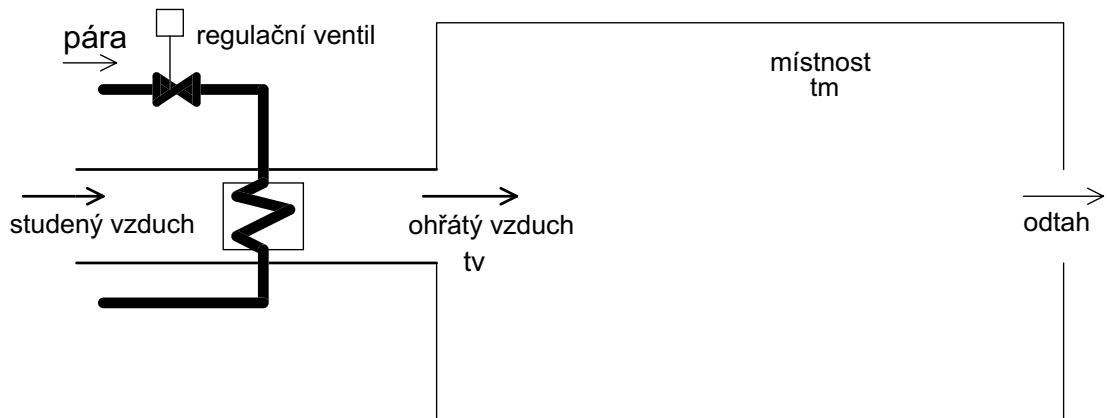


Kuchařka k regulacím vzduchotechniky

Technologické schema:



1. Regulace teploty ohřátého vzduchu

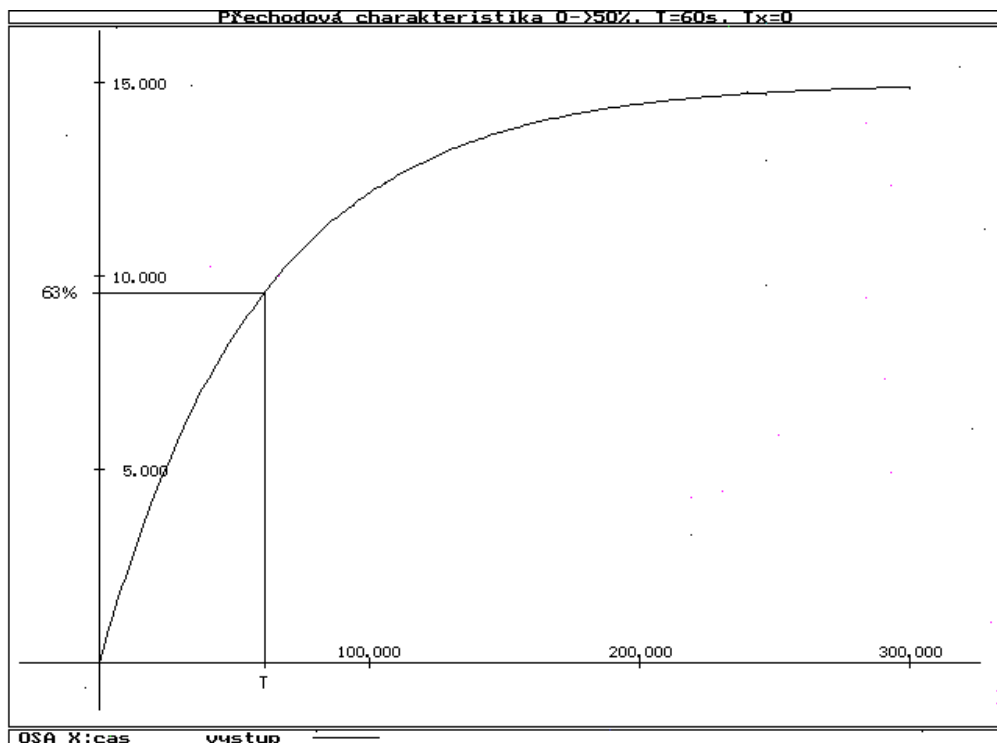
Pomocí regulačního ventilu páry (0..100% otevření) se reguluje teplota ohřátého vzduchu. Podmínkou je měření teploty ohřátého vzduchu. Teplo dodávané parou se spotřebovává na akumulaci do tělesa výměníku, na ohřev vzduchu a na ztráty do okolí. Jde o nelineární systém, který lze po zjednodušení popsat lineárním modelem soustavy 1.řádu. Vstupem soustavy je procento otevření ventilu (0 až 100), výstupem je teplota ohřátého vzduchu.

