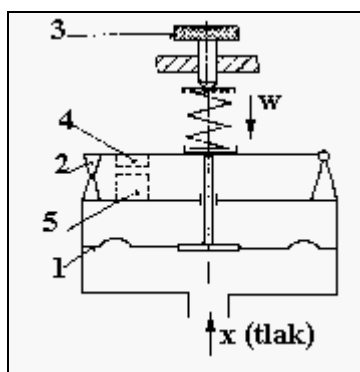


7. Nespojité regulátory

Nespojitý regulátor je regulátor, jehož výstupní signál nezávisí spojitě na vstupním signálu. Vyznačuje se tím, že akční veličina se nemění spojitě, nýbrž může nabývat pouze omezeného počtu hodnot. To znamená, že regulační orgán u nespojitých regulátorů může zaujmout dvě nebo více pevných poloh, přičemž jeho pohyb mezi pevnými polohami probíhá skokem. Podle počtu pevných poloh, které mohou nespojité regulátory zaujmout, můžeme je rozdělit na dvoupolohové a vícepolohové. Nespojité regulátory patří mezi nejrozšířenější regulátory hlavně pro svoji jednoduchou konstrukci a cenovou dostupnost.

7.1 Dvoupolohový regulátor

Nejjednodušším nespojitým regulátorem je regulátor dvoupolohový u kterého při poklesu regulované veličiny pod žádanou hodnotu nabývá akční veličina určitou pevnou hodnotu a při překročení žádané hodnoty dosáhne jiné pevné hodnoty, zpravidla nulové. S činností dvoupolohového regulátoru se seznámíme u regulátoru tlaku. Regulovaná veličina (tlak) se snímá pomocí membrány a porovnává se s veličinou žádanou, kterou si můžeme nastavit. Je-li regulovaný tlak nižší než tlak nastavený, jsou spínací kontakty spojeny a naopak, je-li regulovaný tlak vyšší než žádaný, kontakty se rozpojí. Tímto způsobem lze regulovat tlak dodávaný kompresorem, který je prostřednictvím regulátoru střídavě zapínán a vypínán.

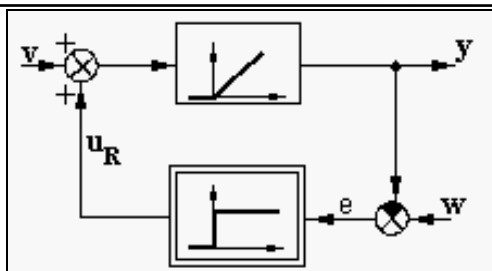


Obr. 1a Dvoupolohový regulátor tlaku, 1 - membrána, 2 - kontakt, 3 - točítka (šroub) pro nastavení žádané hodnoty, 4 - železná destička, 5 - magnet

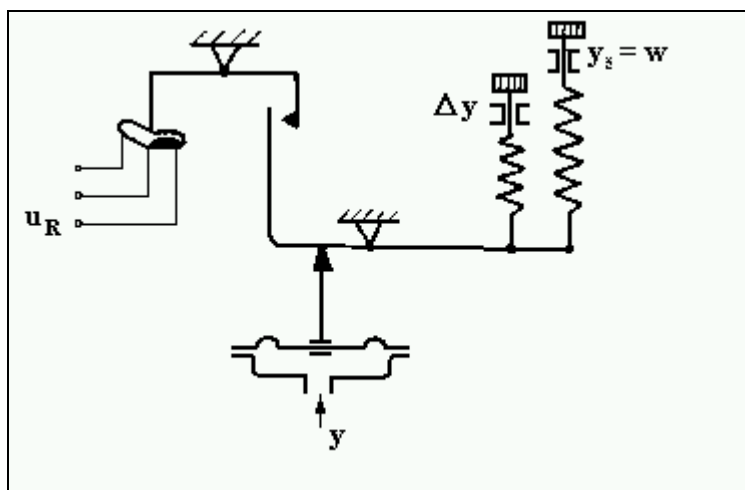
Předpokládejme regulační obvod podle obr. 1b, který je tvořen astatickou regulovanou soustavou bez setrvačnosti a dvoupolohovým regulátorem. Jde o regulaci hladiny v otevřené nádrži.

