

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



ZÁKLADY AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ

13. týden

doc. Ing. Renata WAGNEROVÁ, Ph.D.

Ostrava 2013

© doc. Ing. Renata WAGNEROVÁ, Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3054-4



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	SYNTÉZA REGULAČNÍCH OBVODŮ	3
1.1	Metoda požadovaného modelu	4
1.2	Jednoduché aproximační metody	6
2	POUŽITÁ LITERATURA	8



1 SYNTÉZA REGULAČNÍCH OBVODŮ



OBSAH KAPITOLY:

Analytické metody syntézy



MOTIVACE:

Syntézou regulačních obvodů rozumíme návrh struktury regulačního obvodu a jeho parametrů tak, aby obvod splňoval požadavky kladené na regulační pochod. Do syntézy zahrnujeme pouze teoretický návrh regulačního obvodu a nikoliv i následnou volbu technické realizace návrhu. Při návrhu regulačního obvodu však vycházíme z provozních podmínek (např. rozměry a hmotnost zařízení, pracovní prostředí, režim provozu apod.), kladených na regulační obvod



CÍL:

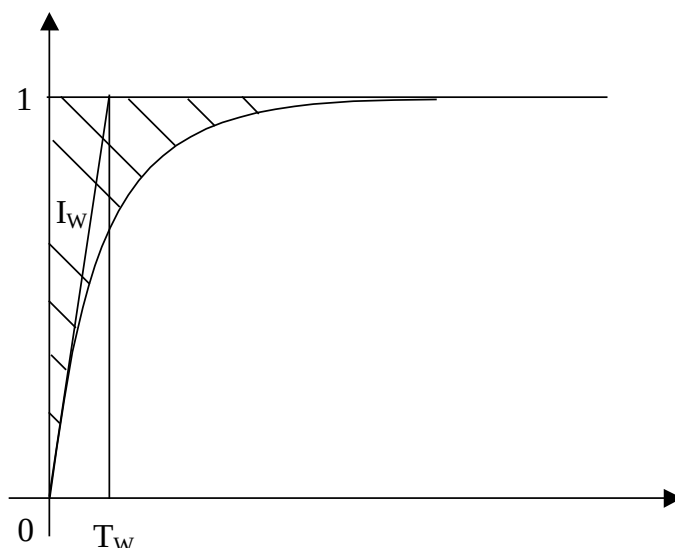
Po prostudování budete umět

- definovat pojem syntéza regulačního obvodu.
- popsat čtyři metody syntézy regulačních obvodů (Zieglerovy – Nicholsovy metody, metodu požadovaného modelu).
- seřadit regulátor metodou kritických parametrů.

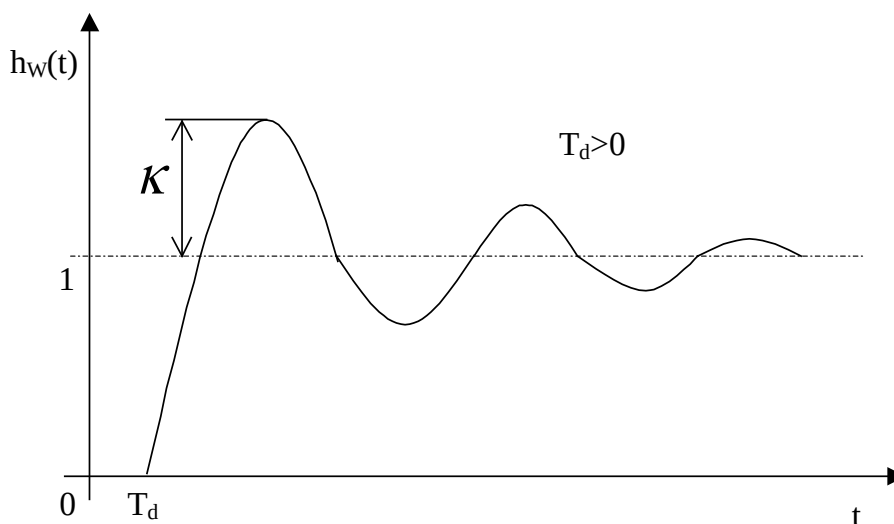


1.1 METODA POŽADOVANÉHO MODELU

Tato metoda je použitelná pro lineární spojité i diskrétní regulační obvody, umožňuje snadné a rychlé seřízení standardních typů analogových i číslových regulátorů pro základní typy regulovaných soustav i s dopravním zpožděním. Typ regulátoru je doporučen z hlediska vlastností regulované soustavy a požadavku na nulovou trvalou regulační odchylku způsobenou skokovou změnou polohy žádané veličiny, resp. poruchy působící na výstupu regulované soustavy. [ŠULC&VÍTEČKOVÁ 2004], [VÍTEČKOVÁ&VÍTEČEK 2006]



Obrázek 2.96 - Předpokládaný průběh přechodové charakteristiky RO pro regulované soustavy bez dopravního zpoždění



Obrázek 2.97 - Předpokládaný průběh přechodové charakteristiky RO pro regulované soustavy s dopravním zpožděním

Pro regulované soustavy bez dopravního zpoždění ($T_d = 0$) se předpokládá požadovaný aperiodický průběh přechodové charakteristiky $h_w(t)$ uzavřeného regulačního obvodu, viz. obrázek 2.97. Časová konstanta T_w musí být zvolena s ohledem na omezení akční veličiny a

maximální nastavitelnou hodnotou zesílení regulátoru $k_{p\max}$ a u regulačního obvodu s číslicovým regulátorem musí platit $T_w > (2 \div 3)T$.

