

Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (II)

Zdroj tepla, síť spotřebičů – vzájemné vazby

Datum: 20.2.2006
Autor: Ing. Miroslav Kotrbatý

1.0 Všeobecně

Dodávka tepla do tepelných sítí a do spotřebičů v soustavách CZT se uskutečňuje z různých zdrojů tepla. Každý tepelný zdroj má jiné podmínky pro hospodárný a bezporuchový provoz. Aby byl režim provozu optimální, musí být v souladu zdroj tepla, rozvod potrubních sítí a spotřebič.

Jako zdroje tepla jsou používány domovní kotelny, okrskové výtopny, průmyslové výtopny nebo teplárny. Z těchto zdrojů se teplo ke spotřebičům dodává převážně vodou, i když parní soustavy nejsou výjimkou. Pokud se týká parametrů otopného média ve vodních soustavách, používají se různé teplotní rozdíly mezi přívodem a zpátečkou.

Používá se:			
domovní kotelny:	92,5 °C / 67,5 °C;	90 °C / 70 °C	
okrskové výtopny:	105 °C / 70 °C;	110 °C / 70 °C	
průmyslové výtopny:	130 °C / 70 °C;	150 °C / 70 °C	
teplárny:	120 °C / 60 °C;	130 °C / 70 °C;	150 °C / 70 °C

Teplotní parametry otopného média mají podstatný vliv na hospodárnost a bezporuchovost provozu.

Hlavním požadavkem na bezporuchový provoz kotlů v domovních kotelnách, okrskových výtopnách a výtopnách průmyslových je, aby teplota média ve zpětném potrubí $t_{p1} > 70^\circ\text{C}$. V teplejších soustavách se naopak požaduje větší vychlazení, aby bylo dosaženo ve zdroji tepla většího energetického využití paliva. V parních teplejších soustavách se předpokládá přechod na sekundární soustavy vodní prostřednictvím výměnkových stanic. Zde je základním požadavkem maximální vychlazení kondenzátu (50 °C) a jeho vrácení o co nejnižších teplotách. Toho se dá docílit maximálním vychlazením sekundárního média.

Jak je z popisu funkce a požadavků různých zdrojů tepla zřejmé, může způsob připojení spotřebiče tepla podstatně ovlivnit hospodárnost výroby tepla. Je proto zapotřebí věnovat této problematice mimořádnou pozornost.

V principu se používají dva způsoby připojení spotřebičů tepla. Je to jednak způsob, kdy se přebytečné množství otopného média přivedeného před spotřebič přepouští bez vychlazení do zpátečky primáru - jeho teplota se zvedá. Tento princip vyhovuje ve výtopenských soustavách.

Druhý způsob omezuje dodávku tepla resp. množství dodávaného média škrcením. Teplota zpátečky primáru odpovídá teplotě zpátečky sekundáru. Tento způsob připojení vyhovuje požadavkům teplejších soustav. V dalších jsou ukázána vhodná schémata připojení spotřebičů tepla jak v soustavách výtopenských, tak i teplejších.

2.00 Připojování spotřebičů tepla v soustavách výtopenských

Na obr. č. 1 jsou znázorněny tři druhy regulačních okruhů (otopné zóny, nebo ohřivače vzduchu) při přepouštění přebytečného množství média do zpátečky primáru. Jako příklad bylo otopné médium voleno o teplotním rozdílu 92,5 °C / 67,5 °C. Teplotní rozdíl primáru: 110 °C / 85 °C. V obou okruzích je teplotní rozdíl $\Delta t = 25\text{K}$. Tuto podmínku je nutné splnit - ukáží provozní stavy.