Pro měření výšky hladiny - skutečné hodnoty regulované veličiny, se využívá hydrostatického působení sloupce kapaliny, takže lze použít jako regulátoru manostatu podle obr. 1c, který je vybaven membránovým převodníkem.

Kromě stavědla pro žádanou hodnotu y_z je regulátor vybaven stavědlem pro spínací diferenci regulované veličiny Δy . Pohyb z membránového převodníku tlaku je přenášén na výkyvnou páku vyvažovanou tahem obou pružin. Spínání a rozpínání obvodu akční veličiny u_R je provedeno rtuťovým spínačem.



Obr. 1b Blokové schéma regulačního obvodu s astatickou regulovanou soustavou a dvupolohovým regulátorem

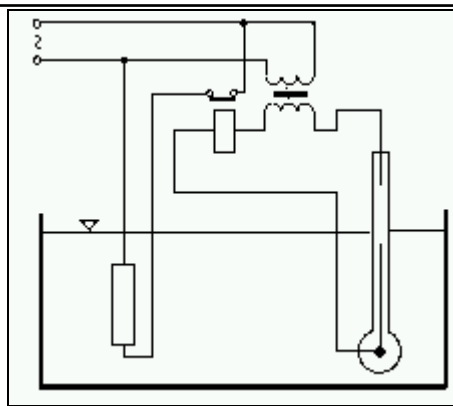


Obr. 1c Manostat - funkční schéma

7.2 Regulační obvod

Regulační pochod udává průběh regulované veličiny v regulačním obvodu a lze jej vyvolat změnou řídicí nebo poruchové veličiny. Mění-li se řídicí veličina (nastavení), je úkolem regulátoru co nejrychleji dosáhnout nové žádané hodnoty. Mění-li se poruchová veličina (zatížení), požadujeme, aby regulátor v co nejkratším čase odstranil vliv poruchové veličiny na regulovanou veličinu a udržel ji na žádané hodnotě.

a) Dvupolohový regulátor na soustavě statické jednokapacitní. Činnost dvupolohového regulátoru na statické soustavě jednokapacitní si vysvětlíme na příkladě regulace teploty v nádrži. Regulovaná soustava je tvořena vodní nádrží ohřivanou ponorným topným tělesem. Regulátor teploty, v našem případě kontaktní teploměr, který je napájen přes transformátor, ovládá pomocí relé zapínání topného tělesa. Regulovanou veličinou je teplota vody, akční veličinou elektrické napětí přiváděné na topné těleso (obr. 2).



Obr. 2 Regulační obvod pro regulaci teploty

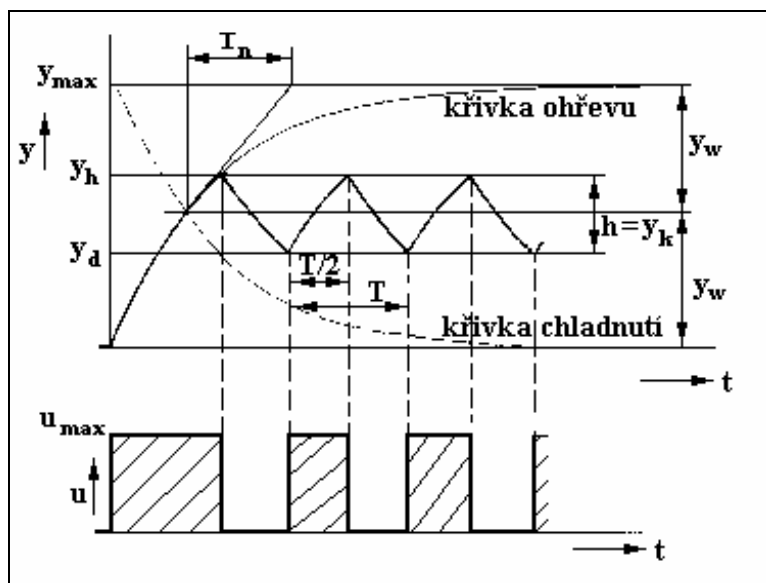
Po připojení zdroje napětí se teplota začne zvyšovat podle přechodové charakteristiky statické soustavy jednokapacitní (podle křivky ohřevu). Zvyšování teploty pokračuje až do té doby, kdy regulovaná veličina dosáhne hodnoty y_h . V tomto okamžiku rozpojovací kontakt relé přeruší přívod elektrického proudu do topného tělesa. Teplota se bude snižovat podle přechodové charakteristiky statické soustavy jednokapacitní (podle křivky chladnutí). Jakmile se regulovaná veličina zmenší na hodnotu y_d , uzavře rozpojovací kontakt relé topný obvod a regulovaná veličina začne opět přibývat. Tento cyklus se stále opakuje. Regulovaná veličina bude trvale kmitat mezi hodnotami y_d a y_h .

