

**Společnost pro techniku prostředí
ve spolupráci s
ČVUT v Praze, Fakultou strojní, Ústavem techniky prostředí**

Program celoživotního vzdělávání: kurz **Klimatizace a Větrání**

Sylabus přednášek 5.7

**MaR VZT
- požadavky projektanta VZT**

(Téma je součástí předmětu č. 5: Související profese, energie)

1 Úvod.

Pro požadovanou funkci navrženého vzduchotechnického zařízení musí být jednoznačně definovány požadavky pro navazující profese, bez kterých by vlastní vzduchotechnické zařízení bylo nefunkční. Hlavní požadavky jsou na profese:

- Stavba
- Elektro silnoproud
- Vodní rozvody tepla a chladu
- Měření a regulace
- Požární ochrana
- A jiné

Podrobněji se budeme věnovat jen požadavkům na část měření a regulace. V projektu, event. zadání VZT, musí být jednoznačně definovány požadované hodnoty jak pro vlastní zařízení, tak pro klimatizované nebo větrané prostory nebo celé objekty. Tolerance v jakých se tyto hodnoty musí pohybovat, typ regulace a vazby na ostatní zařízení a systémy v objektu. Způsob provozování (od času, od překročení určité teploty, atd.). Požadavky na hlášení stavů, havarijní hlášení. Další velice důležitý údaj by měl být požadavek na umístění čidel. Jak u vlastního zařízení (např. v pračce nebo za pračkou, čidla pro ochranu proti zamrznutí – ve vodě, ve vzduchu, atd.), tak i v klimatizovaných prostorech. Zda žádaná hodnota pro toto čidlo bude konstantní nebo zda bude volně přestavitelná. U méně složitých zařízení postačí požadavky uvést formou textu v technické zprávě. U složitějších zařízení je důležité zpracovat regulační charakteristiku zařízení.

U některých vzduchotechnických zařízení je měření a regulace součástí vlastního vzduchotechnického zařízení a dodává se společně se vzduchotechnickým zařízením. Po projektantovi vzduchotechniky event. po objednateli se požaduje nadefinovat požadavky pro tuto regulaci. Místo pro umístění čidla, žádanou hodnotu, měřenou hodnotu, pásmo proporcionality, integrační časovou konstantu, atd. Z tohoto důvodu je nutné začít s definicí některých základních pojmů regulačních okruhů a objasnit si základní typy regulace a regulačních okruhů.

2 Hodnoty a veličiny:

- X_w - Žádaná hodnota – jsou to hodnoty stavů, které požadujeme dosáhnout pomocí navrženého zařízení. Většinou je požadováno dosáhnout určité hodnoty:
 - a) teploty, uváděno v °C
 - b) tlaku, uváděno v Pa, kPa, ..
 - c) vlhkosti % relativní vlhkosti, entalpie, ...
 - d) množství, event. průtok, uváděno v kg/s, m³/hod, ...
 - e) výška hladiny, m, mm
 - f) otáčky, 1/min
- X_m - Měřená veličina – skutečná hodnota, kterou jsme pomocí daného zařízení dosáhli v reálném čase a v místě čidla. Musí být uváděna ve stejných jednotkách jako žádaná hodnota.
- ΔX - Regulační odchylka – rozdíl mezi měřenou veličinou a žádanou hodnotou. Maximální regulační odchylka je definována jako polovina pásma proporcionality $1/2X_p$.
- Y - Akční veličina – velikost signálu na regulační orgán. Obecně se uvádí v procentech (0÷100%), konkrétně to je např. 20÷100 kPa, 0÷10 V, 2÷10V, 0÷20mA, 4÷20mA,...
- X_p - Pásmo proporcionality – zadaný požadovaný rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou žádané hodnoty. V tomto rozsahu nabývá akční veličina hodnot 0÷100%. U jednoduchých regulačních prvků je to jedna z vlastností těchto prvků. U kvalitnějších regulátorů je to hodnota stavitelná v určitém rozsahu. U špičkových zařízení systémů DDC (Direct Digital Control – přímé číslicové řízení - počítače) je tato hodnota

stavitelná v podstatě v libovolném rozsahu. Žádaná hodnota X_w je v polovině pásma proporcionality.

- **K** – Zesílení – Je to první vypočítaná hodnota z již zadaných hodnot. Vypočítá se jako podíl rozsahu akční veličiny (100%) a pásma proporcionality.

$$K=100/X_p$$

Tato hodnota udává velikost změny akční veličiny v závislosti na změně měřené veličiny.

- **Ti** – Integrační časová konstanta. Zadává se v sekundách. Ovlivňuje v závislosti na regulační odchylce a pásmu proporcionality rychlost přestavování akční veličiny tak, aby bylo dosaženo žádané hodnoty.
- **T_D** . Derivační časová konstanta. Zadává se v sekundách[s]. Ovlivňuje rychlost změny.
- **t_o** – Čas cyklu nebo také doba jednoho cyklu. Definováno u systémů DDC jako čas, za který výpočet projde od prvního sloupce výpočtu celý algoritmus po poslední sloupec a začne nový výpočet od prvního sloupce, s nově načtenými hodnotami. Pro potřeby VZT zařízení je postačující doba jednoho cyklu sekundy.
- **K_v** – Průtokový součinitel, udává se v m³/hod. Jeho správné navržení je důležité pro vlivnost (autoritu) regulačního orgánu

3 Regulátory.

Základní rozdělení je na **nespojité a spojitě**. U DDC systémů ztrácí toto rozdělení často smysl. V jednom kroku regulace jsou zpracovávány současně digitální i analogové hodnoty. Proto v dalším již budeme používat termíny jak spojitě nebo nespojitě regulátory, tak i **spojitá nebo nespojitá regulace** se spojitými (analogovými) nebo nespojitými (digitálními) signály.

3.1 Nespojitá regulace

Vstupem i výstupem jsou **dvoustavové** (digitální) stavy, které mohou nabývat hodnot:

Sepnuto <-> Rozepnuto, u regulátorů s kontaktem

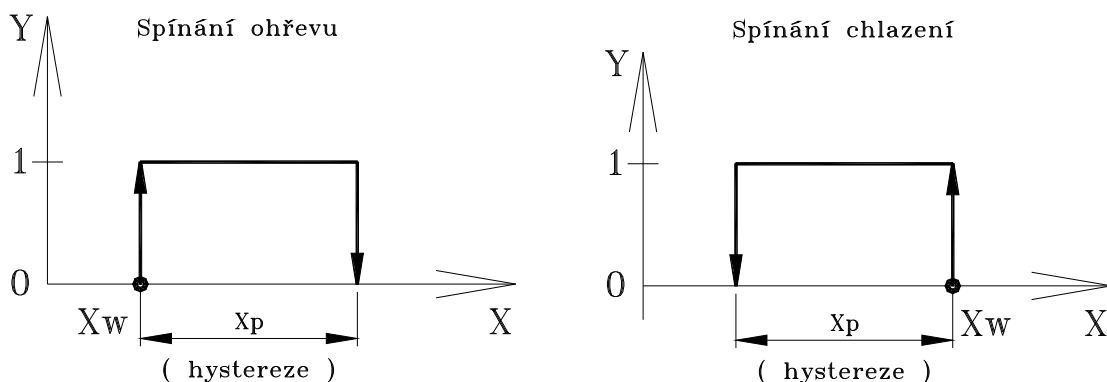
1 <-> 0, u systémů DDC. U těchto systémů jsou moduly nebo svorkovnice pro indikaci těchto stavů značené:

DI – (Digital input) Digitální vstup - snímá stav

DO – (Digital output) Digitální výstup – spíná, rozpíná

U této regulace je pásmo proporcionality **X_p** definováno jako **hystereze**. Je to rozdíl krajních hodnot, u kterých dochází ke změně stavu při stoupající měřené hodnotě z 0 na 1 a při klesající zpět nebo naopak.

Využívá se pro méně náročné aplikace. Z principu není možné u této regulace dosáhnout nenulové regulační odchylky. **Měřená hodnota charakteristickým způsobem kmitá kolem žádané hodnoty**. Regulační odchylku lze snížit zmenšením hystereze. To se však projeví častějším spínáním výkonových členů, které má nepříznivý vliv na životnost částí prvků zařízení - elektromechanických spínačů (relé, stykače, apod.).



Regulační charakteristika dvoustavové regulace – Spínání zdroje tepla/chladu

Výhody dvoustavové regulace:

- nižší nároky na složitost výkonových spínačů, často vyhovuje mechanické relé
- malé nároky na regulátor
- jednoduchá obsluha
- cenově dostupné

Nevýhody dvoustavové regulace:

- nízká jakost regulace
- nenulová regulační odchylka

Příklady:

- prostorový regulátor teploty
- regulátor teploty v lednici

3.2 Spojitá regulace

Vstup je průběh měřené veličiny, výstup je spojitý signál akční veličiny, žádaná hodnota je vnitřní parametr. U systémů DDC jsou moduly nebo svorkovnice pro indikaci těchto stavů značeny:

AI – (Analog input) Analogový vstup – snímání hodnot

AO – (Analog output) Analogový výstup – výstup akční veličiny

Při této regulaci trvale měřená veličina ovlivňuje velikost akční veličiny. V podstatě, rozdíl mezi měřenou a žádanou hodnotou určuje velikost akční veličiny. Přestavování této veličiny se děje spojitě.

Podle typu přechodové charakteristiky rozeznáváme regulaci proporcionální „**P**“, integrační „**I**“, derivační „**D**“ a jejich vzájemné kombinace. U systémů DDC je v převážné většině k dispozici regulace „**PID**“. Je to jen otázka výpočtových algoritmů a druh regulace se zadává parametrem.

3.2.1 P – Proporcionální regulace.

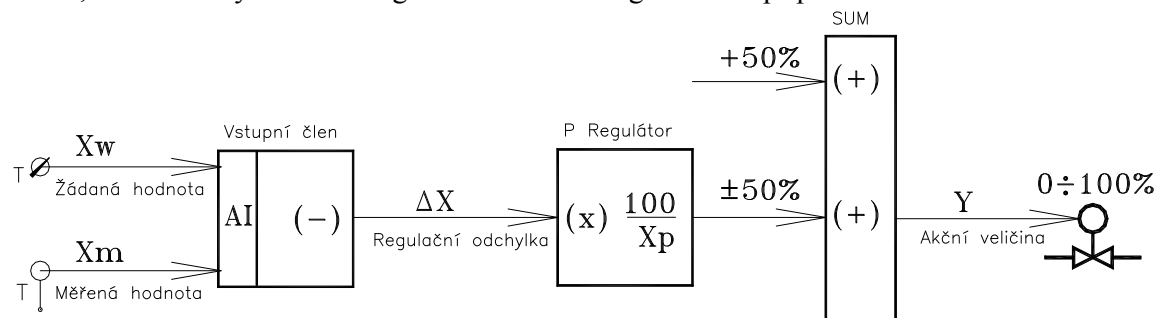
U této regulace je výstupní akční veličina **Y** v závislosti na zesílení **K** přímo úměrná vstupní hodnotě regulované veličiny **X**.

Obecně rovnice:
$$Y(t) = K * X(t) = \frac{100}{X_p} * X(t)$$

Ve skutečnosti systém nezajímá celý rozsah pásma regulované veličiny **X**, ale jen rozsah pásma proporcionality **X_p**, s žádanou hodnotou **X_w** uprostřed tohoto pásma. Pro vlastní regulaci použije pouze velikost regulační odchylky ΔX (**rozdíl mezi měřenou a žádanou v tomto**

pásmu). Dosáhne-li hodnota regulační odchylky poloviny pásma proporcionality $\Delta X = \pm \frac{X_p}{2}$, je vždy hodnota akční veličiny **Y = 0% nebo 100%**. Během celého pásma proporcionality dojde k přestavení regulátoru z jedné krajní polohy do druhé.

Pro celý proces regulace v čase **t** si zvolíme za základní hodnotu, od které budeme dále vycházet, regulační odchylku $\pm \Delta X(t)$. Jelikož v tomto případě by hodnota regulační odchylky $\pm \Delta X(t)$ způsobila velikost akční veličiny -50% až $+50\%$, ale regulace pracuje s hodnotami 0 až 100%, musíme k výslednému signálu z vlastního regulátoru **P** připočítat hodnotu 50%.



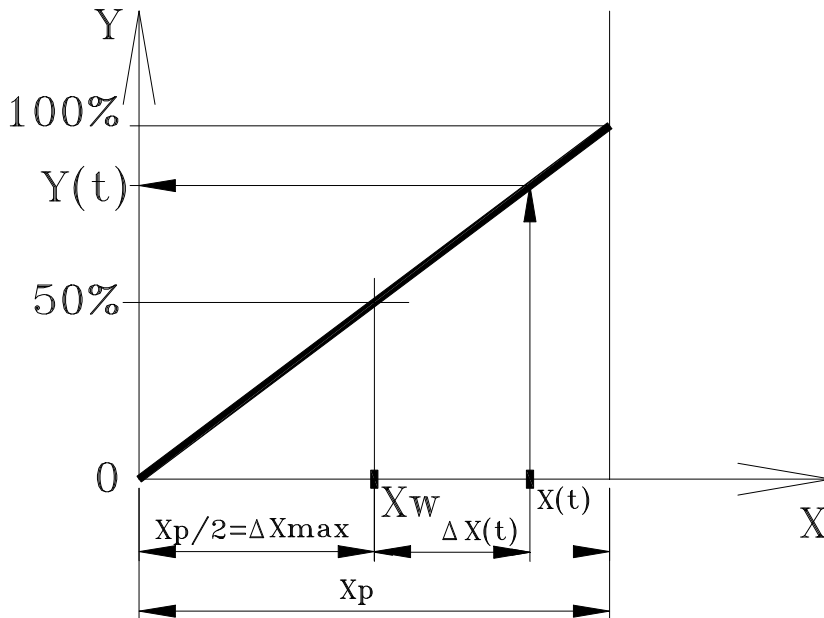
Blokové schéma algoritmu proporcionální regulace „**P**“

Regulační charakteristika:

Křivky regulační charakteristiky vyjadřují vztah mezi vstupní měřenou veličinou a velikostí výstupní akční veličiny Y . Za základní parametr, který má vliv na akční veličinu Y si zvolíme $\pm \Delta X(t)$ - regulační odchylku od žádané hodnoty X_w . Tato regulační odchylka může nabývat

hodnot do $\left| \frac{X_p}{2} \right|$ v oblasti X_p - pásma proporcionality.

Pak rovnice je:
$$Y(t) = 50 + \frac{100}{X_p} * \Delta X(t)$$



Regulační charakteristika proporcionalní regulace - P

$\Delta X(t)$ – Trvalá regulační odchylka v čase t , při velikosti akční veličiny $Y(t)$.

Výhody

- Jednoduchost

Nevýhody:

- Systém se nesnaží dosáhnout žádanou hodnotu.
- Vykazuje trvalou regulační odchylku.

