

Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (X)

Regulovatelný ejektor - významný regulační prvek v tepelně technických soustavách

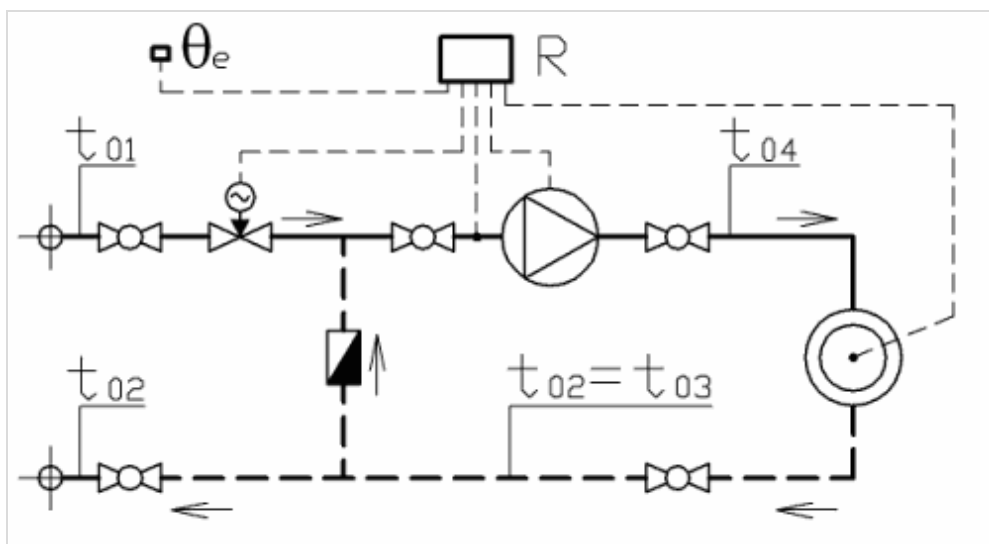
16.10.2006 | Ing. Miroslav Kotrbatý, Ing. Ondřej Hojer, Ing. Josef Pouba | RECENZOVANÝ

01.00 Úvod

Jedním z nejdůležitějších prvků pro dosažení maximálních úspor tepla v tepelně technických soustavách jsou regulační uzly ovládající otopné sekce nebo větší spotřebiče. Ať již jsou to skupiny otopných těles (sálavé panely pro celé dílny, fasády administrativních objektů, vzduchotechnické jednotky) nebo ohřev užitkové vody, vždy je zapotřebí průběžně měnit dodávku tepla a tím parametry otopné vody.

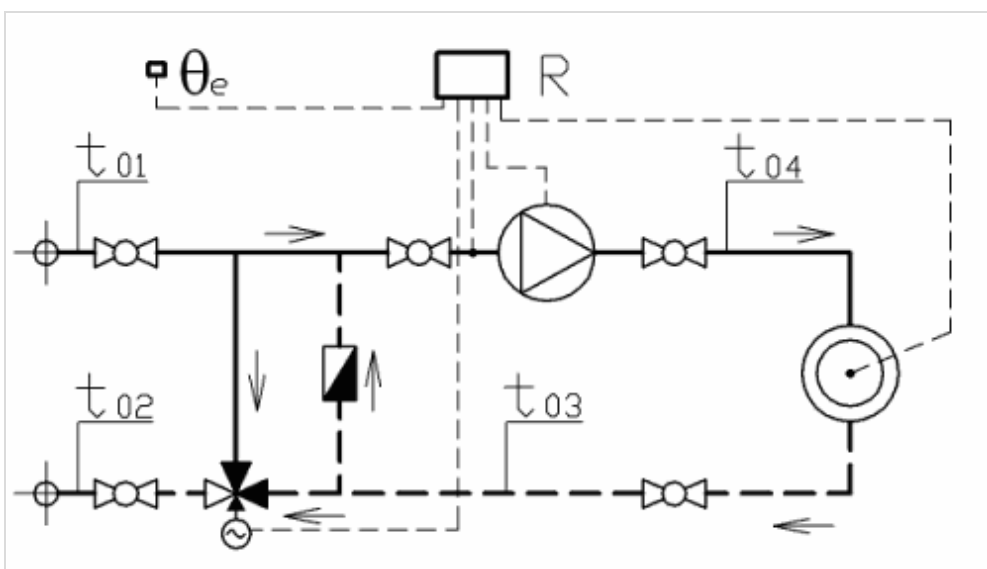
02.00 Regulační uzly se směšovacími čerpadly

