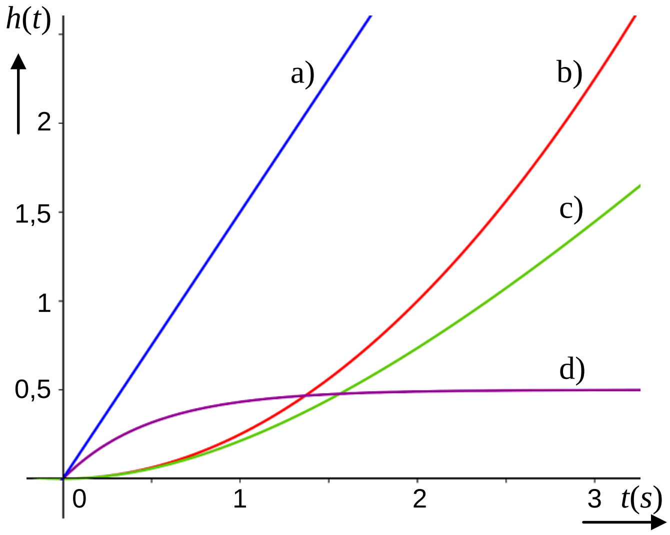


Obr. 12

Prechodové charakteristiky ako grafy prechodových funkcií sú na obr. 12.

Impulznú funkciu získame z prechodovej funkcie jej deriváciou podľa času, vzťah (22).

a) $g(t) = \frac{d}{dt}1{,}5t = 1{,}5$

b) $g(t) = \frac{d}{dt}0{,}25t^2 = 0{,}5t$

c) $g(t) = \frac{d}{dt}(t - 2 + 2e^{-0{,}5t}) =$
$= 1 - e^{-0{,}5t}$

d) $g(t) = \frac{d}{dt}(0{,}5 - 0{,}5e^{-2t}) =$
$= e^{-2t}$

Je vidieť, že sa výsledky takto určenej impulznej funkcie zhodujú s výsledkami, keď bola impulzná funkcia určovaná priamo z prenosu v príklade 8.

Rozdelenie regulačných členov podľa prechodovej charakteristiky a prenosu

Prechodové charakteristiky regulačných členov sa pre čas $t \to \infty$ ustália na určitej konkrétnej hodnote, ktorú sme na obr. 13 označili $h(\infty)$ a ktorú môžeme určiť podľa vety o konečnej hodnote funkcie

$$h(\infty) = \lim_{t\to\infty} h(t) = \lim_{s\to 0} sH(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{G(s)}{s} = \lim_{s\to 0} G(s) \qquad (23)$$

kde sme použili vzťah (20) pre obraz prechodovej funkcie.

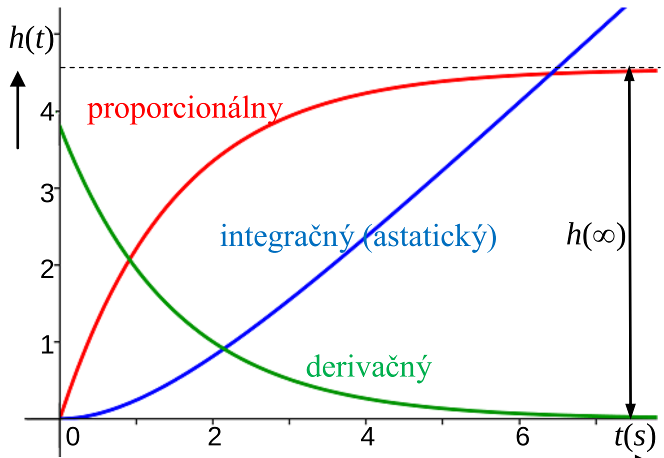
Ak dosadíme za $G(s)$ základný tvar prenosu (14) dostaneme

$$h(\infty) = \lim_{s\to 0}\frac{b_m s^m + \cdots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \cdots + a_1 s + a_0} = \frac{b_0}{a_0} \qquad (24)$$

Na základe tejto ustálenej hodnoty prechodovej charakteristiky môžeme rozdeliť regulačné členy na tri základné skupiny – pozri obr. 13

regulačné členy	proporcionálne	$a \neq 0; b \neq 0$	$h(t)$ sa ustáli na konečnej hodnote
	derivačné	$a \neq 0; b = 0$	$h(t)$ sa ustáli na nule
	integračné (astatické)	$a = 0; b \neq 0$	$h(t)$ sa neustáli

V tab. 2 sú uvedené jednotlivé regulačné členy s príslušnými prenosmi. Tým sme sa zoznámili s používanou terminológiou (namiesto „s oneskorením 1. rádu“, „s oneskorením 2. rádu“…, môžeme tiež používať „so zotrvačnosťou 1. rádu“, „so zotrvačnosťou 2. rádu“…).



