Tartalom:

Az átviteli tagok vizsgálata különböző alakú bemenő-jelekkel

A fizikai állapotukban vagy matematikai leírásukban rendelkezésre álló átviteli tagok átviteli és időbeli viselkedésének megismerésére különféle, jól definiált lefutású vizsgáló jelek szolgálnak. A módszert **identifikációnak** nevezik. A legfontosabbakat vizsgáló jeleket a táblázat mutatja be. A későbbiekben részletesebben az ugrásjelre adott válaszok vizsgálatával foglalkozunk.

Súlyfüggvény

Ha az átviteli tag (rendszer) bementére egy elvileg végtelen nagy de elvileg csak végtelen rövid idejű impulzust adunk akkor az erre adott válaszfüggvényt **súlyfüggvénynek** nevezzük. Más szavakkal: a súlyfüggvény az egységimpulzus bemenő jelre adott válaszfüggvény. A gyakorlatban a bemenőjel impulzus szerű, ami egy meghatározott, de rövid ideig tartó bemenetet jelent.

A súlyfüggvény meghatározható az átviteli tag (átviteli rendszer)

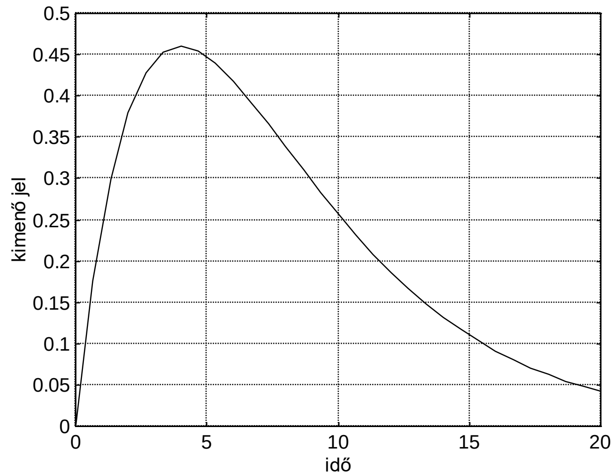
- differenciál egyenletéből,
- átviteli függvényéből,
- átmeneti függvényéből.

A kapcsolatok a következők:

- az átviteli függvény a súlyfüggvény Lapalace transzformáltja,
- az átmeneti függvény a súlyfüggvény deriváltja.

Az ábrán egy P2T tag ($Y(s)= 5 / (16s^2 + 8s + 1)$) súlyfüggvénye látható.

Noha a súlyfüggvény a többi leíró függvényhez hasonlóan jól visszatükrözi az átviteli tag tulajdonságait, használata nem gyakori. Ennek egyik oka az, hogy az egységimpulzus bemenő jel gyakorlatilag nehezen valósítható meg.



Átmeneti függvény

Az átviteli tagok viselkedésének leírására szolgáló egyik matematikai eljárás az **átmeneti függvény.** Ez az előző pontban már említett, úgynevezett **ugrás bemenőjelre** adott válasz matematikai függvénye. Az ugrás bemenőjel gyakorlatilag azt jelenti, hogy az átviteli tag (rendszer) bemenetére csatlakozó jelet hirtelen jelentősen megváltoztatjuk (növeljük, vagy csökkentjük, például a villamos RC-tag bementére kapcsolt feszültséget növeljük vagy csökkentjük) és a kimenőjel időbeli értékeit rögzítjük. Az eljárás vázlata a mellékelt táblázaton van összefoglalva. Ugyancsak itt tanulmányozható a legfontosabb tagok átmeneti függvényeinek időbeli lefutása. Egy további táblázaton a **P1T** tag $\mathbf{K_p}$ átviteli tényezőjének és **T** időállandójának meghatározására alkalmas grafikus ill. aritmetikai módszer elve is megismerhető.

Itt foglalkozunk az **aperiodikus** ill. a **periodikus** viselkedés fogalmával is. A tranziens utáni állandósult értéket az arányos tagok megközelíthetik úgy, hogy a tranziens közben nem lépik túl azt. Ezt a tranzienst *aperiodikus* megközelítésnek nevezik. Vannak azonban olyan esetek is, amikor az új állandósult értéket egy- vagy több túllendüléssel, de csillapodó lengéssel éri el a tag. Ezt a viselkedést *periodikus* (lengő) megközelítésnek nevezik. Az átmeneti görbéket bemutató ábrán a P2T tagnál mindkét eset látható. A túllendülésekről a szabályozási körök kialakításának tárgyalásánál részletesebben szólunk.

Az átmeneti függvények **-h(t)-** az átviteli függvényekből inverz Laplace-transzformációval kaphatók meg. Ezzel részletesen itt nem foglalkozunk, és csak a legegyszerűbb átmeneti függvényt, a P1T taghoz tartozót adjuk meg.

$$\mathbf{h(t) = K_p \, \Delta x_b \, (1 - e^{-t/T})}$$

itt a **t** a $\mathbf{\Delta x_b}$ ugrásjel beadása után eltelt (a futó) időt jelenti.