Přenos soustavy:

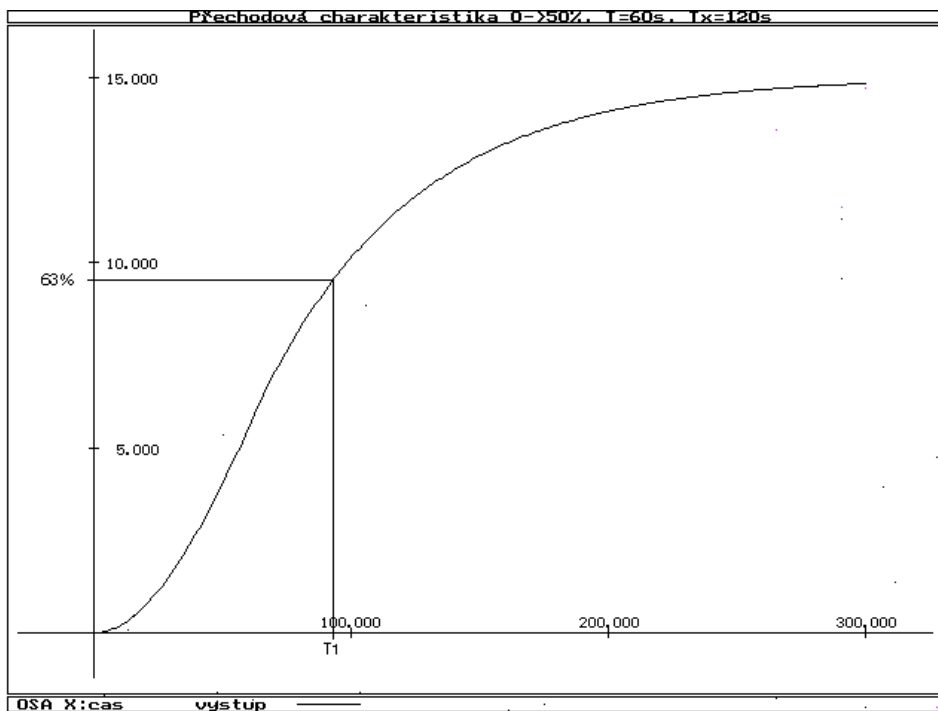
$$F_s(p) = \frac{K_s}{T_p + 1}$$

Jelikož regulační ventil nelze přestavit na požadovanou hodnotu za nekonečně krátkou dobu, ale přestavuje se vždy nějakou definovanou rychlostí, projevuje se vliv ventilu jako další nelinearita.

- Přibližná přechodová charakteristika soustavy, pokud by se ventil přestavoval okamžitě



- Přibližná přechodová charakteristika soustavy s uvažováním vlivu ventilu (časová konstanta soustavy je 60s a doba přeběhu ventilu T_x z 0% na 100% je 120s)



Návrh regulátoru:

Základním požadavkem je nulová ustálená odchylka, regulace nemusí být příliš rychlá, naopak je lepší, když má systém málo kmitavý až přetlumený charakter. Vhodný typ regulátoru je PI, jehož přenos je:

$$F_R(p) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) = K_R \frac{T_i p + 1}{T_i p}$$

Přenos otevřené smyčky bez uvažování vlivu ventilu je potom:

$$F_0(p) = \frac{K_R K_s}{T_i} \frac{T_i p + 1}{p(T_p + 1)} = K_0 \frac{T_i p + 1}{p(T_p + 1)}$$

Konstanty regulátoru je vhodné navrhnout tak, že integrační časovou konstantu T_i zvolíme stejnou jako je časová konstanta soustavy T_s . Zesílení určíme přibližně tak, aby byl systém na mezi aperiodicity. Pro zesílení otevřené smyčky na mezi aperiodicity platí:

$$K_0 = \frac{1}{T}$$

Odtud je zesílení regulátoru:

$$K_R = \frac{1}{K_s}$$

Časová konstanta uzavřeného systému je za těchto předpokladů stejná, jako je časová konstanta soustavy. Rychlost odezvy uzavřeného obvodu tedy odpovídá rychlosti odezvy otevřeného obvodu.

