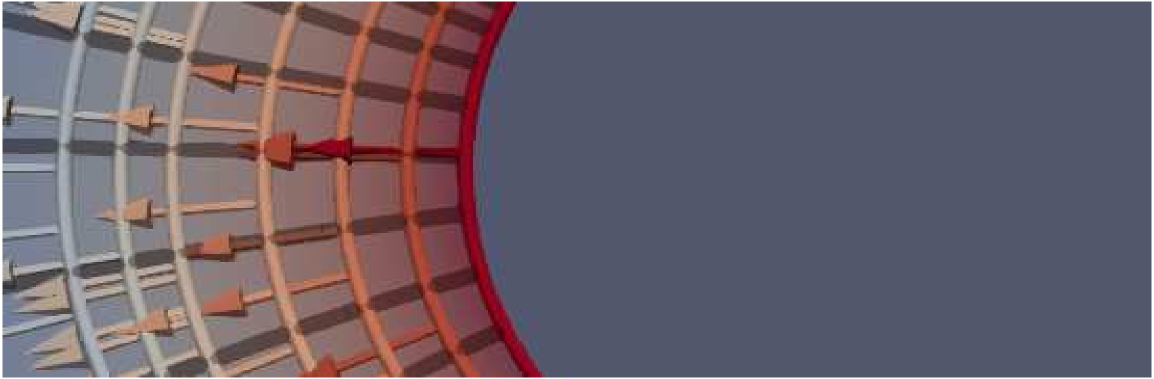
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
Antennák és EMC kutatócsoport
NES Laboratórium

Jelek és rendszerek 2. - 2022/23. I. félév

Átviteli karakterisztika



reichardt.andras@vik.bme.hu

Reichardt András | (2022. szeptember 11.)

Cél

- Az átviteli karakterisztika előállítása vagy meghatározása a MATLAB segítségével.
- Meglévő (adott) átviteli karakterisztika ábrázolása

Átviteli karakterisztika meghatározása

- az egyenleteket mindenkinek magának kell megalkotnia
- megoldás meghatározása (egyenletrendszer megoldása) szimbolikusan (zárt alakú megoldás)
- numerikus megoldás (egyeneltrendszer megoldása), amelynek a végén "mérési ponthalmazt" kapunk

Átviteli karakterisztika ábrázolása

- pontpárokat használnuk ábrázolásra (lásd numerikus megoldás eredménye vagy zárt alakú megoldásból helyettesítéssel)
- valós változós, komplex értékű függvény eredményét ábrázoljuk
- Bode-diagram : amplitúdó- és fázis-menet ábrázolása két diagramban
- Nyquist-diagram : fazor helyének ábrázolása egyetlen, síkbeli ábrában

Szimbolikus megoldás MATLAB-bal, a végén zárt alakú kifejezést kapunk.

Megoldás menete

- szimbolikus változók definiálása
- egyenletek megadása
- egyenletrendszer megoldása
- megoldás felhasználása további számításra
- eredmény olvasható formába írása

Szimbolikus változó

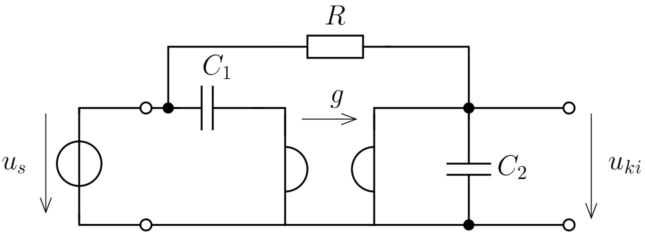
- `syms` paranccsal adjuk meg az első használat előtt

```
syms x y
```

- szimbolikus változókkal végzett művelettel adódik

```
z = x + 2*y^2
```

Áttérünk szinuszos állandósult állapot vizsgálatára! Minden elemnek az impedancia alapú leírását alkalmazzuk! A feszültségek és áramok komplex csúcsértékek az ω körfrekvencián!



