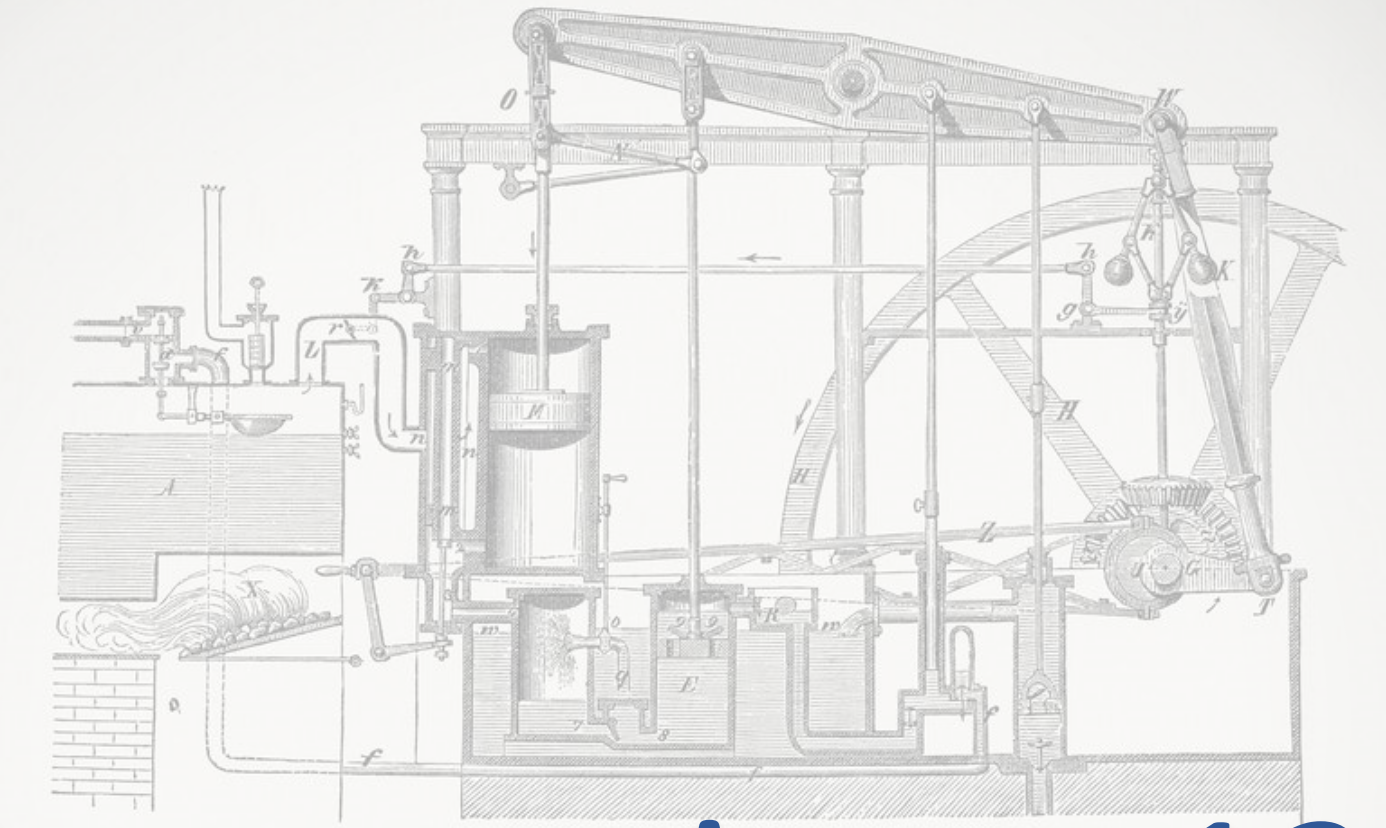


Automatizace 12

Spojité regulátory typu PID

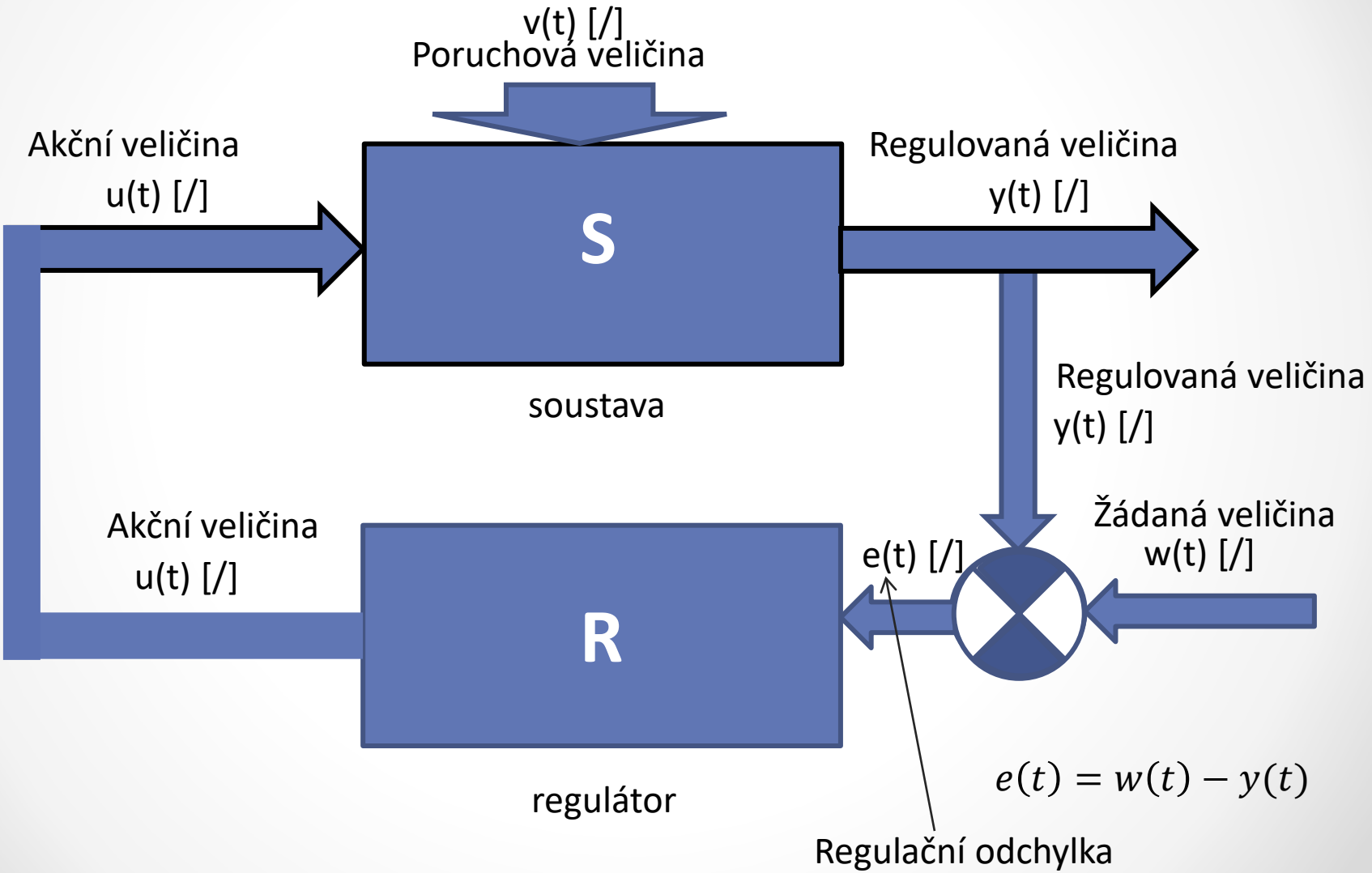
Autor: Ing. Pavel Votrubec © Dne 30.12.2022 v Ústí nad Labem, poslední úprava dne neděle 8. ledna 2023