Příklady:

- termostatické hlavice radiátorových ventilů
- pneumatický regulátor pro regulaci indukčních jednotek
- přímočinné regulátory regulačních ventilů, např. firmy Mertik

3.2.2 I – Integrovní regulace.

U této regulace, je-li regulační odchylka $\Delta X > 0$, tzn., je měřitelný rozdíl mezi měřenou a žádanou veličinou, dochází v závislosti na zesílení K , regulační odchylce ΔX a časové integrační konstantě T_i , k trvalému přestavování akční veličiny Y

Obecně rovnice:
$$Y(t) = K \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \int_0^t \Delta X(\tau) d\tau$$

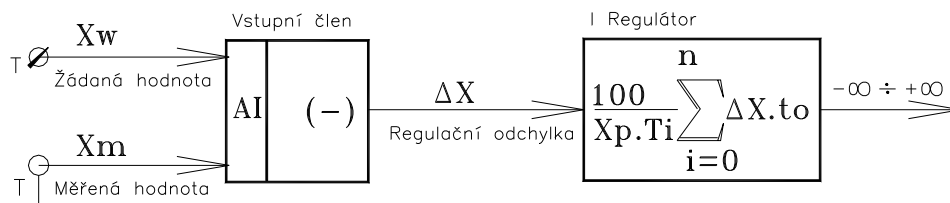
Vyjádřeno pomocí sumace n -tých kroků a času cyklu t_0 .

$$Y(t) = K \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_0) = \frac{100}{X_p \cdot T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_0)$$

Hodnoty Y mohou nabývat hodnot 0 až plus/mínus nekonečno. Prakticky využitelný je rozsah výstupu integrace plus/mínus 0÷50%. Pokračuje-li integrace(sumace) nad tyto hodnoty

dlouhodobě (např. při stojícím zařízení), dojde „k naintegrovaní“ relativně veliké hodnoty a po zapnutí zařízení trvá dlouho, než se zpětně „odintegruje“ k nulové hodnotě integračního výstupu a zařízení po dlouhý čas pracuje v neustáleném stavu. Toto je nutno řešit např. vypínáním funkce integrace při stojícím zařízení a zapínat ji při spuštění zařízení.

Systémy mají většinou podmínku $T_i > 1s$. Při $T_i=0$, dochází buď k vynulování akční veličiny Y od integrace $=0\%$ a k zastavení působení integračního členu regulace nebo k nastavení na $T_i=1\ 000\ 000$. Tím dojde v podstatě k úplnému ztlumení integrace.



Blokové schéma algoritmu integrační části regulace „I“

Výhoda:

- trvalá snaha o dosažení žádané hodnoty

Nevýhoda

- náchylné ke kmitání

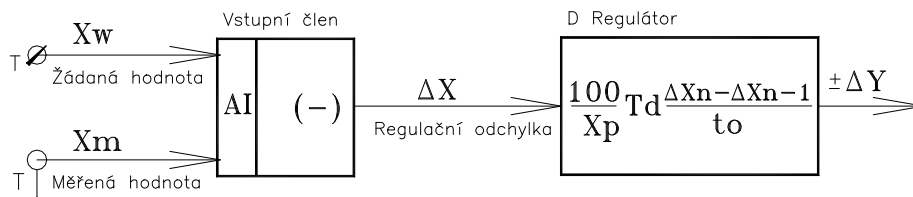
Jako samostatná se pro vzduchotechnická zařízení většinou nepoužívá. Hojně se používá v kombinaci s regulací proporcionální, kde odstraňuje její nevýhodu trvalou regulační odchylku.

3.2.3 D – Derivační regulace.

Nepoužívá se samostatně. Vždy je ve spojení s jiným regulátorem. V závislosti na rychlosti změny regulační odchylky ($\Delta X_n - \Delta X_{n-1}$) a časové derivační konstantě T_d , nastaví velikost akční veličiny ΔY . Neboli, výstupní signál ΔY je úměrný rychlosti změny vstupního signálu. Např. u regulace **PD** je určitým vylepšením regulátoru **P**. Vedle regulační odchylky zesiluje i její derivaci a tím do výstupního signálu přidává informaci o časovém trendu odchylky.

Velikost akční veličiny ΔY , vyjádřená v **n-tém** kroku času cyklu **to**.

$$\Delta Y(t) = K \cdot T_d \cdot \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{to} = \frac{100}{X_p} \cdot T_d \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{to}$$



Blokové schéma algoritmu derivační regulace „D“

Výhoda:

- zvětšuje přesnost a zkracuje dobu pro dosažení žádané hodnoty

Nevýhoda

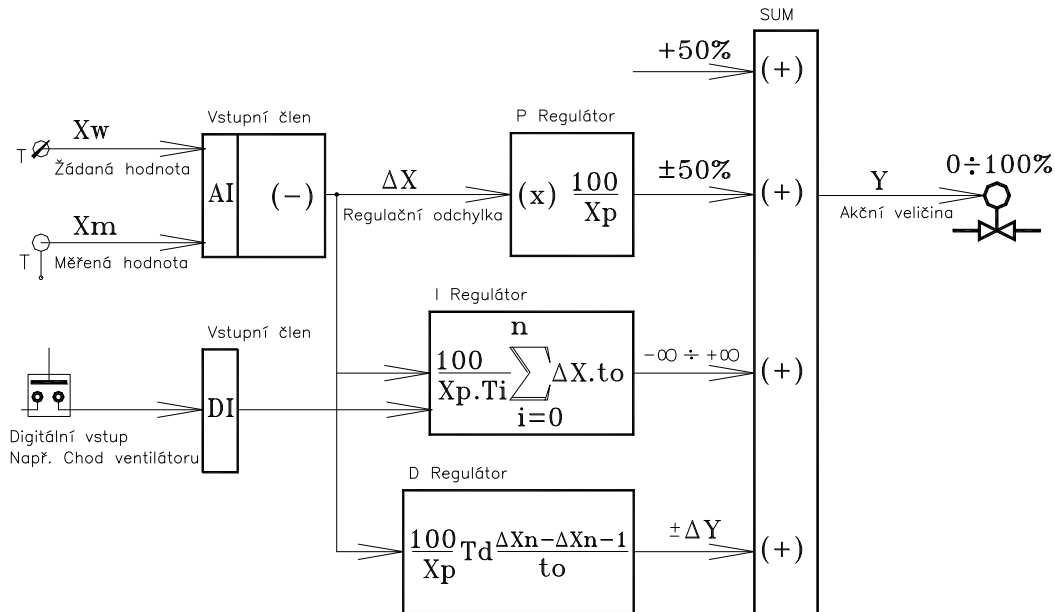
- nelze použít samostatně

3.2.4 PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace:

Výsledná přechodová charakteristika **PID** regulace vznikne součtem složek od **P, I a D** členů. Dojde k odstranění trvalé regulační odchylky, zvětšení přesnosti regulace a zmenšení náchylnosti ke kmitání.

Velikost akční veličiny **Y** v čase **t** je daná rovnicí:

$$Y(t) = 50 + \frac{100}{X_p} * \Delta X(t) + \frac{100}{X_p \cdot T_i} \cdot \sum_{i=0}^n (\Delta X \cdot t_o) + \frac{100}{X_p} \cdot T_d \frac{\Delta X_n - \Delta X_{n-1}}{t_o}$$



Blokové schéma algoritmu proporcionálně integrační a derivační regulace „**PID**“

Velikost každé složky lze samostatně nastavovat, to znamená **Xp**-pásmo proporcionality, **Ti**-integrační časovou konstantu a **Td**-derivační časovou konstantu. Pro kvantitativní vyjádření platí:

- Zvětšení akční veličiny **Y** od proporcionální složky dosáhneme zvětšením zesílení nebo zúžením pásma proporcionality
- Zvětšení akční veličiny **Y** od integrační složky dosáhneme zmenšením integrační časové konstanty
- Zvětšení akční veličiny **Y** od derivační složky dosáhneme zmenšením derivační časové konstanty. Zvýšením derivační složky zlepšíme stabilitu regulačního obvodu, kdežto integrační složka nám stabilitu zhoršuje.

Pozn. Kvalitnější propracované algoritmy regulátorů **PID** mají možnost zapínat a vypínat vliv integračního členu – od signálu **DI** (např. při stojícím zařízení).

Obecně se dá vliv jednotlivých regulačních obvodů ovlivňovat zadáním jejich vnitřních konstant, tzv. **PARAMETRŮ**

Výhoda:

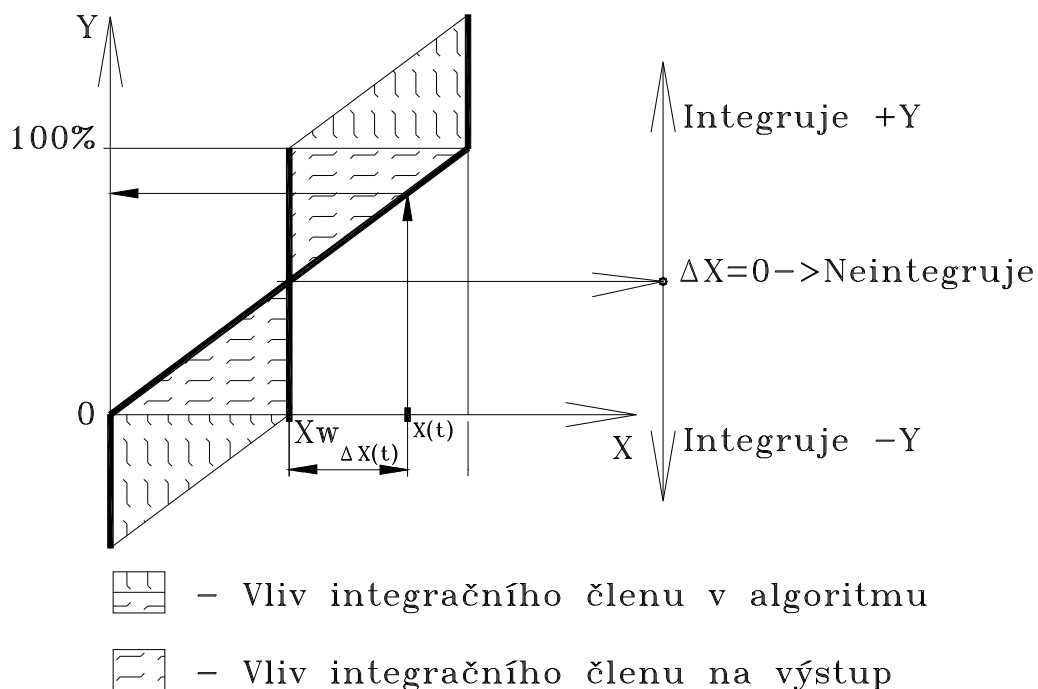
- komfortní regulace, která vystačí pro většinu regulačních obvodů

Nevýhoda

- náročnější pro zaregulování okruhů – zadání parametrů
- cenově náročnější

Pozn. V některých případech, kdy je značně proměnlivé množství dopravovaného vzduchu a velký rozsah teplot vstupních médií vzduch (léto, zima), topná voda (+5°C až 90°C), je značně

problematické systém zaregulovat tak, aby nekmital v celém rozsahu vstupních hodnot. Jedno z možných řešení je dát dva **PID** regulátory za sebou do kaskády (**kaskáda PID, PID**). V podkladech fakulty je tato regulace značena jako „vlečná“. Výstup jednoho regulátoru je jako žádaná pro druhý regulátor. Např. regulace centrálního přehřevu. Regulační odchylka u teploty vzduchu za přehřevem postupně přestavuje žádanou teplotu topné vody zpátečky přehřevu, apod.



Regulační charakteristika proporcionálně integrační regulace – **PI**

Pozn. Aby bylo dosaženo žádané hodnoty X_w , využívá regulace celého pásma ($0 \div 100\%$) akční veličiny Y . (Regulace se snaží trvale dosáhnout hodnoty X_w).

4 Čidla

Je to jeden ze základních požadavků projektanta VZT na část MaR. Jen autor navrženého vzduchotechnického zařízení zná nejlépe obrazy proudění vzduchu v daném prostoru, rozmístění zdrojů tepla, místa s největší tepelnou ztrátou, požadavky odběratele na technické parametry instalovaných technologických zařízení. To vše vytváří obecný požadavek na mikroklima v daném prostoru. Místo, kde je umístěno toto čidlo, musí reprezentovat toto mikroklima. Zařízení pracuje tak, aby byly dosaženy požadované parametry právě v místě čidla. Dále je nutno po dohodě s odběratelem určit, zda žádaná hodnota bude konstantní nebo zda bude volně přestavitelná z užívaného prostoru, event. z velína obsluhy nebo strojovny. Požadavky na umístění čidel:

4.1 Čidla ve vlastních VZT zařízeních a jejich možné umístění

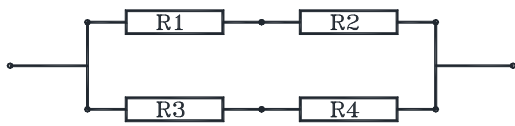
4.1.1 V odtahovém potrubí nebo v komoře ventilátoru odtahu.

Obě možnosti jsou rovnocenné.

4.1.2 Ve směšovací komoře, pro snímání stavu vzduchu po smísení.

Umístění čidla je velice problematické. V podstatě neexistuje místo za směšovací komorou, které by reprezentovalo teplotu vzduchu po smíchání. Když již tuto teplotu potřebuje projektant znát, umístíme čidlo do cca. 1/3 výšky ode dna jednotky a do jejího středu od stěn. Při větších zařízeních se dávají 4 čidla, v sério-parallelním zapojení. Toto zapojení průměruje měření ze čtyř míst. Tato čidla umístíme ze dvou stran zařízení, ve výšce 1/3 a 2/3 ode dna zařízení.

Séριο-parallelní zapojení 4 čidel pro průměrování teploty:



Celkový odpor R:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1 + R2} + \frac{1}{R3 + R4}$$

Schéma sério-paralelního zapojení čidel pro průměrování teploty

Pro $R1=R2=R3=R4=R$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R + R} + \frac{1}{R + R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{2}{2R} = \frac{1}{R}$$

4.1.3 Čidlo za ohřivačem (chladičem) vzduchu.

Požadujeme umístit jen tehdy, je-li to nezbytně nutné. Nelze najít místo, které reprezentuje odpovídající stav vzduchu. Navíc se přidávají problémy s radiační složkou. Pokud to jde, požadovat umístění čidla dále od teplosměnné plochy. Např. čidlo protizámrazové ochrany chladiče za ohřivačem, na který přichází vzduch o podnulových teplotách. (Vlastní ohřivač je vhodné chránit čidlem ve zpátečce topné vody z ohřivače). V každém případě je vhodné použít pro tyto případy dva typy čidel. Čidlo dvoustavového regulátoru, který bez vazby na systém regulace vypíná přívodní ventilátor. Pozor, ventilátor odtahu, je-li v sestavě zařízení se směřováním, musí zůstat v chodu a naplnit prostor jednotky vzduchem o nadnulové teplotě. A čidlo spojitě (analogové) pro regulaci kaskáda PID, PID.

4.1.4 Čidlo pro měření teploty v pračce vzduchu (za pračkou).