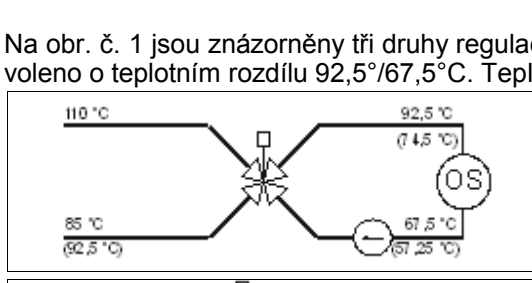


Schéma zapojení čtyřcestné směšovací klapky DUOMIX

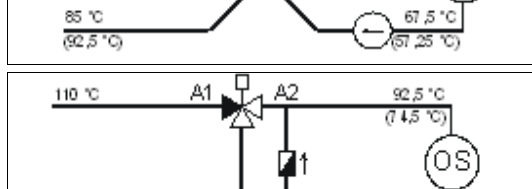


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil v přívodu

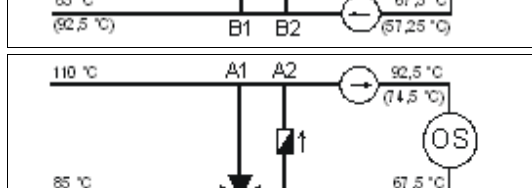
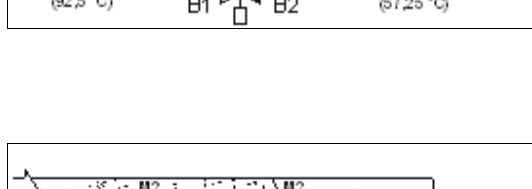


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil ve zpátečce



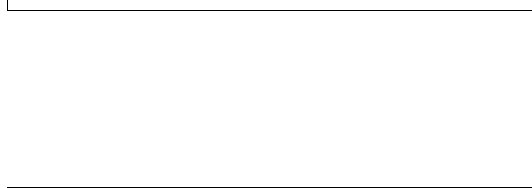
Směšování při maximální spotřebě

$M_1^1 = 100\%$	$\theta_1^1 = 110^\circ\text{C}$	$M_2 = 41,17\%$	$\theta_2 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^2 = 100\%$	$\theta_1^2 = 92,5^\circ\text{C}$	$M_3 = 58,83\%$	$\theta_3 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^3 = 100\%$	$\theta_1^3 = 67,5^\circ\text{C}$	$M_4 = 58,83\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_1^4 = 100\%$	$\theta_1^4 = 85^\circ\text{C}$	$M_5 = 41,17\%$	$\theta_5 = 67,5^\circ\text{C}$



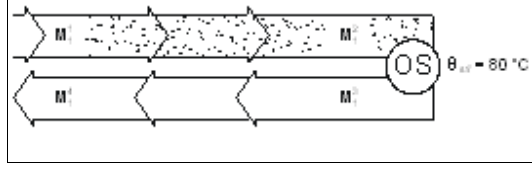
Směšování při 70% spotřebě

$M_1^1 = 100\%$	$\theta_1^1 = 110^\circ\text{C}$	$M_2 = 33,18\%$	$\theta_2 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^2 = 100\%$	$\theta_1^2 = 74,5^\circ\text{C}$	$M_3 = 66,82\%$	$\theta_3 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^3 = 100\%$	$\theta_1^3 = 57,25^\circ\text{C}$	$M_4 = 66,82\%$	$\theta_4 = 57,25^\circ\text{C}$
$M_1^4 = 100\%$	$\theta_1^4 = 92,5^\circ\text{C}$	$M_5 = 33,18\%$	$\theta_5 = 57,25^\circ\text{C}$



Provozní stav (teplota primáru = teplota sekundáru)

$M_1^1 = 100\%$	$\theta_1^1 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_1^2 = 100\%$	$\theta_1^2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_1^3 = 100\%$	$\theta_1^3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_1^4 = 100\%$	$\theta_1^4 = 67,5^\circ\text{C}$



Provozní stav (přechod na provoz útlumu)

$M_1^1 = 100\%$	$\theta_1^1 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^2 = 100\%$	$\theta_1^2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_1^3 = 100\%$	$\theta_1^3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_1^4 = 100\%$	$\theta_1^4 = 110^\circ\text{C}$



Provozní stav (přechod na provoz útlumu)

$M_1^1 = 100\%$	$\theta_1^1 = 110^\circ\text{C}$
$M_1^2 = 100\%$	$\theta_1^2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_1^3 = 100\%$	$\theta_1^3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_1^4 = 100\%$	$\theta_1^4 = 110^\circ\text{C}$

Obr. 1 - Schémata připojení spotřebičů tepla - regulace přepouštěním

První regulační schéma vyznačuje osazení čtyřcestné regulační klapky se směšovacími čerpadlem Č1, které může být zařazeno jak do přívodního, tak i zpětného potrubí sekundárního okruhu. Vyznačeny jsou rovněž teploty média primáru i sekundáru při výpočtových parametrech a teploty média při omezení výkonu na 70% - v závorkách.