Az átmeneti függvény lefutása az időállandó(k) számától függően alakul. Figyeljük meg az ugrásjelre adott válaszokat - azaz a jelentősebb átviteli függvényeket - bemutató táblázaton a P1T és a P2T tagok átmeneti görbéinek lefutását. A P1T tagnál a tranziens azonnal megindul, és a változás csökkenő sebességgel közelíti meg az új állandósult állapotot. A P2T tagnál egy csekély várakozás után (ezt *látszólagos holtidőnek* nevezik) indul meg a tranziens. A görbe inflexiós pontjában a változás a leggyorsabb, majd egyre kisebb sebességgel közelíti meg az új állandósult értéket. A P3T, P4T,...PNT tagoknál a látszólagos holtidő elnyúlik, és a tranziens mind hosszabb.

A P2T jellegű tagok T_1 és T_2 időállandóinak meghatározása bonyolultabb mint a P1T tagé. Általában egy közepes időállandót szokás megadni, amit úgy képeznek, hogy az inflexiós ponthoz húzott érintőt tekintik a tranziens kezdő szakaszának és itt a P1T tagnál megismertek szerint számolnak ki egy közepes T-t, amit a látszólagos holtidő időtartamával csökkentenek. A több mint 2 időállandós tagoknál hasonló módon kiszámolt közepes T-vel lehet számolni. *Tiszta holtidőt* is tartalmazó rendszereknél (csövek, szállitószalagok, stb.) esetében ennek értékét is figyelembe kell venni.

A lengő tranzienst mutató tagoknál a lengésre való hajlamot a *csillapítási tényezővel:* ξ lehet jellemezni. Ez a dimenzió nélküli számérték a P2T és ennél nagyobb számú időállandóval jellemezhető tagoknál jelenik meg mint az elsőrendű differenciáló hányadost tartalmazó tag szorzója. A P2T tag átviteli függvényének nevezője tehát a következő alakúra módosul: $T^2.s^2 + 2.T.\xi.s + 1$

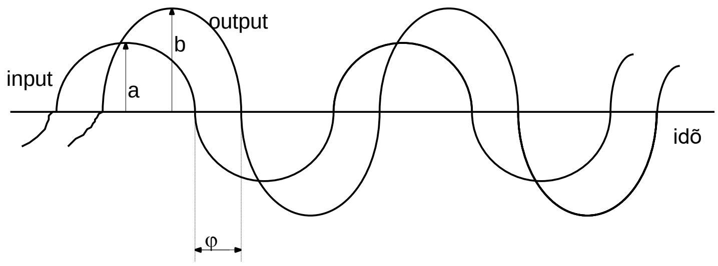
A csillapítási tényező nagysága a lengési hajlamot adja meg. Ha $\xi \geq 1$ akkor a rendszer aperiodikus tulajdonságú, azaz lengésre nem hajlamos. Ha $\xi < 1$ a rendszer periodikus, lengésre hajlamos. Minél kisebb ξ, annál nagyobb lengésekkel és hosszabb időtartammal éri el a rendszer az állandósult állapotot.

Amplitudó - fázis függvény

Az átviteli tagok viselkedésének leírására szolgáló ötödik matematikai eljárás az **amplitúdó fázis függvény.** Ez a **szinuszos** (periodikus) vizsgáló jelre adott válaszból származtatható. A vizsgálat elvi elrendezése megegyezik az átmeneti függvénynél bemutatottal, csak az ugrásjel helyett a bemenőjel szinusz alakú és folyamatos (azaz tartósan periodikus). A bemenő ill. kimenőjel a következő:

$$x_b = a. \sin (\omega.t) \qquad x_k= b. \sin (\omega.t + \varphi)$$

A kimenő/bemenő-jel viszonyát (az **amplitúdó** viszonyát) a **b/a** viszony, a **fáziseltolást** pedig a $\boldsymbol{\varphi}$ fejezi ki. Mindkét viszony $\boldsymbol{\omega}$**-nak**, azaz a vizsgálatnál alkalmazott szinusz jel **frekvenciájának** függvénye. A bemenőjel és a kimenőjel frekvenciája - lineáris átviteli tag esetében - változatlanul marad.



Az amplitudó-fázis függvény származtatása

Származtassuk a **bemenő** szinusz-jelet - élve a váltakozó áramok leírásában szokásos módszerrel - a komplex számsík ω szögsebességgel forgó x_{b0} abszolút értékű

$$\mathbf{x_b = x_{b0} \cdot e^{j\omega t}}$$ vektorából,

akkor a **kimenőjelet** az

$$\mathbf{x_k = x_{k0} \cdot e^{j(\omega t+\varphi)}}$$ vektor képviseli.