Na měřenou hodnotu teploty má zásadní vliv to, zda je čidlo trvale skrácené vodou v pračce a tím trvale mokré nebo je umístěno až za eliminátory, v podstatě suché. V závislosti na vlhkosti vstupujícího vzduchu do pračky a účinnosti vlastní pračky, měří čidlo skrácené vodou v pračce v podstatě fiktivní hodnotu teploty na 100% sytosti a skutečná teplota vystupující z pračky je úplně jiná. Pokud to jde, požadujeme umístit čidlo za výstupní eliminátory. Tam se měří skutečná teplota vzduchu, vždy ale o různé sytosti.

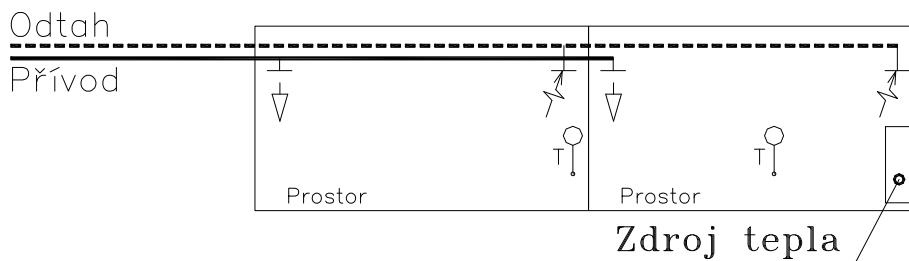
4.1.5 Čidlo pro teplotu přívodního (výstupního) vzduchu.

Je možné umístit v přívodním potrubí nebo v komoře ventilátoru přívod. Doporujeme umístit v potrubí za ventilátorem. Má to dvě výhody. Vzduch za ventilátorem je dostatečně promíchán a tím je teplotně homogenní. Druhý důvod je, že měříme teplotu skutečně přiváděného vzduchu, ohřátého prací ventilátoru.

4.1.6 Umístění čidla v prostoru.

Relativně jednoduché je stanovení výšky čidla od podlahy. Čidlo se umísťuje cca do výšky očí stojícího člověka. Pro umístění v rovině platí některá doporučení:

- Čidlo nesmí být umístěno v blízkosti zdroje tepla nebo chladu.
- Musí být mimo dosah sálavého zdroje i mimo dosah konvekčního proudu vzduchu o jiné teplotě.
- Musí být ve směru proudu vzduchu k odtahovým vyústkám.
- Výjimečně pod přívodními vyústkami při obrazu proudění vzduchu „zaplavováním“. Tento obraz proudění se vytváří např. při instalaci velkoplošných vyústek zdrojového větrání.



Vhodné umístění čidla v prostoru

5 Požadavek na dálkovou volbu žádané hodnoty. Jen po dohodě s odběratelem.

Možnost volně přestavovat žádanou hodnotu lze hodnotit ze dvou hledisek. V první řadě to je hledisko praktické, kdy uživatel bez kontaktu na provozovatele zařízení, má možnost nastavit si

sám žádanou hodnotu. Dále je to hledisko psychologické. Uživatelé mají pocit, že si sami rozhodují o stavu mikroklima. Obecně ubude počet „chronických stěžovatelů“. Někdy se ale vyskytne jeden zásadní problém. Dva uživatelé jednoho prostoru se nejsou schopni dohodnout na hodnotě žádané veličiny. Je to v tom případě, kdy jednomu je např. při 24°C zima a druhému při 20°C teplo. Pak nezbyvá nic jiného, než že musí zasáhnout „vyšší moc“. Někdo, kdo je „nad nimi“, musí rozhodnout za přítomnosti obou, co se nastaví. A takovéto nastavení se zaaretuje. Např. kolečko se přelepí páskou.

5.1 Žádaná pevně nastavena.

Dle projektu ji nastavuje montážní firma MaR. Ve většině případů ji má možnost měnit provozovatel zařízení zásahem do systému.

5.2 Žádaná vlečně nastavena.

Žádaná hodnota je přestavována v závislosti na jiné hodnotě. Např. na venkovní teplotě, zda svítí slunce, je-li pracovní doba nebo volno, atd. Tento požadavek, je-li dobře navolený, zvětšuje komfort mikroklima a značně šetří energii.

5.3 Žádanou si mohou přestavovat uživatelé prostoru.

Je to nejvyšší stupeň komfortu. Je ale vhodné mít možnost nastavit střed a meze tohoto nastavení. Pokud má systém centrální velín, je vhodné, aby střed i meze této žádané byly nastavitelné z tohoto velínu.

6 Tolerance, v jakých se musí pohybovat hodnoty příslušných veličin.

U teploty je ve většině případů dostačující tolerance 1°C a dá se i dosáhnout. Pokud požadujeme toleranci pod tuto hodnotu, je to většinou nutné řešit už při koncepci vlastního vzduchotechnického zařízení.

7 Vybrané typy regulace VZT zařízení.

Pro regulaci zařízení ve VZT strojovnách je nutno rozlišovat, zda strojovna **má nebo nemá centrální úpravu vzduchu**. Pokud je ve strojovně více jak 2 až 3 zařízení, je vhodné pro tuto strojovnu centrální úpravu vzduchu doporučit. Sice přibude jedno zařízení navíc, ale zjednoduší se požadavky na měření a regulaci u všech ostatních zařízení ve strojovně. Navíc je ekonomické nainstalovat do systému centrální úpravy vzduchu systémy pro zpětné získávání tepla (regenerace, rekuperace). Teplota vzduchu za centrální úpravou je vždy větší jak 0°C a tento požadavek je hlídán protizámrazovou ochranou. Tyto ochrany pak není třeba požadovat u jednotlivých zařízení VZT.

8 VZT zařízení pro filtraci vzduchu.

U tohoto zařízení požadovat měření tlakové ztráty na straně vzduchu a hlášení o dosažení tlakové ztráty, kdy je filtr „zanesen“. Pro měření tlakové ztráty je dostačující ručičkový manometr o Ø 100 nebo Ø 150 mm a rozsah 0÷250Pa až 0÷400Pa. Pro hlášení tlakové ztráty se použije dvoustavový regulátor diferenčního tlaku o rozsahu 0÷250Pa až 0÷400Pa. Je možné požadovat i měřicí manometr diferenčního tlaku s nastavitelnými kontakty pro hlášení dosažené hodnoty. Po zanesení filtru je nutná kompletní výměna nebo regenerace celé filtrační náplně a to i u odvinovacích filtrů. Je naprosto vyloučené od určité tlakové ztráty vždy jen posunout část nového filtru a část nechat zanesený. Takovouto automatiku nabízeli výrobci převinovacích filtrů jako součást dodávky. Takový typ regulace je energeticky náročný pro ventilátor, za posuvu při provozu dochází k oklepávání prachu ze zaneseného filtru do proudu vzduchu za filtrem a po manipulaci s filtry zůstává pod filtry část napadaného odfiltrovaného prachu, který je nutno odsát vysavačem a to se tady neděje. Úprava takovéto regulace: Signál od zanesení filtrů odpojit od ovládání posuvu a zajistit jeho přenesení jako hlášku k obsluze, ovládání posuvu provádět ručně stavítkem při stojícím VZT zařízení. Po přesunutí nové filtrační náplně po celé aktivní délce filtračního profilu provést ruční vysátí prachu a nečistot okolí filtračního zařízení.

8.1 VZT zařízení pro zpětné získávání tepla.

Zařízení pro zpětné získávání tepla může být instalováno jako součást jednotlivých VZT zařízení, klimajednotek nebo jako součást zařízení pro centrální úpravu vzduchu. Z hlediska

většího využití odpadního tepla je vhodnější toto zařízení instalovat v systémech centrální úpravy vzduchu, pro celou strojovnu s VZT s jednotkami. Je tak využito teplo i vlhkost z veškerého možného odpadního vzduchu a pro veškerý možný vzduch. Navíc u zařízení pro chlazení technologie je vhodné nasávat vzduch před rekuperátorem, ale odtahovaný vzduch přivádět do společného odtahu před rekuperátor. Dále se budeme věnovat dvěma systémům.

8.1.1 Křížové výměníky vzduch – vzduch

Tyto výměníky musí být v každém případě dodány s obchozem na straně čerstvého vzduchu, který je spřažen s uzavírací klapkou na straně přívodního vzduchu do rekuperátoru, protože je období, kdy nám zpětné získávání tepla vadí. Např. v přechodném období můžeme chladit pomocí venkovního vzduchu a tím by tato možnost byla vyloučena. Navíc tento obchoz slouží k možnosti odtání namrzlé vlhkosti v části pro odtahovaný vzduch. Na regulaci musí jít čtyři požadavky.

8.1.1.1 Regulace teploty vzduchu přívod

V závislosti na požadované teplotě přívodního vzduchu (výstup z jednotky) plynule regulovat obchoz rekuperátoru přepouštěním nasávaného čerstvého vzduchu obchozem mimo rekuperátor.

8.1.1.2 Využívání rekuperátoru jako zdroje chladu

V letním období při venkovní teplotě vyšší, než jaká je teplota odtahu, uzavřít obchoz rekuperátoru a předchlazovat nasávaný venkovní vzduch chladnějším odtahovaným.

8.1.1.3 Regulace teploty vzduchu výdech – omezení namrzání

Vzhledem k možnosti namrzání vlhkosti v zimním období z odtahovaného vzduchu na stěny rekuperátoru se plynule reguluje teplota vzduchu odtah vycházejícího z rekuperátoru (výdech) otevíráním obchozu čerstvého vzduchu. Tato regulace má přednost před regulací teploty vzduchu přívod.

8.1.1.4 Ochrana proti zamrznutí

Snímat tlakovou ztrátu rekuperátoru na straně odtahovaného vzduchu. Při nárůstu této tlakové ztráty o 100Pa otevřít obchoz rekuperátoru s čerstvým vzduchem a tuto námrazu odtahovaným teplým vzduchem odtát. Po poklesu tlakové ztráty tento obchoz uzavřít.

8.1.2 Rotační regenerační výměník

Pokud to je technicky možné, je ekonomicky výhodnější, osadit rotační regenerační výměníky s přenosem entalpie. Tento požadavek je mnohdy dostačující na splnění požadované vlhkosti mikroklima v zimním období, bez nutnosti instalace zvlhčovacího zařízení do vlastních jednotek. Dále je vhodné opatřit rotační výměníky na přívodní i odtahové straně obchozy vzduchu s těsnými uzavíracími klapkami. Sníží se tak energetická náročnost ventilátorů v přechodném období.

Regulují se otáčky kola v závislosti na požadované teplotě přiváděného vzduchu za rotačním regeneračním výměníkem. Pro všechny typy platí většinou zásada, že maximální otáčky kola jsou 10/minutu.

V letním období při venkovní teplotě vyšší, než jaká je teplota odtahu, se kolo roztáčí na plné otáčky a zajišťuje tak předchlazení nasávaného venkovního vzduchu chladnějším odtahovaným.

Rotační regenerační výměník je možné dodat s třemi typy automatické regulace.

8.1.2.1 Konstantní otáčky kola

Je požadována regulační skříň s možností nastavení konstantních otáček kola. Teplota vzduchu za rekuperátorem se reguluje obchozem rekuperátoru. Rotační výměník se řídí spouštěním a vypínáním otáčení kola.

8.1.2.2 Regulační skříň s vlastní regulací otáček kola

Je požadována regulační skříň s vlastní regulací otáček kola. Po osazení čidel a dle nastavení požadované teploty za rekuperátorem a v odtahovaném vzduchu, si vlastní automatika řídí otáčky kola.

8.1.2.3 Regulační skříň s možností řízení otáček kola vnějším signálem.

Je požadována regulační skříň s možností řízení otáček kola vnějším signálem. Tato regulace se používá, existuje-li v daném místě nadřazený systém, který sám řídí celý průběh vlastního i navazujícího zařízení. Tento systém řídí otáčky kola, otevírání a zavírání obtoků rekuperátorů, atd.

8.1.2.4 Ochrana proti zamrznutí

Snímat tlakovou ztrátu rekuperátoru na straně odtahovaného vzduchu. Při nárůstu této tlakové ztráty o 100Pa snížit otáčky kola, event. otevřít obchod rekuperátoru s čerstvým vzduchem a tuto námrazu odtahovaným teplým vzduchem odtát. Po poklesu tlakové ztráty regulaci obnovit.

8.2 VZT ohřivače Voda/Vzduch pro venkovní vzduch s teplotou od -18 do 35°C.

Tyto ohřivače jsou používány v zařízeních pro centrální úpravu vzduchu nebo jako první v pořadí v sestavách klimatizačních jednotek. U tohoto zařízení je nutno řešit problémy s nebezpečím zamrznutí a s náchylností na kmitání regulace při venkovních podnulových teplotách. Je nutno zabránit zamrznutí vlastního ohřivače dodržováním těchto zásad:

8.2.1 Ohřivač nadimenzovat na menší teplotní spád

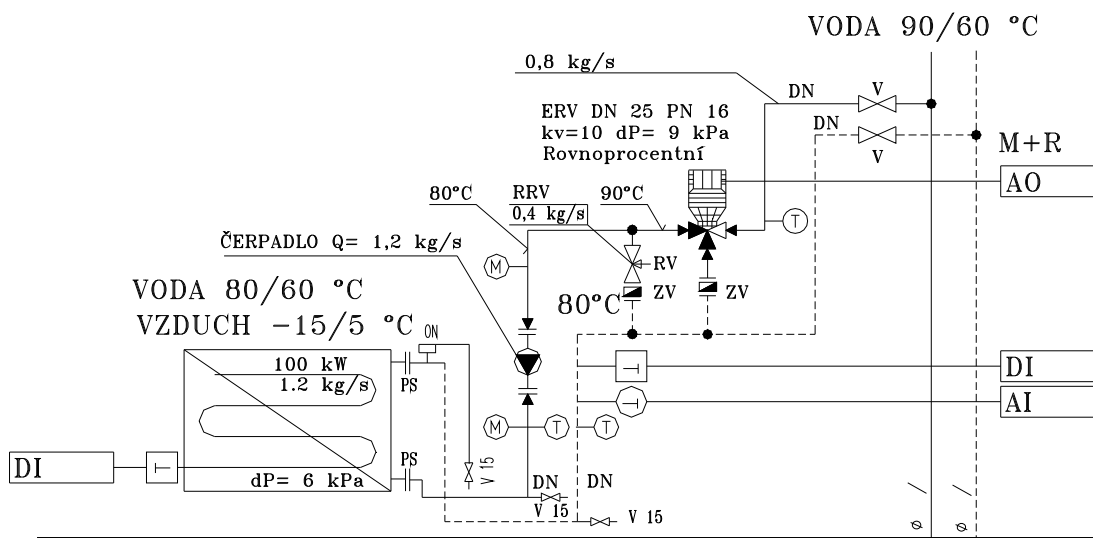
Ohřivač nadimenzovat na menší teplotní spád, se vstupní teplotou vody nižší, než je teplota vody ve zdroji (Nižší střední teplota ohřivače a větší průtok ohřivačem). Regulaci tohoto rozdílu teplot topné vody a teploty vstupu provést zkratem s ručním regulačním ventilem před regulačním ventilem s pohonem (tzv. vstřikováním) a regulační ventil nadimenzovat jen na množství topné vody vycházející z teploty vody na zdroji a teploty zpátečky.