CC BY NC

Témata

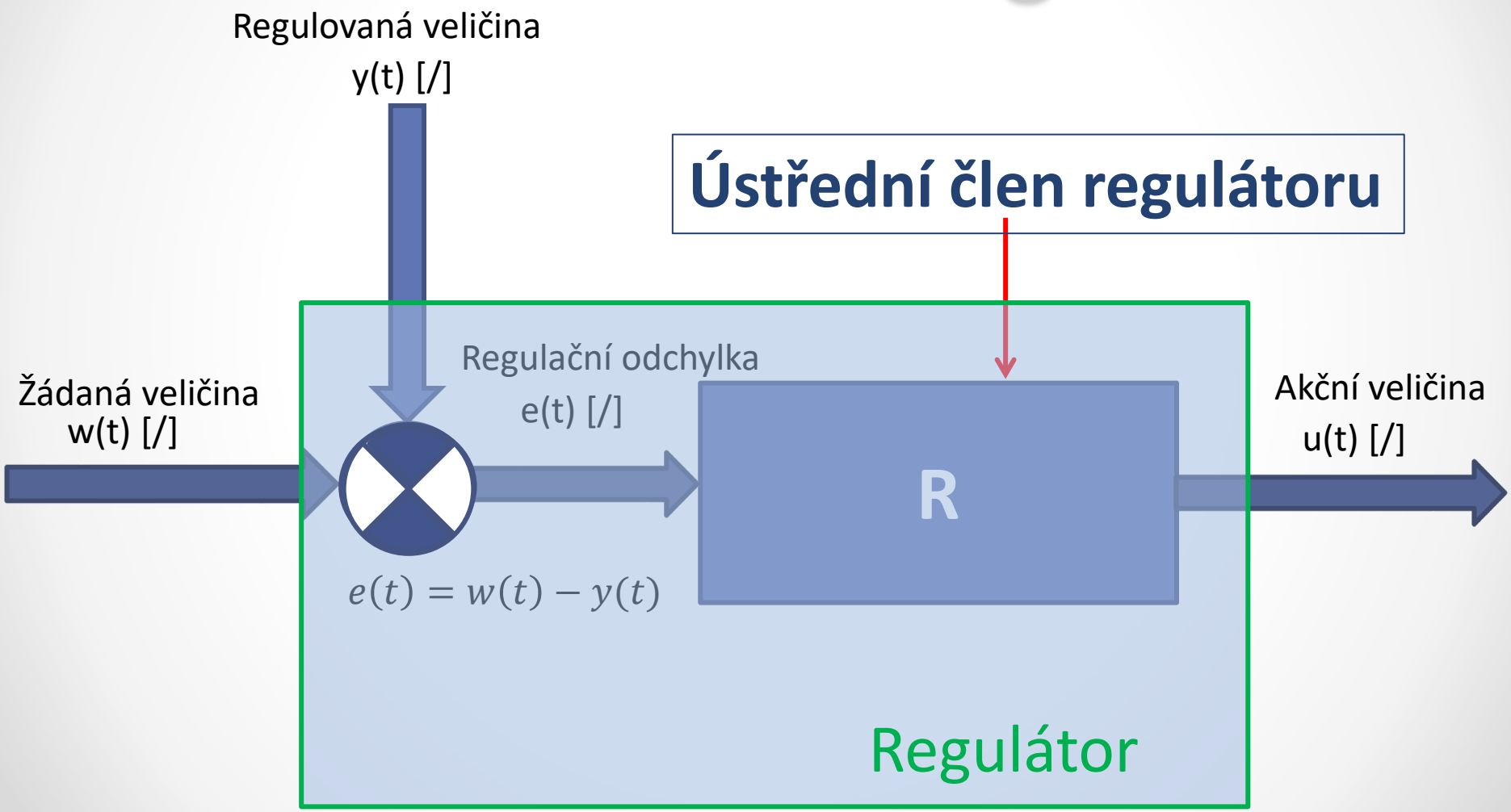
- ✓ Regulační obvod
- ✓ Regulační členy
- ✓ Simulátor Soustavy, Regulátoru a Regulačního obvodu
- ✓ Nespojité regulátory
- ✓ **Spojitý regulátor typu PID**
- Návrh parametrů PID regulátoru
- Identifikace regulované soustavy
- Stabilita spojitého regulačního obvodu
- Optimalizace spojitého regulačního obvodu
- Diskrétní regulátor typu PSD
- Diskrétní regulátor typu Fuzzy