Průběh regulované veličiny - regulační pochod a průběh akční veličiny jednokapacitní soustavy s dvupolohovým regulátorem je na obr. 3. Charakteristickými veličinami regulačního pochodu v regulačním obvodu s nespojitým regulátorem jsou:

Nespojité regulátory

Šířka pásma kmitání regulované veličiny	y_k	Rozsah, ve kterém regulovaná veličina periodicky kmitá.
Perioda kmitu	T	Délka periody kmitání u nespojitého regulátoru
Frekvence (četnost) spínání	f	Počet zapnutí nebo vypnutí za časovou jednotku.

V našem případě dvupolohový regulátor udržuje regulovanou veličinu v mezích y_h a y_d . Šířka pásma kmitání je tedy shodná s hysterezí h a lze ji volbou velikosti hystereze ovlivnit.



Obr. 3 Dvupolohový regulátor na jednokapacitní statické soustavě

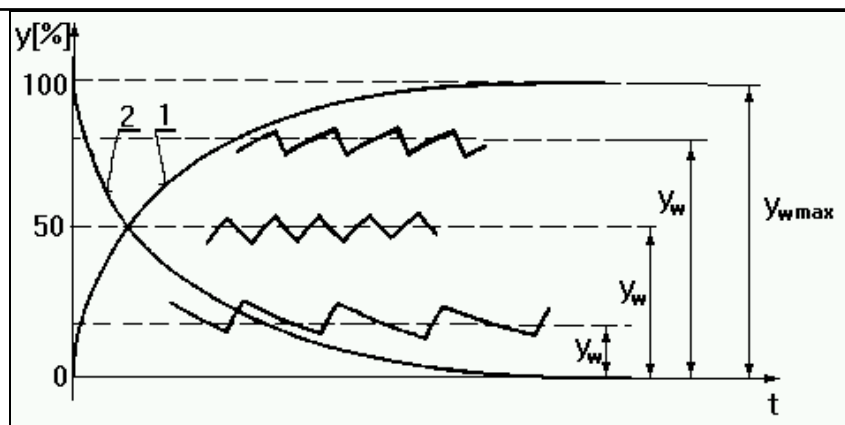
Při zmenšování hystereze h a zkracování doby náběhu T_n kmitočet f roste. To nepříznivě ovlivňuje životnost regulátoru. Proto v řadě případů, kde se nevyžaduje velká přesnost dodržování regulované veličiny a její větší kolísání není na závadu, volíme raději větší hysterezi. Život regulátoru tím prodloužíme.

Na průběh pracovních kmitů má rovněž vliv žádaná hodnota regulované veličiny, což je zřejmé z následujícího obr. 4, kde

1- charakteristika zdroje - příkonu (křivka ohřevu)

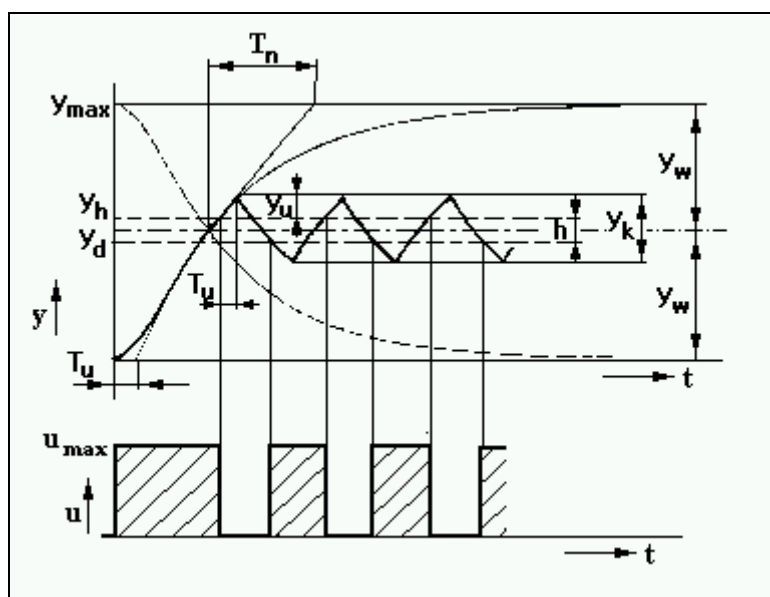
2 - charakteristika nádrže (křivka chlazení)