8.2.2 Zapojení „Protiproud“

Ohřivač zapojit v proudění Voda/Vzduch v protiproudu. Požadovat přívod dole (samoodvzdušnění)

8.2.3 Kvalitativní regulace topné vody s čerpadlem v okruhu

Pro ohřivač požadovat samostatný topný okruh s čerpadlem, regulačním směšovacím ventilem, propojem pro zaregulování nominálního průtoku, zpětnými klapkami a teplotními čidly ve zpátečce. Dle požadované teploty vzduchu regulovat teplotu vody ve zpátečce do hodnoty +8°C (kaskáda PID, PID). Čerpadlo musí být trvale v chodu při venkovních podnulových teplotách. Tím se zachová trvale konstantní průtok topné vody okruhem ohřivače a odstraní se nebezpečí „nezatečení“ topné vody.



Zapojení ohřivače pro předehřev venkovního vzduchu pro podnulové hodnoty

8.2.4 Vypínání integračního členu při stojícím zařízení

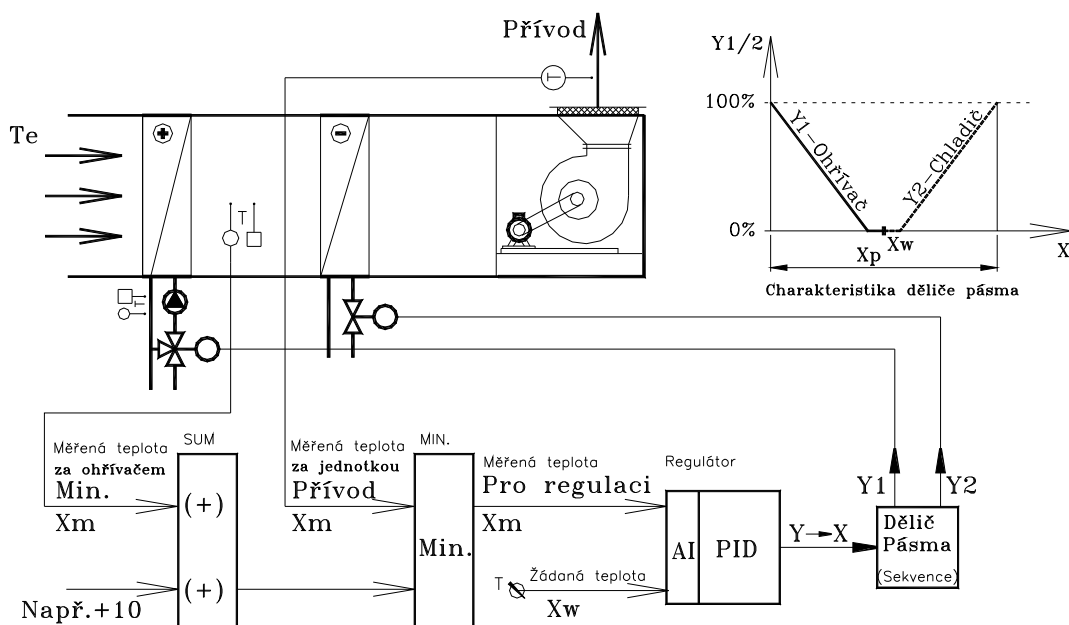
Při stojícím zařízení je vhodné vypínat integrační člen I u regulátorů PID a celou soustavu regulovat jen regulátorem P. Integrační člen uvolnit po startu zařízení. Např. od chodu přívodního ventilátoru.

8.2.5 Protizámrazová ochrana - hlídání chodu čerpadla a ochrana následného výměníku

Ve zpátečce topné vody v místě snímače teploty nainstalovat regulátor teploty, s možností nastavení vypínací teploty na hodnotě 5°C a povolené přehřátí do 80°C. Tento regulátor zapojit přímo do silového ovládání přívodního ventilátoru, který bude vypínat.

Za ohřivačem do proudu vzduchu nainstalovat regulátor teploty kapilárový, s možností nastavení vypínací teploty na hodnotě 0°C až 3°C. Tento regulátor zapojit také přímo do silového ovládání přívodního ventilátoru, který bude vypínat. Při venkovních podnulových teplotách se tak hlídá chod cirkulačního čerpadla a zabrání se zamrznutí následného výměníku voda vzduch (např. vodního chladiče) v sestavách klimatizačních jednotek.

Zapůsobení těchto ochran nastává převážně v zimním období při startu zařízení, kdy relativně mohutný chladič plný stojící chladicí vody má teplotu prostoru strojovny. Tento chladič nám těsně po startu ohřívá přivádějící vzduch tak, že regulace má snahu úplně uzavřít regulační ventil ohřevu. Proto je nutné v tomto případě vždy hlídat minimální teplotu vzduchu za ohřivačem. Jak analogově (měření pro regulaci), tak digitálně (protizámrazová ochrana, která aktivuje vypnutí přívodního ventilátoru). Pro zajištění minimální hodnoty měřené teploty za ohřivačem není nutno požadovat samostatný regulační obvod. Tento požadavek je ve většině případů nevhodný, protože není k dispozici vhodný signál pro vypnutí integračního členu v době, kdy tato regulace není potřeba. Tím dochází během provozu k naintegrovaní výstupu, a když dojde k poklesu teploty pod minimální teplotu, nezačne otevírat regulační ventil dřív, než zapůsobí regulátor protizámrazové ochrany a zařízení odstaví z provozu. Je vhodnější tuto teplotu zavést do modulu pro načítání hodnot, přičíst k ní velikost rozdílu teplot mezi hodnotou minimální teploty vystupující z celého zařízení, na které je zařízení regulováno a hodnotou minimální teploty za ohřivačem. Tento součet zavést do modulu pro výběr minimální hodnoty, do kterého se také zavede teplota vzduchu vystupující z celého zařízení, na které je zařízení regulováno. Výstup z tohoto modulu výběru minima se zavede jako měřená hodnota do obvodu regulace celého zařízení. Tím bude docházet k plynulému přebírání teploty, od které bude celý systém regulován. Viz blokové schéma:



Blokové schéma vstupní části regulace pro zajištění minimální teploty za přehřevem.

Např. Minimální teplota za jednotkou je požadována 15°C. Tzn., je-li teplota za ohřivačem nižší jak 5°C (5+10=15°C), přebírá plynule řízení teplota za ohřivačem.

8.3 Regulace centrálního přívodu vzduchu

Jde o regulaci výkonu ohřívače pro velmi široké pásmo teplot a široký rozsah množství ohřívaného vzduchu.

Regulace kaskáda PID, PID, funkce integrace je zapínána od signálu chodu ventilátoru a musí být zvolena vhodná regulační charakteristika regulačního ventilu s příslušnou autoritou.

Např. u ventilů od firmy LDM je možnost volit tyto typy průtočných charakteristik: lineární, parabolická, LDMspline a rovnoprocentní. Nikdy nepoužít lineární. Viz kap. 11.

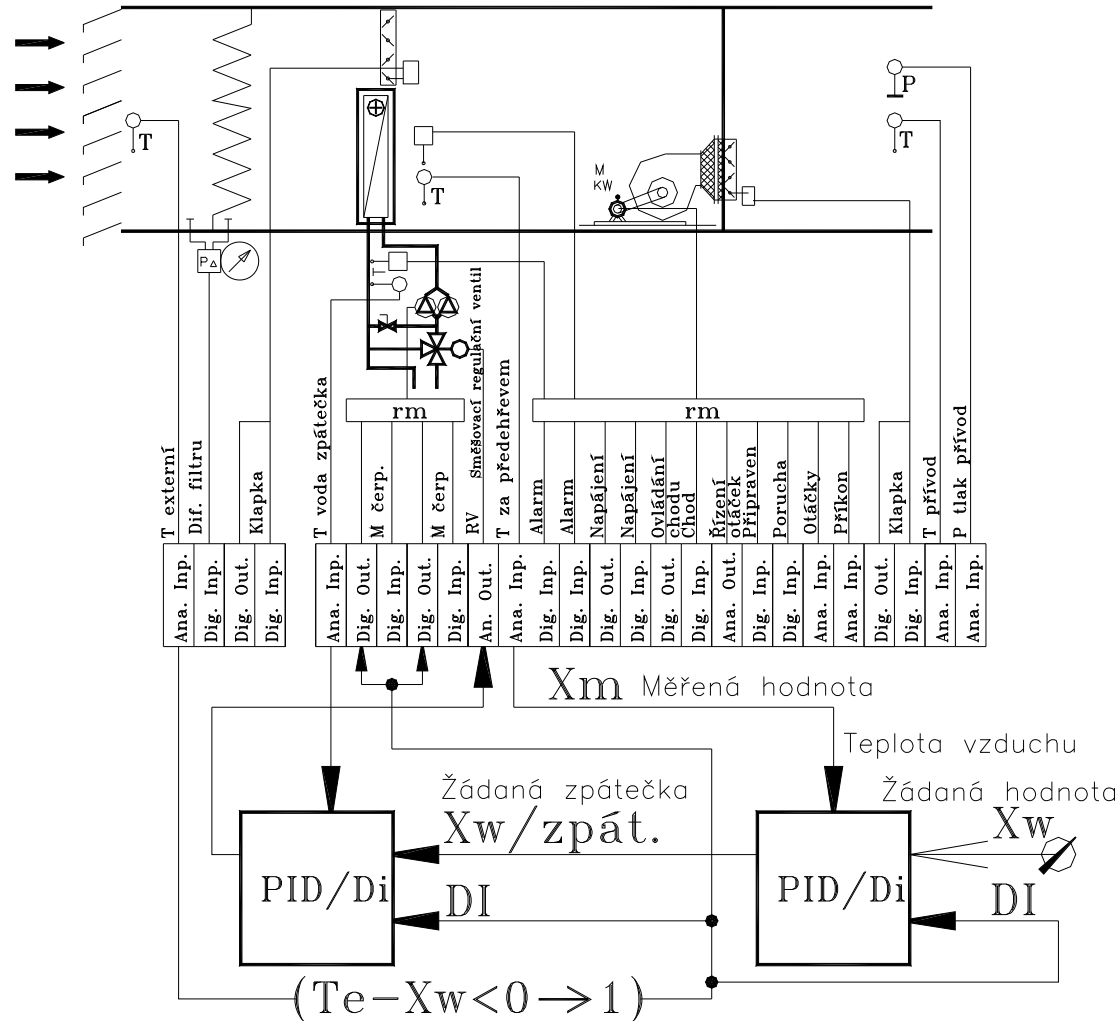


Schéma centrální úpravy vzduchu bez rekuperace s regulací kaskáda PID, PID.

Filtrace, přehřev a ventilátor s proměnlivými otáčkami pomocí frekvenčního měniče

Doporučený typ regulace pro teplotu vzduchu za ohřívačem: Kaskáda PID, PID, s ovládním funkce integračního členu od poklesu nasávané venkovní teploty pod hodnotu žádané teploty za ohřívačem. Od stejného signálu se také zapíná jedno z čerpadel tepla okruhu ohřívače a uvolňuje funkce regulačního ventilu. Regulační ventil se nastaví do polohy kaskády regulátorů P, P a systém regulace pomocí funkce integrace a derivace se snaží dosáhnout žádané hodnoty. Při zapůsobení protizámrazové ochrany se provedou tyto úkony:

- Vypnutí ventilátoru.
- Otevření „natvrdo“ regulačního ventilu, např. na 100%
- Zapnutí čerpadel okruhu ohřívače.(Duplicitně)
- Vypnutí funkce integrace u PID regulátorů
- Nahlášení, že zamrzá obsluze zařízení

8.4 VZT ohřivače/chladiče Voda/Vzduch pro vzduch s teplotou nad 0°C.

Regulace kvantitativní. Teplotu vzduchu regulovat škrcením množství topné/chladičí vody.

Hlavní zásady

- Regulace na konstantní teplotu přívodu – regulátor PID
- Regulace na teplotu přívodu dle žádané teploty v prostoru – regulátor kaskáda PID, PID
- Ohřivač zapojit v proudění Voda/Vzduch v protiproudu.
- Požadovat připojení přívodu vody v dolní části ohřivače – během provozu dochází k samoodvzdušňování ohřivače/chladiče.
- Regulovat otáčky čerpadla zdroje tepla/chlady „na otevřený ventil“, event. dle požadované tlakové diference v místě spotřeby.

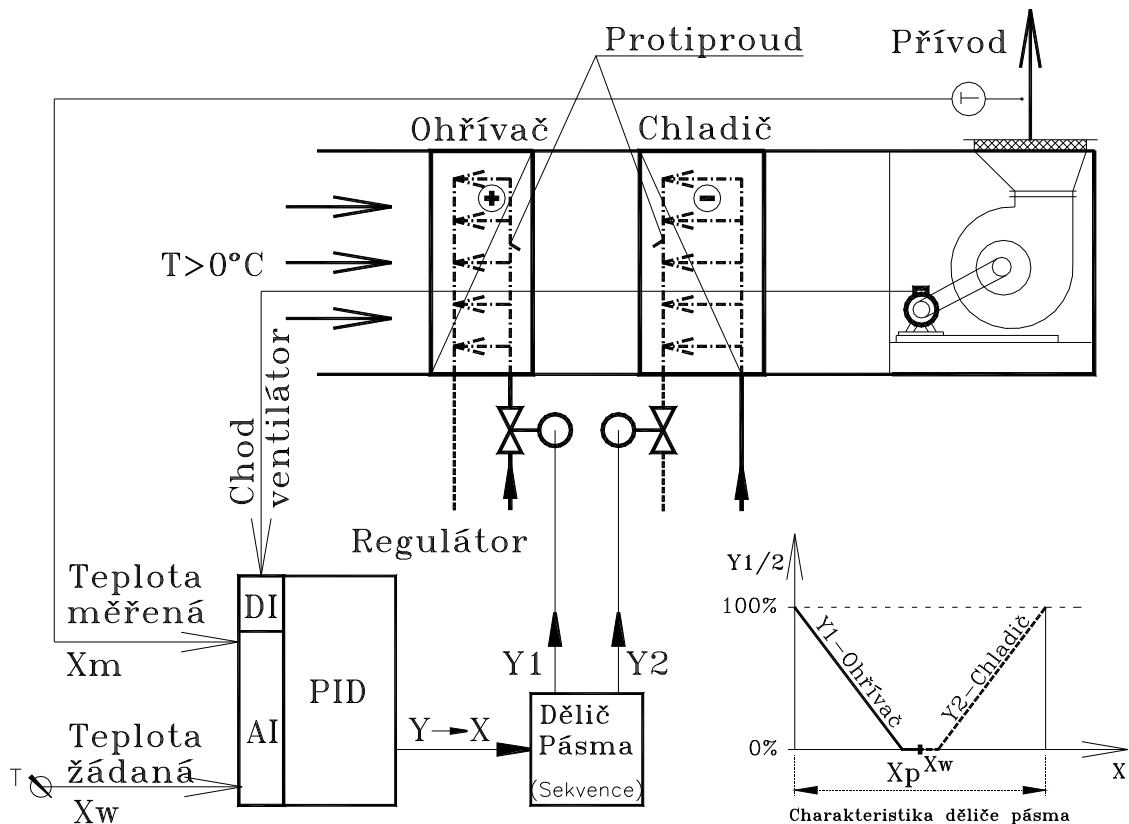


Schéma regulace ohřivače a chladiče na konstantní teplotu přívodního vzduch

8.5 Regulace množství vzduchu

Množství vzduchu se reguluje ze dvou důvodů. Buď požadujeme určité dané množství vzduchu a je jedno, zda konstantní nebo proměnlivé. Nebo potřebujeme regulovat množství vzduchu tak, aby byl udržován v daném místě požadovaný tlak. Regulace může být bezztrátová, např. změnou otáček ventilátoru, který je poháněn elektromotorem napájeným frekvenčním měničem, postupným zapínáním jednotlivých ventilátorů (pro plynulou regulaci naprosto nevhodné), a pod. Nebo ztrátová, např. škrcením regulační klapkou, regulační clonou, plovákem.