Druhé regulační schéma znázorňuje osazení trojcestného rozdělovacího regulačního ventilu do rozdělovacího bodu A1 s přepouštěním přebytečného množství média spojkou A1 - B1 zpět do primární sítě. Přimíchávání primáru do sekundární sítě se uskutečňuje v bodě A2 (A1-A2), přičemž přebytečné množství ve sekundáru se vrací do primární sítě spojkou B2 - B1. Cirkulaci média v sekundárním okruhu zajišťuje čerpadlo Č1. Čerpadlo může být zařazeno i do přívodu sekundáru.

Na stejném principu pracuje i regulační okruh uvedený jako třetí s tím rozdílem, že příslušné míchání realizuje trojcestný směšovací regulační ventil zařazený do směšovacího bodu B1. Jako varianta je čerpadlo zařazeno do přívodu sekundáru - může být i ve zpětném potrubí. Senkyvový diagramy ukazují průtoky média na primární i sekundární straně při čtyřech provozních stavech.

První diagram znázorňuje míchání při výpočtových hodnotách. Je z něj patrné, že se polovina přivedené otopné vody vrací zpět do zdroje tepla neochlazená. Dojde-li k omezení dodávky tepla vlivem regulačního zásahu na 70% maximálního výkonu, změní se směšovací poměry a zvýší se teplota média ve zpětném potrubí primárního okruhu.

Z hlediska tepelného zdroje je nejzajímavější teplota $t_1^1 = 92,5^\circ\text{C}$ ve zpětném potrubí primáru. Proti výpočtové teplotě při maximální spotřebě ($t_1^1 = 85^\circ\text{C}$) teplota stoupla, což není na závadu v soustavách s tepelným zdrojem "vytopna". V teplejších soustavách je takový způsob regulace naprosto nevyhovující.

Třetí diagram ukazuje průtoky média při provozním stavu, kdy teplota média v přívodu primáru ($t_1 = 92,5^\circ\text{C}$) klesá na výpočtovou hodnotu sekundárního okruhu. V takovém případě dojde k průtoku celého přivedeného množství z primáru sekundárním okruhem. To je také příčina, proč musí být oběhové množství média v primárním i sekundárním okruhu stejné. Proto i teplotní rozdíly (Δt) v primárním i sekundárním okruhu jsou stejné.

Velice názorně ukazuje čtvrtý diagram, jak tato schémata zapojení nepříznivě ovlivňují teplotu zpátečky (v teplejších soustavách) při odstavení spotřebiče z provozu. Dochází k plnému vrácení přivedeného média zpět do zdroje tepla bez vychlazení. V sekundárním okruhu teplota média pozvolna klesá.

3.00 Připojování spotřebičů tepla v soustavách teplejších

Na obr. č. 2 jsou schematicky znázorněny čtyři druhy regulačních okruhů (otopné zóny, nebo vzduchotechnické jednotky) pracující na principu omezení dodávaného množství - regulace škrcením. Otopné médium sekundárního okruhu je při extrémních podmínkách voleno s teplotním rozdílem 92,5 °C / 67,5 °C. Teplotní rozdíl primární sítě 110 °C / 67,5 °C. V závorkách jsou uvedeny teploty média při omezeném výkonu na 70%.