y_w - různé žádané hodnoty regulované veličiny



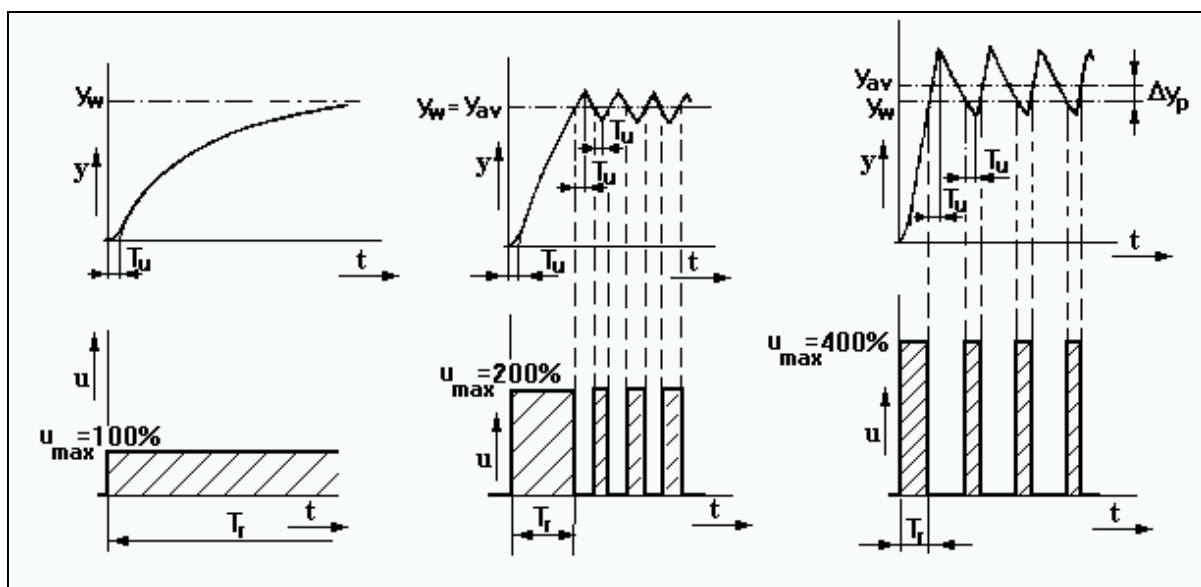
Obr. 4 časový průběh pracovních kmitů dvupolohového regulátoru připojeného ke statické soustavě 1. řádu pro různé hodnoty y_w

b) Dvupolohový regulátor na statické soustavě dvoukapacitní. Na rozdíl od soustavy jednokapacitní, kde na šířku pásma kmitání regulované veličiny měla vliv pouze hystereze a vlastnosti soustavy se neuplatnily, je tomu u soustavy dvoukapacitní jinak. Jak je patrné z obr. 5,



Obr. 5 Dvupolohový regulátor na dvoukapacitní statické soustavě

Při zapnutí nebo vypnutí akční veličiny nekolísá regulovaná veličina pouze v pásmu vymezeném hysterezí regulátoru. Je to způsobeno tím, že regulovaná veličina, i když dosáhne hodnoty y_h a akční veličina se přepojí na nulu, nezačne okamžitě ubývat, nýbrž dále narůstá. Je to způsobeno zpožděním v soustavě, které je dáno velikostí doby průtahu T_u . Teprve po uplynutí T_u začne regulovaná veličina ubývat. Je zřejmé, že kmitání regulované veličiny se projeví i v případě kdy hystereze bude nulová.