8.5.1 Regulace množství vzduchu na konstantní tlak.

Je možné použít přímočinné regulátory (regulace škrcením), kde jako protiváha požadovaného tlaku je nastavitelná síla pružiny nebo regulátory s pomocným zdrojem energie, kde např. pomocí převodníku tlaku (např. Tlak – el. Napětí nebo Tlak – el. Proud) je snímán v požadovaném místě statický tlak vzduchu. Tento údaj slouží jako vstup měřené veličiny X_m do regulátoru, ve většině případů PI nebo PID. Z regulátoru dle rozdílu měřené a žádané hodnoty vystupuje hodnota akční veličiny do příslušného regulačního orgánu (frekvenční měnič, servopohon regulační klapky, atd.). Tuto regulaci je vhodné požadovat tam, kde dopravovaný

vzduch slouží jako zdroj vzduchu pro další zařízení. Výhodou této regulace je, že jsou eliminovány veškeré změny v množství odebíraného vzduchu za místem měření a změny tlakových ztrát za provozu před tímto místem měření (např. zanášení filtrů). V dalším uvedeme konkrétní případy.

- Rozvodný kanál centrální úpravy vzduchu, který slouží jako zdroj vzduchu pro další vzduchotechnické jednotky ve strojovně.
- Expanzní box pro více zón, které jsou odstavovány uzavíráním v závislosti na obsazení příslušných prostor.
- Udržení požadovaného přetlaku nebo podtlaku v prostoru dle požadavků technologa, požárního technika, bezpečnostního technika.

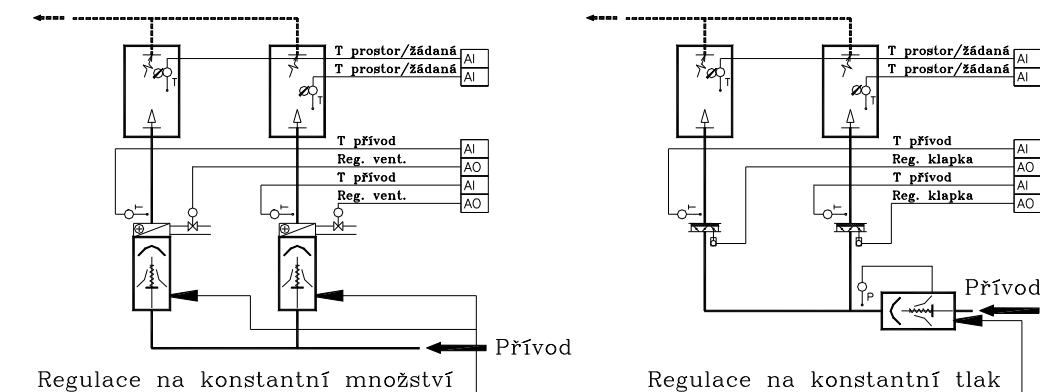
Na obrázku „Schéma centrální úpravy vzduchu bez rekuperace s regulací kaskáda PID, PID“ jsou uvedeny potřebné signály pro řízení elektromotoru ventilátoru frekvenčním měničem. U napájení měniče je nutno dodržet jednu zásadní podmínku. Nikdy se nesmí připnout motor k měniči, který je ve stavu „CHOD“. Dojde k nevratnému poškození konce silového členu měniče. Vždy se musí motor připojit k měniči ve stavu „VYP“ a pak dát měniči povel „CHOD“. Elektromotor se rozběhne po „rampě“ s nepřekročením jmenovitého proudu elektromotoru.

8.5.2 Regulace na požadované množství.

Regulace je většinou používána před koncovými distribučními elementy pro zajištění požadovaného množství vzduchu do určitého prostoru. Tento požadavek může být na konstantní množství během celého provozu a eliminuje změny tlakových poměrů v rozvodné síti. Pro tuto funkci jsou i k dispozici přímočinné regulátory, bez pomocné energie. Nebo je požadováno proměnlivé množství vzduchu v závislosti na tepelných ztrátách, zdrojích tepla, vývinu škodlivin, apod. Některá zařízení, převážně s přívodem pomocné energie pro regulaci, zajišťují oboje. Např. v oblasti pásma proporcionality pod žádanou hodnotou (zařízení „topí“) je přívod vzduchu konstantní, v oblasti pásma proporcionality nad žádanou hodnotou (zařízení „chladí“) se množství vzduchu zvětšuje s narůstající regulační odchylkou až na hodnotu např. dvojnásobku množství přiváděného vzduchu. V dalším uvedeme konkrétní případy.

8.5.2.1 Expanzní box

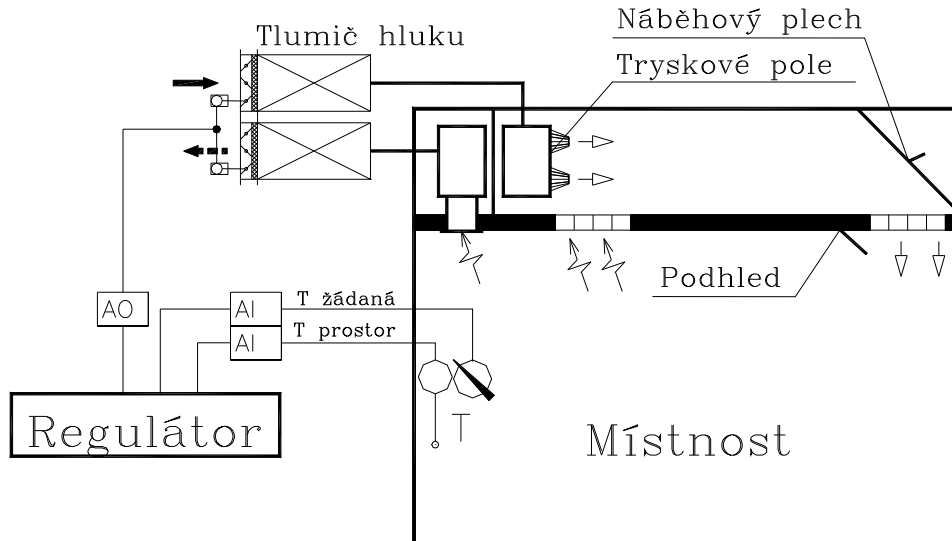
Expanzní boxy mohou mít zabudovány regulátory, které nepotřebují pomocnou energii (množství vzduchu je nastavováno ve většině případů předpětím pružiny vůči regulačnímu elementu – plovák/deska, atp.), tak i regulátory, které pomocnou energii potřebují. Eventuelně je tam i možnost vnějšího řízení množství vzduchu pomocí napětí nebo proudové smyčky z nadřazeného systému.



Ukázka rozdílu použití expanzního boxu s regulátorem průtoku pro regulaci na konstantní množství vzduchu nebo konstantní tlak vzduchu.

8.5.2.2 Příklad regulace množství vzduchu dle požadavků technologa.

Při požadavku na proměnné množství vzduchu nastává problém se zajištěním optimální distribuce vzduchu v daném prostoru (optimální obrazy proudění, provětrání celého prostoru, neobtěžování obsluhy proudem studeného vzduchu apod.) pro různá množství vzduchu. Tento problém má několik řešení. V dalším uvedeme jedno z nich, které je velmi jednoduché, levné a dá se v podstatě zajistit vlastními silami. Bylo zrealizováno a ověřeno v České televizi s velice dobrými výsledky, jak pro konstantní, tak i pro proměnné množství vzduchu.



Distribuce vzduchu s tryskovým polem v podhledu, použité pro proměnné množství vzduchu

8.6 Sestavy VZT jednotek

8.6.1 VZT zařízení za centrální úpravou vzduchu. Sestava jednotky bez vlhčení.

Jednotka má komory pro: Ventilátor odtah, směšování, filtraci, ohřev, chlazení a ventilátor přívod.

Zařízení centrální úpravy vzduchu zajistí, že teplota přiváděného čerstvého vzduchu pro zařízení VZT ve strojovně je vždy větší jak nula. Z tohoto důvodu nemusí mít vlastní VZT jednotky ochranu proti zamrznutí. O to důkladněji je možné žádat o zpracování regulace pro vlastní prostory. Jak z hlediska optimálního mikroklima, tak z hlediska ekonomického.

Regulace pracuje tak, že v závislosti na teplotě v prostoru a její žádané hodnotě, se postupně přestavuje teplota přivodního vzduchu tak, aby bylo docíleno žádané hodnoty v prostoru. Po zapnutí zařízení je hodnota velikosti akční veličiny Y dána nastavením pásem proporcionality v P regulacích a je dán signál pro zapnutí integrace. Vlivem integračního a derivačního členu se akční veličina Y postupně mění tak, aby byla docílena žádaná hodnota v prostoru. Rozdělení výstupu akční veličiny Y na jednotlivá pásma signálu, pro vlastní regulační orgány, dle zadané regulační charakteristiky, zajistí modul „Dělič pásma“ (Sequence). Regulační charakteristika je zadána tak, aby zařízení dodávalo max. ekonomicky vhodné množství čerstvého vzduchu (ekonomické směšování). Regulace je relativně stabilní.

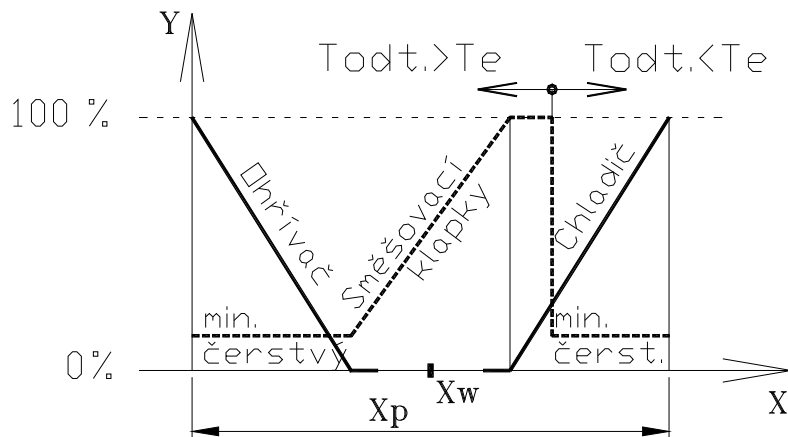
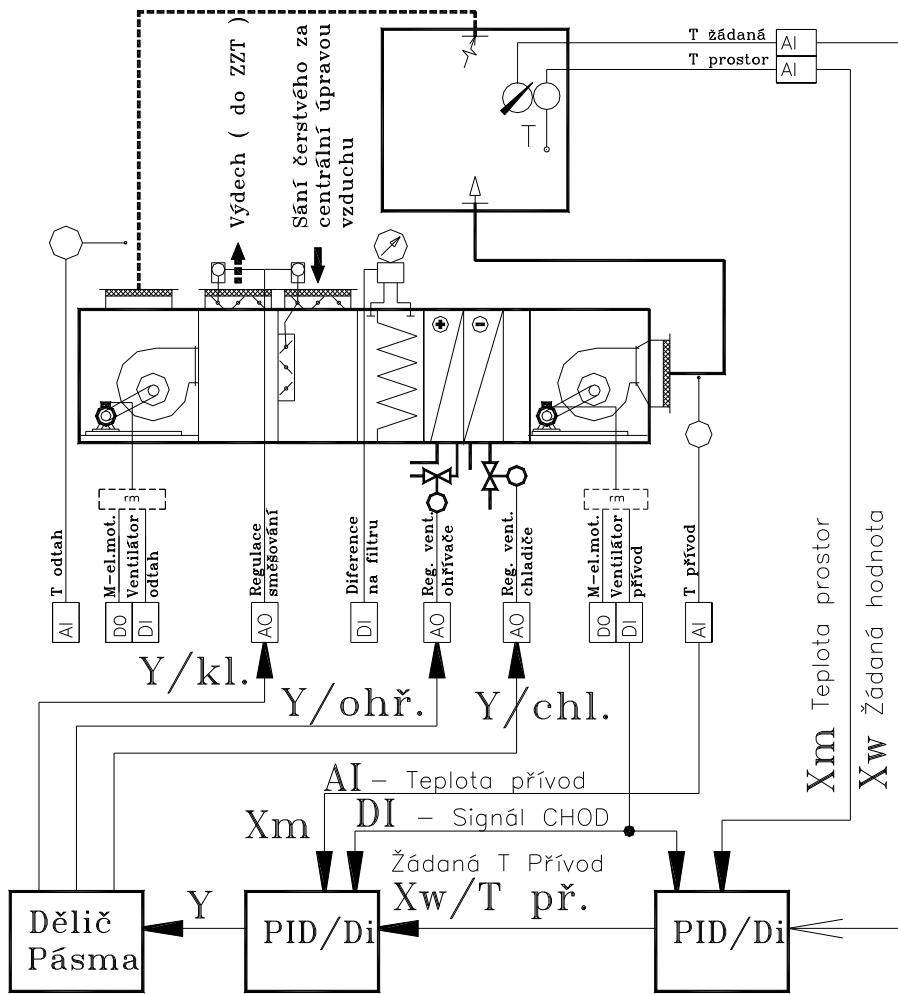


Schéma VZT zařízení bez vlhčení – Směšování, filtrace, ohřev, chlazení. Schéma regulace a regulační charakteristika.

8.6.2 VZT zařízení s pračkou vzduchu. Chod s pračkou a bez pračky.

Jednotka má komory pro: Ventilátor odtah, směšování, filtraci, ohřev, chlazení, adiabatické vlhčení a ventilátor přívod.