Regulační obvod



$$e(t) = w(t) - y(t)$$

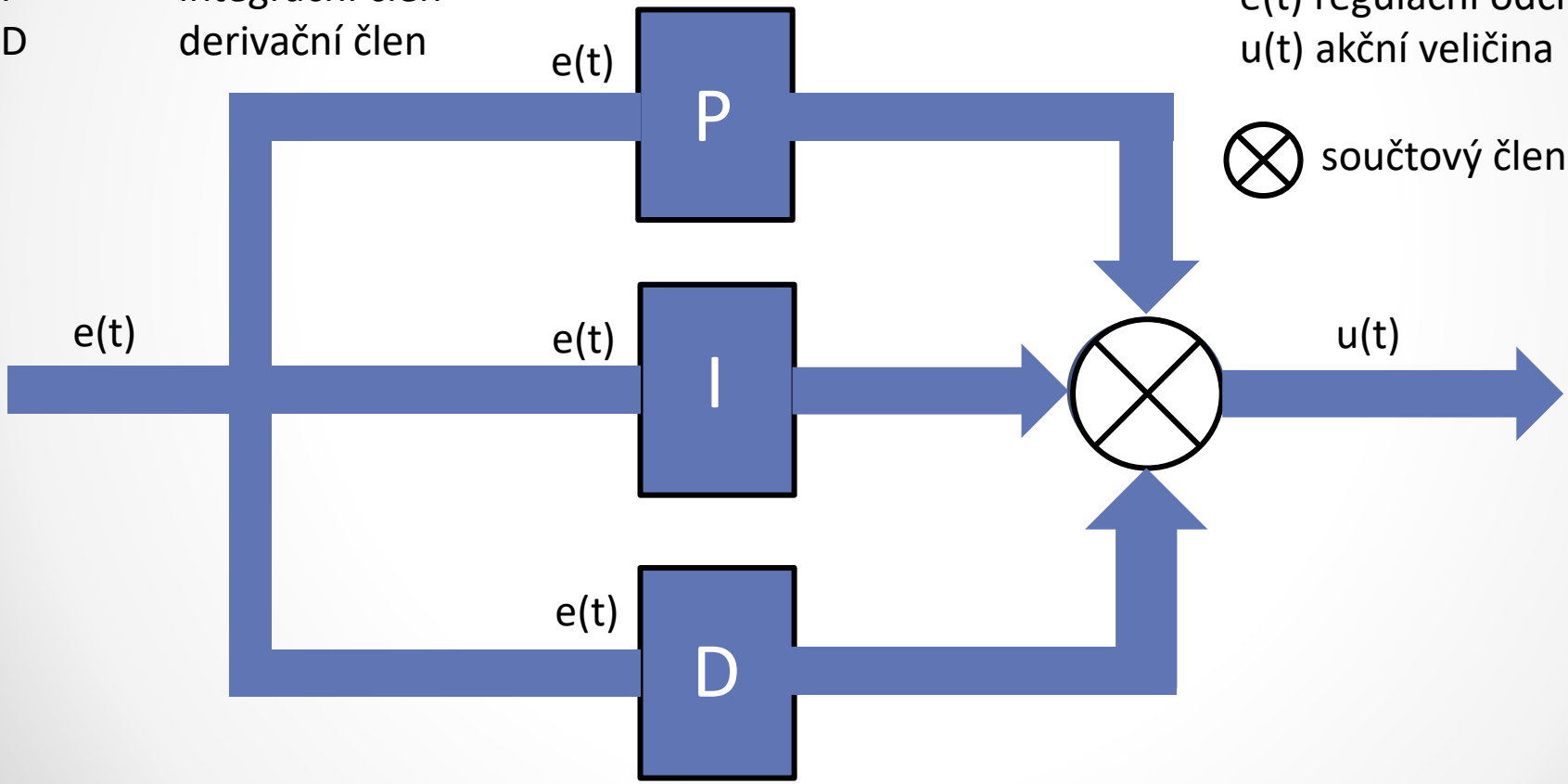
Blokové schéma regulátoru



Blokové schéma ústředního členu PID regulátoru

P proporcionální člen
I integrační člen
D derivační člen

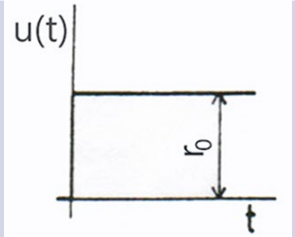
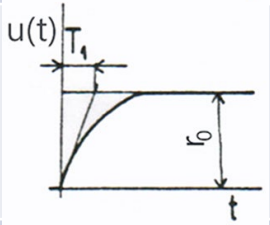
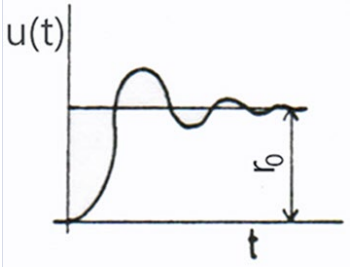
e(t) regulační odchylka
u(t) akční veličina



součtový člen

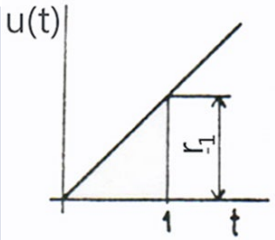
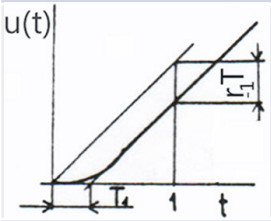
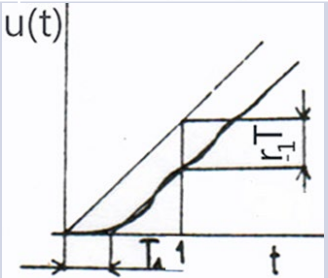
Dynamické popisy členů PID

- **Proporcionální člen „P“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenční char.
„0“	$u(t) = e(t)r_0$	$G_R(s) = r_0$		