Nejčastěji používanými regulačními uzly se dosud prezentují "směšovací čerpadla". Jako příklad lze použít princip směšování, kde jako regulační prvek slouží přímý regulační ventil umístěný v přívodu primáru (nebo ve zpětném potrubí primáru) a čerpadlo v sekundárním okruhu - viz obr. č. 1. Místo přímého ventilu lze též instalovat do směšovacího bodu ventil trojcestný. Tento způsob připojení je vhodný do soustav teplotních, kde se požaduje maximální vychlazení zpětné primární vody. Při regulačním zásahu se teplota zpětné vody snižuje. V primárním okruhu se zmenšuje průtok, v okruhu sekundárním probíhá konstantní množství vody. V soustavách, kde jsou jako zdroj tepla výtopny a je naopak vhodné přivádět zpět do zdroje vodu o teplotě vyšší, je výhodnější zapojení dle obr. č. 2. Trojcestný směšovací ventil se instaluje do zpětného směšovacího bodu. Díky přepouštění přebytečné vody z přívodu primáru do zpětného potrubí primáru se zvyšuje její teplota a nemění se průtočné množství. Cirkulaci v sekundárním okruhu zajišťuje oběhové čerpadlo s konstantním průtokem.



obr. č. 1 - Připojení spotřebiče tepla "směšovacím čerpadlem". Při regulačním zásahu teplota vody ve zpětném potrubí primáru klesá a její množství se zmenšuje. Vhodné do topných soustav. V provozu spotřeba elektrické energie na pohon čerpadla v sekundárním okruhu.

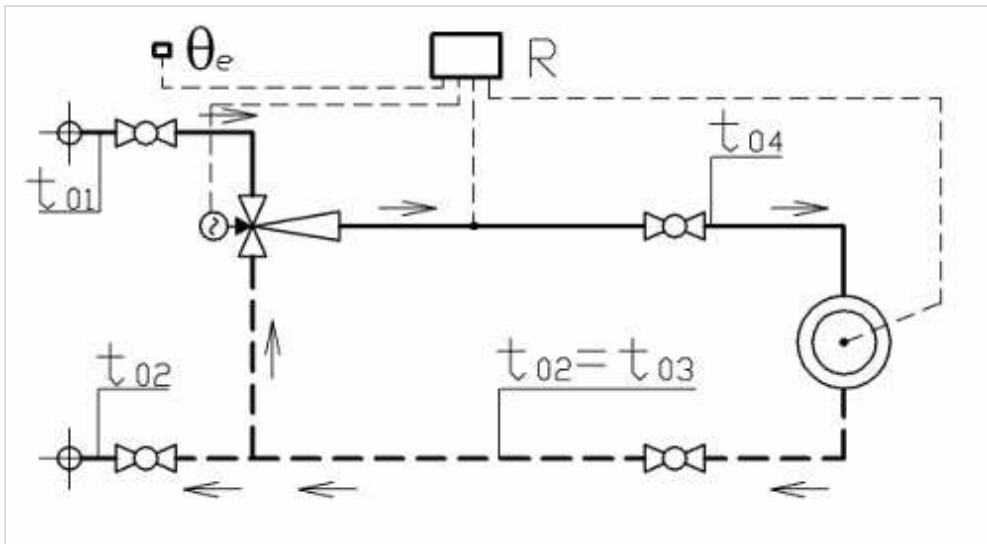
Jak je z obrázků a z popisu zřejmé oba tyto způsoby připojení potřebují pro plnění své funkce kromě regulačního ventilu **oběhové čerpadlo, a tím vložení další energie do tepelně technické soustavy**. Energie přivedená v primárním okruhu (Δp) byla zmařena regulačním ventilem. Z hlediska potřeby obsluhy a údržby je oběhové čerpadlo prvkem, který potřebuje během své životnosti trvalý zájem uživatele.



obr. č. 2 - Připojení spotřebiče tepla "směšovacím čerpadlem". Při regulačním zásahu teplota vody ve zpětném potrubí primáru stoupá a její množství zůstává konstantní. Vhodné do vytopenských soustav.

