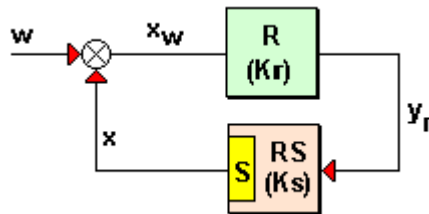


NESPOJITÁ DVOUSTAVOVÁ REGULACE

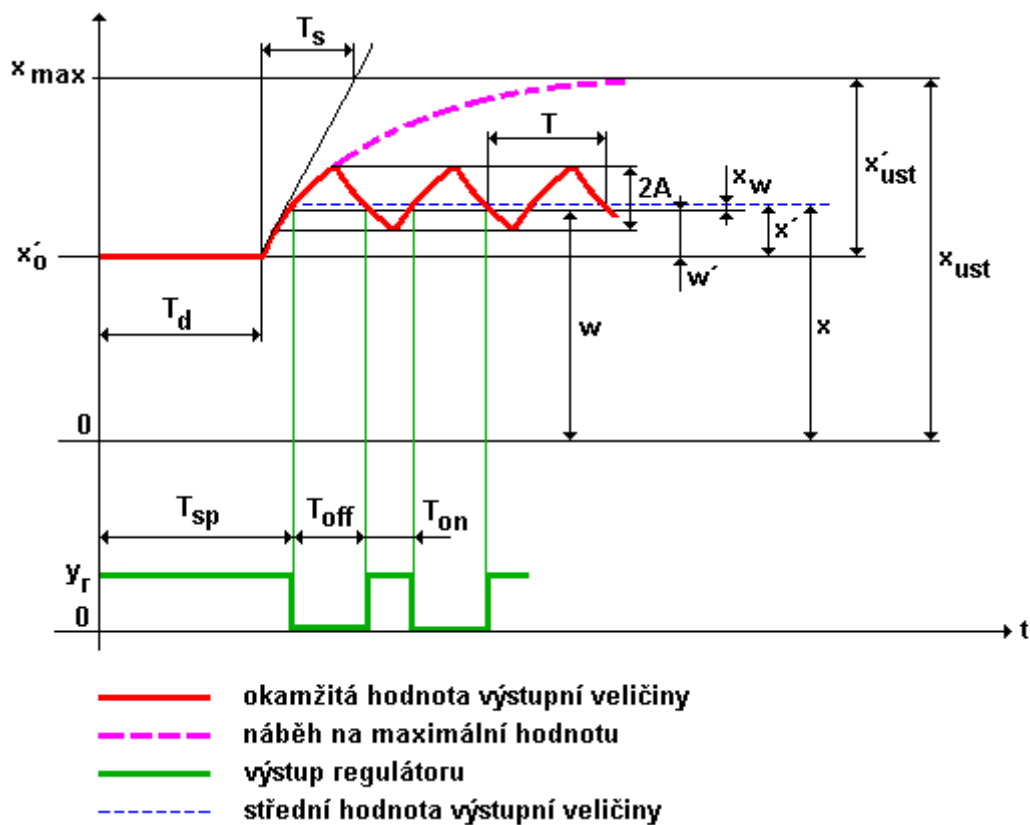
ČASOVÝ DIAGRAM A POPIS VELIČIN



Obr.1 - Zjednodušené blokové schéma regulačního obvodu

Poznámka:

Pro zjednodušené řešení obvodu s nespojitou regulací uvažujeme ustálený stav regulované soustavy, bez vlivu poruchové veličiny Z na vstupu soustavy.



