. Od dystrybutora ciepła (z założeń techniczno-eksploatacyjnych do projektu węzła).
6. Zestawienie wyników obliczeń (spadki ciśnień na poszczególnych elementach węzła, ciśnienie regulowane, minimalne ciśnienie dyspozycyjne wymagane dla prawidłowej pracy węzła, maksymalne dopuszczalne ciśnienia dyspozycyjne ze względu na 30% stopień otwarcia i kawitację zaworu regulatora  $\Delta p/V$  i autorytety zaworów regulacyjnych).
7. Specyfikacja urządzeń automatycznej regulacji (szczegółowa do zamówienia).
8. Specyfikacja podstawowych materiałów montażowych.
9. Zestawienie parametrów dla rozruchu i eksploatacji węzła:
  - 9.1. Węzeł podłączeniowy (przepływy limitowane, ciśnienie regulowane, minimalne ciśnienie dyspozycyjne wymagane dla prawidłowej pracy węzła, maksymalne dopuszczalne ciśnienia dyspozycyjne ze względu na 30% stopień otwarcia i kawitację zaworu regulatora  $\Delta p/V$  oraz kryzy dławiące).
  - 9.2. Gałąź c.o. c.t. i c.w. (wszystkie niezbędne nastawy regulatorów zapewniające prawidłową i stabilną regulację temperatury i funkcji dodatkowych, zgodnie z wymaganiami VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A. i użytkownika węzła).
  - 9.3. Instalacja c.o. (nastawa regulatora nadmiarowo-upustowego).
10. Rysunki:
  - 10.1. Ogólny schemat technologiczny węzła z naniesionymi elementami układów automatyki.
  - 10.2. Schemat węzła podłączeniowego z wymiarami zabudowy regulatora  $\Delta p/V$ , filtrów, przetwornika przepływu ciepłomierza, dyfuzorów i miejsca poboru sygnału impulsowego regulatora  $\Delta p/V$ .
  - 10.3. Schemat układu automatyki obwodu c.o.
  - 10.4. Schemat układu automatyki obwodu c.w.
  - 10.5. Fragment schematu instalacji c.o. z zabudową regulatora nadmiarowo-upustowego.
  - 10.6. Schemat rozmieszczenia w węźle urządzeń automatycznej regulacji.
11. Inne niezbędne dokumenty (dodatkowe założenia, uzgodnienia, atesty, protokoły i t.p.).

Projekt automatycznej regulacji węzła cieplnego należy wykonać w formie pisemnej i w formie elektronicznej