Képezzük - az átviteli függvény analógiájára - a kimenőjel és bemenőjel hányadosát.
(emlékeztetőként : $e^{j(\omega t+\varphi)} / e^{j\omega t} = e^{j(\omega t+\varphi) - j\omega t} = e^{j\varphi}$..)
Az igy nyert:

$$Y(j\omega) = x_k / x_b = (x_{k0} / x_{b0}) \cdot e^{j\varphi}$$

komplex függvény *abszolút értéke:*

$$\mathbf{| Y(j\omega) | = x_{k0} / x_{b0}}$$

az átviteli tag (szinuszos jelre vonatkozó, frekvenciafüggő) **erősítését** jelenti, *argumentuma*:

$$\mathbf{arg\ Y(j\omega) = \varphi}$$

pedig (az ugyancsak frekvenciafüggő) **fázistorzítást** (fáziseltolást) szolgáltatja**.** Az **Y(jω),** az **amplitudó-fázis függvény** tehát egyszerre két (valós) függvényt jelent**.**

Emlékeztető a komplex számokról:
algebrai alak: $\mathbf{a = \alpha + \beta \cdot i}$, ahol α - az **a** értéke a Re (reális) tengelyen
β - az **a** értéke az Im (immagionarius) tengelyen
$i = \sqrt{-1}$
a komplex szám abszolút értéke: $|\mathbf{a}| = \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)}$;
a komplex szám argumentuma: $\boldsymbol{\varphi}$ = arc tg (β/α) .

Hivatkozva az átviteli tagokat leíró differenciál egyenlet általános alakjára (lásd előbb), továbbá az x_k és x_b helyére az előbbiekben bevezetett exponenciális alakot helyettesítve és a vonatkozó tagoknál a differenciálást elvégezve a következő általános alakot nyerjük:

$$T_n^n.(j\omega)^n.x_k + ... + T_1.(j\omega).x_k + x_k = K\left(\tau_1.(j\omega).x_b + x_b\right)$$

(emlékeztető: $e^{a.x}$ differenciál hányadosa: $a \cdot e^{a.x}$; itt például x_k d. hány.-a: $j.\omega.\ x_k$)
Az általános alak az átviteli függvény formára átrendezhető:

$Y(j.\omega) = x_k / x_b = K$ (bemenő oldal maradék tagjai / kimenő oldal maradék tagjai)

Az amplitúdó-fázis függvény ábrázolására *két mód* kínálkozik. Az **egyik** az, hogy az *Y(jω) függvényt az ω körfrekvencia függvényében a komplex síkon* ábrázoljuk. Ez a **NYQUIST** (olv. nájkviszt) diagram. Ezt az ábrázolási módot itt nem részletezzük.

A **másik** módja az, hogy külön ábrázoljuk az erősítés frekvenciafüggését leíró

$$a(\omega) = |Y(j.\omega)|$$

és a fázistorzítás frekvenciafüggését megadó:

$$\varphi(\omega) = \arg Y(j.\omega)$$

valós függvényeket.

Utóbbi grafikus ábrázolás a **BODE** diagram.

A következő részekben a Bode diagram kialakításának részleteit - példaként- egy P1T típusú tag segítségével ismerjük meg.

A P1T tag egy generátor gerjesztését szolgáló **RL villamos** kör. Ennek átviteli függvénye - **s** helyett **jω**-t irva, és a további lépésben mind a számláló, mind a nevező (1-Tjω)-val szorozva és rendezve - a következő:

$$Y(j\omega)=K\frac{1}{T.j\omega+1}=K\frac{1-T.j\omega}{1+T^2.\omega^2}=Re(j\omega)+j.Im(j\omega)$$

ahol: $$ReY(j\omega)=\frac{K}{T^2.\omega^2+1} \qquad ImY(j\omega)=-\frac{K.T\omega}{T^2.\omega^2+1}$$

Ezek alapján a P1T tag **erősítése** a következő:

$$a(\omega)=\sqrt{[ReY(j\omega)]^2+[ImY(j\omega)]^2}=\frac{K}{\sqrt{T^2\omega^2+1}},$$

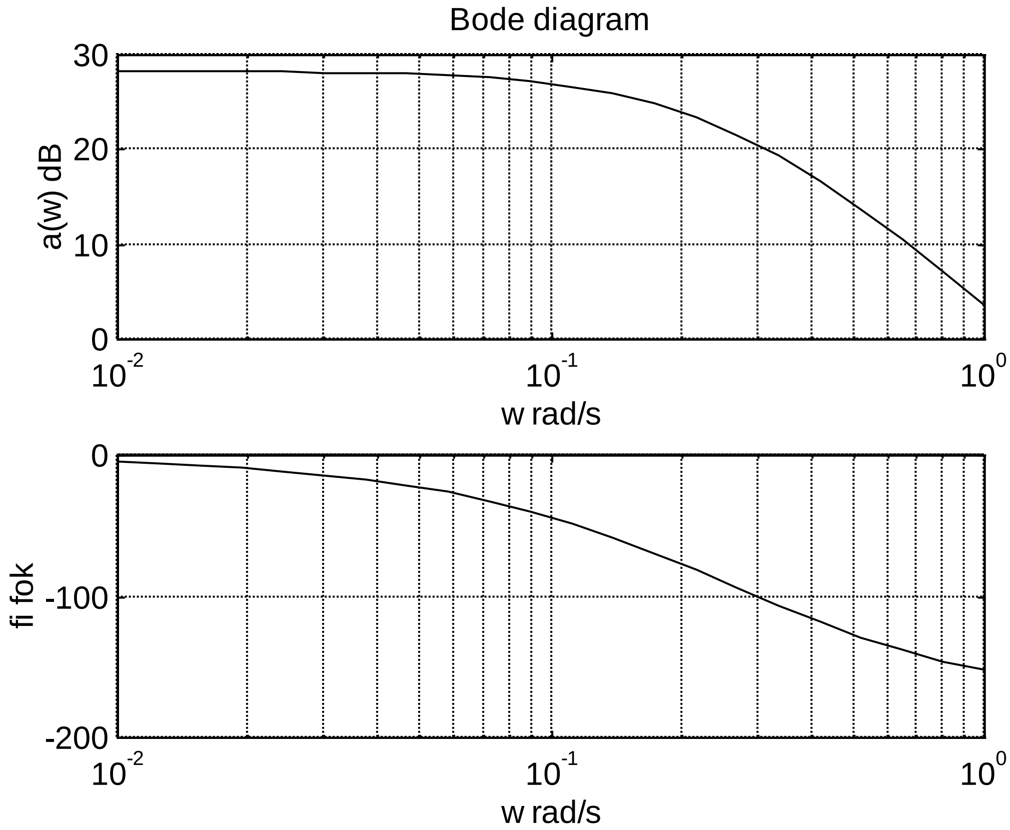
fáziskésése pedig :

