

2. PI regulátor



Čas ke studiu: 15 minut



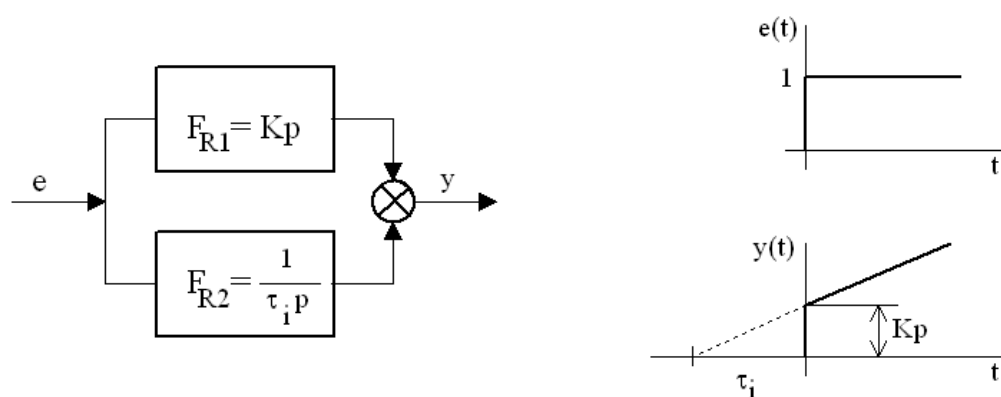
Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- definovat pojmy: PI člen, vnější a vnitřní omezení, přenos PI členu
- popsat činnost PI regulátoru
- samostatně změřit zadanou úlohu



Výklad

PI regulátor patří k nejpoužívanějším typům regulátorů v technice elektrických pohonů. Tento regulátor vznikne paralelním spojením proporcionálního a integračního členu (obr. 6).



Obr. 6 PI regulátor a jeho přechodová charakteristika

Podle pravidel blokové algebry lze jeho přenos stanovit takto

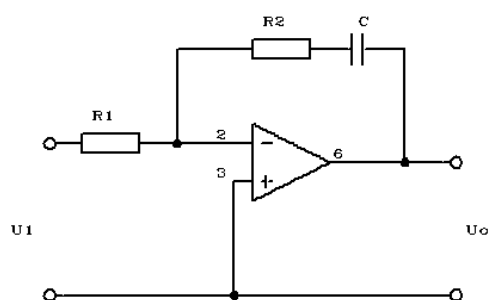
$$F_R(p) = F_{R1}(p) + F_{R2}(p) = K_p + \frac{1}{\tau_i p} = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i p}\right)$$

kde $\tau_R = K_p \cdot \tau_i$ je časová konstanta regulátoru

τ_i je časová konstanta integračního členu

K_p je zesílení proporcionálního členu

Jednoduchá praktická realizace PI regulátoru s jedním operačním zesilovačem je na obr. 7



Obr. 7 Jednoduchý PI regulátor

Přenos tohoto členu je $\frac{U_0}{U_1} = -\frac{R_2 C p + 1}{R_1 C p} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{R_2 C p + 1}{R_2 C p} = -K \frac{\tau p + 1}{\tau p} = -K(1 + \frac{1}{\tau p})$

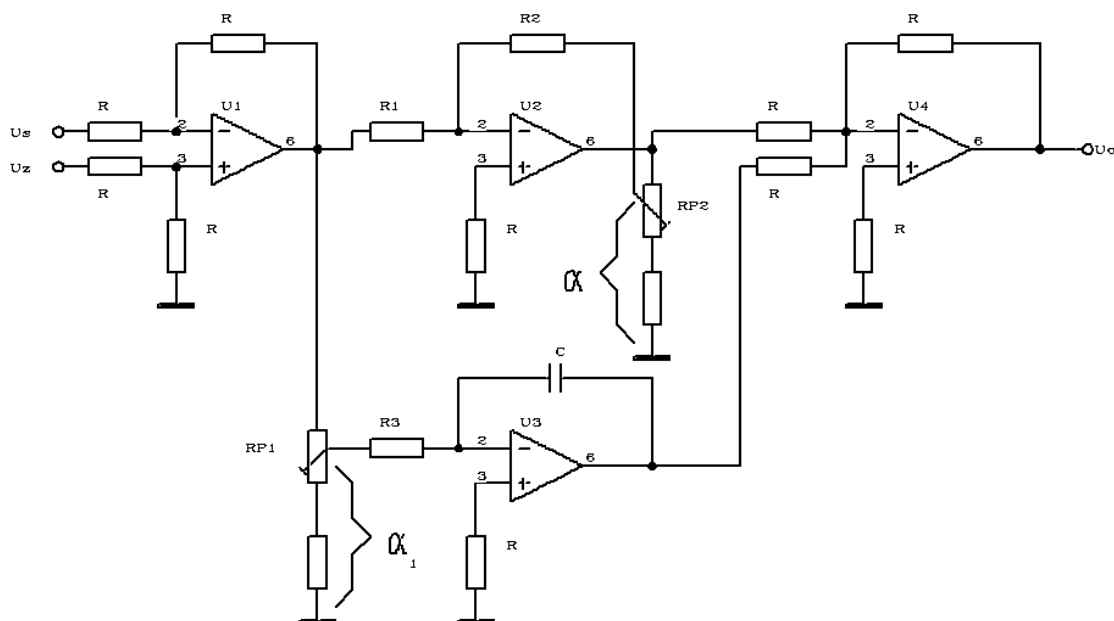
kde $K = \frac{R_2}{R_1}$ je proporcionální zesílení