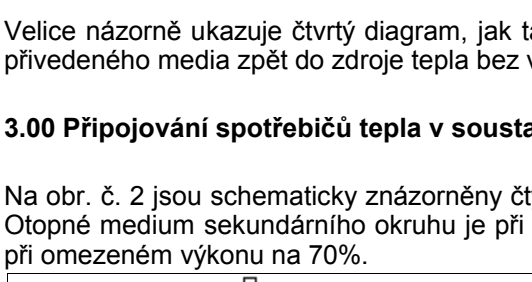


Schéma zapojení regulační ventil v přívodu

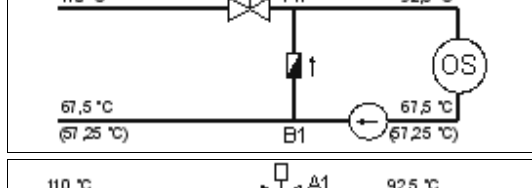


Schéma zapojení trojcestný směšovací ventil v přívodu

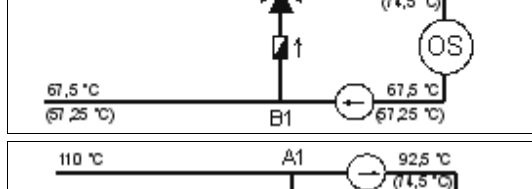


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil ve zpátečce

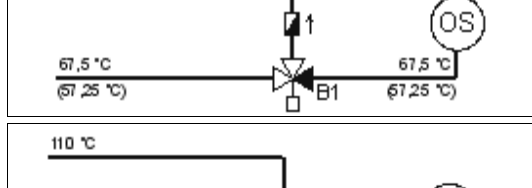
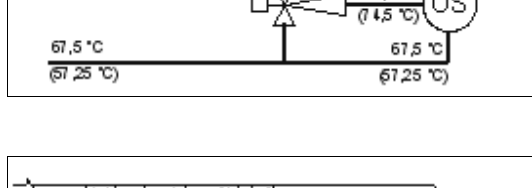
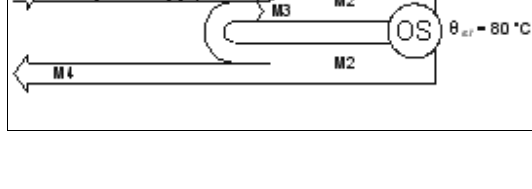


Schéma zapojení regulovatelný ejektor



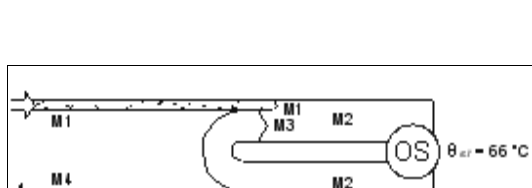
Směšování při maximální spotřebě

$M_1 = 58,83\%$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$
$M_2 = 100\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 41,17\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 58,83\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$



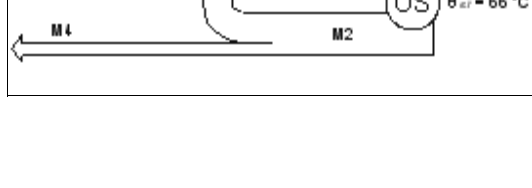
Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 33,17\%$	$\theta_1 = 110^\circ\text{C}$
$M_2 = 100\%$	$\theta_2 = 74,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 66,83\%$	$\theta_3 = 57,25^\circ\text{C}$
$M_4 = 33,17\%$	$\theta_4 = 57,25^\circ\text{C}$



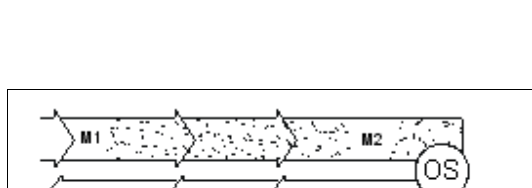
Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 100\%$	$\theta_1 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_2 = 100\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$
$M_3 = 100\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 100\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$



Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 0\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_2 = 100\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 0\%$	



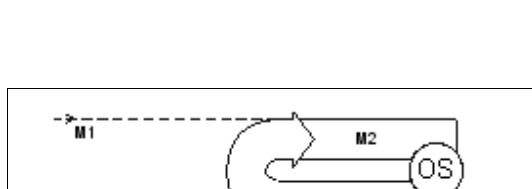
Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 0\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_2 = 100\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 0\%$	



Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 0\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_2 = 100\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 0\%$	



Směšování při 70% spotřebě

$M_1 = 0\%$	$\theta_2 = 92,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_2 = 100\%$	$\theta_3 = 67,5^\circ\text{C}$ - klesající
$M_3 = 100\%$	$\theta_4 = 67,5^\circ\text{C}$
$M_4 = 0\%$	

Obr. 2 - Schémata připojení spotřebičů tepla - regulace škrcením

První regulační schéma vyznačuje osazení regulačního ventilu v přívodu primáru a cirkulační čerpadlo ve zpětném potrubí sekundáru. Stejnou funkci může plnit regulační ventil ve zpětném potrubí primáru a čerpadlo v přívodu sekundáru. Další kombinace jsou možné, vždy však bude záležet na výškovém umístění připojovaného spotřebiče v tepelné technické soustavě a tlakových podmínkách.