$$\varphi(\omega)=arctg\frac{ImY(j\omega)}{ReY(j\omega)}=-arctg(T\omega)$$

A Bode diagram az erősítést és fázistorzulást, - mindkettőt a körfrekvencia függvényében- *különválasztva* ábrázolja. A körfrekvencia tengelyen logaritmikus, a fázistorzulás (fáziseltolás) tengelyen lineáris léptékezés van. Az erősítés értékét decibelben fejezzük ki, így lényegében ez is logaritmikusan kerül a függőleges tengelyre.

Megjegyzés: egy szám (pl.: **a**) decibelben (dB) kifejezett értéke a szám tízes alapú logaritmusának 20-szorosa: $a^* = 20 \cdot \lg \mathbf{a}$.

A diagram kialakítása és szerkezete a bemutatott - egy P2T tagról készített- Bode diagramon- tanulmányozható. (az ábrázolt átviteli függvény: Y(s) = 26 / ($16s^2$ + 8s + 1))



Első lépésként ábrázoljuk a logaritmus *amplitúdó-körfrekvencia* jelleggörbét. Ennek dB-ben mért erősítése:

$a^*(\omega) = 20.\lg[\,a(\omega)\,] = 20.\lg K - 20 \lg[\,\sqrt{T^2.\omega^2 + 1}\,] = a_1^*(\omega) + a_2^*(\omega)$,

Az *első* tag állandó (K nem függ ω-tól), a vízszintes tengellyel párhuzamosan futó egyenes ábrázolja.

A *második* tag pedig minden ω-ra negatív és frekvenciafüggése:

ha **ω** kicsi $T^2.\omega^2$ elhanyagolható és így ez a tag zérusnak tekinthető;

ha **ω** nagy akkor **1** hanyagolható el, és a görbe aszimptotája:

$$20 . \lg K - 20 . \lg T\omega = 20 . \lg K - 20. \lg T - 20 \lg \omega$$

A két aszimptota metszéspontjában: $20 . \lg K = 20 . \lg K - 20. \lg T - 20 \lg \omega$,

amiből: $\lg \omega = - \lg T$ azaz $\omega = 1/T = \omega_s$

Az $\boldsymbol{\omega_s}$ értéket **sarokkörfrekvenciának** nevezik, és szerepére a későbbiekben visszatérünk.

Második lépésként a *fáziseltolást* ábrázoljuk:

$\varphi(\omega) = -\text{arc tg}(T.\omega) = -\text{arc tg}\ \omega/\omega_S$ (előbbi $1/T = \omega_S$ -ből helyettesítve)

néhány jellegzetes pont: ha $\omega = 0$ akkor $\varphi = 0^o$

ha $1\ \omega_S$ akkor -45^o

ha $100\ \omega_S$ akkor -89.4^o

A Bode .d. szerkesztése alkalmával az egyes komponenseknek csak az aszimptotáit szokták megrajzolni. A metszéspont közelében az érték párok valójában egy görbén fekszenek, de ezt csak pontos végeredmény igénye esetén kell figyelembe venni. A fáziseltolás (torzítás) görbéjét is lehet egy a -45°ot metsző, -90°/dekád meredekségű egyenessel helyettesíteni.

A Bode .diagram használatának számos előnye van

a. a jelleggörbe felrajzolása egyszerű;

b. a **K** átviteli tényező változtatásával az amplitúdó (a felső) görbe önmagával párhuzamosan tolódik felfelé vagy lefelé;

c. a **T** időállandó változtatásával a jelleggörbe jobbra vagy balra tolódik;

d. soros kapcsolású tagok eredő jelleggörbéi egyszerű összeadással készíthetők.

