

Riadiaci zásah pre RST štruktúru je potom vyjadrený:

$$U(s) = \frac{T(s)}{S(s)}W(s) - \frac{R(s)}{S(s)}Y(s) \quad G_R(s) = P + K_i/s + K_d s = \frac{K_d s^2 + P s + K_i}{s}$$

a) bez filtra v derivačnej zložke $T(s)=1$, $S(s)=s$, $R(s)=K_d(s-s_1)(s-s_2)$,

b) s filtrom v derivačnej zložke

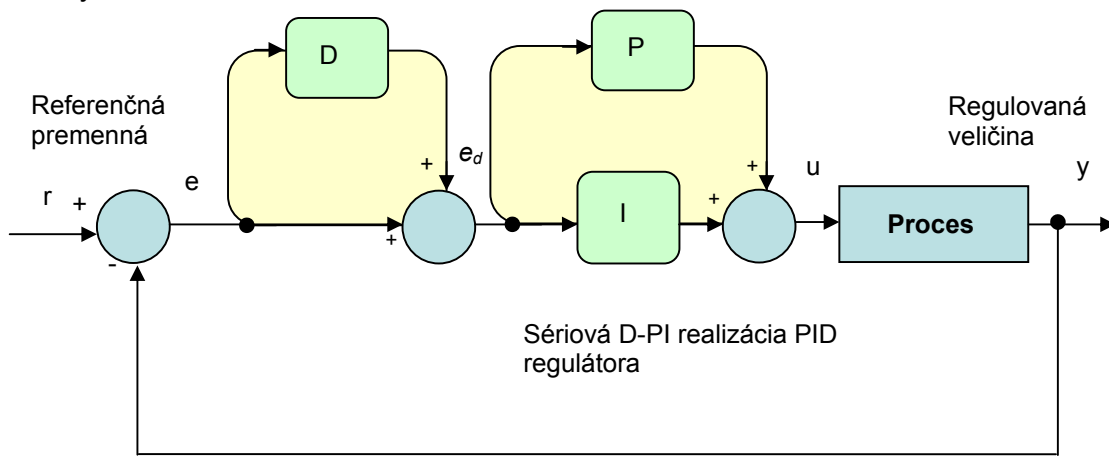
$$T(s)=1, \quad S(s)=s(1+sT_f), \quad R(s)=k(s-s_1)(s-s_2), \quad k=K_d+PT_f$$

$$G_R(s) = \frac{k s^2 + P s (1+T_f) + K_i (1+T_f s)}{s} = \frac{k(s^2 + c s + d)}{s} = \frac{k(s-s_1)(s-s_2)}{s} \quad (2.25)$$

kde $a = \frac{P}{K_d}$, $b = \frac{K_i}{K_d}$, $s_1 + s_2 = -a$, $s_1 s_2 = b$

2.6 Modifikovaná sériová D-PI realizácia PID regulátora

Táto forma realizácie (obr. 2.6) sa často využíva v praktických priemyselných aplikáciách. Nazýva sa aj *sériová realizácia PID regulátora*, pričom I zložka zohľadňuje regulačnú odchýlku a jej deriváciu a D zložka je zložená z proporcionálnej a derivačnej zložky.



Obr. 2.7 Interaktívna sériová D-PI realizácia PID algoritmu

Riadiaci zásah pre realizáciu interaktívneho regulátora PID podľa obr. 2.7 je vyjadrený nasledujúcim vzťahom:

$$e_d(t) = e(t) + T_d \frac{de}{dt}$$

$$u(t) = P(e_d(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e_d(t) dt) = P \left(e(t) + T_d \frac{de}{dt} + \frac{1}{T_i} \int_0^t \left(e(t) + T_d \frac{de}{dt} \right) dt \right) \quad (2.26)$$

Iná forma interaktívnej (sériovej) realizácie PID regulátora nazývaná často aj tzv. analógový typ realizácie algoritmu je v tvare:

$$G_R(s) = P \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) (1 + s T_d), \quad T_f = \frac{T_d}{N} \quad (2.27)$$

Táto forma realizácie a implementácie PID algoritmu patrí dnes už medzi konvenčné, ale stále spoľahlivé praktické formy regulácie. Implementujú a dodávajú ju predovšetkým nasledujúci výrobcovia riadiacej techniky: *Foxboro EXACT 760/761, Turnbull TCS6000, Alfa-Laval Automation ECA 400 a ďalší.*

Sériová forma realizácie PI-PD s filtrom v derivačnej zložke je vyjadrená prenosovou funkciou s filtrom v derivačnej zložke:

$$G_R(s) = P \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \left(1 + \frac{T_d s}{1 + T_f s} \right), \quad T_f = \frac{T_d}{N} \quad (2.28)$$

Táto forma realizácie PID algoritmu je obsiahnutá v riadiacich systémoch *fi Bailey FC156 Classical Form PID, Fisher a Porter DCI 4000 PID* a pod. Firma *Fisher Rosemount Provox* má bohaté skúsenosti v oblasti implementácie interaktívnych – sériových PID regulátorov. Jeden z týchto algoritmov je v tvare:

$$G_R(s) = P \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \left(R(s) - \frac{1 + T_d s}{1 + T_f s} \right), \quad T_f = \frac{T_d}{N} \quad (2.29)$$

Algoritmus (2.29) bol zabudovaný aj do riadiacich systémov *Foxboro Model 761 a Fisher –Porter Micro DI.*

Konkretizácia aplikácie uvedených realizácií PID algoritmov bude obsahom ďalších častí seriálu.

Záver

Príspevok mal za cieľ poukázať na základné formy a opisy realizácie PID algoritmov pre aplikáciu v praxi a zároveň poskytnúť prehľad vybraných výrobcov riadiacej techniky, ktorí vyvíjajú a implementujú PID algoritmy do reálnych procesov. Nasledujúca časť príspevku sa bude zaoberať pokračovaním prehľadu moderných foriem PID realizácií algoritmov.

Podakovanie: Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA č.1/1105/11.

Literatúra:

- [1] Kozák, Š.: *Lineárne číslicové systémy I.* (2.vydanie) Bratislava: FEI STU 1995, 241 s.
- [2] Kozák, Š.: *Advanced Control Engineering Methods: Development Trends.* In: Petre, Emil, ed. Bobasu, Eugen. ed. Proceedings of the 9th International Carpathian Control Conference, Sinaia, Romania, May 25 – 28, 2008. (Rumunsko): Editura Sitech Craiova, 2008. s. 331 – 334. ISBN 978-973-746-897-0.
- [3] A. O'Dwyer. *Handbook of PI and PID controller tuning rules (Edition 2).* London, U.K.: Imperial College Press, 2006.

prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
FEI STU Bratislava
stefan.kozak@stuba.sk