a $\tau = R_2 C$ je časová konstanta

Výstupní napětí operačního zesilovače je tedy opět dáno součtem proporcionální a integrační složky vstupního signálu.

Nevýhodou tohoto jednoduchého zapojení je vzájemná vazba mezi zesílením a časovou konstantou. Není tedy možné nastavit tyto složky nezávisle na sobě.

Zapojení PI regulátoru, které odstraňuje tento nedostatek je na obr. 8. Vstupní zesilovač U1 vytváří regulační odchylku z žádané U_z a skutečné U_s hodnoty regulované veličiny. Zesilovač U2 je zapojen jako P-člen s proměnným zesílením a zesilovač U3 jako I-člen s proměnnou časovou konstantou. Výstupní signál obou členů je sečten výstupním zesilovačem U4. Protože se jedná o paralelní řazení, je možné nezávislé nastavení obou složek PI regulátoru.

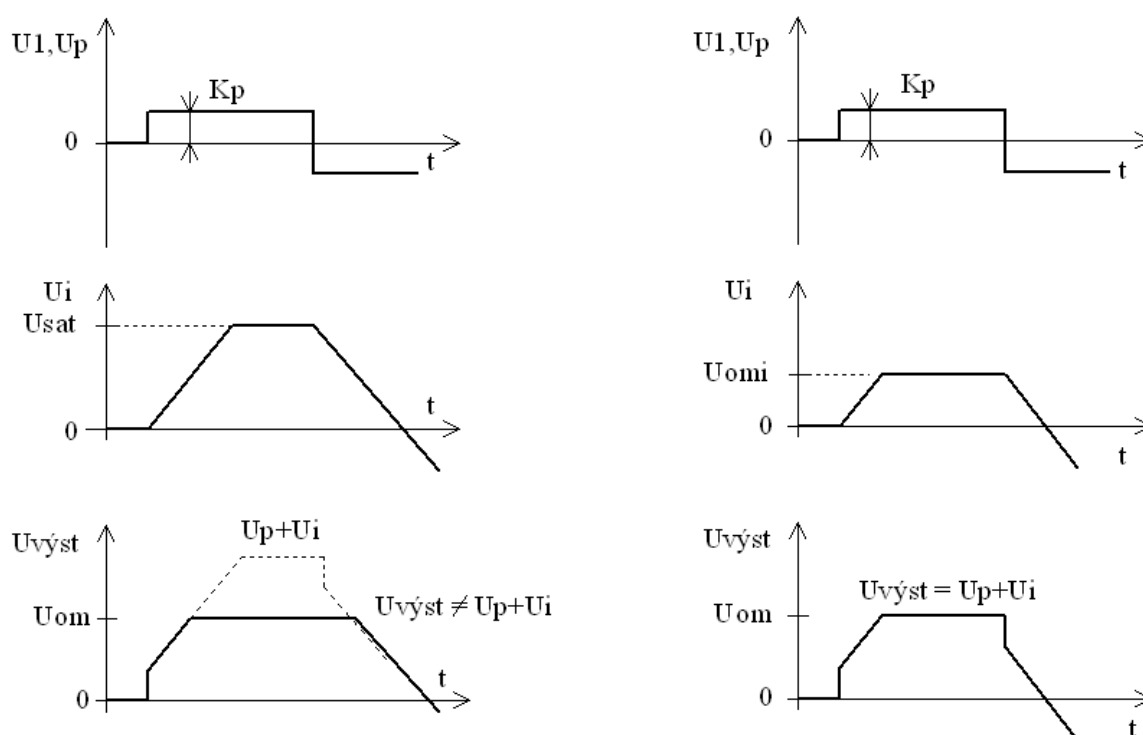


Obr. 8 PI regulátor s odděleným nastavením P a I složky

Pro přenos opět platí $F_R(p) = K_p + \frac{1}{\tau_i p} = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_R p}\right)$

$$\text{kde } K_p = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\alpha} \quad \tau_i = R_3 C \frac{1}{\alpha_1} \quad \tau_R = K_p \tau_i$$