3.00 Regulační uzel s regulovatelným ejektorem

Podstatně jednodušší technické řešení, kdy se plně využívá tlakový rozdíl na vstupu primáru do místa odběru tepelné energie, je regulační uzel s regulovatelným ejektorem - schéma viz obr. č. 3. Zcela odpadá oběhové čerpadlo a pro funkci připojeného spotřebiče postačí pouze napájení pohonu ejektoru, při regulačním zásahu a udržení regulátoru spotřebiče (R) pod napětím. Dá se říci, že tyto požadavky na spotřebu dodatkové elektrické energie jsou prakticky nulové. Rovněž tak jsou podstatně omezeny nároky na obsluhu a údržbu.



obr. č. 3 - Připojení spotřebiče tepla ejektorem. Při regulačním zásahu teplota vody v sekundáru klesá. Vhodné do teplotních soustav. Lze použít i v soustavách výtopených s úpravami ve výtopeně - dohřev vstupní vody do kotlů. Spotřeba elektrické energie téměř nulová.

4.00 Otopné soustavy s regulovatelnými ejektory

Použít a provozovat určité zařízení bez určení nároků na provozní podmínky, jakož i jeho zařazení do celé tepelně technické soustavy může být zavádějící a může vést i k chybným technickým řešením. Jako každý jiný prvek - stejně tak regulovatelný ejektor, který má plnit funkci pro kterou byl vyroben, měl by mít vytvořeny odpovídající provozní podmínky, což je v daném případě určité rozmezí diferenčního tlaku. V tepelně technických soustavách - hlavně pak teplotních, kde probíhá provozní režim kvalitativně - kvantitativní se v jednotlivých odběrních místech podstatně mění tlakové podmínky. Není-li tato skutečnost respektována dochází mnohdy k úplnému potlačení funkce regulačního ventilu, který není schopen udržet požadovaný průtok média do otopné soustavy. Stejně se chová i regulovatelný ejektor. Zde je nutno zdůraznit, že **nejdůležitější funkci v návrhu regulace má projektant vytápění, který navrhuje hydraulické řešení.**

Pro získání přehledu a možností používání různých variant zapojení ejektorů se naskytla velká příležitost při realizaci zakázek, kde bylo použito více jak 40 ejektorových bloků.

Bylo to právě období, kdy se těchto prací zúčastnili v rámci předdiplomní praxe tehdy posluchači ČVUT Praha - Ústavu techniky prostředí Ondřej Hojer a Josef Poubá, kteří nyní pomohli zkompletovat získané poznatky a přispět tak velkou měrou k utvoření komplexního pohledu na tuto problematiku.

4.10 Ejektory zařazené do soustavy s vyrovnanými tlakovými podmínkami

Při řešení vytápění průmyslových hal sálavými panely se navrhuje jako regulované sekce jednotlivé výrobní lodě. Stává se tak, že technické řešení ve všech lodích je přibližně stejné, se stejnými připojovacími podmínkami a to jak co do množství tepla, tak i velikosti tlakových ztrát. Stejně tak tomu může být i při řešení jiných tepelně technických soustav, kdy tlakové podmínky požadované v jednotlivých sekcích před

ejektorem jsou přibližně stejné, a během provozu se příliš nemění.

P	Typ	Q	t ₀₁	t ₀₄	t ₀₃	H _{min}	h _{max}	V ₀₁	V ₀₄	DN	Du	P _{01>}
	--	kW	°C	°C	°C	bar	bar	m ³ /h	m ³ /h	mm	mm	bara
1	471	150	110	105	70	0.5	0.25	3.22	3,68	32	12	2.9
2	471	150	110	105	70	0.55	0.27	3.22	3,68	32	12	3
3	471	150	110	105	70	0.59	0.29	3,22	3,68	32	12	3
4	471	150	110	105	70	0.65	0.31	3,22	3,68	32	12	3
5	471	150	110	105	70	0.69	0.33	3,22	3,68	32	12	3
6	471	150	110	105	70	0.75	0.34	3,22	3,68	32	12	3.2
7	471	150	110	105	70	0.80	0.36	3,22	3,68	32	12	3.2
8	471	150	110	105	70	0.84	0.38	3,22	3,68	32	12	3.2