Obr. 13

Prenosy regulačných členov Tab. 2

člen	ideálny	s oneskorením 1. rádu	s oneskorením 2. rádu	všeobecný
proporcio-nálny	$G(s)=k$	$G(s)=\frac{k}{Ts+1}$	$G(s)=\frac{k}{(T_1s+1)(T_2s+1)}$	$G(s)=\frac{b_ms^m+\cdots+b_1s+b_0}{a_ns^n+\cdots+a_1s+a_0}$
derivačný	$G(s)=ks$	$G(s)=\frac{ks}{Ts+1}$	$G(s)=\frac{ks}{(T_1s+1)(T_2s+1)}$	$G(s)=\frac{s(b_ms^m+\cdots+b_1s+b_0)}{a_ns^n+\cdots+a_1s+a_0}$
integračný	$G(s)=\frac{k}{s}$	$G(s)=\frac{k}{s(Ts+1)}$	$G(s)=\frac{k}{s(T_1s+1)(T_2s+1)}$	$G(s)=\frac{b_ms^m+\cdots+b_1s+b_0}{s(a_ns^n+\cdots+a_1s+a_0)}$

Príklad 12:

Určte správny názov regulačných členov s prenosmi

a) $G(s)=\frac{2s}{s+5}$ **Riešenie:** derivačný s oneskorením 1. rádu

b) $G(s)=\frac{3}{s(s+2)}$ integračný s oneskorením 1. rádu

c) $G(s)=\frac{2s+1}{(3s+1)(5s+1)}$ proporcionálny s oneskorením 2. rádu

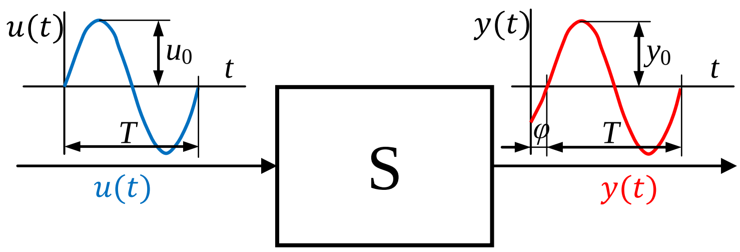
d) $G(s)=\frac{2s}{3s^3+5s^2+s+1}$ derivačný s oneskorením 3. rádu

1.5.Frekvenčný prenos

Frekvenčný prenos získame tak, že na vstup systému privedieme harmonický signál. Typickým harmonickým signálom je sínusový priebeh

$$u(t)=u_0\sin\omega t$$

kde u_0 je amplitúda vstupného signálu a ωt uhlová frekvencia.



Obr. 14

Na výstupe systému dostaneme podľa obr. 14 (po odznení prechodového deja) opäť sínusový signál avšak s inou amplitúdou, rovnakou uhlovou frekvenciou a fázovo oproti vstupnému signálu posunutý

$$y(t)=y_0\sin(\omega t+\varphi)$$

Výhodnejšie ale je vyjadriť vstupnú aj výstupnú funkciu v komplexnom tvare

$$\boldsymbol{u}(t)=u_0e^{j\omega t};\qquad \boldsymbol{y}(t)=y_0e^{j(\omega t+\varphi)} \tag{25}$$

To sú v komplexnej rovine vektory, ktoré sa otáčajú uhlovou rýchlosťou ω. Pomer týchto vektorov nám definuje **frekvenčný prenos**

$$\boldsymbol{G(j\omega)}=\frac{\boldsymbol{y}(t)}{\boldsymbol{u}(t)}=\frac{y_0e^{j(\omega t+\varphi)}}{u_0e^{j\omega t}}=\frac{\boldsymbol{y_0}}{\boldsymbol{u_0}}\boldsymbol{e^{j\varphi}} \tag{26}$$

kde $\frac{y_0}{u_0}$ je pomer amplitúd (modul) a φ je fázové posunutie.