Pro regulované soustavy s dopravním zpožděním ($T_d > 0$) zvolíme požadovaný překmit $\kappa (0 \leq \kappa \leq 0,5)$ přechodové charakteristiky $h_w(t)$ uzavřeného regulačního obvodu podle hodnoty překmitu, viz tabulka 2.9, a určíme parametr a .

Podle tvaru přenosu regulované soustavy se určí doporučený typ regulátoru a odpovídající hodnoty jeho stavitelných parametrů, viz tabulka 2.8.

Tabulka 2.8 – Parametry pro seřízení regulátorů

	Regulovaná soustava	Typ	k_p^*		T_I^*	T_D^*
			$T_d = 0$	$T_d > 0$		
1	$\frac{k_1}{s} e^{-T_d s}$	P	$\frac{2}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{a}{k_1}$	-	-
2	$\frac{k_1}{(T_1 s + 1)} e^{-T_d s}$	PI	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$T_1 - \frac{T}{2}$	-
3	$\frac{k_1}{s(T_1 s + 1)} e^{-T_d s}$	PD	$\frac{2}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{a}{k_1}$	-	$T_1 - \frac{T}{2}$
4	$\frac{k_1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-T_d s}$ $T_1 \geq T_2$	1.1.1.1.1.	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$T_1 + T_2 - T$	$\frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} - \frac{T}{4}$
5	$\frac{k_1}{T_0^2 s^2 + 2\xi_0 s + 1} e^{-T_d s}$ $0 < \xi_0 \leq 1$	PID	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$2\xi_0 T_0 - T$	$\frac{T_0}{2\xi_0} - \frac{T}{4}$

Pozn. V případě analogových regulátorů $T=0$.

Tabulka 2.9 – Hodnoty koeficientů

κ	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
β	2,718	1,944	1,720	1,561	1,437	1,337	1,248	1,172	1,104	1,045	0,992
a	0,368	0,514	0,581	0,641	0,696	0,748	0,801	0,853	0,906	0,957	1,008

$$a = \frac{1}{\beta T_d + \alpha T}. \quad (2.63)$$

Pro ideální proporcionální soustavu s dopravním zpožděním, jejíž obrazový přenos má tvar $\frac{k_1}{s} e^{-T_d s}$, je doporučený P-regulátor, kde

$$\text{Pro } T_d = 0 \rightarrow k_p^* = \frac{2}{k_1(2T_w + T)}, \quad (2.64)$$



$$\text{Pro } T_d > 0 \rightarrow k_p^* = \frac{a}{k_1}. \quad (2.65)$$

1.2 JEDNODUCHÉ APROXIMAČNÍ METODY

Vzhledem k tomu, že pomocí metody požadovaného modelu lze seřadit regulátory pro regulované soustavy s obrazovým přenosem ve standardním tvaru, uvedeme si jednoduché metody pro aproximaci regulovaných soustav náhradními přenosy. Nejčastěji se používají dále uvedené postupy.

Způsob výpočtu

Z přechodové charakteristiky proporcionální regulované soustavy se určí poměrné hodnoty ustáleného stavu $y_{0,7} = 0,7y_\infty$, $y_{0,33} = 0,33y_\infty$ a odpovídající časy $t_{0,7}$ a $t_{0,33}$, viz obrázek 2.96. Dílčí náhradní zpoždění T_{d1} , T_{d2} a náhradní časová konstanta T_1 (popř. T_2) se vypočtou z některého z následujících vztahů.

$$1) \text{ Pro přenos } G(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)} e^{-T_{d1}s},$$