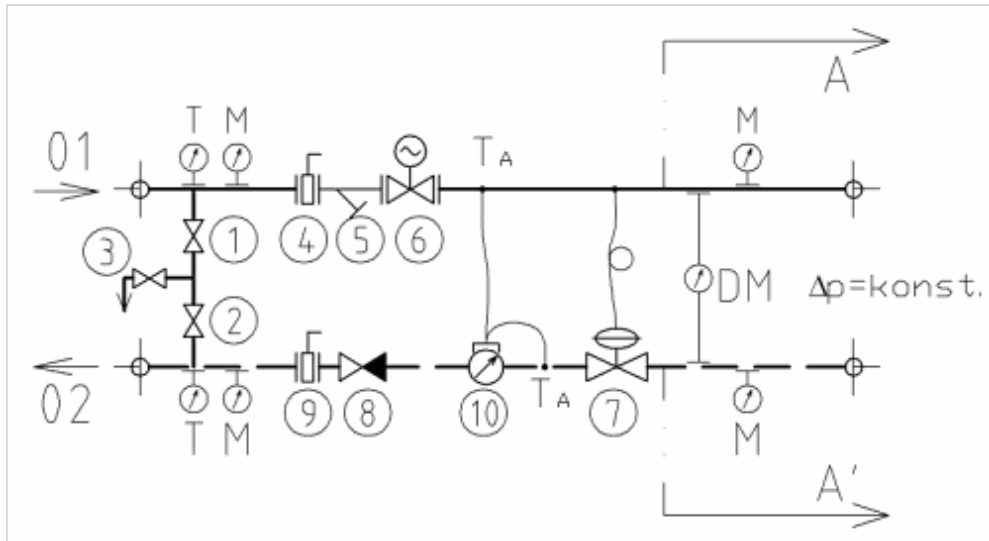
Tab. č. 1 - Změny tlakových podmínek v sekundárním okruhu (h_{max}) při rostoucím tlaku na primární straně (H_{min})

V tabulce značí:

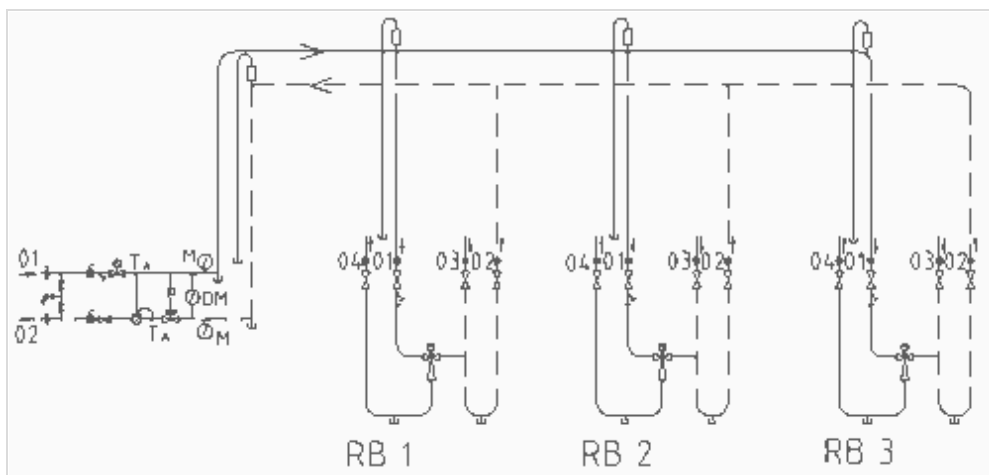
Q	(kW)	- výkon připojeného spotřebiče
t ₀₁	(°C)	- teplota vody - přívod primár
t ₀₄	(°C)	- teplota vody - přívod sekundár
t ₀₃	(°C)	- teplota vody - zpátečka sekundár, primár
H _{min}	(bar)	- minimální diferenční tlak před ejektorem (primár)
h _{max}	(bar)	- maximální diferenční tlak za ejektorem (sekundár)
V ₀₁	(m ³ /h)	- množství vody v primáru
V ₀₄	(m ³ /h)	- množství vody v sekundáru
DN	(mm)	- průměr ejektoru
Du	(mm)	- průměr trysky
P ₀₁	(bara)	- minimální požadovaný statický tlak v přívodu primáru -- zamezení odparu