„1“	$Tu' + u(t) = e(t)r_0$	$G_R(s) = \frac{r_0}{Ts + 1}$		
„2“	$T_2^2u'' + T_1u' + u(t) = e(t)r_0$	$G_R(s) = \frac{r_0}{T_2^2s^2 + T_1s + 1}$		

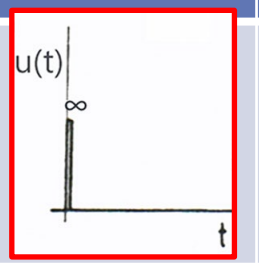
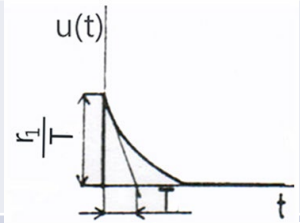
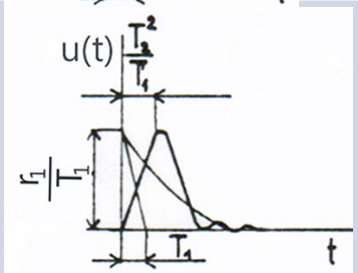
Dynamické popisy členů PID

- **Integrační člen „I“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenční char.
„0“	$u(t) = r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = \frac{r_{-1}}{s}$		
„1“	$Tu' + u(t) = r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = \frac{r_{-1}}{(Ts+1)s}$		
„2“	$T_2^2u'' + T_1u' + u(t) = r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = \frac{r_{-1}}{(T_2^2s^2 + T_1s + 1)s}$		

