

Jelek és rendszerek 2. - 1. gyakorlat

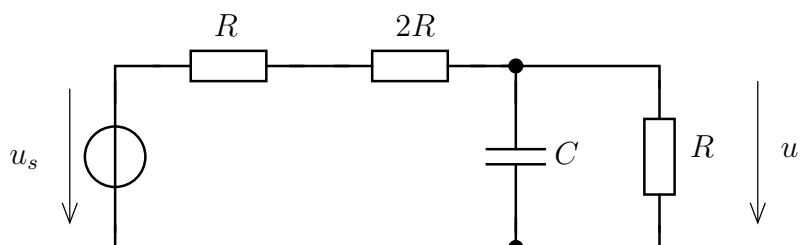
Reichardt, András

2023. szeptember 7.

Az első gyakorlat anyaga a szinuszos állandósult állapotban történő megoldás menete és a Fourier-sorfejtés elvégzése.

1. Aluláteresztő szűrő

Példa 0 Határozzuk meg az alábbi hálózat által reprezentált rendszer átviteli karakterisztikáját!



A hálózat egy aluláteresztő szűrőt valósít meg.

$$\bar{U} = \bar{U}_s \cdot \frac{R \times Z_C}{3R + R \times Z_C}$$

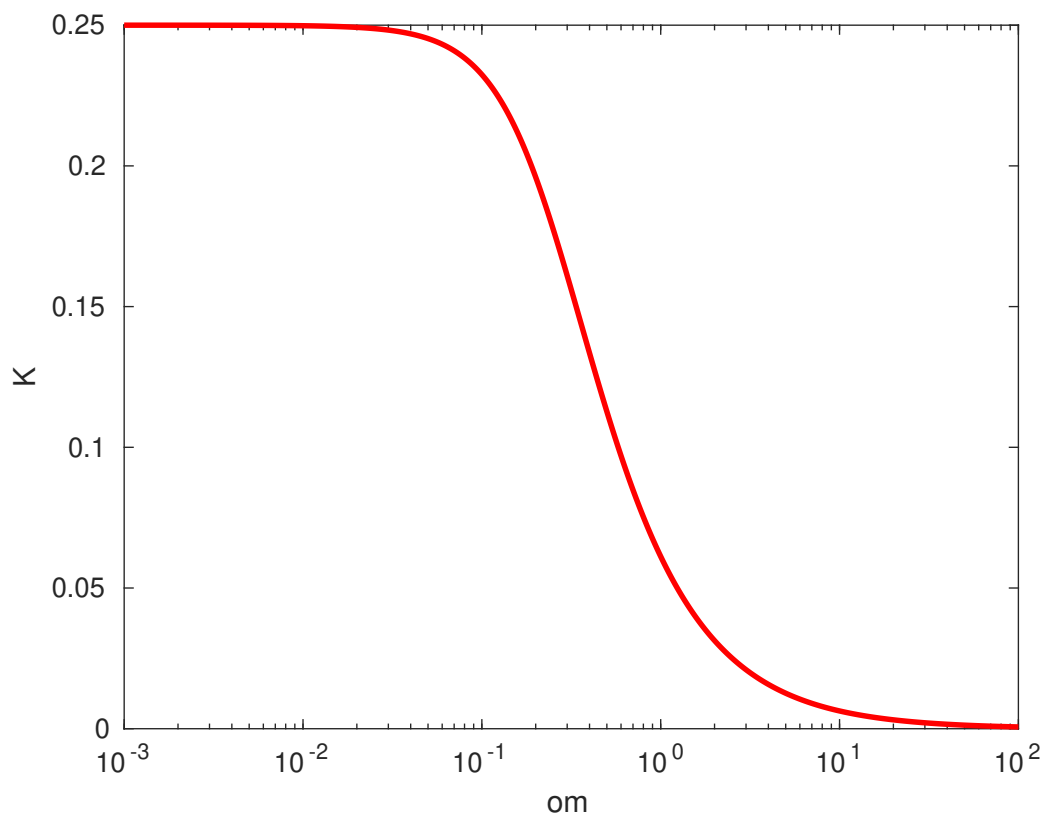
ahol

$$R \times Z_C = \frac{R/j\omega C}{R + 1/j\omega C} = \frac{R}{1 + j\omega CR}$$