Pro přehled (tab. č. 1) byly propočítány změny tlakových podmínek v sekundárním okruhu (h_{max}) při

rostoucím tlaku na primární straně (H_{\min}). Ejektor DN 32 a s tryskou Du12 je schopen zvládnout při zadaných parametrech ($Q = 150 \text{ kW}$, a teplotách media $110/105/70 \text{ °C}$) stoupnutí tlaku o 68%, přičemž roste i dispoziční tlak na sekundární straně, což je v mnoha případech nepřijatelné. Proto je zapotřebí provést zásah do soustavy tak, aby se tlakové podmínky před ejektorem ustálily. V tomto případě, kdy se jedná o spotřebiče zařazené do menšího okruhu, ve kterém nedochází k radikálním změnám tlaku, se ukazuje jako vyhovující zajistit konstantní tlakovou diferenci na vstupu do objektu (obr. č. 4) zařazením regulátoru tlakové diference (poz. 7) do zpětného potrubí primáru.

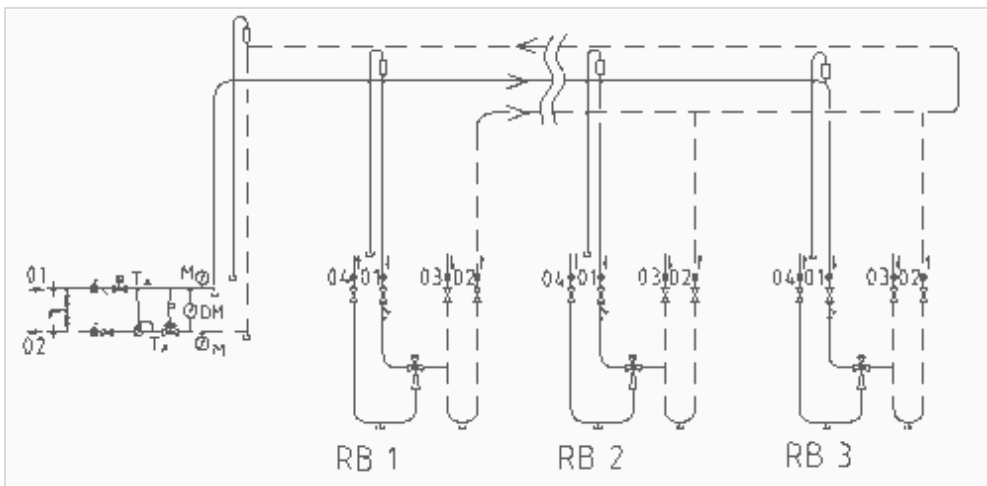


obr. č. 4 - Regulace tlakové diference na vstupu do objektu.

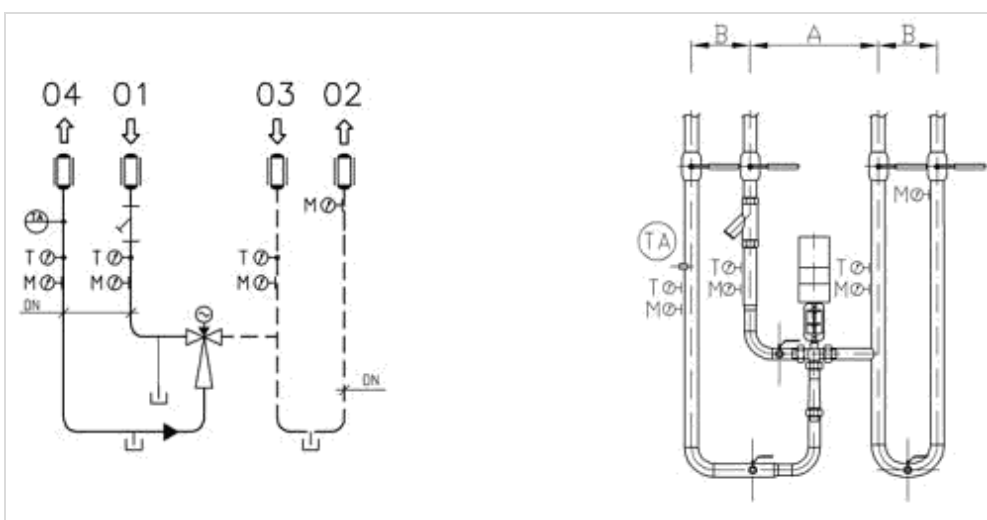


obr. č.5 - Regulace tlakové diference na vstupu do objektu. Pro malý počet ejektorů větvový způsob rozvodu