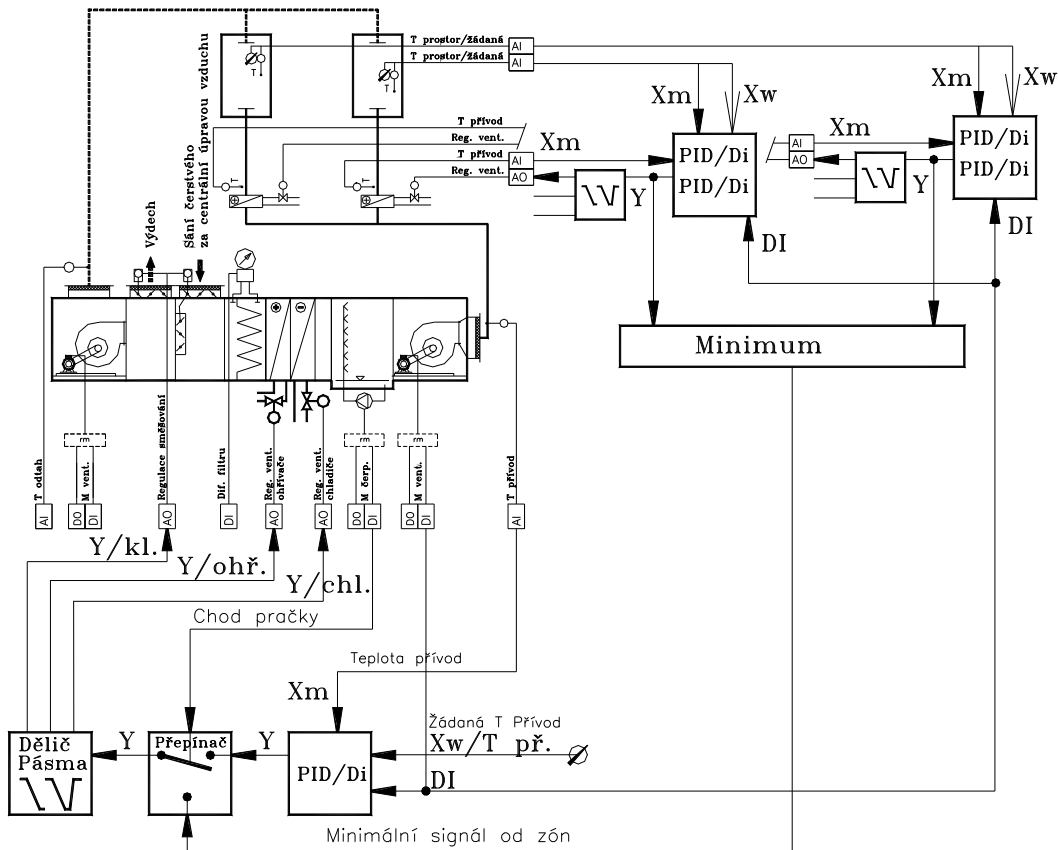


Schéma VZT zařízení bez vlhčení – Směšování, filtrace, ohřev, chlazení vlhčení. Schéma regulace.

Regulační charakteristika pro vlastní zařízení je stejná jako v předešlém případě. Žádaná je teplota za pračkou (např. 13°C), která má vliv na relativní vlhkost v prostoru (nastavíme-li např. 16°C a v prostoru je 22°C, převlhčujeme). Regulační charakteristika pro zónové ohřevy (ZO) je pouze přímka. Pokud ale požadujeme ekonomický provoz během celého roku, kdy není nutno provozovat pračku nebo zajistit odpovídající funkci zařízení i bez zdroje tepla (např. odstávka teplárny v létě), je vhodné při stojící pračce regulovat celé zařízení dle požadavku zón. Pak jsou dvě možnosti. Regulovat na střední hodnotu signálu od zón nebo výběr minimálního signálu od zón. Druhou variantu volíme v případě, potřebujeme-li přednostně zajistit chlazení klimatizovaných prostor. Při vypnutí pračky začne celé zařízení regulovat dle minimálního signálu na ventil zónového ohřivače, tím začne celé zařízení na stejnou hodnotu více „topit“ (většinou přivřením čerstvého vzduchu na směšovacích klapkách). Po krátkém čase se celý systém ustálí tak, že tato zóna nepotřebuje přitápět a ostatní zóny zbytečně nepodchlazujeme. Pak průběh charakteristiky „ZO“ musí být shodný s průběhem charakteristiky „Ohř“. Proto je nutno dát „Dělič pásma“ i u zónové regulace.

8.7 Obecné požadavky v rámci jednotky

Při stojícím zařízení musí být uzavřeny

- klapky na sání čerstvého vzduchu
- klapky na výdechu odpadního vzduchu
- ventil ohřivače – při nadnulových teplotách. Při podnulových teplotách bez centrálního přehřevu regulovat na vnitřní teplotu v jednotce regulátorem „P“
- ventil chladiče

Při běžícím zařízení musí být

- ventil chladu uzavřen, není-li „vychlazeno“. VYCHLAZENO= teplota chladicí pod cca 16°C
- ventil tepla uzavřen při nenulových teplotách, není-li zdroj tepla
- má-li jednotka směšování při zapůsobení protimrazové ochrany vypínat jen přívodní ventilátor

8.8 Vazby na ostatní zařízení a systémy v objektu.

- Ovládání zařízení od „Globálních bodů“ – venkovní teplota, venkovní entalpie, oslunění, využitelnost zdrojů – zda je zdroj k dispozici (např. odstávka teplárny, ...)
- Ovládání čerpadel okruhů tepla a chladu od polohy regulačních ventilů.
- Spínání zdrojů tepla a chladu.

9 Způsob provozování vzduchotechnických zařízení

Způsob provozování, tzn. kdy a v jakých režimech má být zařízení provozováno musí být jednoznačně dáno písemným plánem provozu, který se vypracovává dle provozu v objektu. V mnoha případech je požadavek na provoz dán technickými nebo bezpečnostními, hygienickými a požárními předpisy.

9.1 Časovým programem

Do systému je zadán čas, kdy má být zařízení v provozu. Většina systémů umožňuje zadat provoz od pondělí do neděle nebo rozlišují pracovní den, den pracovního klidu, svátky.

9.2 Provoz dle programu optimalizace

Do systému se zadává čas, kdy má být v daném prostoru požadovaná hodnota např. teploty. Program sám vypočítá dobu startu. Tyto programy jsou ve většině případů tzv. samoučící. Pamatují si, za jaký čas a při jaké venkovní teplotě dosáhly požadované teploty v prostoru a další den samy přepíší nastavené parametry tak, aby dosáhly požadovaného cíle.

9.3 Zátop

Do systému se zadá čas, kdy je prostor obsazen lidmi a **zátop** je provoz v době před obsazením daného prostoru lidmi. Při zátopu jsou směšovací klapky nastaveny na 100% cirkulaci, bez přisávání čerstvého vzduchu. I u zařízení, kde není možné použít směšování (např. varny kuchyně, ...) je vhodné pomocí těsných uzavíracích klapek zátop umožnit. Program zátop je buď jako samostatný program nebo jako součást optimalizačního programu. Při použití funkce zátop je značná úspora energie.

9.4 Od události

Zařízení se spíná od události - např. od překročení určité teploty, vlhkosti, tlaku apod. Tento příkaz je většinou nutno doplnit o min. čas, po který má být zařízení v chodu nebo o čas, po který má být zařízení v klidu. Obecně elektromotory mají povoleno určitý počet startů do hodiny.

9.5 Provozovat zařízení jen v přítomnosti uživatele nebo požadavkem od technologie

Dělit zařízení do zón a tyto zóny ovládat (zapínat přívod vzduchu) přímo od přítomností uživatele nebo požadavkem od provozu technologie.

9.6 Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný

Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný a tím značně nevhodný. Např. provoz místních indukčních jednotek nebo jednotek fan-coil, jsou-li otevřená okna.

9.7 Havarijní větrání, požární větrání, apod.

Provoz je vyvolán zásahem z jiného systému.

10 Hlášení stavů, jejich záznam do systému a výtisk

Po každém systému je možné požadovat určitou úroveň hlášení poruchových a provozních stavů. Tyto stavy je možné zobrazit na monitoru, uložit v paměti systému, vytisknout na tiskárně.

Z údajů průběžně zaznamenávaných do systému je většinou možné požadovat zobrazení Dynamického trendu – aktuální průběh navolených hodnot v reálném čase. Z údajů uložených v systému je většinou možné požadovat zobrazení historického trendu – historický průběh navolených hodnot v minulém čase. Navíc je možné tyto hodnoty dále zpracovávat např. programem EXCEL. Základní druhy hlášení stavů a poruch:

10.1 Systémové poruchy

Poruchy vlastního řídicího systému

10.2 Provozní poruchy

Poruchová hlášení, která se nadefinují při tvorbě programu regulace. Např. porucha stavu – má být v provozu a stojí, překročení teplot, ...

10.3 Kritické poruchy

Mají přednost před jiným hlášením. Např. nebezpečí zamrznutí, požár, atd.

10.4 Souhrnná hlášení

Např. přehled poruch každé ráno a odpoledne při střídání směn.

10.5 Trendy

Výpis nebo grafické zobrazení hodnot (teplot, tlaků. ...) nebo stavů (Vyp/Zap, ...) v závislosti na čase. Výpis může mít formu tabulky nebo grafického zobrazení. Trendy mohou být:

10.5.1 Aktuální

Vypisují se nebo zobrazují aktuální hodnoty nebo stavy od času spuštění trendu.

10.5.2 Historické

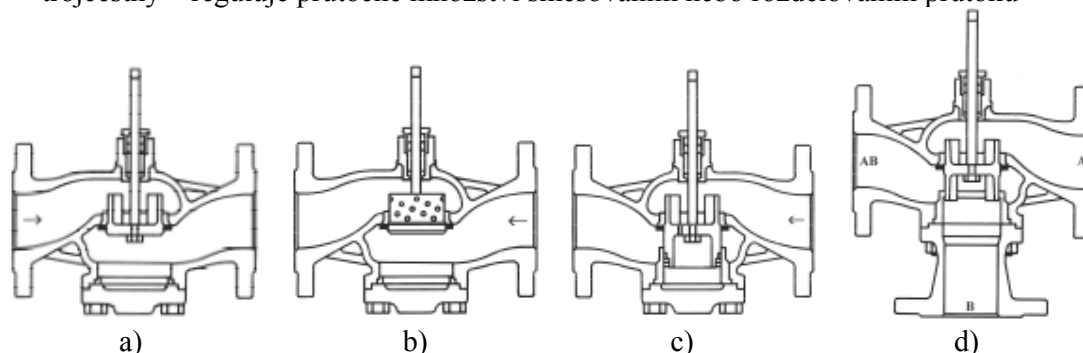
Vypíší se nebo zobrazí hodnoty nebo stavy za určitý čas, za určitou dobu. Aby bylo možné historický trend vypsát nebo zobrazit, musí se jako první krok zadat do systému ukládání požadovaných hodnot, stavů. Historický trend pak pracuje s těmito uloženými daty

11 Vybrané prvky a typy regulace zdrojů tepla a chladu

11.1 Regulační ventil

Nejpoužívanější akční člen pro regulaci zdrojů tepla a chladu je regulační ventil v provedení:

- dvojcestný – reguluje průtočné množství škrcením
- trojcestný – reguluje průtočné množství směšováním nebo rozdělováním průtoku



Řez ventilem dvojcestným přímým a) s válcovou kuželkou, b) děrovanou kuželkou, c) tlakově vyváženým, d) trojcestný s válcovou kuželkou v přímé větvi

Ke každému ventilu musí mít zadáno:

- DN (Diameter Nominal) [mm] – jmenovitá světlost(Js) – přibližný vnitřní průměr v mm
- PN (Pressure Nominal) [MPa] - jmenovitý tlak (Jt) - desetinásobek nejvyššího pracovního přetlaku v systému, uváděnému v MPa pro pracovní teploty 0 - 200°C.

Např.: PN 1 = pracovní přetlak 0,1 MPa(1bar), PN 1,6 = 0,16 MPa, PN 2,5 = 0,25 MPa

- °C Maximální teplota média.

Maximální teplota média a PN protékajícího média určují „Pracovní stupeň“ [I až XI] a dle toho se volí materiál tělesa (např. pro vodu a menší tlaky → bronz, šedá litina, tvárná litina; pro páru → litá ocel, litá korozivzdorná ocel) a materiál sedla (např. Návar sedla)

- **Kvs** hodnotu ventilu – jmenovitý průtok v [m³/hod] (z průtokového součinitele)
- **ΔP_{max}** je maximální tlakový spád na ventilu, při kterém je zaručeno spolehlivé otevření a zavření.
Je to max. přípustný rozdíl tlaků v uzavřeném stavu před a za kuželkou, kdy ventil uzavírá, otevírá a těsní – je dáno silou pohonu, jaký je povoleno k ventilu připojit
- **L, R, P, S** - průtočná regulační charakteristika ventilu
Např. u LDM: L - lineární charakteristika, R - rovno procentní charakteristika (4-procentní), P - parabolická charakteristika, S - LDMspline charakteristika
- **Pv** autorita ventilu – vychází z tlakových poměrů v okruhu zapojení ventilu – viz text dále

11.2 Jmenovitý průtok - Kv hodnota, Kvs hodnota

Velikost ventilu je určena jeho jmenovitým průtokem Kvs. Při dimenzování regulačního ventilu se jako první vypočítá Kv hodnota.

$$Kv = \frac{Q}{100} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \quad [m^3/h]$$

Kv průtokový součinitel [m³/h]
Q objemový průtok ventilem [m³/h]
ρ objemová hmotnost [kg/m³]
Δp tlakový spád na ventilu [MPa]

Zjednodušený výpočet pro vodu:

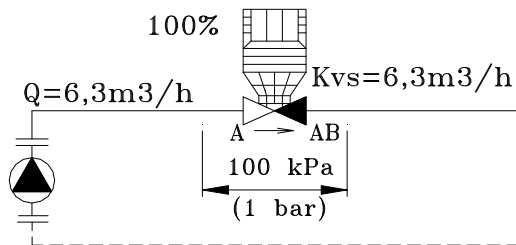
$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p_v}} \quad [m^3/h]$$

Kv průtokový součinitel [m³/h]
Q objemový průtok ventilem [m³/h]
Δpv tlakový spád na ventilu [bar]

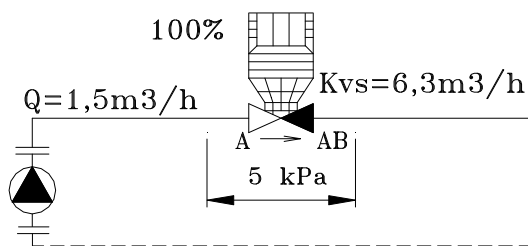
Přidá se bezpečnostní přírůstek na výrobní tolerance od 10% do 30% (za předpokladu, že průtok Q nebyl předimenzován) a vyjde nám požadovaná hodnota průtokového součinitele ventilu Kvs.

$$Kvs = Kv \times (1,1 \div 1,3) \quad [m^3/h]$$

Některý výrobce jako podklad k dimenzování svých ventilů dodává diagram, ze kterého se přímo odečte Kvs hodnota příslušného ventilu. Viz. kapitola 14. Kvs hodnota vyčísluje vztah mezi nastavením ventilu (max. zdvih kuželky, event. max. úhlem natočení elementu) a protékajícím množstvím při daném tlaku. Představuje tak jmenovitý průtok armaturou v m³/h při maximálním otevření h=100% armatury a tlakové ztrátě Δpo = 100 kPa = 1 bar.