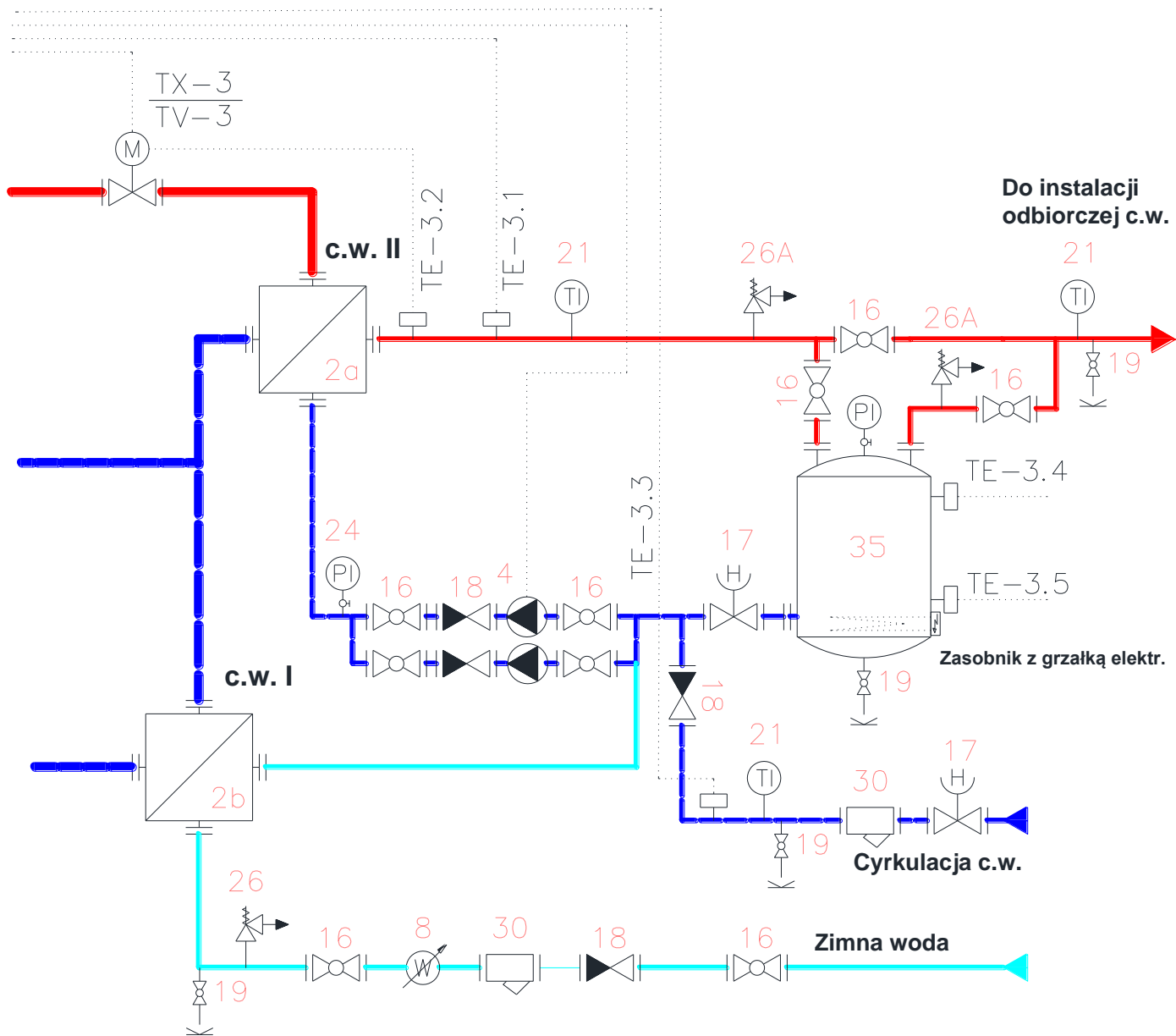
## **Materiały źródłowe**

1. Gawęda Jerzy - Wymagania techniczne dla elementów automatyki węzłów cieplnych.  
- opracowanie OBRC,  
nr arch. RB/BA/0620-23/2011/3560, marzec 2011r.
2. Gawęda Jerzy - Opracowanie wymagań technicznych dla urządzeń automatycznej regulacji węzłów ciepłowniczych o mocy do 75 kW, zasilanych z sieci ciepłowniczej.  
opracowanie OBRC, nr arch. 2256/2000, listopad 2000r.
3. Gawęda Jerzy - Instrukcja doboru regulatorów  $\Delta p/V$  na potrzeby służb eksploatacyjnych i Działu TD.  
opracowanie OBRC, nr arch. 2703/2003, kwiecień 2003r.
4. Pietrzyk Zbigniew - Wytyczne wykonania, montażu i odbioru węzłów cieplnych.  
opracowanie OBRC, nr arch. 3099/2007/Z, kwiecień 2007r.
5. Mrowińska Anna - Modyfikacja bazy danych o wymiennikach ciepła stosowanych w ciepłownictwie.  
opracowanie OBRC, nr arch. 2069/97, marzec 1997r.