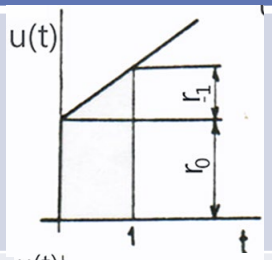
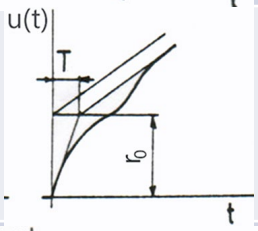
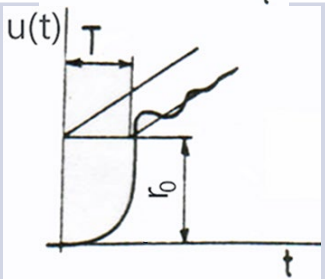
Dynamické popisy členů PID

- **Derivační člen „D“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenční char.
„0“	$u(t) = r_1 e' = r_1 \frac{de(t)}{dt}$	$G_R(s) = r_1 s$		
„1“	$Tu' + u(t) = r_1 e' = r_1 \frac{de(t)}{dt}$	$G_R(s) = \frac{r_1 s}{(Ts + 1)}$		
„2“	$T_2^2 u'' + T_1 u' + u(t) = r_1 e' = r_1 \frac{de(t)}{dt}$	$G_R(s) = \frac{r_1 s}{(T_2^2 s^2 + T_1 s + 1)}$		

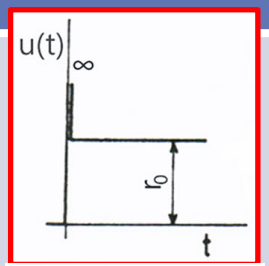
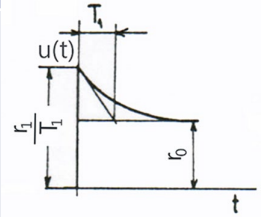
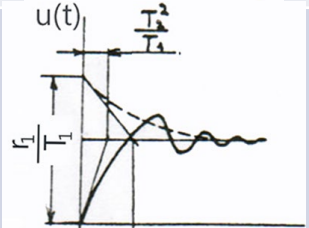
Dynamické popisy členů PID

- **Kombinace „PI“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenční char.
„0“	$u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s}$		
„1“	$Tu' + u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = \frac{r_0 + \frac{r_{-1}}{s}}{(Ts+1)}$		
„2“	$T_2^2u'' + T_1u' + u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt$	$G_R(s) = \frac{r_0 + \frac{r_{-1}}{s}}{(T_2^2s^2 + T_1s + 1)}$		

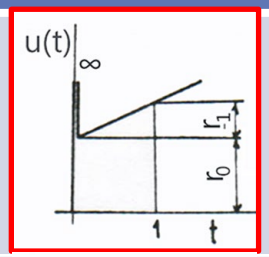
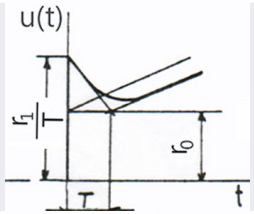
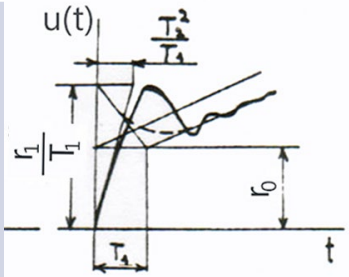
Dynamické popisy členů PID

- **Kombinace „PD“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenč ní char.
„0“	$u(t) = e(t)r_0 + r_1 e'$	$G_R(s) = r_0 + r_1 s$		
„1“	$Tu' + u(t) = e(t)r_0 + r_1 e' = e(t)r_0 + r_1 \frac{de(t)}{dt}$	$G_R(s) = \frac{r_0 + r_1 s}{(Ts + 1)}$		
„2“	$T_2^2 u'' + T_1 u' + u(t) = e(t)r_0 + r_1 e' = e(t)r_0 + r_1 \frac{de(t)}{dt}$	$G_R(s) = \frac{r_0 + r_1 s}{(T_2^2 s^2 + T_1 s + 1)}$		