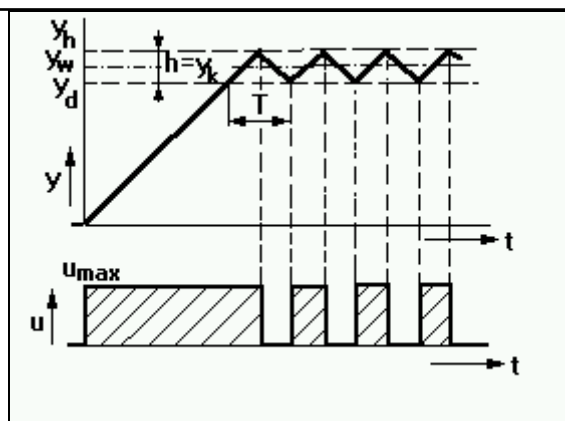


Obr. 6 Průběh regulované a akční veličiny při různých hodnotách rozsahu akční veličiny, a) 100% rozsah akční veličiny (0% nadbytku výkonu), b) 200% rozsah akční veličiny (100% nadbytek výkonu), c) 400% rozsah akční veličiny (300% nadbytek výkonu)

Doposud jsme se seznámili se třemi charakteristickými veličinami regulačního pochodu y_k , T a f . Další charakteristickou veličinou regulačního pochodu v regulačním obvodu s nespojitým regulátorem je doba rozběhu T_r . Je to doba potřebná k tomu, aby po zapnutí regulačního obvodu skutečná hodnota regulované veličiny poprvé dosáhla žádané veličiny. Tuto dobu lze ovlivnit volbou rozsahu akční veličiny, tj. změnou výkonu zdroje.

Čím je nadbytek výkonu větší, tím kratší je doba rozběhu. Se změnou akční veličiny se však mění kromě jiného i amplituda kmitání regulované veličiny y_k , která se rovněž zvětšuje s rostoucí akční veličinou. Na obr. 6 můžeme ještě sledovat další vliv změny akční veličiny, a to posunutí střední hodnoty regulované veličiny y_{av} . Pouze při 100% nadbytku výkonu se požadovaná hodnota shoduje se střední hodnotou regulované veličiny. V ostatních případech existuje regulační odchylka Δy_p . Proto je vhodné volit akční veličinu se 100% nadbytkem výkonu.

c) Dvoupolohový regulátor na astatické soustavě jednokapacitní. Na obr. 7 je průběh regulované veličiny v regulačním obvodu s dvoupolohovým regulátorem na astatické soustavě jednokapacitní.



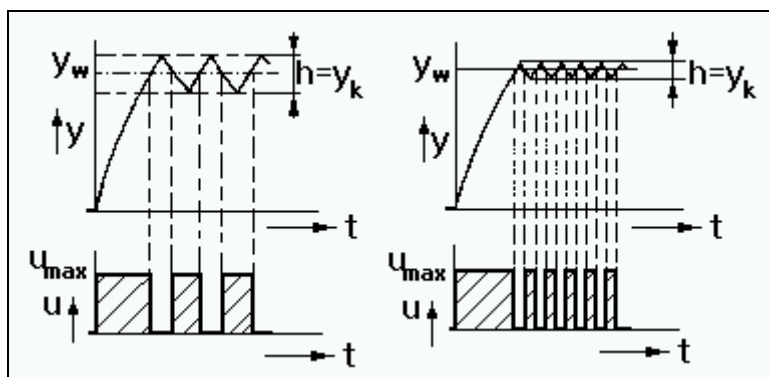
Obr. 7 Dvoupolohový regulátor na jednokapacitní astatické soustavě

Regulovaná veličina trvale kolísá mezi hodnotami y_d a y_h

7.3 Opatření pro zkvalitnění regulačních pochodů řízených nespojitými regulátory

Charakteristickými veličinami regulačního pochodu v regulačním obvodu s nespojitým regulátorem jsou šířka pásma kmitání regulované veličiny y_k , doba rozběhu T_r a kmitočet spínání f , podle kterých můžeme posoudit jakost regulačního pochodu.