A felírható egyenletek (ismeretlenek U_a, U_{ki}, I_a, I_b)

$$I_a + \frac{U_a - U_s}{1/j\omega C_1} = 0$$

$$\frac{U_k i - U_s}{R} + j\omega \cdot C_2 U_{ki} + I_b = 0$$

$$I_b = -g \cdot U_a$$

$$I_a = g \cdot U_{ki}$$

Szimbolikus változók létrehozása, egyenletek megadása

```
syms R C1 C2 jw Ua Uki Ia Ib Us g
% egyenletek
eq1 = Ia+(Ua-Us)/(1/(jw*C1)) == 0;
eq2 = (Uki-Us)/R + jw*C2*Uki+Ib == 0;
eq3 = Ib == -g*Ua;
eq4 = Ia == g*Uki;
```

Egyenletrendszer megoldása

Keresett mennyiségek : U_a, U_{ki}, I_a, I_b

```
sol = solve(eq1, eq2, eq3, eq4, Uki, Ua, Ia, Ib);
```

A sol tartalmazza az egyenletrendszer megoldásával adódó kifejezést a keresett mennyiségekre

```
pretty( sol.Uki)
```

A megoldás során U_{ki}/U_s kifejezést keressük.

A kifejezéseket $j\omega$ szerint csoportosítjuk.

```
pretty( simplify( collect( sol.Uki/Us, jw)))
```

A paraméterek ($R = 1k\Omega$, $C1 = 4\mu$F, $C_2 = 1\mu$F, $g = 0.5mS$ illetve $g = 2$mS) koherens egységrendszerbeli értékeit is be lehet helyettesíteni.

```
pretty( simplify( collect( subs(sol.Uki, {R,C1,C2,g}, {1,4,1,0.5})/Us, jw)))
pretty( simplify( collect( subs(sol.Uki, {R,C1,C2,g}, {1,4,1,2})/Us, jw)))
```

Átalakítás ábrázoláshoz

Az ábrázolást pontpárok alapján tesszük meg. Ezért a szimbolikus eredményeket át kell fordítani ponthalmazra.

Frekvencia-átviteli tényező pontpárok létrehozása

- együtthatókat kiolvassuk, számlálót és nevezőt (polinomok!) vektorokkal reprezentáljuk
- frekvenciapontokat felvesszük (logaritmikus ponthalmaz)
- számláló és nevező helyettesítési értékét kiszámítva, majd elemenként elosztva adódik $H(j\omega)$
- további mennyiségek kiszámítása (abszolútérték, fázis)
- valamely módon ábrázolva

Polinom vektor reprezentációja

Polinomot az együtthatóival adhatjuk meg úgy, hogy egyértelmű legyen. A(z együttható) vektor elemeinek száma $n+1$, ha n-ed fokú a polinom.
Pl. $x^3 - 2 \cdot x^2 - 4 \Longrightarrow (1; -2; 0; -4)$ vektor, vagy $(jw)^5 + 3 \cdot (jw)^2 + 2j\omega + 1 \quad \Longrightarrow (1; 0; 0; 3; 2; 1)$

- nevezők (den) és számlálók (num) megadása

```
num1 = 24; den1 = [16 16 1]; num2 = [3 0]; den2 = [1 1 1];
```

- frekvenciapontok előállítása

```
om = logspace(-2,2,1e4);
```

- Átviteli tényezők számítása
  - **polyval** a **num1**-vel adott polinom helyettesítési értékét számítja a **j*om** által megadott értékeknél
  - ugyanolyan dimenziójú vektor az eredmény, mint **om**
  - a ./ elemenkénti osztást jelent, azaz a két vektor elemenként elosztja és egy vektorba helyezi el

```
H1 = polyval(num1, j*om) ./ polyval(den1, j*om);
H2 = polyval(num2, j*om) ./ polyval(den2, j*om);
```

- További mennyiségek kiszámítása

```
K1 = abs(H1); fi1 = angle(H1);
K2 = abs(H2); fi2 = angle(H2);
```

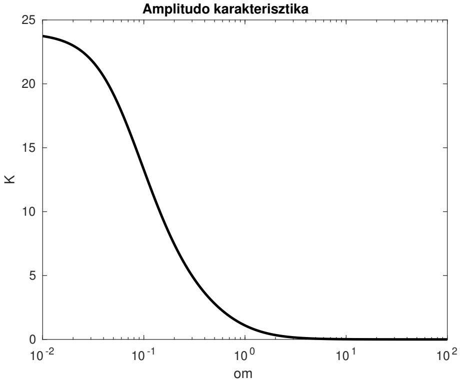
A komplex értékű függvény abszolútértékét (amplitúdó) és szögét (fázis) külön-külön ábrázoljuk. A vízszintes tengely logaritmikusan skálázott.

```
figure;
semilogx(om, K1, 'r-', 'LineWidth',2);
xlabel('om'); ylabel('K');
title('Amplitudo karakterisztikak');
```