## Wytyczne projektowania węzłów ciepłych - część 2.

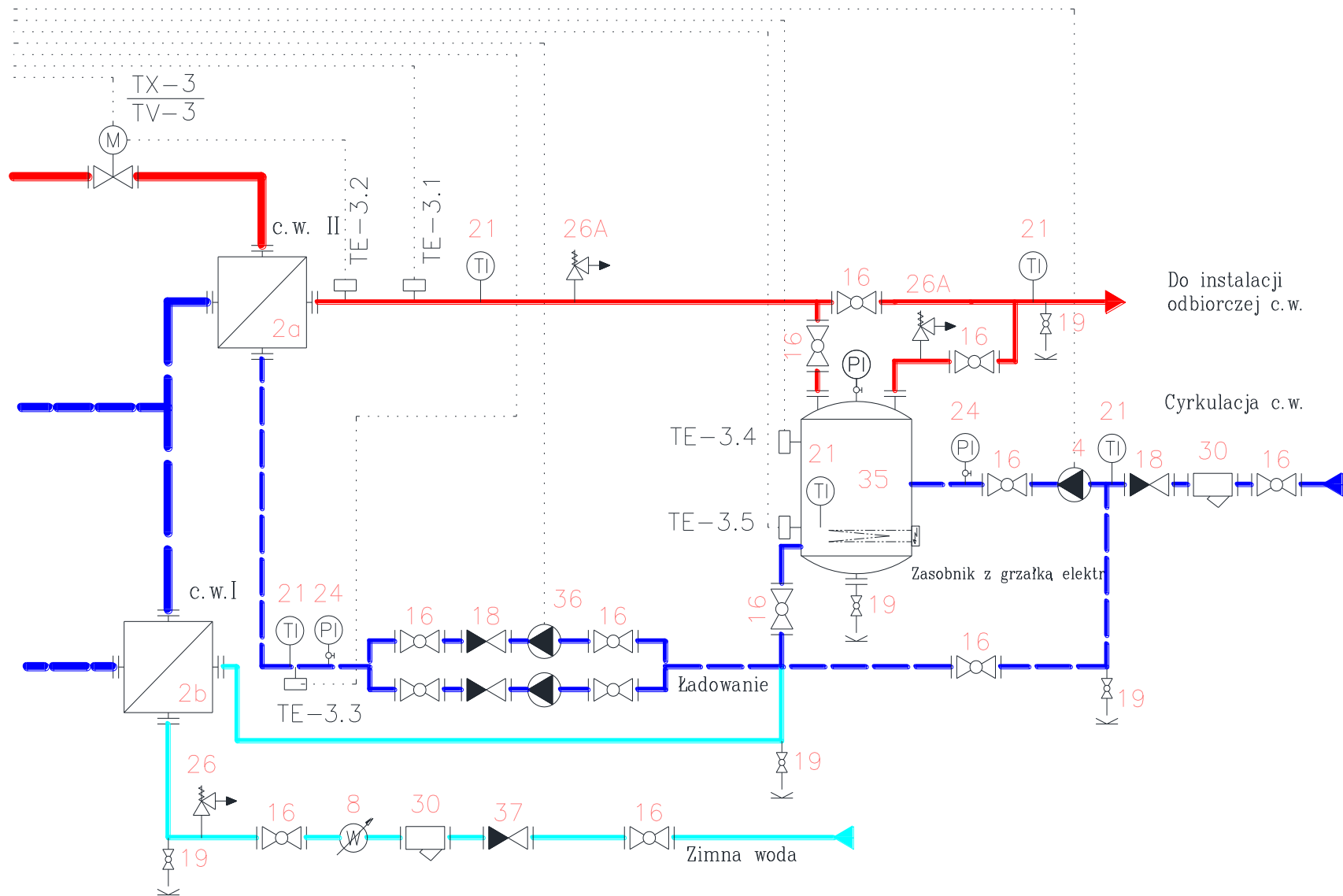


Schemat węzła ciepłego dwufunkcyjnego c.o. i c.w. dla budynków mieszkalnych (wersja z pełną automatyką)



Schemat układu zasobnikowego przygotowania c.w.u. z pompami ładująco-cyrkulacyjnymi.

Do regulatora



Schemat układu zasobnikowego przygotowania c.w.u. z rozdzielonym ładowaniem i cyrkulacją