

Obr. 2. Amplitudová (nahore) a fázová frekvenční charakteristika regulátoru

Co znamená PID

PID v řídicí technice znamená *proporcionální, integrační, derivační* složku chování univerzálního regulátoru (tzv. PID regulátor).

Regulátory se konstruují proto, aby řízení procesu nevyžadovalo nepřetržitou pozornost a ruční zásahy operátora. Regulátor automaticky mění akční veličinu $u(t)$ tak, aby regulovaná veličina $y(t)$ měla žádanou hodnotu $w(t)$, kde t je čas.

Regulátor a jím regulovaná soustava tvoří

regulační obvod (smyčku): na vstup regulátoru je přivedena spolu s požadovanou hodnotou $w(t)$ i skutečná hodnota regulované veličiny (výstupu řízené soustavy) $y(t)$ a výstup regulátoru $u(t)$ působí, po případné transformaci, na vstup do soustavy. Běžnými příklady regulátoru jsou např. bytový termostat nebo tempomat v automobilu.

Žádaná hodnota regulované veličiny představuje ten bod na pomyslné stupnici, ve kterém by se měla nacházet skutečná hodnota regulované veličiny. Chyba, regulační odchylka $e(t)$, je definována jako rozdíl mezi požadovanou a skutečnou hodnotou regulované veličiny

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

Příčinou nenulové hodnoty $e(t)$ tedy mohou být poruchová změna regulované veličiny nebo cílená změna její žádané hodnoty. V závislosti na regulační odchylce pak regulátor mění akční veličinu.

PID regulátoru jsou vlastní tři způsoby reakce na vznik regulační odchylky. Hovoří se o proporcionálním, integračním a derivačním chování regulátoru. Podíl každé z těchto tří složek na výsledném chování PID regulátoru lze nastavit prostřednictvím nastavitelných konstant – parametrů regulátoru – ve volitelném poměru (správná volba je úkolem projektanta regulačního obvodu).

Vžitá označení parametrů PID regulátoru jsou:

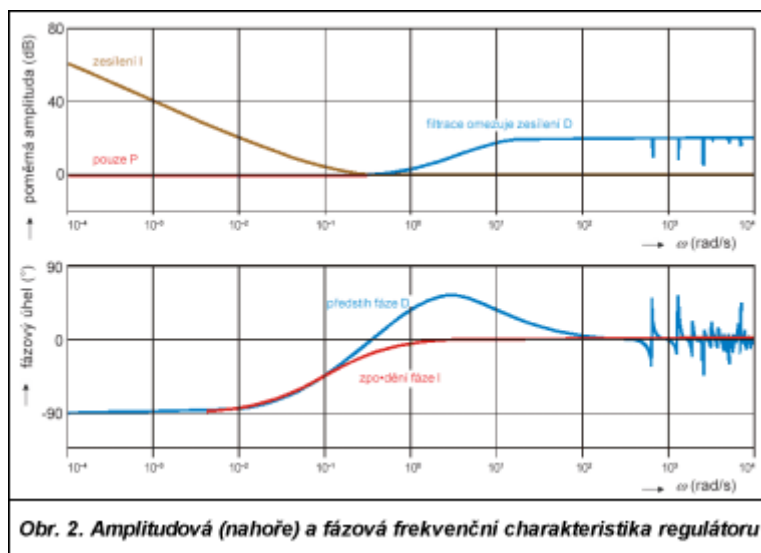
- zesílení K (–): řídí proporcionální složku P,
- integrační časová konstanta T_I (s): řídí integrační složku I,
- derivační konstanta T_D (s): řídí derivační složku D.

Složky P, I a D se skládají (sečítají) ve výslednou akční veličinu (akční zásah) a společně podmiňují průběh regulačního pochodu (obr. 1). Ten, protože jde o uzavřený regulační obvod, závisí také na vlastnostech regulované soustavy. Většina regulovaných soustav, se kterými se lze setkat v technické praxi, má charakter dynamického systému prvního nebo druhého řádu, nekmitavého, s případným dopravním zpožděním. Pro ně ve spojení s PID regulátorem platí následující úvahy.