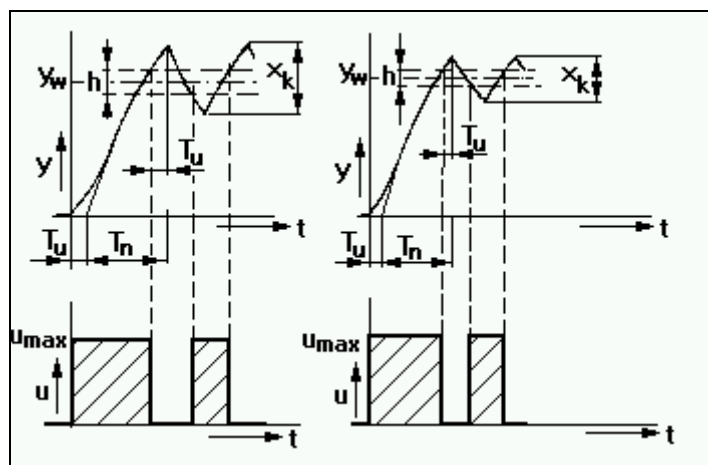
Dále se především zaměříme na nejdůležitější charakteristickou veličinu - kmitání regulované veličiny y_k . V některých případech nám nevadí větší kmitání regulované veličiny y_k , existují však četné případy, kde požadujeme, aby šířka pásma kmitání byla co nejmenší. Abychom mohli tento požadavek splnit, využijeme některého z uvedených způsobů.



Obr. 8 Zkvalitnění regulačního pochodu zmenšením hystereze

a) **Zmenšení hystereze** (obr. 8). Tohoto způsobu zúžení šířky pásma kmitání regulované veličiny y_k používáme pouze u regulovaných soustav jednokapacitních. U ostatních regulovaných soustav je podíl hystereze na šířce pásma kmitání nepatrný (je však třeba si uvědomit, že se zmenšením hystereze narůstá frekvence spínání - život regulátoru se zkracuje).

b) **Zkrácení doby průtahu** (obr. 9). Jak je patrné z obr. 9, lze značně zúžit šířku pásma kmitání regulované veličiny zkrácením doby průtahu. Abychom však dosáhli zkrácení doby průtahu, musíme se postarat při návrhu regulačního obvodu o rychlý přenos signálu regulované veličiny na akční člen.

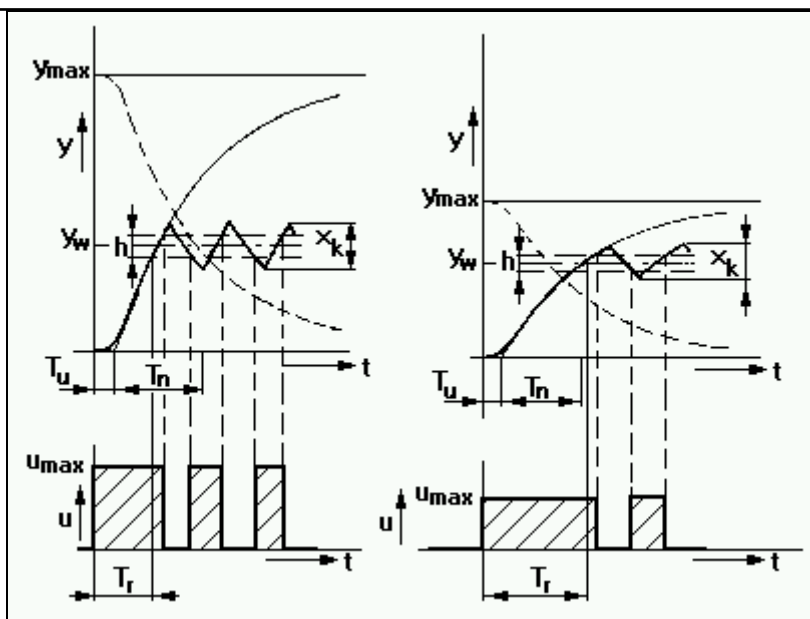


Obr. 9 Zkvalitnění regulačního pochodu zkrácením doby průtahu

Toho lze dosáhnout vhodným uspořádáním regulačního obvodu (měřicí člen je co nejblíže k akčnímu členu, pokud tomu nebrání provozní podmínky), vhodným umístěním snímače (aby mohl co nejrychleji reagovat na změny regulované veličiny) a v poslední řadě použitím přístrojů s velmi dobrými dynamickými vlastnostmi.

c) **Prodloužení doby náběhu**. Šířku pásma kmitání regulované veličiny lze zúžit i prodloužením doby náběhu, ale to má smysl pouze tehdy, pokud se současně neprodlouží i doba průtahu. Doba průtahu lze prodloužit zvětšením kapacity regulované soustavy. To lze uskutečnit pouze v těch případech, kde lze konstrukčně změnit regulovanou soustavu. Tak například, je-li regulovanou soustavou nádrž s kapalinou, lze jejím zvětšením dosáhnout delší doby náběhu a tím i příznivějšího kolísání regulované veličiny.