A táblázat a legfontosabb átviteli tagok átmeneti függvényének és amplitúdó-frekvencia függvényének alakját mutatja be továbbá feltünteti az átviteli függvényt is. Az ábrák kiegészítésére megemlítünk néhány jellegzetességet.

a. Mindhárom alapvető, időkésés mentes tag fázis-görbéje párhuzamos a frekvencia tengellyel, helye:

P-nél 0 °, I-nél -90 °, D-nél +90 °.

b. A **P0T** tag amplitúdó egyenese az amplitúdó dB-ben kifejezett értékének megfelelő magasságban a frekvencia tengellyel *párhuzamosan* fut,

c. az **I0T** tag amplitúdó egyenese -20dB/dekád meredekséggel *csökken* és a frekvencia tengelyt az $\omega = K_i$ értéknél metszi ,

d. **D0T** tagnál +20dB/dekád meredekséggel *emelkedik*, és a frekvencia tengelyt az $\omega = 1 / K_d$ értéknél metszi.

e. A **P1T** tagnál az amplitúdó görbe a K_p értéknek megfelelő dB-nél vízszintesen halad, majd az 1/T értéknek megfelelő *ω_S sarokkörfrekvencia* értéknél indul a 20dB/dekád meredekséggel csökkenő érintő. A fázisfüggvény a sarokkörfrekvencia értéknél -45°, ettől balra 0°-hoz, ettől jobbra - 90°-hoz tart.

f.. A **P2T** tagnál az eredő időállandónak megfelelő sarokkörfrekvencia értéknél van a két érintő metszéspontja, de a második érintő meredeksége -40dB/dekád. A fázistorzulás a sarokkörfrekvenciánál -90°, és a görbe 0° és -180° között hajlik. Lengő tulajdonságot mutató P2T tagoknál (ahol tehát $\xi<1$) a sarokkörfrekvencia értéknél az amplitúdó görbén - a ξ-től függő - túllendülés van.

f. Az összetett tagok görbéi az alaptagok görbéinek összeadásával alakulnak ki.

(Az amplitúdó-fázis függvény szerkesztésének módjait példák megoldásával lehet elsajátítani.)

Az amplitúdó-fázis függvény használatára egyrészt összetett tagok eredő tulajdonságának meghatározásakor van szükség, továbbá a szabályozók (kompenzátorok) beállításának későbbiekben tárgyalt módozatainak és a szabályozási körök stabilitásának megértéséhez fognak támpontul szolgálni.

Példák:

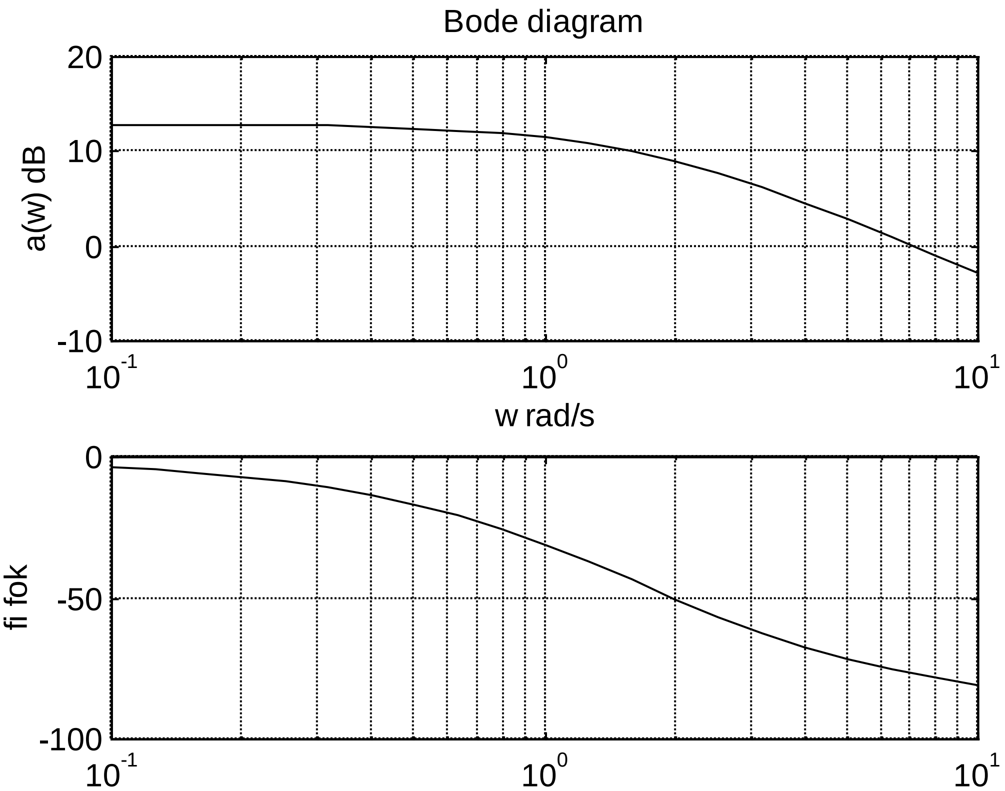
1. Ábrázoljuk a P1T tag Bode-diagramját, ha K_p = 4.4 és T = 0,6. Ennek megfelelően:

$$a^*(\omega) = 20.\lg K = 20.\ 0.64 = 12.8.$$

Az amplitúdó görbe tehát a dB tengely 12.8 értékénél vízszintesen indul. Az **1/0.6 = 1.7** frekvencia érték (sarokkörfrekvencia) fölött van a metszéspont, ahonnan -20 dB/dekád meredekségű egyenes jelenti az aszimptotát

(A -20dB/dekád szerkesztése: a B.d. jobb felső sarkában húzzunk egy ilyen meredekségű segédegyenest és ezzel párhuzamost húzva oldjuk meg a feladatot.)