V praxi je většinou nutné vybavit regulátor **omezovačem**, který upraví výstupní signál na hodnotu potřebnou pro další zpracování. Kromě toho je vhodné vybavit regulátor i tzv. **vnitřním omezovačem**, který omezuje napětí na integračním členu. Důvodem je fakt, že při dosažení výstupního omezení nebo saturace integračního členu už neplatí, že výstupní napětí je dáno součtem P a I složky. Dochází tak ke zkreslení výstupního napětí a ke zpomalení regulace. Chování PI regulátoru s omezovačem a bez omezovače zachycuje obr. 9.



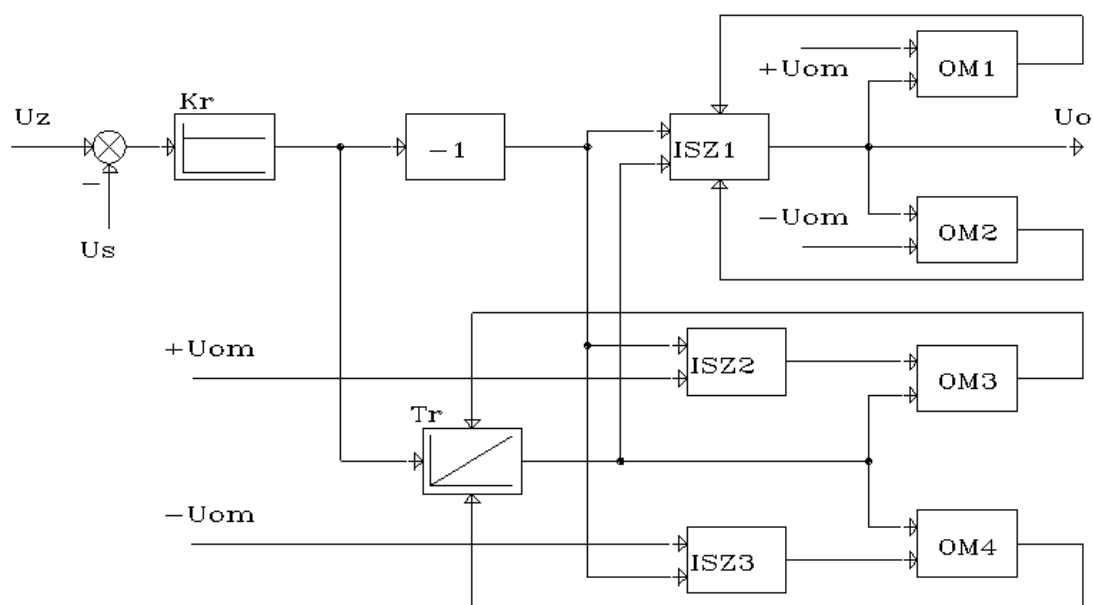
Obr. 9 Vliv vnitřního omezovače

Na obr. 9 je v levém sloupci zachyceno chování PI členu vybaveného pouze s výstupním omezovačem. Je zřejmé, že při dosažení omezení výstupního napětí dále roste napětí na integračním členu až do saturace. Při opačném skoku vstupního napětí dochází ke zpomalení reakce, protože musíme čekat na odsycení I členu.

V pravém sloupci je PI člen vybaven jak výstupním, tak vnitřním omezovačem napětí. Při dosažení omezení výstupního napětí zareaguje vnitřní omezovač a zastaví integraci I členu. Tím je zajištěno, že výstupní napětí je v každém okamžiku dáno součtem P a I složky a nedochází tak ke zpoždění.

Blokové schéma PI regulátoru s odděleným nastavením P a I složky a s vnějším a vnitřním omezovačem ukazuje obr. 10. OM1 až OM4 jsou omezovače, ISZ1 až ISZ3 jsou invertující součtové zesilovače, $+U_{om}$ a $-U_{om}$ jsou omezující napětí.