Proporcionální chování

Při proporcionálním chování je akční zásah regulátoru úměrný regulační odchylce podle vztahu

$$u(t) = K e(t) \quad (1)$$



Použití samotného proporcionálního regulátoru se soustavami, u nichž regulovaná veličina reaguje na akční zásah konstantní velikosti ustálením se na nové hodnotě, vede ke vzniku trvalé regulační odchylky. Zvětšováním zesílení K lze trvalou regulační odchylku zmenšit. Vzniká však nebezpečí, že dojde k tzv. nestabilitě regulačního obvodu, tj. stavu, kdy regulovaná veličina kmitavě nebo i nekmitavě neomezeně narůstá až k dorazu nebo poškození zařízení. K odstranění trvalé regulační odchylky se do činnosti regulátorů obvykle přidává integrační složka chování (pokud sama regulovaná soustava nemá integrační charakter).

Integrační chování

Při integračním chování je akční zásah úměrný době, po kterou existuje regulační odchylka, tedy

$$u(t) = u_0 + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2)$$

Jak je patrné při pohledu na regulační pochod s regulátorem se zapojenou proporcionální i integrační složkou (PI regulátor), trvalá regulační odchylka zmizela (obr. 1). Je eliminována integračním chováním regulátoru, při kterém regulátor neustále mění akční veličinu, dokud se mu nepodaří dosáhnout nulové regulační odchylky.

Zvětšováním podílu integrační složky (zmenšováním T_I) kmitavost regulačního pochodu obecně roste. Do jisté míry ji lze zmírnit přidáním derivační složky.

Fázový posun zde začíná na hodnotě -90° a s rostoucí úhlovou frekvencí signálu ω se blíží k hodnotě 0° , které dosahuje v okolí kritické frekvence (obr. 2). Příčinou doplňkového fázového zpoždění je vliv integrační složky chování regulátoru. Derivační složka naproti tomu umožňuje dosáhnout předstihu fáze a používá se ke kompenzaci zpoždění způsobeného integračním chováním regulátoru.

Derivační chování

Při derivačním chování se výstup z regulátoru vytváří jako úměrný rychlosti změny regulační odchylky

$$u(t) = T_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$

Derivační chování může v předstihu kompenzovat změny regulované veličiny a proto se ho využívá k tlumení zámkitů regulačního pochodu. Princip je v tom, že jakmile se po změně žádané nebo skutečné (v důsledku poruch) hodnoty regulované veličiny začne regulovaná veličina znovu blížit své (nové) žádané hodnotě, způsobí derivační složka chování regulátoru preventivně změnu jeho zesílení „špatným“ směrem (tj. „od“ žádané hodnoty). Derivační složka chování se často používá také k zamezení překmitu průběhu regulačního pochodu.

Derivační složka regulátoru posouvá fázi akčního zásahu vpřed a tím může stabilizovat regulační smyčku. Obecně lze při použití derivační složky užít větší hodnoty zesílení i integrační časové konstanty regulátoru.

Amplitudová frekvenční charakteristika vybraného PID regulátoru ukázaná na *obr. 2* má ve své střední části typickou prohlubeň. Integrovaná složka zvětšuje zesilovací účinek regulátoru na nízkých frekvencích a derivační naopak způsobuje jeho růst napravo od prohlubně. Na vyšších frekvencích je účinek derivační složky omezen filtrem. Na ještě vyšších frekvencích (nad hranicí 314 rad/s, což je v daném případě Nyquistova frekvence) poměr amplitud i fázový posuv kolísají z důvodu použitého diskrétního vzorkování. Kdyby regulátor nebyl ve své derivační části opatřen filtrem, poměrná amplituda by s rostoucí frekvencí stále rostla, a to až do dosažení Nyquistovy frekvence (dvojnásobku maximální frekvence ještě obsažené ve vzorkovaném signálu). Fázová frekvenční charakteristika regulátoru na *obr. 2* tudíž má vrcholek způsobený společně fázovým předstihem a filtrací v derivační větvi regulátoru. Časová odezva regulačního obvodu se správně nastaveným PID regulátorem je méně kmitavá než odezva při použití PI regulátoru. Derivační složka pomohla stabilizovat regulační obvod.

Seřizování regulačního obvodu

Je třeba si vždy uvědomovat, že základem správné funkce regulačního obvodu jsou optimálně nastavené hodnoty parametrů regulátoru (tzv. optimální seřízení). Optimální seřízení závisí na míře znalosti regulovaného procesu. Pro správnou funkci regulačního obvodu je třeba také vhodně volit a umístit snímače a akční členy.

Obecně lze říci, že ke kvalitnímu řízení je třeba volit co největší dynamické zesílení regulátoru se snahou přiblížit se co nejvíce k samé mezi stability regulačního obvodu. To ovšem může být zdrojem problémů při velkých akčních zásazích, při kterých dochází k saturaci, za přítomnosti šumu anebo vyskytují-li se v chování regulované soustavy významné nelinearity.