Az aszimptota 7 értéknél metszi a frekvencia tengelyt.



Itt egy új fontos fogalomhoz jutottunk. A metszéspont értékét **vágási körfrekvenciá**nak: ω_C nevezik, és a szabályozási körök stabilitásvizsgálatánál igen fontos szerepe van.

A fáziseltolás értéke -P1T tag lévén-: -90°. A - 45° érték a sarokkörfrekvencia (1,7) alatt van.

2. Ábrázoljuk ugyanezen a diagramon a K_p = 1 és T = 0.25 tulajdonságú P1T tagot. Az előzőek szerint eljárva: a*(ω) = 0 és 1/T = 4 .

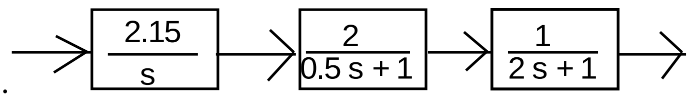
3. Ábrázoljuk azt a P2T tagot, amelyet a két P1T tag sorba kötésével kapunk.

A feladatot úgy kell végrehajtani, hogy a második tag ω_S = 4 értéke fölött az első tag érintőjét -40dB meredekségű érintővel folytatjuk. Amennyiben ezt az érintőt (fölfelé), a vízszintes amplitúdó érintőt pedig jobb irányban meghosszabbítjuk, a metszéspont a két időállandóból származtatható átlagos (v. eredő) időállandó reciprok értéke fölött van.

A fáziseltolás itt -90°, miközben ez a görbe 0° és -180° között változik.

(A közepes időállandó: T = $\sqrt{T_1.T_2}$ összefüggéssel ki is számolható. Itt most: T = 0,25 x 0,6 = 0,15; $\sqrt{\mathbf{0,15}}$ = 0,39; ennek reciprok értéke: 1 / 0,39 = 2,58).

4. Készítsük el a következő átviteli elemlánc Bode diagramját.



Első lépésként az amplitúdó görbe kezdő szakaszát kell kialakítani. Az első tag átviteli függvényéből megállapítható, hogy az eredő *integráló* tulajdonságú, tehát a görbe kezdő szakasza egy -20dB/dekád meredekségű (lefelé) mutató egyenes. Ennek egy metszéspontja a három átviteli tényező összeszorzásával kiszámítható. Itt (2.15 x 2 x 1) = 4.3. Tehát a frekvencia tengely 4.3 pontjából indul az említett meredekséggel az aszimptota. Ezután a frekvencia tengelyen kijelöljük a két időállandó reciprok értékét, azaz az 1/0.5 = 2 és az 1/2 =

0.5 pontokat. Előbb a 0.5, majd a 2 pont fölött ill. alatt fog törni az asszimptota, az előzőnél -40dB/dekád, utóbbinál -60dB/dekád iránytényezővel.

A fáziseltolás (torzítás) - az I tag miatt - 90°nál kezd csökkeni, és -270°-ig csökken. A -180° a közepes időállandó: $\sqrt{\mathbf{2\,.0.5}}\ \mathbf{=1}$ érték alatt van. Ez a görbe úgy is megszerkeszthető, hogy a két P1T tag megfelelő két fáziskésést szerkesztünk a két 1/T alatt, majd ezeket a -90° kezdő (integráló tagnak megfelelő) eltolásból kiindulva összeszerkesztjük.

Az átviteli tagok vizsgálata MATLAB segítségével

A MATLAB tartalmaz olyan utasításokat, amelyek segítségével a különböző átviteli tagokat jellemző válaszfüggvények megszerkeszthetők és értékelhetők. A kiinduláshoz ismerni kell a vizsgált átviteli tag átviteli függvényét. A már előző részekben ismertetett módon kell atz átviteli függvény számlálóját és nevezőjét megadni, majd a megfelelő utasításokkal a diagram és ennek adatai megjeleníthetők.