Kvs hodnota regulačního ventilu z katalogu



Tentýž ventil v reálném provozu – př. kap.14

| Světlost DN | Kvs [m ³ /h] | | | | | |
|----------------|-------------------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 15 | 4.0 | 2.5 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 0.4 |
| 20 | 6.3 | 4.0 | 2.5 | 1.6 | 1.0 | 0.6 |
| 25 | 10.0 | 6.3 | 4.0 | 2.5 | 1.6 | 1.0 |
| 32 | 16.0 | 10.0 | 6.3 | 4.0 | — | — |
| 40 | 25.0 | 16.0 | 10.0 | ... | ... | ... |
| 50 | 40.0 | 25.0 | 16.0 | — | — | — |
| 65 | 63.0 | 40.0 | 25.0 | — | — | — |
| 80 | 100.0 | 63.0 | 40.0 | — | — | — |
| 100 | 160.0 | 100.0 | 63.0 | — | — | — |
| 125 | 250.0 | 160.0 | 100.0 | — | — | — |
| 150 | 360.0 | 250.0 | 160.0 | ... | ... | ... |

Kvs – Katalog LDM

Průtočná regulační charakteristika ventilu

Výkony ohřivačů a chladičů nejsou lineární v závislosti na průtoku médií. Z tohoto důvodu je vhodné, aby průtočná regulační charakteristika ventilu měla „zrcadlovou“ průtočnou regulační charakteristiku. Výrobce ventilů LDM vyrábí regulační ventily s těmito charakteristikami:

L – Lineární charakteristika

$$K_v/K_{v100}=0,0183+0,9817*(H/H_{100})$$

R – Rovnoprocentní charakteristika (4-procentní)

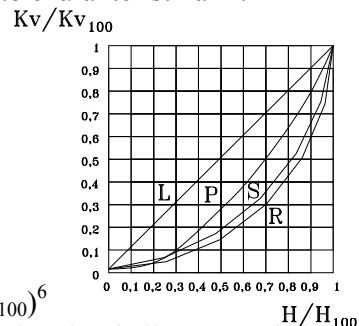
$$K_v/K_{v100}=0,0183*e^{(4*H/H_{100})}$$

P – Parabolická charakteristika

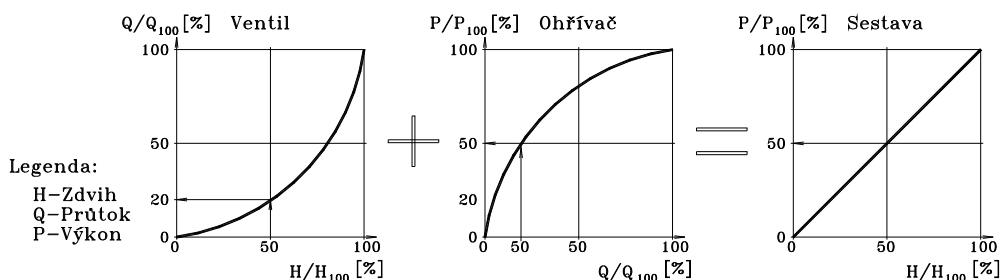
$$K_v/K_{v100}=0,0183+0,9817*(H/H_{100})^2$$

S – LDMspline charakteristika

$$K_v/K_{v100}=0,0183+0,269*(H/H_{100})-0,38*(H/H_{100})^2+1,096*(H/H_{100})^3-0,194*(H/H_{100})^4-0,265*(H/H_{100})^5+0,443*(H/H_{100})^6$$



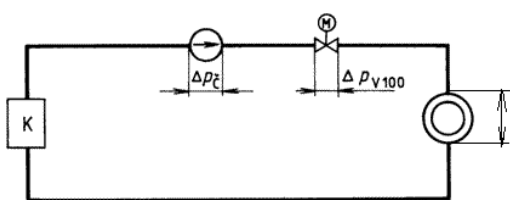
Zapojení regulačního ventilu do okruhu s ohřivačem vznikne lineární charakteristika ve vztahu průtok výkon:



Výkonová charakteristika ohřivače s ventilem

11.3 Autorita ventilu Pv

Autorita ventilu Pv vychází z tlakových poměrů v okruhu zapojení ventilu.



$$P_v = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta P_s + \Delta P_k + \Delta P_r}$$

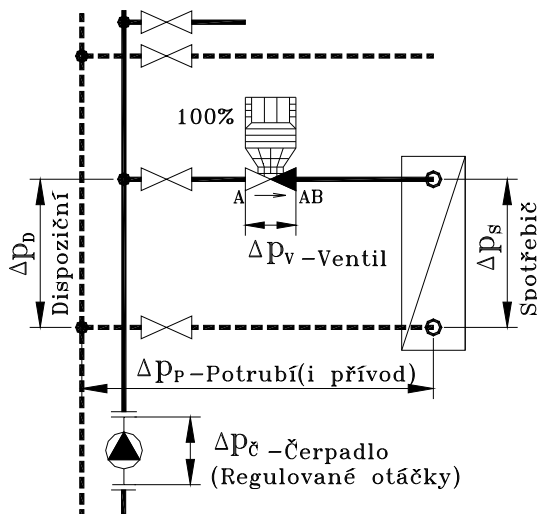
Index: v – ventil
k – kotel
r – rozvodné potrubí
s – spotřebič

Schéma topného okruhu

Optimální hodnota autority je 0,5. Obecně to znamená, že na regulačním ventilu, který je otevřen na 100%, je 50% tlakové ztráty celého okruhu. Dá se akceptovat rozsah autority od 0,35 do 0,6.

11.4 Příklady zapojení a doporučené tlakové spády – autorita ventilu

Příklad 1: Kvantitativní regulace průtoku škrcením množství



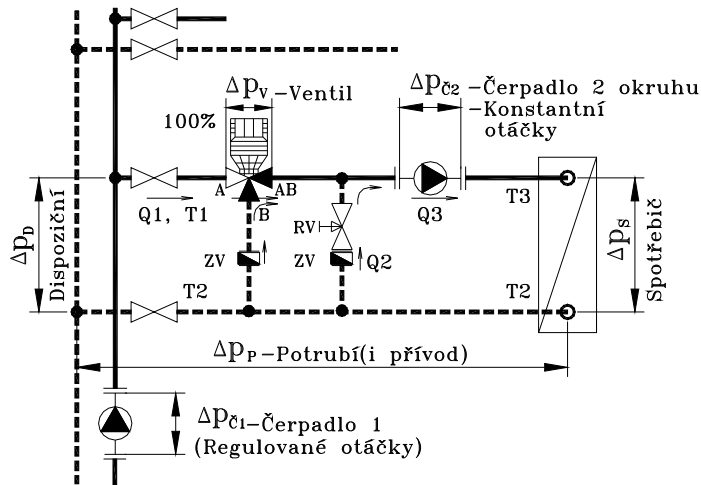
$$\Delta p_{A-AB} \approx \Delta p_s + \Delta p_p \text{ (v rozsahu od 0,35 do 0,6)}$$

$$\Delta p_D = \Delta p_v + \Delta p_s + \Delta p_p$$

Tlakový spád na plně otevřeném ventilu Δp_{A-AB} musí být přibližně roven součtu tlakové ztráty potrubí a spotřebiče a jejich součet s ventilem musí být roven dispozičnímu tlaku.

- Jednoduché, spolehlivé, energeticky nenáročné
- Otáčky čerpadla regulovat tak, aby regulační ventily byly pokud možno v poloze 100%
- Použití – u převážné většiny zapojení okruhů
- Není možné použít u ohřevu vzduchu z podnulových teplot – nebezpečí zamrznutí

Příklad 2: Kvalitativní regulace teploty směřováním s konstantním množstvím média spotřebičem



$$\Delta p_D = \pm 0 \rightarrow \text{regulace čerpadla 1}$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

$$\Delta p_{A-AB} \approx \Delta p_S + \Delta p_P \quad (0,35 \text{ do } 0,6)$$

$$\Delta p_{\check{C}2} = \Delta p_{A-AB} + \Delta p_S + \Delta p_P$$

Tlakový spád na plně otevřeném ventilu Δp_{A-AB} musí být přibližně roven součtu tlakové ztráty potrubí a spotřebiče a jejich součet s ventilem musí být roven dopravní výšce čerpadla 2 v okruhu spotřebiče.

Při podnulových teplotách vzduchu musí být čerpadlo trvale v provozu.

- Množství Q_2 se vypočítá z poměru požadovaného teplotního spádu na spotřebiči T3-T2 a teplotního spádu na zdroji T1-T2. Množství Q_3 je dáno z požadovaného výkonu spotřebiče.

$$\frac{Q_1}{Q_3} = \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} \Rightarrow Q_1 = Q_3 \times \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} \text{ potom } : Q_2 = Q_3 - Q_1 \quad [m^3/h]$$

Zaregulování množství Q_2 propojkou se provede také na požadovanou teplotu do spotřebiče

- Regulační ventil se dimenzuje na množství Q_1 a na požadovaný tlakový spád Δp_{A-AB}
- Použití – u ohřevu vzduchu s podnulovou teplotou vzduchu na vstupu do ohřívачe
- Do třetí cesty regulačního ventilu a do propojky je vhodné dát zpětnou klapku/ventil, odstraní se tak nebezpečí nežádoucího proudění média jak při chodu zařízení, tak i při klidu zařízení.
- UPOZORNĚNÍ** – Většina výrobců regulačních směšovacíh armatur garantuje **těsnost** a požadovanou charakteristiku průtoku **jen v přímém směru**.

Obecně pro oba příklady: Mimo vypouštěcí, odvzdušňovacíh a měřící prvky (teplota, tlak) není nutno osazovat další armatury

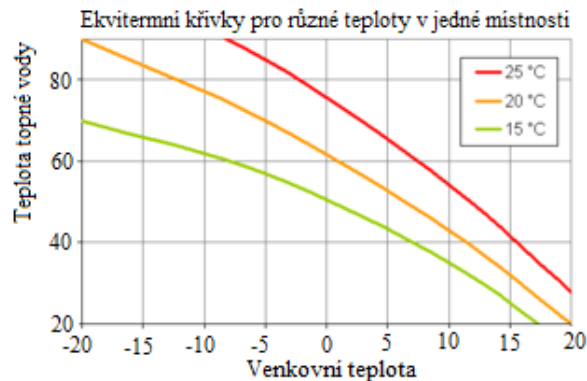
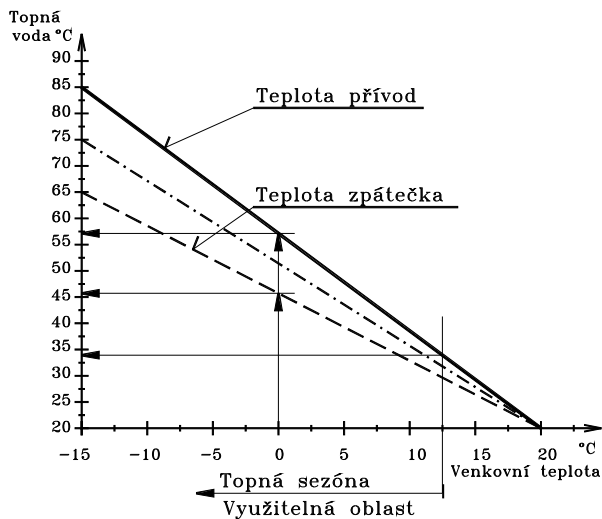
12 Ekvitermní regulace

Tepelná ztráta objektů je přibližně lineární v závislosti na venkovní teplotě. Tepelný výkon zdrojů tepla je taktéž přibližně lineární v závislosti na teplotě topné vody. Z toho plyne při požadavku na konstantní teplotu v prostoru, že teplota topné vody může být taktéž přibližně lineární v závislosti na venkovní teplotě.

Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek (také „topné křivky“), které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Na základě požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty regulovat teplotu topné vody.

Důvody pro aplikaci ekvitermní regulace:

- Není možné určit „Pilotní místnost“ pro regulaci celého systému – rozsáhlejší systémy
- Pro regulaci výkonu otopných ploch není použit centrální řídicí systém, který snímá teploty a stavy akčních veličin u regulace výkonu všech otopných ploch
- Větší tepelná pohoda z důvodu potlačení dynamiky (kolísání) teplot v místnosti.
- Úspora energie, kdy není třeba zdroj tepla ohřívát na maximum a vydávat z něj největší výkon ale pouze vydat takový výkon, který stačí k ohřátí místnosti na požadovanou teplotu v závislosti na venkovní teplotě.



Charakteristiky ekvitermní regulace

PROTIPROUDÝ VÝMĚNÍK

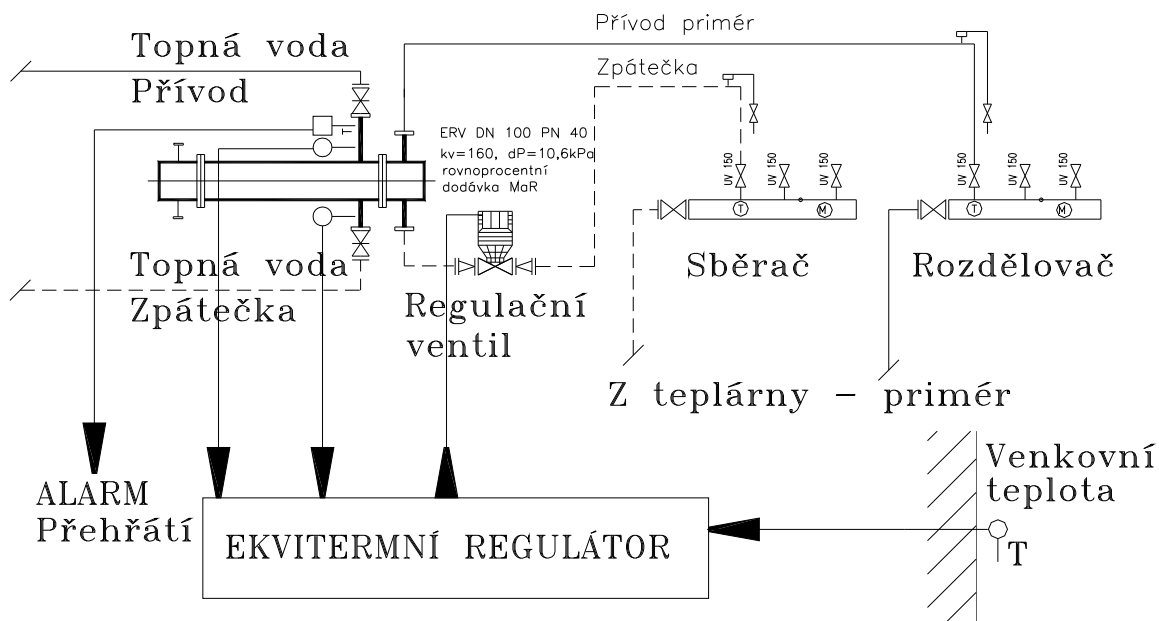


Schéma regulace ÚT VM stanice

13 Regulace diferenčního tlaku v síti

Regulace se realizuje pomocí řízení otáček čerpadla od rozdílu tlaku ve zvoleném místě.

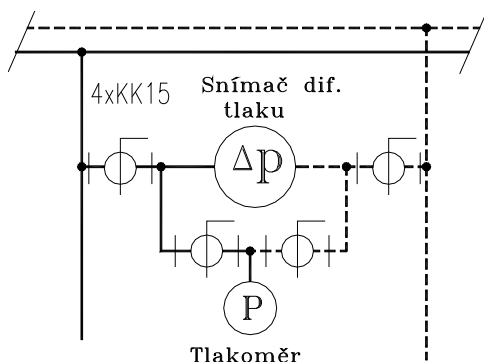
13.1 Snímání diferenčního tlaku.