Obr.2 - Časový diagram a veličiny nespojité regulace

Tab.1 - Veličiny v obvodu nespojitě regulace

veličina	název veličiny	popis veličiny
x_0'	počáteční hodnota	ustálená hodnota na výstupu regulované soustavy pro $y_r = 0$ (bez přívodu energie)
w	řízení	požadovaná hodnota na výstupu regulované soustavy
w'	relativní řízení	požadovaná hodnota na výstupu regulované soustavy vzhledem k počáteční hodnotě x_0'
x_w	regulační odchylka	rozdíl mezi požadovanou a skutečnou hodnotou na výstupu regulované soustavy
x	výstup soustavy	střední hodnota na výstupu regulované soustavy v ustáleném stavu
x'	relativní výstup soustavy	rozdíl mezi počáteční a střední hodnotou na výstupu regulované soustavy v ustáleném stavu
$2A$	kolísání výstupní veličiny	mezivrcholová hodnota kolísání hodnoty na výstupu regulované soustavy v ustáleném stavu
x_{max}	okamžité maximum	maximální hodnota na výstupu regulované soustavy v ustáleném režimu regulace
x_{min}	okamžité minimum	minimální hodnota na výstupu regulované soustavy v ustáleném režimu regulace
x_{ust}	ustálená hodnota	maximální hodnota na výstupu regulované soustavy při trvalém y_r (bez regulace)
x'_{ust}	relativní ustálená hodnota	maximální hodnota na výstupu regulované soustavy při trvalém y_r (bez regulace) vzhledem k počáteční hodnotě x_0'
T_d	dopravní zpoždění	časová prodleva mezi počátkem přívodu energie do regulované soustavy a počátkem změny na jejím výstupu
T_s	doba náběhu (setrvačnost soustavy)	udává dobu, za kterou by regulovaná soustava dosáhla bez regulace lineárně maximální výstupní hodnoty
T_{sp}	spínací doba (čas prvního sepnutí)	doba, za kterou výstup regulované soustavy poprvé dosáhne nastavené hodnoty
T	perioda	doba, za kterou se v ustáleném stavu opakuje regulační cyklus obvodu
T_{on}	doba zapnutí	doba přívodu energie do regulované soustavy v průběhu jedné periody v ustáleném stavu
T_{off}	doba vypnutí	doba bez přívodu energie do regulované soustavy v průběhu jedné periody v ustáleném stavu

VÝPOČET JEDNODUCHÉ DVOUSTAVOVÉ REGULACE

zadáno: x_0' , x_{ust} , T_d , T_s

regulační odchylka (obecně) $x_w = w - x = w' - x'$ (1)

relativní ustálená hodnota $x'_{ust} = x_{ust} - x'_0$ (2)

relativní řízení $w' = w - x'_0$ (3)

regulační odchylka $x_w = \frac{T_d}{T_s} \cdot \left(w' - \frac{x'_{ust}}{2} \right)$ (4)

kolísání výstupní veličiny $2A = \frac{T_d}{T_s} \cdot x'_{ust}$ (5)

doba prvního sepnutí $T_{sp} = T_d + T_s \cdot \ln \left(\frac{x'_{ust}}{x'_{ust} - w'} \right)$ (6)

perioda regulačního cyklu $T = \frac{T_d}{\frac{w'}{x'_{ust}} \cdot \left(1 - \frac{w'}{x'_{ust}} \right)}$ (7)

kdy současně platí $T = T_{on} + T_{off}$ (8)

poměr doby vypnutí a zapnutí $\frac{T_{off}}{T_{on}} = \frac{x'_{ust}}{w'} - 1$ (9)

úpravou rovnice (1) $x = x_w + w$ (10)

a dosazením (4) do (10) určíme hodnotu výstupní veličiny

$$x = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot \left(w' - \frac{x'_{ust}}{2} \right) \quad (11)$$

za předpokladu symetrického kolísání výstupní veličiny určíme okamžité maximum výstupní veličiny jako

$$x_{max} = x + \frac{2A}{2} \quad (12)$$

dosazením (5) a (11) do (12)

$$x_{max} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot \left(w' - \frac{x'_{ust}}{2} \right) + \frac{T_d \cdot x'_{ust}}{2 \cdot T_s} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot w' \quad (13)$$

po úpravě (13) s využitím (3)

$$x_{\max} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot (w - x'_0) \quad (14)$$

obdobně určíme okamžité minimum výstupní veličiny jako

$$x_{\min} = x - \frac{2A}{2} \quad (15)$$

dosazením (5) a (10) do (15)