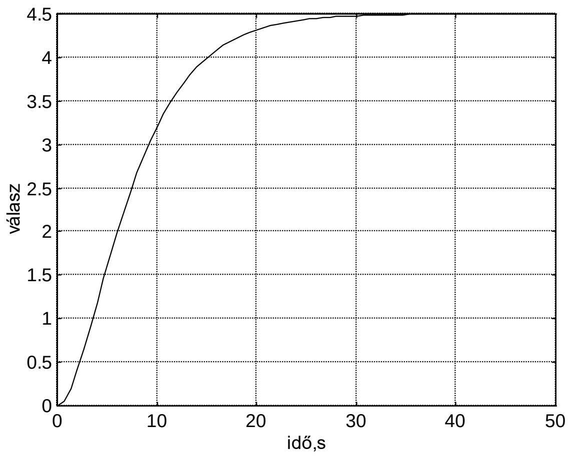
Az átmeneti függvény diagram és a függvény adatainak kialakítása MATLAB segítségével

Példa:

Egy P2T tag átmeneti függvénye és ennek adatai:

Az átviteli függvény: $Y(s) = 4.5 / (16s^2 + 8s + 1)$ (az átlagos időállandó : 4)

nu1 = [4.5];	az átviteli függvény számlálója
de1 = [16 8 1];	az átviteli függvény nevezője
step(nu1,de1);grid	ugrásjel válaszfüggvény



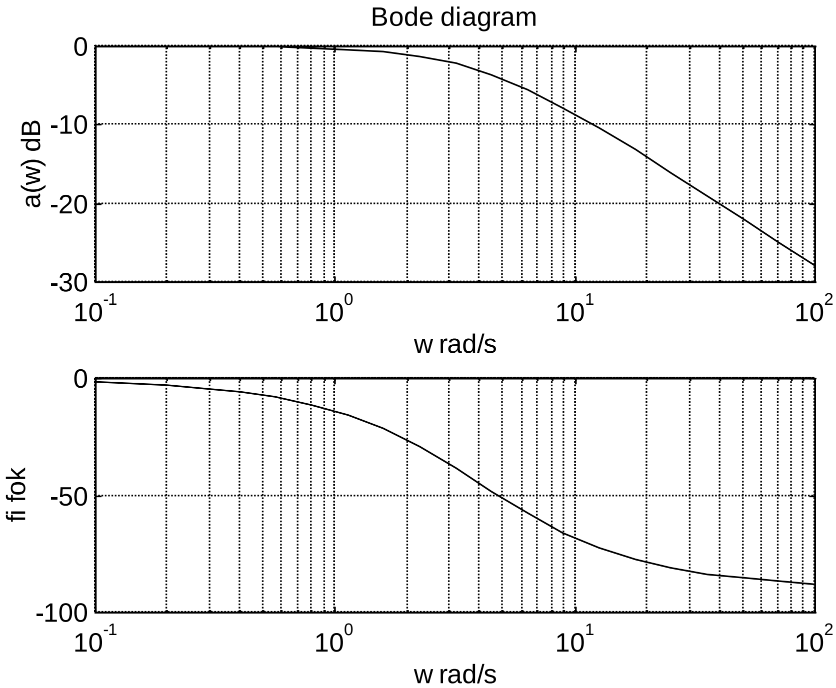
A diagram adatpárait a következő utasításokkal lehet a képernyőn megjeleníteni:

```
nu1 = [4.5];
de1 = [ 16 8 1 ];
[kim,áll,idő]= step(nu1,de1);            ugrásjel válaszfüggvény számítása
        kim    a kimenőjel értékei
        áll    állapot trajektoria értékei (itt nem részletezzük)
        idő    az időtengely értékei
plot(idő,kim);grid on        az átmenti függvény megjelenítése vagy
m=[idő,kim]                  az átmeneti függvény értékpárainak megjelenítése
```

Az átviteli függvény (Bode-) diagram kialakítása MATLAB segítségével

A 2. példa szerinti tag átviteli függvénye: Y(s) = 1 / (0.25s + 1)

```
nu1 = [1];
de1 = [ 0.25 1 ];
bode(nu1,de1);grid on                Bode diagram megjelenítése
```



A diagram adatpárait a következő utasításokkal lehet a képernyőn megjeleníteni:

nu1 = [1];

de1 = [0.25 1];

[m,p,w]=bode(nu1,de1); Bode diagram értékeinek kiszámítása

m a dia gram amplitúdó értékei

p a diagram fáziseltolás értékei

w a frekvencia tengely értékei

b=[m,p,w] a diagram értékpárainak megjelenítése; az m értékét még át kell alakítani, ha dB értékkel akarunk számolni

vagy

subplot(211),semilogx(w,20*log10(m)),xlabel('w rad/s'),ylabel('a(w) dB');