Tvorbu konstantních tlakových podmínek před jednotlivými ejektory má v ruce projektant vytápění návrhem způsobu připojení jednotlivých spotřebičů. Při malém počtu ejektorů lze bez problémů volit větvový způsob rozvodu (obr. č. 5), při větším počtu a delších rozvodech se doporučuje souprůdný způsob (obr. č. 6). Schéma ejektorového bloku bez regulátoru tlakové diference ukazuje obr. č. 7. Reálný ejektorový blok bez regulátoru tlakové diference ukazuje obr. č. 8. V současné době se jako uzavírací armatury používají navařovací kulové ventily. Připojení několika sekcí je řešeno na obr. č. 9 - foto. Potrubní shybka při osazení centrálních čerpadel ve výměňkové stanici byla vyvolána dodatečným požadavkem investora - čerpadlo dvojče.



obr. č. 6 - Regulace tlakové difference na vstupu do objektu. Větší počet ejektorů pro souproudý způsob rozvodu



obr. č. 7 - Schéma ejektorového bloku bez regulátoru tlakové difference.



obr. č. 8 - Reálný ejektorový blok bez regulátoru tlakové difference.



obr. č. 9 - Připojení několika sekcí.

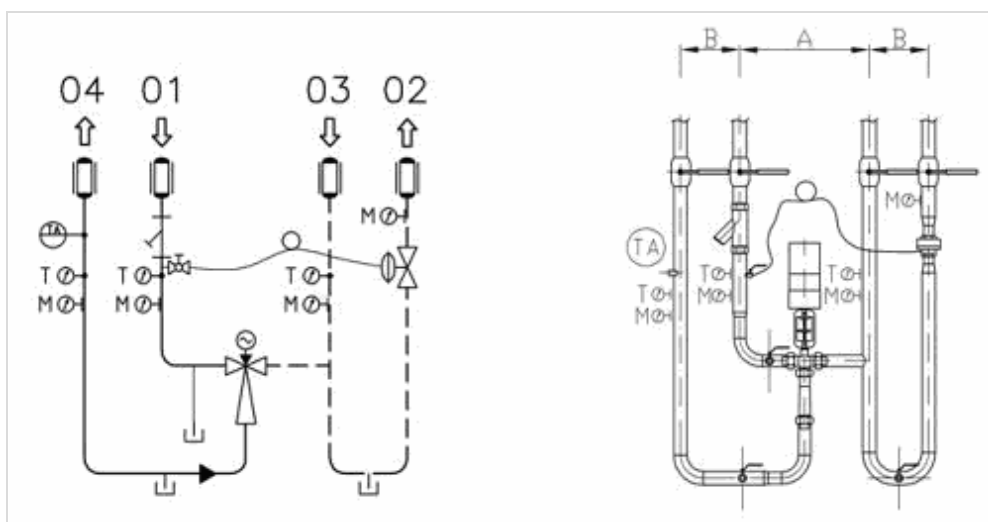
4.20 Ejektory zařazené do soustavy s rozdílnými tlakovými

podmínkami

V běžné praxi nastává více případů, kdy jednotlivé sekce, resp. spotřebiče vyžadují zcela rozdílné tlakové podmínky. Je to dáno kupř. jinými teplotními rozdíly otopného media v sekundárním okruhu, nebo velikostí spotřebiče a tím i rozdílnými tlakovými ztrátami na sekundární straně. V *tabulce č. 2* jsou uvedeny výsledky výpočtu ejektorů pro tři spotřebiče s podstatně odlišnými provozními požadavky. (1, 2, 3), které bude nutné opatřit regulátory tlakové diference. Zbývající (4, 5, 6, 7, 8) pak mohou pracovat bez této regulace.