$$x_{\min} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot \left(w' - \frac{x'_{ust}}{2} \right) - \frac{T_d \cdot x'_{ust}}{2 \cdot T_s} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot (w' - x'_{ust}) \quad (16)$$

s využitím rovnic (2) a (3) a dosazením do (16)

$$x_{\min} = w + \frac{T_d}{T_s} \cdot (w - x_{ust}) \quad (17)$$

pro výpočet doby zapnutí T_{on} a doby vypnutí T_{off} vyjdeme z rovnic (8) a (9)

z (9) vyjádříme T_{off}

$$T_{off} = T_{on} \cdot \left(\frac{x'_{ust}}{w'} - 1 \right) \quad (18)$$

dosazením do (8)

$$T = T_{on} + T_{on} \cdot \left(\frac{x'_{ust}}{w'} - 1 \right) = T_{on} \cdot \left(1 + \frac{x'_{ust}}{w'} - 1 \right) = T_{on} \cdot \frac{x'_{ust}}{w'} \quad (19)$$

po úpravě a dosazení (7) do (19)

$$T_{on} = T \cdot \frac{w'}{x'_{ust}} = \frac{T_d}{\frac{w'}{x'_{ust}} \cdot \left(1 - \frac{w'}{x'_{ust}} \right)} \cdot \frac{w'}{x'_{ust}} \quad (20)$$

odtud po zkrácení doba zapnutí

$$T_{on} = \frac{T_d}{1 - \frac{w'}{x'_{ust}}} \quad (21)$$

rovnici (21) dosadíme do (18)

$$T_{off} = \frac{T_d}{1 - \frac{w'}{x'_{ust}}} \cdot \left(\frac{x'_{ust}}{w'} - 1 \right) \quad (22)$$

a postupně upravíme

$$T_{off} = T_d \cdot \frac{\frac{x'_{ust}}{w'} - 1}{1 - \frac{w'}{x'_{ust}}} = T_d \cdot \frac{\frac{x'_{ust} - w'}{w'}}{\frac{x'_{ust} - w'}{x'_{ust}}} = T_d \cdot \frac{x'_{ust} \cdot (x'_{ust} - w')}{w' \cdot (x'_{ust} - w')} \quad (23)$$

doba vypnutí

$$T_{\text{off}} = T_d \cdot \frac{X'_{\text{ust}}}{W'} \quad (24)$$

pro kontrolu správnosti odvození ověříme zda se rovnají (7) a (8), kdy do (8) dosadíme (21) a (24)

$$\frac{T_d}{\frac{W'}{X'_{\text{ust}}} \cdot \left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right)} = \frac{T_d}{1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}} + T_d \cdot \frac{X'_{\text{ust}}}{W'}$$

upravíme pravou stranu

$$\frac{T_d}{1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}} + T_d \cdot \frac{X'_{\text{ust}}}{W'} = T_d \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}} + \frac{X'_{\text{ust}}}{W'} \right) = T_d \cdot \left(\frac{W' + X'_{\text{ust}} \cdot \left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right)}{\left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right) \cdot W'} \right) = T_d \cdot \left(\frac{W' + X'_{\text{ust}} - W'}{\left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right) \cdot W'} \right)$$

výraz v závorce rozšíříme $1/x'_{\text{ust}}$ a upravíme

$$T_d \cdot \left(\frac{\frac{X'_{\text{ust}}}{\left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right) \cdot W'} \cdot \frac{1}{X'_{\text{ust}}}}{\frac{1}{X'_{\text{ust}}}} \right) = \frac{T_d}{\left(1 - \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}\right) \cdot \frac{W'}{X'_{\text{ust}}}}$$

výsledná rovnice je totožná s rovnicí (7)

Použitá literatura:

LOKVENC, J. *Automatizace a kybernetika*. Rukopis přednášek. Hradec Králové. Pedagogická fakulta. Katedra fyziky a základů techniky - oddělení ZT. 1985.