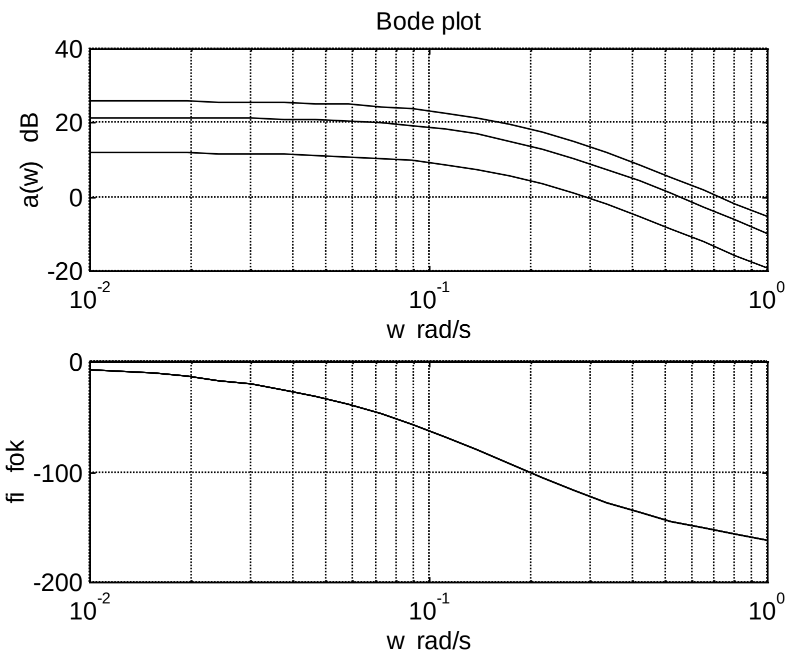
title('Bode diagram');grid on

subplot(212),semilogx(w,p),xlabel('w rad/s'),ylabel('fi fok');grid on

a két „subplot" utasítás a Bode diagram két részdiagramját jelenitetti meg, x tengely logaritmikus, az amplitúdó érték dB-be lesz átszámolva, a diagram és a tengelyek címkézése is megtörténik.

Példa azonos időtulajdonságú, de eltérő erősítésű átviteli tag Bode diagramban történő ábrázolására. Az átviteli függvény: $Y(s) = K / (36s^2 + 12s + 1)$.

K értékek: 20, 12, 4.



Figyelje meg, hogy az amplitúdó görbe a K csökkenésével mind lejjebb tolódik, miközben a fáziseltolás – minthogy az átviteli függvény nevezőjében nem történt változtatás – azonos értékeket mutat. Figyelje meg azt is, hogy az erősítés csökkenésével a vágási körfrekvencia értéke jobbra tolódik Az értékek: 0.7, 0.55, 0,3.rad/sec. A később tárgyalásra kerülő stabilitási problémáknál a vágási körfrekvencia fontosságára vissza fogunk térni.

<u>Összefoglaló táblázatok az átviteli tagok modellezéséhez.</u>

(a táblázatokban az átviteli függvény számlálója **nu**, a nevezője **de** azonosítóval van jelölve)

(a [..]-be a paraméterek **s** csökkenő hatványához tartozó sorrendben kerülnek beírásra)

Arányos (P) tulajdonságú tagok modellezése

Az összes példában erősítés: K=10, időállandó: T_p=1 secundum; csillapítási tényező: ζ

Átviteli fgv.	Y(s) = K	Y(s)= K/(Ts+1)	$Y(s)= K/(T^2s^2+2T\zeta s+1)$	
Időállandó szám.	0	1	2	
	nu=[10] de=[1]	nu=[0 10] de=[1 1]	nu=[0,10] de=[1 4 1]	ζ=2
			nu=[0,10] de=[1 2 1]	ζ=1
			nu=[0,10] de=[1 1 1]	ζ=0.5
			nu=[0,10] de=[1 0.7 1]	ζ=0.35
			nu=[0,10] de=[1 0.5 1]	ζ=0.25

Integráló (I) tulajdonságú tagok modellezése

Az összes példában erősítés: K=10, időállandó: T=0.5 secundum

Átviteli fgv	Y(s) = K/ Ts	Y(s)= K/(s (Ts+1))
Időállandók száma	0	1
	nu = [0 10] de = [0.5 0]	nu = [0 0 10] de = [0.5 1 0]

Differenciáló (D) tulajdonságú tagok modellezése

Az összes példában erősítés: K=10, időállandó: T=0.5 secundum.

Átviteli fgv	Y(s) = K s	Y(s)= K s /(Ts+1)
Időállandók száma	0	1
	nu = [10 0] de = [1]	nu = [10 0] de = [0.5 1]

Holtidős (H) tulajdonságú tagok modellezése

A modellezés több lépésben történik. Az első lépésben a holt időt kell modelllezni PADE módszerrel. Az utasítás:

[nuh,deh]= pade(2, 4)

a nuh és deh a holtidő számlálója illetve nevezője, T=2 a példához választott időállandó, 4 a PADE közelítés rangja (növelésével javul a közelítés pontossága).

A második lépésben meg kell adni a holtidős taghoz kapcsolódó átviteli tag átviteli függvényének számlálóját illetve nevezőjét:

nu=[4]; illetve de=[0.6 1];

(itt a példában P1T: Y(s) = 4 / (0.6 s + 1)).

A harmadik lépésben eredőt számolunk, azaz összeszorozzuk a holtidős tag és (itt) a P1T tag átviteli függvényeit:

[num,dem] = series (nuh,deh,nu,de);

Utolsó lépésben vagy

step(num,dem);grid

utasítással ugrásjel válaszfüggvényt (átmeneti függvényt) vagy

bode(num,dem);grid;grid

utasítással Bode diagramot jeleníttetünk meg a képernyőn.

Megjegyzés: a PADE csak közelítés, és ne várjunk az idődiagramban egyenes szakaszt.