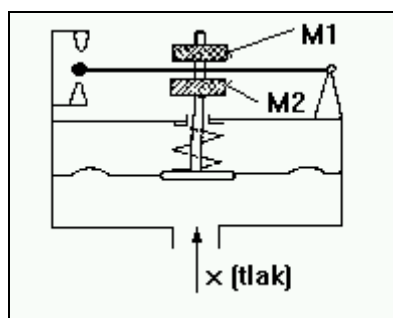
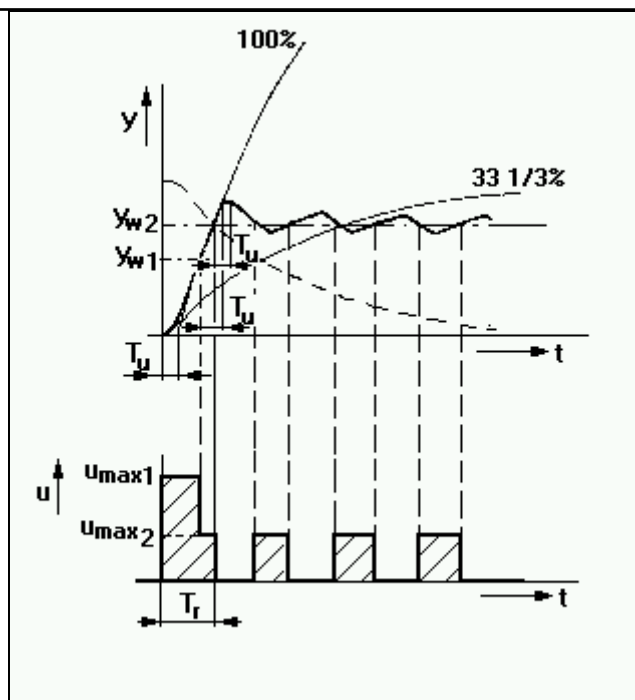
d) **Zmenšením maximální velikosti akční veličiny**. Další možnost, jak lze zúžit šířku pásma kmitání regulované veličiny, je zmenšit maximální hodnotu akční veličiny. Toto opatření je však nevýhodné tím, že zmenšováním maximální hodnoty akční veličiny se nejen zužuje šířka pásma kmitání, ale zároveň se prodlužuje doba rozběhu T_r . Většinou se však požaduje krátká doba rozběhu a abychom jí dosáhli, musíme mít k dispozici pokud možno co největší maximální hodnotu akční veličiny. Vidíme, že požadavky na jakostní regulační pochod, který by měl mít úzké pásmo kmitání regulované veličiny a zároveň i krátkou dobu rozběhu, jsou protichůdné a nelze je splnit pomocí jednoduchého dvupolohového regulátoru.



Obr. 10 Zkvalitnění regulačního pochodu zmenšením maximální velikosti akční veličiny resp. prodloužením doby náběhu

e) **Třípolohový regulátor.** Požadavek na krátkou dobu rozběhu a zároveň i úzké pásmo kmitání regulované veličiny umožní splnit třípolohový regulátor. U třípolohového regulátoru můžeme nastavit celkem tři hodnoty akční veličiny, a jestliže tyto hodnoty zvolíme vhodným způsobem, můžeme dosáhnout značného zkvalitnění regulačního pochodu (viz příklad regulace teploty v elektricky vytápěné peci na obr. 12).

U elektrických pecí se velmi často používá regulace trojúhelník-hvězda-vypnuto. Při spojení topných těles do trojúhelníka má pec velký topný výkon, z čehož vyplývá velmi krátká doba rozběhu. Před dosažením žádané hodnoty se přepojí z trojúhelníka na hvězdu. Tím se topný výkon zmenší na $1/3$. Vlastní regulace již probíhá s tímto výkonem.



Obr. 12 Třípolohový regulátor na dvoukapacitní statické soustavě