Vliv filtrace měření:

Měřený výstup soustavy se většinou filtruje pomocí filtru 1.řádu (modul Filtr1R), aby se eliminoval šum. Časová konstanta filtru by měla být mnohem menší (alespoň o 1 řád) než je časová konstanta soustavy, aby se nenarušila regulace. "Zpoždění" měření má obecně negativní vliv na proces regulace.

Výpočet časové konstanty z parametrů modulu Filtr1R:

$$T = \frac{\Delta T}{1 - p}$$

kde ΔT je perioda procesu a p je koeficient filtru.

Postup při návrhu regulátoru:

□ určení parametrů soustavy

Parametry je nejlepší určit z naměřené přechodové charakteristiky. Změříme 2 odezvy na skok vstupu soustavy a parametry určíme průměrem ze dvou měření:

- 1) skok 0%→50% otevření ventilu
- 2) skok 50%→100% otevření ventilu

Před měřením je nutné dbát na to, aby byl systém v klidu, tj. aby se teplota ohřátého vzduchu neměnila. Na konci měření by se měla teplota opět ustálit.

Zesílení soustavy je dáno:

$$K_s = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

Δy je rozdíl teplot na konci a na začátku měření

Δu je rozdíl hodnot vstupů na konci a na začátku měření tj 50%

Časová konstanta se určí jako doba, za kterou výstup dosáhne 63% své ustálené hodnoty. Takto změřená časová konstanta je větší než skutečná časová konstanta soustavy, protože systém je pomalejší v důsledku vlivu regulačního ventilu. Pro určení časové konstanty regulátoru je však toto přiblížení dostatečné, jelikož regulátor bude v důsledku toho taky "pomalejší", což je vhodné.

□ parametry regulátoru

Integrační časová konstanta se zvolí stejná, jako je naměřená časová konstanta soustavy. Zesílení je dáno vztahem:

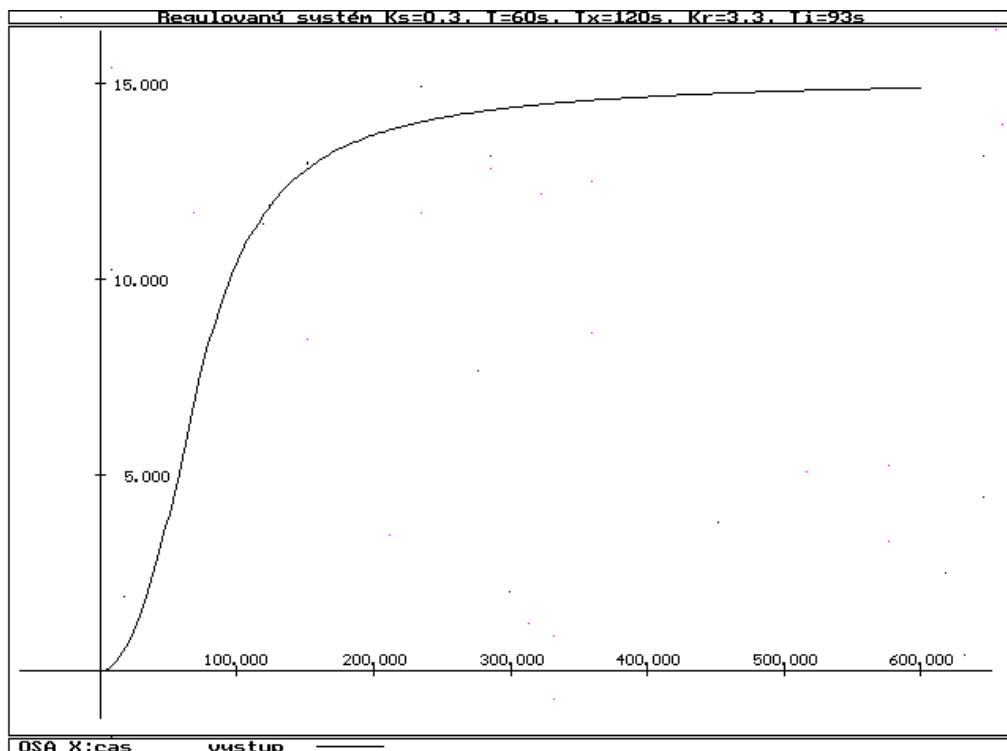
$$K_R = \frac{1}{K_s}$$

□ doladění regulátoru

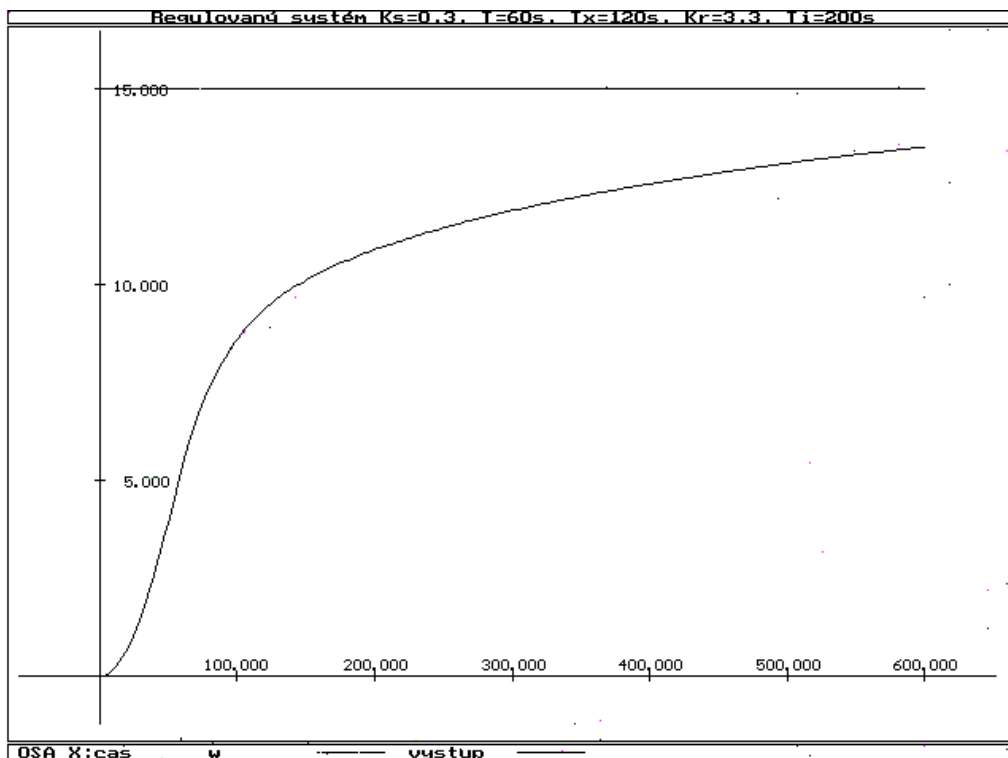
Pokud je systém příliš kmitavý, je nutno zmenšit zesílení. Opačně při přetlumeném systému lze zesílení zvětšit.

Příklad odezvy systému na skok žádané hodnoty z 0 na 15 st.C, což odpovídá 50% maxima. Parametry soustavy jsou $T=60s$, doba přeběhu ventilu $T_x=120s$, zesílení $K=0.3$ (tj. 0% až 100% otevření ventilu odpovídá ustálená teplota 0 až 30 st.C).