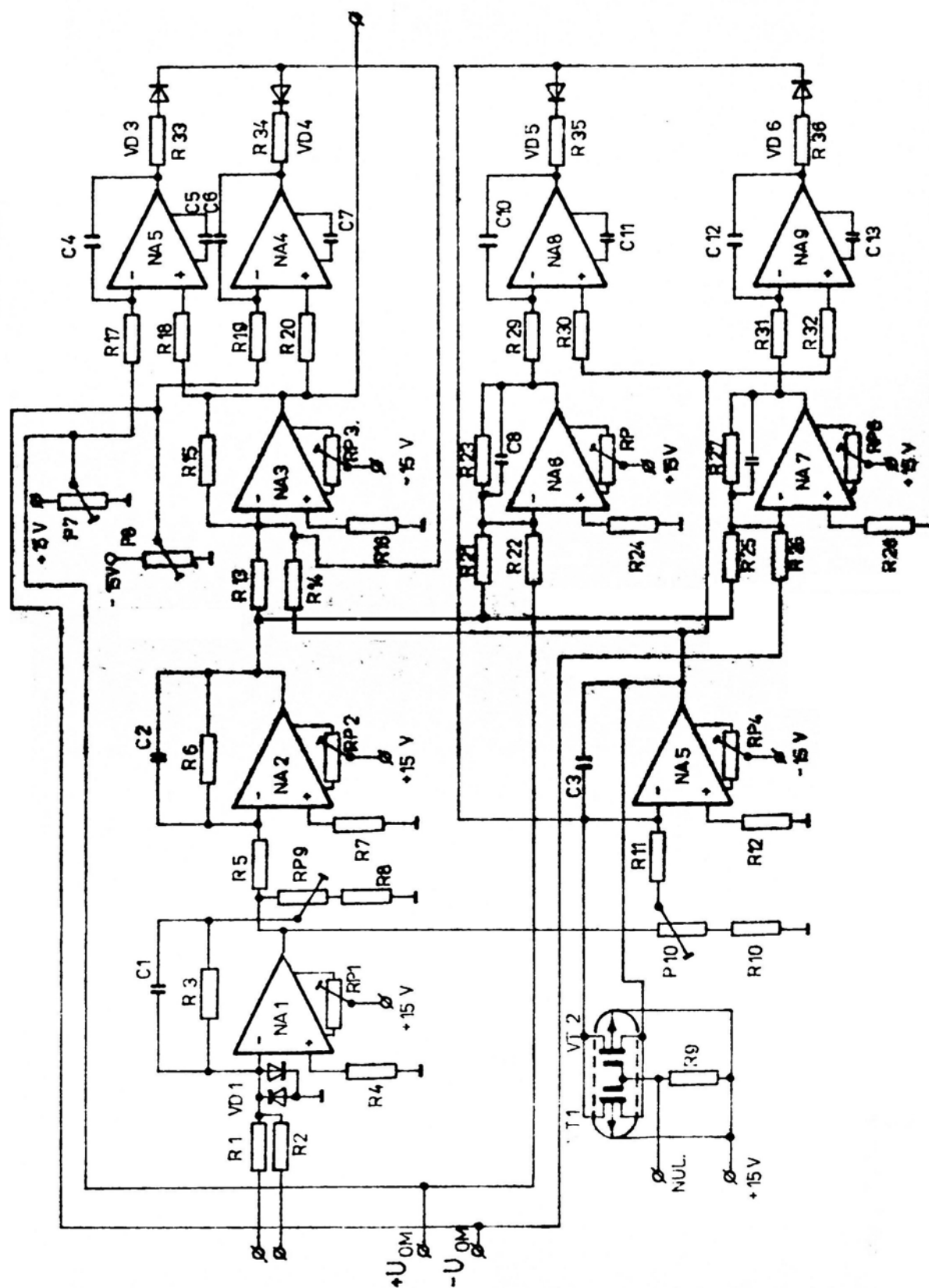
Na obr. 11 je podrobné schéma zapojení měřeného PI regulátoru



Obr. 10 Blokové schéma regulátoru

□ Zadání

- 1) U předloženého vzorku PI regulátoru zjistěte přechodové charakteristiky pro různá zesílení, časové konstanty a omezení výstupního napětí
- 2) Posuďte, zda je regulátor vybaven vnitřním omezovačem a vysvětlete jeho vliv
- 3) K protokolu přiložte průběhy zobrazené pomocí osciloskopu a odečtěte velikosti zesílení a časových konstant



Obr. 11 Obvodové schéma regulátoru