Jsou dva různé požadavky na tlakovou diferenci dle toho, zda se jedná o dif. tlak u koncového spotřebiče nebo o dif. tlak mezi rozdělovačem a sběračem, který slouží jako zdroj pro další okruhy s čerpadly.

- Tlaková diference mezi rozdělovačem a sběračem pro skupiny s čerpadly
Příklad: požadovaná tlaková diference ± 0 kPa. Instaluje se snímač s nulou uprostřed např. pro tlaky -25 až +25 kPa.
- Tlaková diference mezi rozdělovačem a sběračem pro skupiny s regulačními armaturami bez čerpadel ve skupinách.
Příklad: Požadovaná diference 100kPa, instaluje se snímač 0-150kPa
- Tlaková diference u koncového spotřebiče – požadovaná tlaková diference je dána hydraulicky nejvzdálenějším místem okruhu.
Příklad: Požadovaná diference 60kPa, instaluje se snímač 0-100kPa

Zapojení sestavy snímače diferenčního tlaku:

- snímač diferenčního tlaku musí být umístěn tak, aby nedocházelo k zavzdušňování vlastního snímače a signalizačního potrubí k snímači
- uzavíratelná propojka kolem snímače slouží k nastavení "0" snímače a měření diferenčního tlaku jedním manometrem - eliminace třídy přesnosti manometru.

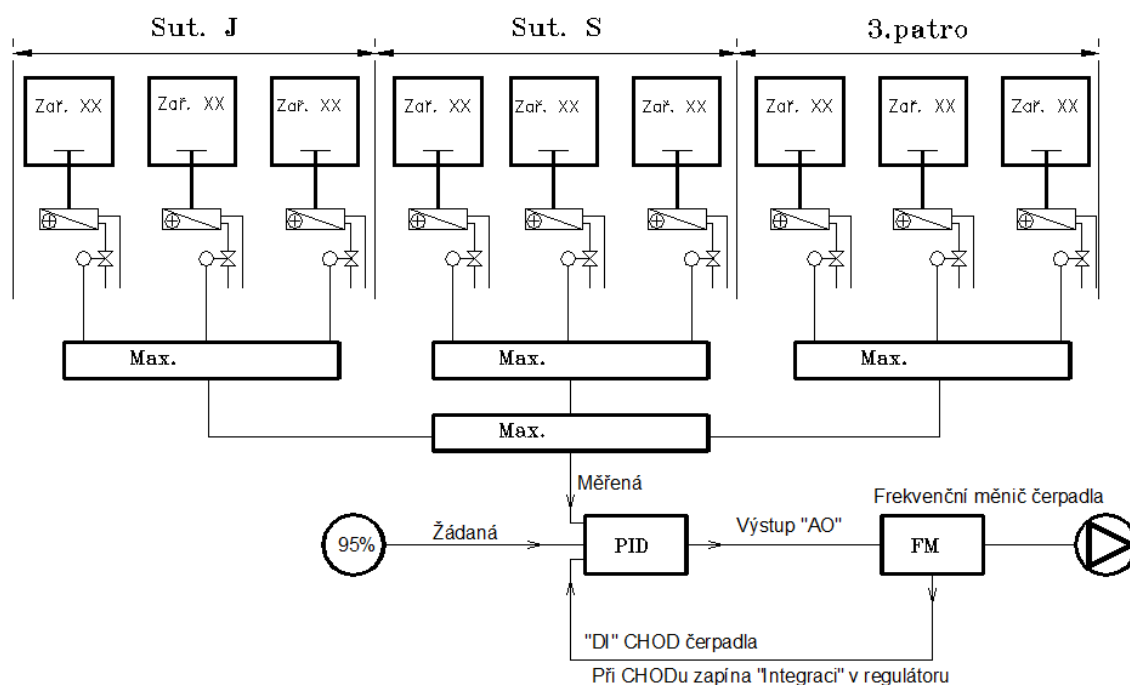


Požadavek na dodavatele snímače tlakové diference:

Min. hodnota tlaku jednostranného přetížení snímače musí být hodnota statického tlaku soustavy a více - nesmí dojít k poškození snímače při "najíždění" systému a opomenutí otevření propojky.

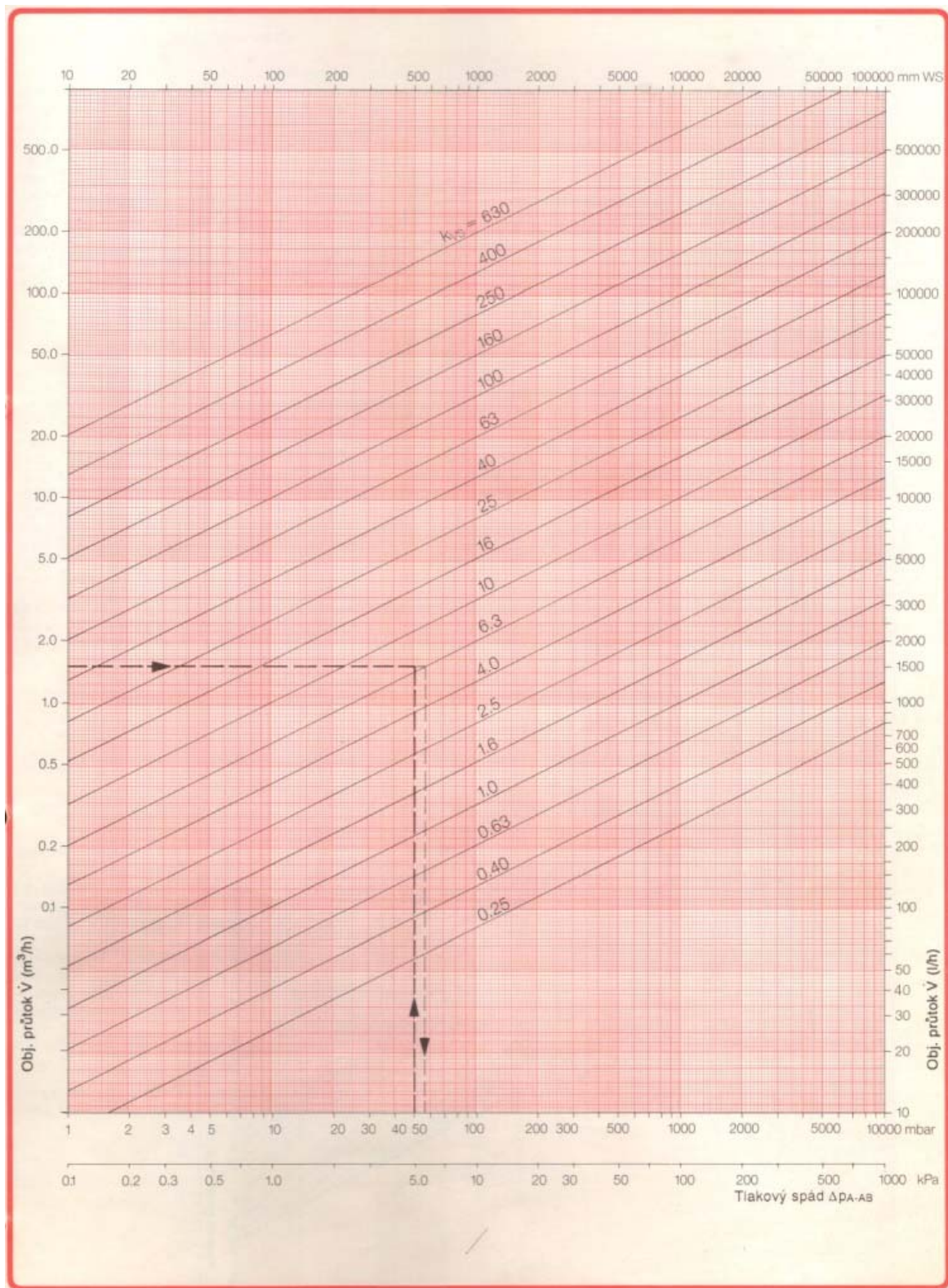
Příklad zapojení snímače diferenčního tlaku – jednoduchá náhrada 6ti cestné armatury

13.2 Regulace diferenčního tlaku jednoho okruhu sítě:



Příklad regulace diferenčního tlaku rozsáhlé sítě spotřebičů

Regulujeme diferenční tlak v síti, ale nepřímou. Diferenční tlak v síti bude tak veliký, že pouze jeden jediný ventil bude otevřený na 95% a ostatní ventily budou „přiškrceny“.



14 Diagram Kvs pro vodu - Příklad dimenzování regulačního ventilu, médium voda

Potřebná hodnota K_{VS} se zjistí ze dvou charakteristických veličin:

1. maximální objemový průtok v m^3/h nebo l/h – vypočítá se z požadovaného topného/chladicího výkonu
2. požadovaný tlakový spád na ventilu v kPa (popř. bar) – volí se dle požadované autority

Při stanovování tlakového spádu na ventilu nutno vycházet ze zásad k dimenzování ventilů (viz kapitola AUTORITA VENTILU)

Příklad je vyznačen v diagramu

Dáno: Max, objemový průtok $V = 1,5 m^3/h$ (1500 l/h)

potřebný tlakový spád $\Delta p_{A-AB} = 5 kPa$ (50 $mbar$) Průsečík obou přímek leží mezi hodnotami $k_{vs} = 6,3$ a 10 , avšak podstatně blíže k hodnotě $k_{vs} = 6,3$. Doporučuje se volit tuto hodnotu. Ve většině případů se volí hodnota větší.

Jdeme-li po přímce 1500 l/h tak nahoru, až protne charakteristiku hodnoty K_{VS} , můžeme na levé ose přečíst skutečný tlakový spád na ventilu $\Delta p_{A-AB} = 5,6 kPa$. Zvolíme ventil: hodnota K_{VS} : 6,3, tlakový spád 5,6 kPa

| | |
|--------------|---|
| Obsah | |
| 1 | Úvod..... 3 |
| 2 | Hodnoty a veličiny: 3 |
| 3 | Regulátory. 4 |
| 3.1 | Nespojitá regulace 4 |
| 3.2 | Spojité regulace 5 |
| 3.2.1 | P – Proporcionální regulace. 5 |
| 3.2.2 | I – Integrační regulace. 6 |
| 3.2.3 | D – Derivační regulace. 7 |
| 3.2.4 | PID – Proporcionálně integračně-derivační regulace: 8 |
| 4 | Čidla 9 |
| 4.1 | Čidla ve vlastních VZT zařízeních a jejich možné umístění 9 |
| 4.1.1 | V odtahovém potrubí nebo v komoře ventilátoru odtahu. 9 |
| 4.1.2 | Ve směšovací komoře, pro snímání stavu vzduchu po smísení. 9 |
| 4.1.3 | Čidlo za ohřívacem (chladičem) vzduchu. 10 |
| 4.1.4 | Čidlo pro měření teploty v pračce vzduchu (za pračkou). 10 |
| 4.1.5 | Čidlo pro teplotu přívodního (výstupního) vzduchu. 10 |
| 4.1.6 | Umístění čidla v prostoru. 10 |
| 5 | Požadavek na dálkovou volbu žádané hodnoty. Jen po dohodě s odběratelem. 10 |
| 5.1 | Žádaná pevně nastavena. 11 |
| 5.2 | Žádaná vlečně nastavena. 11 |
| 5.3 | Žádanou si mohou přestavovat uživatelé prostoru. 11 |
| 6 | Tolerance, v jakých se musí pohybovat hodnoty příslušných veličin. 11 |
| 7 | Vybrané typy regulace VZT zařízení. 11 |
| 8 | VZT zařízení pro filtraci vzduchu. 11 |
| 8.1 | VZT zařízení pro zpětné získávání tepla. 11 |
| 8.1.1 | Křížové výměníky vzduch – vzduch 12 |
| 8.1.2 | Rotační regenerační výměník 12 |
| 8.2 | VZT ohříváče Voda/Vzduch pro venkovní vzduch s teplotou od –18 do 35°C 13 |
| 8.2.1 | Ohříváč nadimenzovat na menší teplotní spád 13 |
| 8.2.2 | Zapojení „Protiproud“ 13 |
| 8.2.3 | Kvalitativní regulace topné vody s čerpadlem v okruhu 13 |
| 8.2.4 | Vypínání integračního členu při stojícím zařízení 13 |
| 8.2.5 | Protimrazová ochrana - hlídání chodu čerpadla a ochrana následného výměníku . 14 |
| 8.3 | Regulace centrálního přívodu vzduchu 15 |
| 8.4 | VZT ohříváče/chladiče Voda/Vzduch pro vzduch s teplotou nad 0°C. 16 |
| 8.5 | Regulace množství vzduchu 16 |
| 8.5.1 | Regulace množství vzduchu na konstantní tlak. 16 |
| 8.5.2 | Regulace na požadované množství. 17 |
| 8.6 | Sestavy VZT jednotek 18 |
| 8.6.1 | VZT zařízení za centrální úpravou vzduchu. Sestava jednotky bez vlhčení. 18 |
| 8.6.2 | VZT zařízení s pračkou vzduchu. Chod s pračkou a bez pračky. 20 |
| 8.7 | Obecné požadavky v rámci jednotky 20 |
| 8.8 | Vazby na ostatní zařízení a systémy v objektu. 21 |
| 9 | Způsob provozování vzduchotechnických zařízení 21 |
| 9.1 | Časovým programem 21 |
| 9.2 | Provoz dle programu optimalizace 21 |
| 9.3 | Zátop 21 |
| 9.4 | Od události 21 |
| 9.5 | Provozovat zařízení jen v přítomnosti uživatele nebo požadavkem od technologie 21 |
| 9.6 | Vypínat zařízení, když je jejich provoz zbytečný 21 |
| 9.7 | Havarijní větrání, požární větrání, apod. 21 |
| 10 | Hlášení stavů, jejich záznam do systému a výtisk 21 |
| 10.1 | Systémové poruchy 22 |
| 10.2 | Provozní poruchy 22 |

| | | |
|--------|---|----|
| 10.3 | Kritické poruchy | 22 |
| 10.4 | Souhrnná hlášení | 22 |
| 10.5 | Trendy | 22 |
| 10.5.1 | Aktuální | 22 |
| 10.5.2 | Historické | 22 |
| 11 | Vybrané prvky a typy regulace zdrojů tepla a chladu | 22 |
| 11.1 | Regulační ventil | 22 |
| 11.2 | Jmenovitý průtok - Kv hodnota, Kvs hodnota | 23 |
| 11.3 | Průtočná regulační charakteristika ventilu | 24 |
| 11.4 | Autorita ventilu Pv | 24 |
| 11.5 | Příklady zapojení a doporučované tlakové spády – autorita ventilu | 24 |
| 12 | Ekvitermní regulace | 25 |
| 13 | Regulace diferenčního tlaku v síti | 26 |
| 13.1 | Snímání diferenčního tlaku | 26 |
| 13.2 | Regulace diferenčního tlaku jednoho okruhu sítě | 27 |
| 14 | Diagram Kvs pro vodu - Příklad dimenzování regulačního ventilu, médium voda | 28 |