Ke směšování dochází v bodě A1. Z bodu B1 je potřebné množství média o teplotě zpětné vody sekundáru vedeno do směšovacího bodu A1. Přebytek, který je totožný s množstvím přivedeným do bodu A1 z primárního přívodu se vrací zpětným potrubím do zdroje tepla.

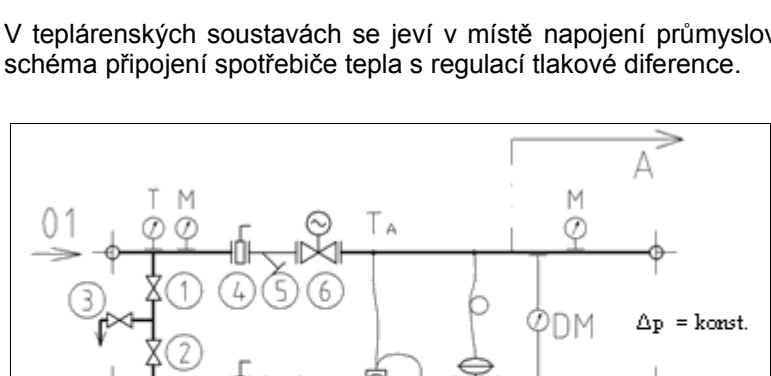
Druhé regulační schéma, které plní stejnou funkci, ukazuje použití trojcestného směšovacího ventilu ve směšovacím bodě A1. Čerpadlo v sekundárním okruhu je situováno ve zpětném potrubí. Rozdělovací trojcestný ventil v bodě B1 a čerpadlo v přívodu sekundáru zajišťují také požadované provozní stavy.

Daleko nejjednodušší schéma a bez potřeby oběhového čerpadla v sekundárním okruhu představuje regulovatelný ejektor. Princip jeho zapojení je uveden jako čtvrtý příklad. Průtoky média jsou totožné jako v případech s oběhovými čerpadly v sekundárním okruhu.

Všechna uváděná schémata v tomto odstavci lze také použít v soustavách výtopenských s tím, že ve zdroji tepla lze požadovanou vyšší teplotu média před vstupem do kotle zajistit přimícháním primární vody.

Grafické vyjádření průtoku a teplot v jednotlivých částech regulačního uzlu na primární i sekundární straně ukazuje, že zvolená zapojení plně vyhovují požadavkům pro připojování spotřebičů v teplejších soustavách. Při regulačním zásahu dochází vždy ke snížení teploty zpětné vody, ale také ke změně tlakových poměrů v místě připojení spotřebiče. Proměnné tlakové podmínky působí negativně na funkci regulačních orgánů a to jak ventilů, tak i ejektorů. Aby tyto armatury pracovaly bezchybně, je zapotřebí vytvořit pro ně podmínky, které jejich funkci zajistí.

V teplejších soustavách se jeví v místě napojení průmyslového závodu nebo objektu bytové a občanské výstavby zajistit konstantní tlakové podmínky. Na obr. č. 3 je nakresleno principiální schéma připojení spotřebiče tepla s regulací tlakové diference.



Obr. 3 - Připojení velkého spotřebiče na soustavu CZT - vstupní armatury

Seznam armatur a zařízení:

- 1 - ruční uzavírací ventil
- 2 - ruční uzavírací ventil
- 3 - ruční uzavírací ventil
- 4 - ruční uzavírací ventil
- 5 - filtr
- 6 - havarijní uzávěr
- 7 - regulátor tlakové diference
- 8 - zpětný ventil nebo klapka
- 9 - ruční uzavírací ventil
- 10 - měřič spotřeby tepla
- T - teploměr
- P - tlakoměr
- DM - diferenční tlakoměr