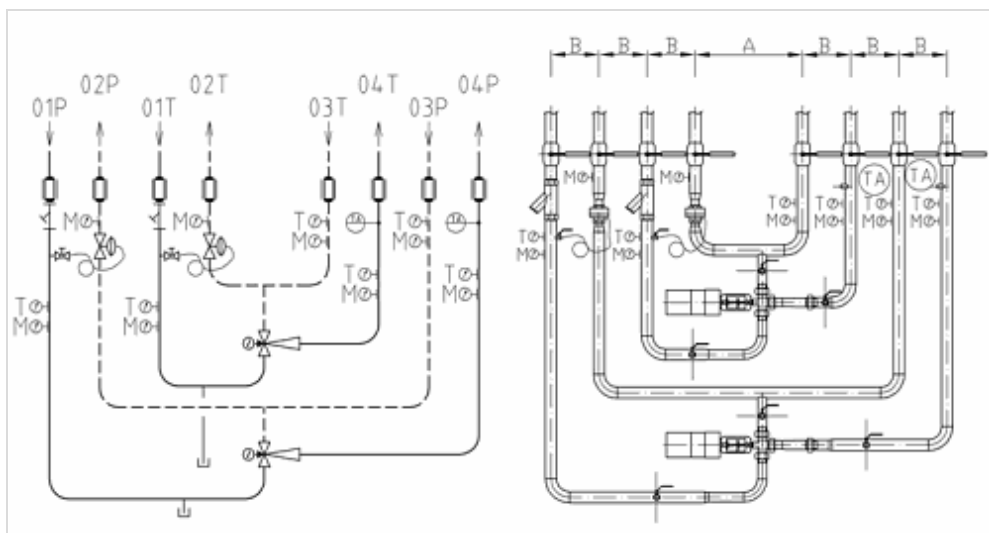
Diferenční tlak na vstupu do objektu:	$\Delta p = 1,4 \text{ bar}$
Tlaková diference před jednotlivými spotřebiči (soubroudný rozvod)	$\Delta p = 1 \text{ bar}$
Teplotní rozdíl primáru:	$\Delta t = 135^\circ / 130^\circ / 70^\circ\text{C}$

Jak je zřejmé z *tabulky č. 2*, před jednotlivými ejektory nelze vytvořit potřebnou tlakovou diferenci jediným regulátorem osazeným do primární přípojky na vstupu do objektu. Volí se proto menší regulátory v každém bloku (*obr. č. 10*) - jednoduchý ejektorový blok.



obr. č. 10 - Schéma jednoduchý ejektorový blok s regulátorem tlakové diference.

Na *obr. č. 11* je znázorněn zdvojený blok.



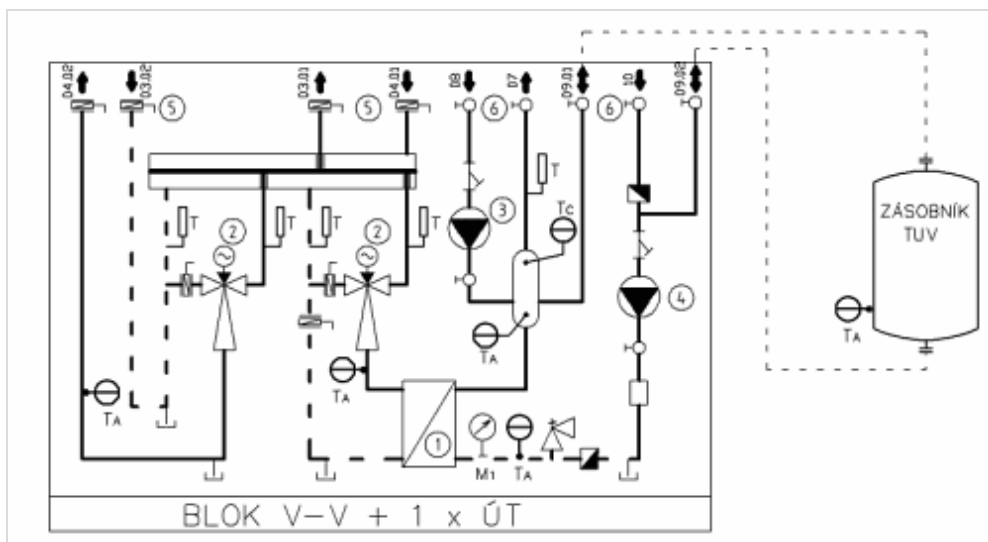
obr. č. 11 - Schéma zdvojeného ejektorového bloku s regulátorem tlakové diference