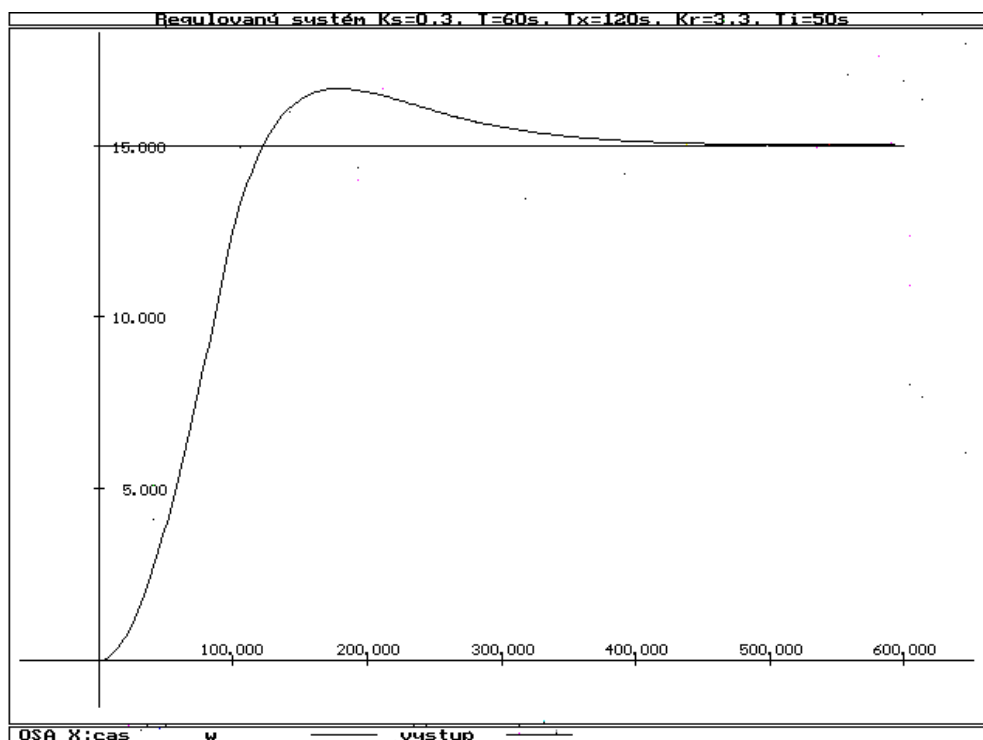
- 1) Regulátor vypočtený dle návodu $K_r=3.3$, $T_i=93s$:



2) Regulator s dvojnásobnou integrační časovou konstantou $T_i=200s$:



3) Regulator s poloviční integrační časovou konstantou $T_i=50s$:



2. Regulace teploty v místnosti

Pomocí regulačního ventilu páry (0..100% otevření) se reguluje teplota v místnosti. K dříve popsanému modelu soustavy přibývá časová konstanta místnosti. Soustava se tak dá popsat přenosem 2. řádu:

$$F(p) = \frac{K_S}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

kde T_1 je časová konstanta výměníku a T_2 je časová konstanta místnosti

Jelikož T_2 je zřejmě mnohem větší než T_1 , je možné časovou konstantu výměníku zanedbat a soustava je popsána opět přenosem 1. řádu.

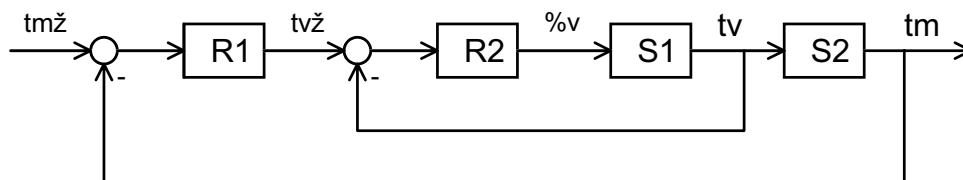
Návrh regulátoru je stejný jako v případě regulace teploty ohřátého vzduchu. Vychází se z naměřené přechodové charakteristiky soustavy, kde vstupem je procento otevření ventilu a výstupem je teplota v místnosti.

Jelikož regulátor je navržen jako bezpřekmitový, neměla by teplota ohřátého vzduchu během regulačního děje příliš kolísat mezi extrémy. Extrémní kolísání může být totiž dost nevhodné, pokud ohříváný vzduch fouká přímo na někoho v místnosti.

Pokud je nutné udržovat teplotu ohřátého vzduchu v pevných mezích, lze problém vyřešit dvěma regulátory:

Regulátor $R2$ reguluje teplotu ohřátého vzduchu tv na základě žádané hodnoty $tvž$, kterou dodává regulátor $R1$. Ten ji počítá na základě žádané teploty v místnosti $tmž$. Žádaná teplota ohřátého vzduchu $tvž$ je omezena danými mezemi. Je to vlastně omezení regulátoru $R1$. Omezení regulátoru $R2$ je 0 až 100%.

Parametry regulátorů se navrhnou popsanou metodou. Vyjde se z přechodové charakteristiky teploty ohřátého vzduchu na "skok" otevření ventilu a z přechodové charakteristiky teploty v místnosti na skok teploty ohřátého vzduchu. Skok teploty ohřátého vzduchu se realizuje jako skok otevření ventilu, pouze při výpočtu zesílení se musí jako diference vstupu uvažovat rozdíl ustálených teplot ohřátého vzduchu namísto rozdílu procent otevření ventilu.



S1 ... výměník
S2 ... místnost