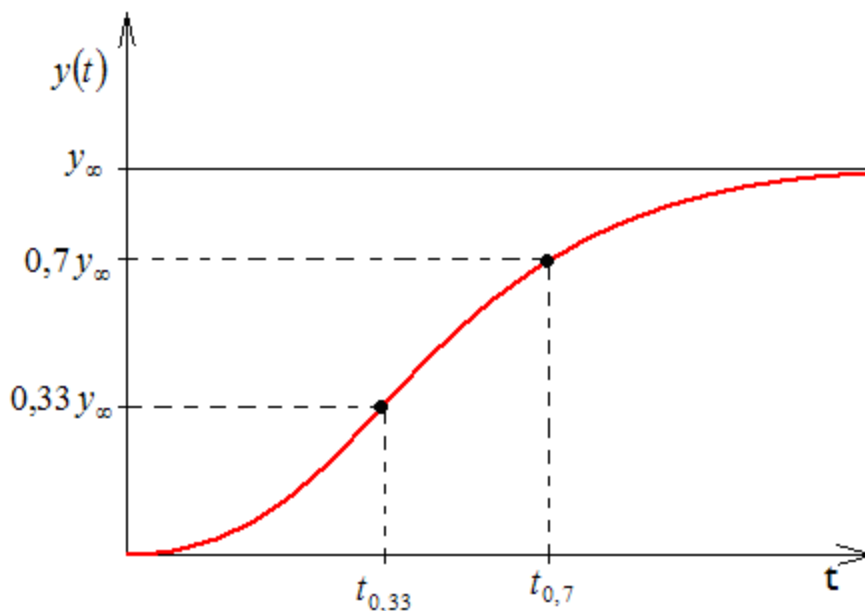
$$a) T_{d1} = 1,498t_{0,33} - 0,498t_{0,73},$$

$$T_1 = 1,245(t_{0,7} - t_{0,33}),$$

$$2) \text{ Pro přenos } G(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)^2} e^{-T_{d2}s},$$

$$a) T_{d2} = 1,937t_{0,33} - 0,937t_{0,7},$$

$$T_1 = 0,794(t_{0,7} - t_{0,33}),$$



Obrázek 2.98 - Aproximace pomocí dvou bodů odezvy



Pro regulované soustavy s obrazovým přenosem ve tvaru $\frac{1}{(T_n s + 1)^n} e^{-T_{dn}s}$ je možno vypočítat přímo základní tvary podle převodní tabulky 2.10.

Tabulka 2.10 – Převodní tabulka

$\frac{1}{(T_n s + 1)^n} e^{-T_{dn}s}$	n	1	2	3	4	5	6
$\frac{1}{T_1 s + 1} e^{-T_{d1}s}$	$\frac{T_1}{T_n}$	1	1,568	1,980	2,320	2,615	2,881
	$\frac{T_{d1} - T_{dn}}{T_n}$	0	0,552	1,232	1,969	2,741	3,537
$\frac{1}{T_2 s + 1} e^{-T_{d2}s}$	$\frac{T_2}{T_n}$	0,638	1	1,263	1,480	1,668	1,838
	$\frac{T_{d2} - T_{dn}}{T_n}$	- 0,352*	0	0,535	1,153	1,821	2,523

* - $T_{d1} \geq 0,352T_1$

Další způsoby aproximace (např. náhrada malých časových konstant) jsou uvedeny v [VÍTEČKOVÁ&VÍTEČEK 2006.].



2 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BALÁTĚ, J. 2003. *Automatické řízení*. Praha: Nakladatelství BEN, 2003, 654 s. ISBN 80-7300-020-2.
- [2] BOLTON, W. 1992. *Control engineering*. New York: Longman scientific & Technical, 1992. 327s. ISBN 0-582-09729-0.
- [3] DORF, R. C. & BISHOP, R. H. 1998. *Modern Control Systems*. Addison-Wesley : Harlow England 1998. ISBN 0-201-30864-9.
- [4] FARANA, R. aj. 1996. *Programová podpora simulace dynamických systémů. Sbírka řešených příkladů*. 1 vyd. Ostrava: KAKI 1996, 114 s. ISBN 80-02-01129-5.
- [5] KATEDRA ATR. *Webový informační systém katedry*. Ostrava : Katedra ATR, VŠB-TU Ostrava. Dostupný z webu: <URL: <http://www.352.vsb.cz>>.
- [6] KATEDRA MECHATRONIKY. *Webový informační systém katedry*. Liberec : Katedra MECHATRONIKY, TU Liberec. Dostupný z webu: <URL: <http://www.fm.vslib.cz/>>.
- [7] ŠULC, B.&VÍTEČKOVÁ, M. 2004. *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004. 333 s. ISBN 80-01-03007-5.
- [8] ŠVARC, I. 1992. *Teorie automatického řízení I*. Brno: FS VUT, 1992. 210 s.
- [9] ŠVARC, I. 2002. *Automatizace/Automatické řízení*. Brno: Nakladatelství CERM, 2002, ISBN 80-214-2087-1.
- [10] VÍTEČKOVÁ, M. 2005. *Slovníky L- a Z- transformace s řešenými příklady*. Ostrava, KAKI 2005. 71 s. ISBN 80-248-0851-X.
- [11] VÍTEČKOVÁ, M. & POLOKOVÁ, J. 1989. *Logaritmické kmitočtové charakteristiky*. Ostrava: VŠB-TUO, 1989. 54s. Doplnkový učební text.
- [12] VÍTEČKOVÁ, M.&VÍTEČEK, A. 2006. *Základy automatické regulace*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava 2006. 198 s. ISBN 80-248-1068-9.