P	Typ	Q	t ₀₁	t ₀₄	t ₀₃	H _{min}	h _{max}	V ₀₁	V ₀₄	DN	Du	P _{01>}
	--	kW	°C	°C	°C	bar	bar	m ³ /h	m ³ /h	mm	mm	bara
1	471	150	135	130	70	0.57	0,29	1.97	2.14	25	9	4.8
2	471	200	135	130	70	0.65	0.29	2,64	2.85	32	12	4.9
3	471	200	135	130	70	0.76	0.33	2.64	2.85	32	12	5
4	471	200	135	130	70	0.84	0.35	2.64	2.85	32	12	5
5	471	200	135	130	70	0.94	0.38	2.64	2.85	32	12	5.1
6	471	200	135	110	70	0.94	0.25	1.32	2.14	15C	9	5.3
7	471	150	135	110	70	0.94	0.25	1.97	3.22	25	9	5.3
8	471	200	135	110	70	0.94	0.26	2.64	4.29	32	12	5.3

Tab. č. 2 - Tlakové podmínky pro připojení spotřebičů s rozdílnými tlakovými podmínkami

4.30 Ejektory v předávacích stanicích tepla v administrativních přístavcích a bytových objektech v kombinaci s ohřevem užitkové vody

Podstatné zjednodušení předávacích stanic tepla v administrativních přístavcích a bytových objektech přináší zařazení ejektorů do blokových stanic (obr. č. 12) s ohřevem užitkové vody a jednou regulovanou vytápěcí sekci. Proti standardnímu řešení se směšovací čerpadla odpadají v tomto bloku dvě oběhová čerpadla. Dosahuje se tím značných provozních úspor a omezuje se nárok na obsluhu a údržbu zařízení. Zůstává pouze čerpadlo pro cirkulaci užitkové vody (3) a čerpadlo (4) zajišťující průtok vody přes výměník. Paralelně je zařazen zásobník (5), který se volí podle provozního režimu připojených odběrů - př.: sociálně administrativní přístavek s odběrem vody v krátkém časovém úseku > velký zásobník. V bytové výstavbě s rovnoměrnějším odběrem vody menší zásobník.



obr. č. 12 - Schéma blokové stanice s ejektory, pro ohřevem TUV a jednu regulovanou vytápěcí sekci.

Ohřev užitkové vody se uskutečňuje v deskovém výměníku (1) otopnou vodou o maximální teplotě $80^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$. Potřebný výkon pro ohřev UV je regulován ejektorem (2).

Paralelně připojená sekce vytápění je regulovaná rovněž ejektorem (5). Detailní popis a funkce celého bloku viz www.kotrbaty.cz - projektování - výměňkový blok - 06-60-01 atd.

5.00 Závěr

Regulovatelné ejektory jsou bezesporu jednou z **nejprogressivnějších armatur**. Proti tradičnímu způsobu regulace výkonu spotřebiče "směšovací čerpadlem" zcela odstraňuje potřebu elektrické energie pro činnost otopné soustavy nebo jiného spotřebiče. Další podstatnou výhodou je výrazné omezení obsluhy a údržby. Pro správnou funkci regulovatelného ejektoru, je však zapotřebí vytvořit odpovídající podmínky. Potom je tato **armatura nenahraditelná**.

6.00 Literatura

- 1/ Kotrbatý: *Topenářská příručka* - GAS s.r.o, Praha 2001
- 2/ Kotrbatý, Seidl: *Průmyslové otopné soustavy* - STP, Praha 2001
- 3/ Kotrbatý, Hojer: *Využití a návrh regulovatelných ejektorů* - TZB 3, Bratislava 2004

Datum: 16.10.2006

Autor: Ing. Miroslav Kotrbatý, Ing. Ondřej Hojer, Ing. Josef Pouba [všechny články autora](#)