Teraz si ukážeme súvislosť diferenciálnej rovnice systému a frekvenčného prenosu. Ak vyjdeme zo všeobecného tvaru diferenciálnej rovnice systému (1)

$$a_ny^{(n)}+a_{n-1}y^{(n-1)}+\ \ldots+a_1y'+a_0y=b_mu^{(m)}+\cdots+b_1u'+b_0u$$

môžeme si podobne ako pre prenos $G(s)$ odvodiť výpočtový vzťah pre výpočet frekvenčného prenosu z koeficientov diferenciálnej rovnice

$$\boldsymbol{G(j\omega)=\frac{b_m(j\omega)^m+\dots+b_1 j\omega+b_0}{a_n(j\omega)^n+\dots+a_1 j\omega+a_0}} \qquad (27)$$

Vzťah je formálne rovnaký ako vzťah (14) pre prenos $G(s)$, iba namiesto komplexnej premennej s v ňom figuruje výraz $j\omega$. Tým je zároveň daná relácia medzi prenosom a frekvenčným prenosom, ktorá spočíva vo formálnej zámene s za $j\omega$ resp. naopak

$$\boldsymbol{G(j\omega)=G(s)_{|pre\quad s=j\omega}} \qquad\qquad \boldsymbol{G(s)=G(j\omega)_{|pre\quad j\omega=s}} \qquad (28)$$

Zadefinovanie frekvenčného prenosu má veľký praktický význam pre riešenie regulačných problémov. Frekvenčný prenos je základom pre používanie frekvenčných metód. Znázornenie frekvenčného prenosu v tvare frekvenčných charakteristík nám umožní riešiť otázky stability regulačných obvodov, kvalitu regulácie a syntézu regulačných obvodov. Tiež môžeme používať experimentálne zistené a namerané frekvenčné charakteristiky.
O frekvenčných charakteristikách si povieme v ďalšej kapitole.

Príklad 13:
Systém (regulačný člen) je popísaný diferenciálnou rovnicou

a) $5y'+2y=3u$ b) $4y'''+3y''+2y'+y=0{,}5u'+2u$

Určte jeho frekvenčný prenos.

Riešenie: a) $G(j\omega)=\frac{3}{5j\omega+2}$ b) $G(j\omega)=\frac{0{,}5j\omega+2}{4(j\omega)^3+3(j\omega)^2+2j\omega+1}$

Príklad 14:
Systém (regulačný člen) je popísaný prenosom

a) $G(s)=\frac{3}{(s+1)(s+2)}$ b) $G(s)=\frac{2s+0{,}5}{5s^3+4s^2+2s+1}$

Určte jeho frekvenčný prenos

Riešenie: a) $G(j\omega)=\frac{3}{(j\omega+1)(j\omega+2)}$ b) $G(j\omega)=\frac{2j\omega+0{,}5}{5(j\omega)^3+4(j\omega)^2+2j\omega+1}$

1.6. Frekvenčná charakteristika v komplexnej rovine

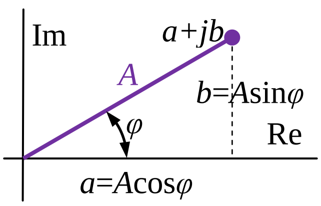
Frekvenčná charakteristika je grafické vyjadrenie frekvenčného prenosu *G*(*jω*) v komplexnej rovine, kde za uhlovú frekvenciu *ω* dosadzujeme hodnoty 0 až ∞.

Na základe tejto definície môžeme frekvenčnú charakteristiku zostrojiť ako je ukázané v príklade 15 na obr. 16.

Pri praktickom zostrojovaní frekvenčnej charakteristiky si frekvenčný prenos $G(j\omega)$ ešte vo všeobecnom tvare (pred dosadením hodnôt ω) upravíme na zložkový tvar komplexného čísla (rozšírením zlomku číslom komplexne združeným k menovateľu – pozri príklad 15).

$$G(j\omega)=Re\,G(j\omega)+j\,Im\,G(j\omega)$$

Zostavíme tabuľku, kde pre volené hodnoty ω vypočítame hodnotu *Re* a *Im* a podľa tejto tabuľky potom frekvenčnú charakteristiku skonštruujeme. Pozri príklad 15.



Obr. 15

Ešte je možný a často používaný spôsob konštrukcie frekvenčnej charakteristiky z exponenciálneho tvaru komplexného čísla. Z matematiky vieme, že komplexné číslo $a+jb$ môžeme vyjadriť v zložkovom, goniometrickom alebo exponenciálnom tvare (obr. 15)

$$a+jb = A(\cos\varphi+j.\sin\varphi) = A.e^{j\varphi}$$

Tvar: zložkový goniometrický exponenciálny