Primární otopné médium (O1) je přivedeno do objektu, kde jsou změněny jeho teplotní (T) i tlakové (P) parametry. Důležité je umístění teploměru před propojením se zpětným potrubím (O2), stejně tak teploměru v potrubí zpětném. Toto umístění hraje důležitou roli při najíždění soustavy po odstávkě, kdy veškerá otopná média v sekundární soustavě, nebo vzniku podtlaků v sekundární soustavě. Odstavení objektu od vlivu tlaku primární sítě ze strany zpátečky po uzavření přívodu havarijním ventilem zajistí zpětný ventil nebo klapka (8). Po těchto vstupních armaturách je vhodné zařadit měření spotřeby (10) měřením průtokového množství média, snímáním teplot v přívodu i zpátečce (TA) a následným vyhodnocením odběru tepelné energie v místě měřiče tepla. Jak již bylo řečeno, tlakové podmínky v primární sítě se mohou radikálně měnit a tím vytvářet nevhodné stavy pro funkci následně zařazených regulačních armatur. Proto je důležité po vyhodnocení situace v primární sítě (kolísání tlaku) zařadit regulaci tlakové diference (7). Tímto opatřením se za snížením tlaku v primárním přívodu (PA) a před regulátorem tlakové diference, který si snímá tlak ve zpětném potrubí primáru se vytvoří "chráněná oblast" (A - A'), kde se trvale udržuje předepsaná tlaková diference. Jsou tím vytvořeny optimální podmínky pro regulační armatury jednotlivých spotřebičů připojených na primární síť. Vizualní kontrola tlakové diference se dá provádět jednak tlakoměry na přívodním a zpětném potrubí (M), nebo diferenčním tlakoměrem (DM).

Uváděná schémata způsobů připojování spotřebičů tepla a řešení parametrů média při vstupu k odběrateli tepelné energie v teplejších soustavách dávají do souladu požadavky výrobce tepelné energie, potrubní sítě i spotřebičů. Tuto vstupní stanici je vždy nutné konzultovat s dodavatelem tepla, neboť může mít i jiné doplňující požadavky.

5.00 Dovětek

Jednotlivé státy v tomto seriálu jsou zaměřeny na komplexní vyřešení hospodárného vytápění a větrání velkoprostorových objektů umístěných jak v lokalitách zásobovaných ze soustav CZT, tak i v lokalitách zásobovaných plynem. Je věnována pozornost detailům, které ve svém součtu umožní radikální snížení spotřeby tepelné energie i pomocné energie elektrické, používané pro pohon tepelné energie, potrubní sítě i spotřebičů. Snižuje se tím přenosová schopnost sítě o 25%; zvyšuje se čerpací práce a vyšší teplota zpětné vody má vliv na ekonomii výroby tepla ve zdroji.

Praxe ukazuje, že vychlazení zpětné vody na hodnotu požadovanou výrobcem tepla je Achilovou patou všech soustav. Předpokládané teplotní rozdíly (150°/70°) se téměř nikde nedosahují. Provozovatelé soustav, v případě, že se začíná vracet vyšší teplota zpátečky než požadovaných 70 °C, snižují teplotu v přívodním potrubí primáru. Soustavy pak pracují s maximálním teplotním rozdílem 130°/70° (Praha). Snižuje se tím přenosová schopnost sítě o 25%; zvyšuje se čerpací práce a vyšší teplota zpětné vody má vliv na ekonomii výroby tepla ve zdroji.

Přestože se tento stav jeví jako nevyhnutelný, lze z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti řešení soustav CZT. Tímto opatřením se za snížením tlaku v primárním přívodu (PA) a před regulátorem tlakové diference, který si snímá tlak ve zpětném potrubí primáru se vytvoří "chráněná oblast" (A - A'), kde se trvale udržuje předepsaná tlaková diference. Jsou tím vytvořeny optimální podmínky pro regulační armatury jednotlivých spotřebičů připojených na primární síť. Vizualní kontrola tlakové diference se dá provádět jednak tlakoměry na přívodním a zpětném potrubí (M), nebo diferenčním tlakoměrem (DM).

Uváděná schémata způsobů připojování spotřebičů tepla a řešení parametrů média při vstupu k odběrateli tepelné energie v teplejších soustavách dávají do souladu požadavky výrobce tepelné energie, potrubní sítě i spotřebičů. Tuto vstupní stanici je vždy nutné konzultovat s dodavatelem tepla, neboť může mít i jiné doplňující požadavky.

Literatura.

- 1/ Kotrbatý Miroslav *Hospodaření teplem v průmyslových závodech - Práce-Praha 1985*
- 2/ Kotrbatý Miroslav: *Připojování vzduchotechnických zařízení na tepelné technické soustavy - Klimatizace 65-Praha 1988*
- 3/ Kotrbatý Miroslav: *Připojování spotřebičů tepla na soustavy CZT - DT -VTS-Praha 1990*