Dynamické popisy členů PID

- **Kombinace „PID“**

řád	LDR	přenos	přechodová char	frekvenč ní char.
„0“	$u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt + r_1 e'$	$G_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s$		
„1“	$Tu' + u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt + r_1 e'$	$G_R(s) = \frac{r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s}{(Ts+1)}$		
„2“	$T_2^2 u'' + T_1 u' + u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt + r_1 e'$	$G_R(s) = \frac{r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s}{(T_2^2 s^2 + T_1 s + 1)}$		

PID regulátor

LDR regulátoru: $u(t) = e(t)r_0 + r_{-1}\int_0^t e(t)dt + r_1 e'$

Přenos regulátoru $G_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s$

V praxi se používají dost často upravené rovnice regulátoru:

$$G_R(s) = \mathbf{r_0} + \frac{\mathbf{r_{-1}}}{\mathbf{s}} + \mathbf{r_1 s} = r_0\left(1 + \frac{1}{\frac{r_0}{r_{-1}}s} + \frac{r_1}{r_0}s\right) = \mathbf{r_0}\left(\mathbf{1} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{T_i s}} + \mathbf{T_d s}\right) = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{pp}}\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right)$$

$\mathbf{r_0}$ - zesílení **(/)**
$\mathbf{T_i}$ - integrační konstanta **(s)**
$\mathbf{T_d}$ - derivační konstanta **(s)**
pp – pásmo proporcionality **(%)**

Přibližné rozsahy stavitelnosti u běžných průmyslových regulátorů:

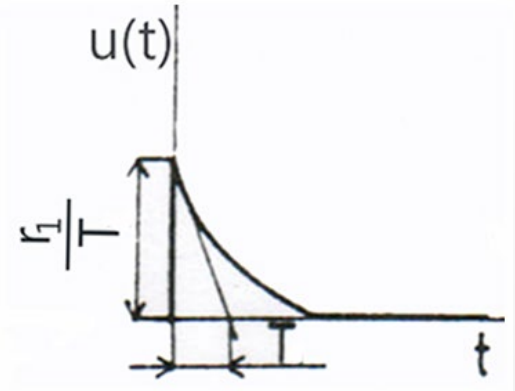
0,5 ≤	$\mathbf{r_0}$	≤ 50 (/)
0 ≤	$\mathbf{T_i}$	≤500 (s)
0 ≤	$\mathbf{T_d}$	≤500 (s)

Pásmo proporcionality udává, o kolik procent se musí změnit vstupní signál [**regulační odchylka e(t)**], aby se výstup [**akční veličina u(t)**] změnil v celém rozsahu.