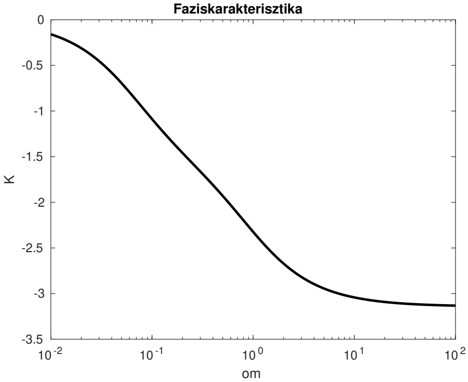
```
figure;
semilogx(om, fi, 'r-', 'LineWidth',2);
xlabel('om'); ylabel('K');
title('Amplitudo karakterisztikak');
```

Ha dB-ban akarunk ábrázolni, akkor azt előtte kiszámítjuk, majd a semilogx-nél a K helyére tesszük!

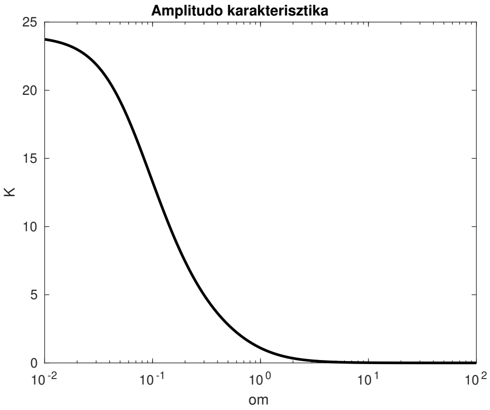
```
KdB1 = 20*log10(K1);
```



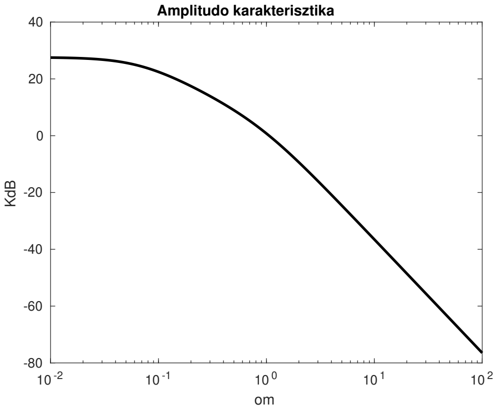
az amplitúdókarakterisztika



a fáziskarakterisztika




```
...
semilogx(om, K1, 'k-');
...
```

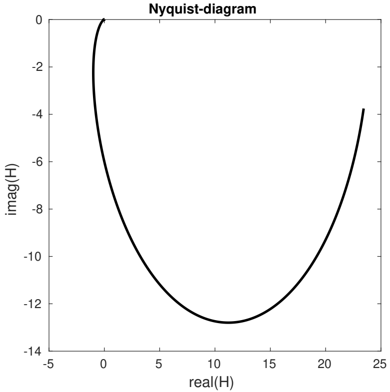



```
...
semilogx(om, 20*log10(K1),'k-');
...
```

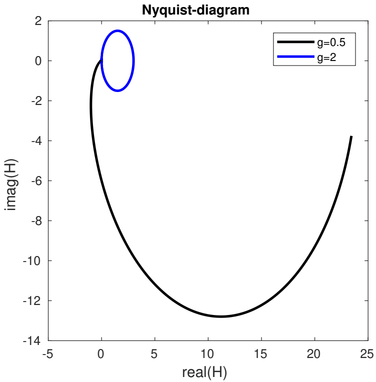
Megfontolások

- A komplex átviteli tényezőket a komplex számsíkon ábrázoljuk az ω függvényében, mint egy parametrikus síkgörbét!
- Vízszintes (x) koordináta az átviteli tényező valós része, függőleges (y) koordináta a képzetes rész.
- Pontokat a növekvő frekvencia szerint ábrázoljuk
- az ábra koordinátatengelyeit azonos mértékűre kell állítani, hogy ne torzítson (`axis equal`)

```
figure;
  plot( real(H1), imag(H1), 'k-', 'LineWidth',2);
  xlabel('real(H)', 'FontSize',12);
  ylabel('imag(H)', 'FontSize',12);
  title('Nyquist-diagram');
  axis equal
```



egyetlen karakterisztika



két átviteli karakterisztikára

[g=0.5 (fekete vonal), g=2 (kék vonal)