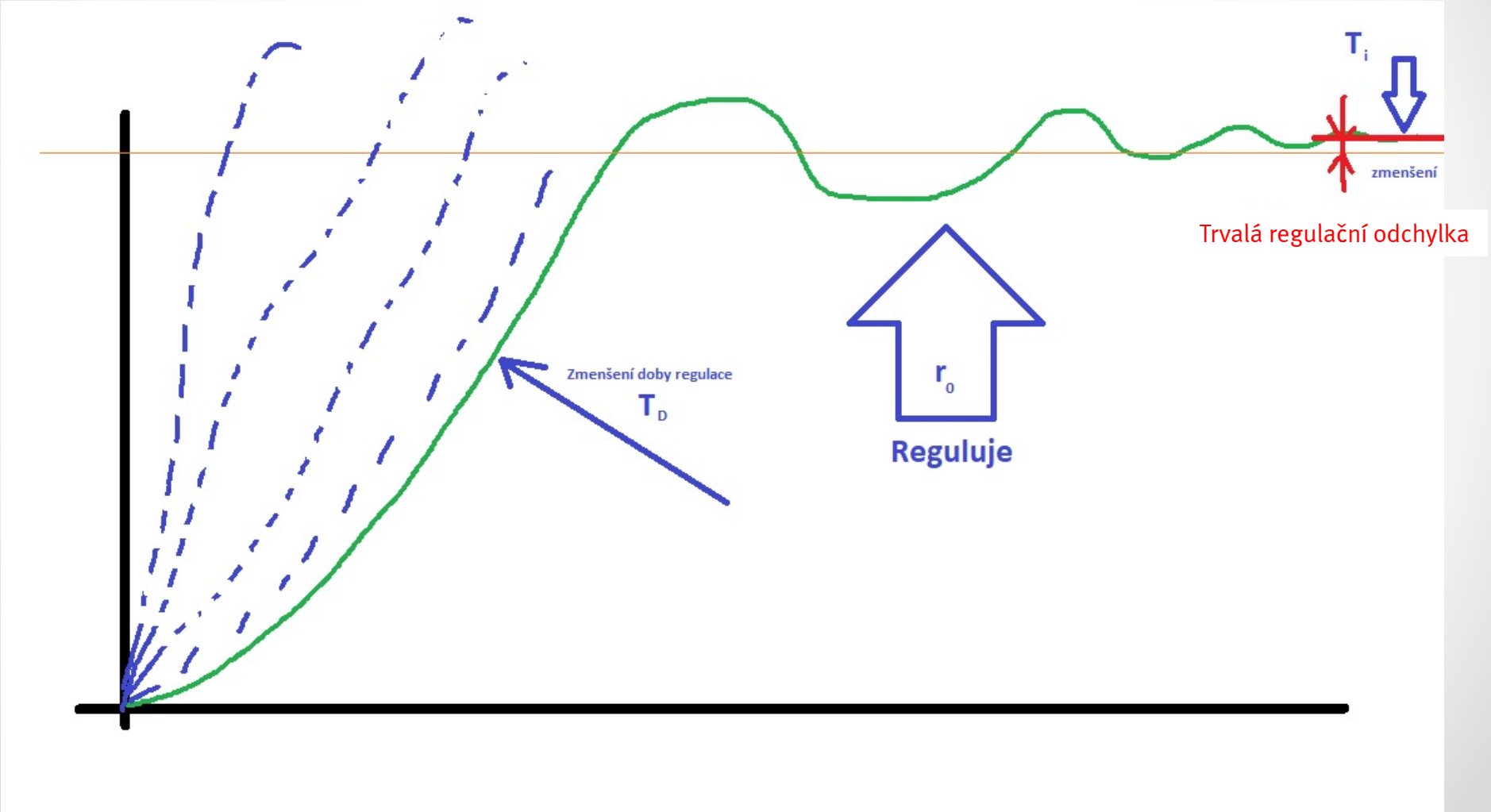
Zpoždění u PID regulátoru

Protože v reálném světe neexistuje ideální derivační složka, tak se k ní zavádí jednokapacitní zpoždění. Poté se dá derivační složka už realizovat. Jestliže je tedy minimálně zpoždění 1 řádu u regulátoru, tak se vždy jedná o zpoždění u dynamické „D“ složky. V uvedených charakteristikách v prezentaci je nerealizovatelná derivační složka vždy červeně orámovaná. V praxi se tedy používá PID regulátor minimálně se zpožděním „1“ řádu. S tím, že zpoždění „D“ členu se nastavuje, co možně, fyzicky nejmenší.

$$G_R(s) = \frac{r_1 s}{(Ts+1)}$$



Vliv parametrů parametrů PID regulátoru na regulační charakteristiku



Použitá literatura

[1] Ivan Švarc, Branislav Lacko, Ing. Zdeněk Němec, AUTOMATIZACE vydavatelství PC-DIR s.r.o 1995

[2] František Plíšek, Diplomová práce: ŘÍZENÍ NEKMITAVÝCH REGULOVANÝCH SOUSTAV
S DOPRAVNÍM ZPOŽDĚNÍM, Brno 2009 https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17293