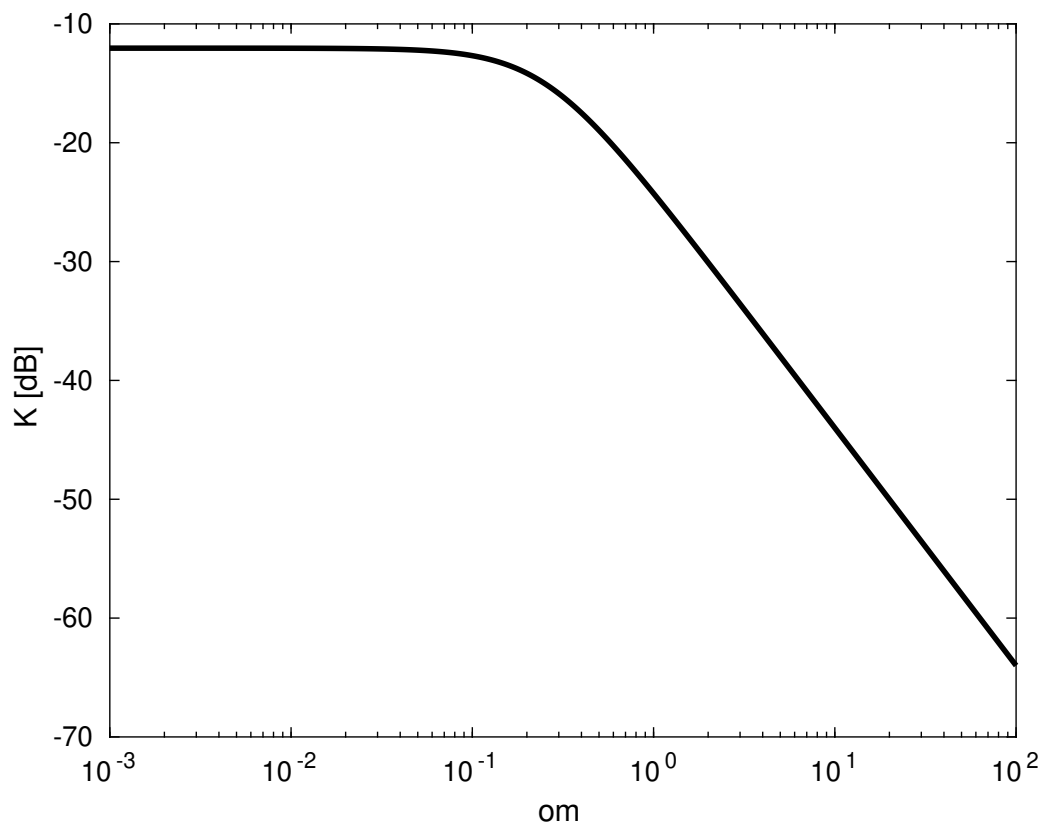
$$H(j\omega) = \frac{\bar{U}}{\bar{U}_s} = \frac{1}{1 + j\omega 3CR + 4} = \frac{1}{3RC} \cdot \frac{1}{j\omega + \frac{4}{3RC}}$$

1.1. Bode-jellegű ábrázolás

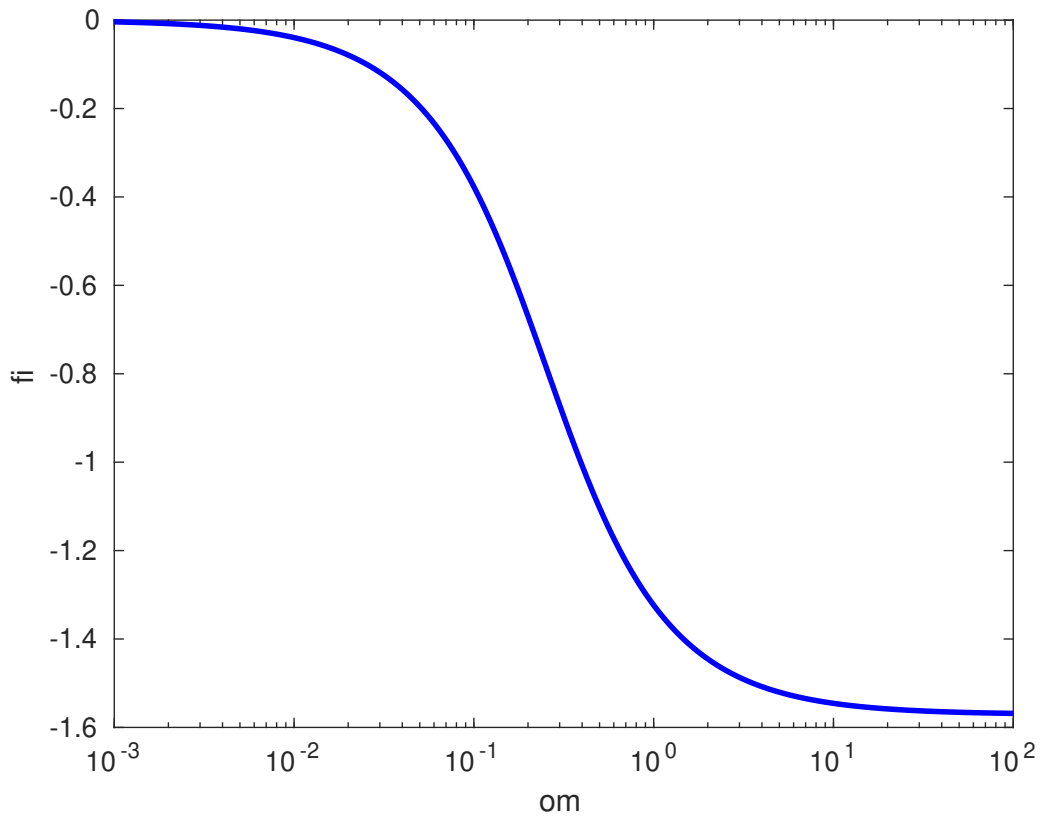
Lineáris skálán ábrázolva az amplitúdót :



dB-ben számolva az amplitúdót :



A fázist lineárisan (radiánban) ábrázolva :



1.2. Négyszögjel sorfejtése

Numerikusan oldjuk meg a sorfejtést! Ehhez felhasználjuk a matlab numerikus integráló függvényét (`integral`).

Kiszámítandó integrál (komplex együtthatók számítása) :

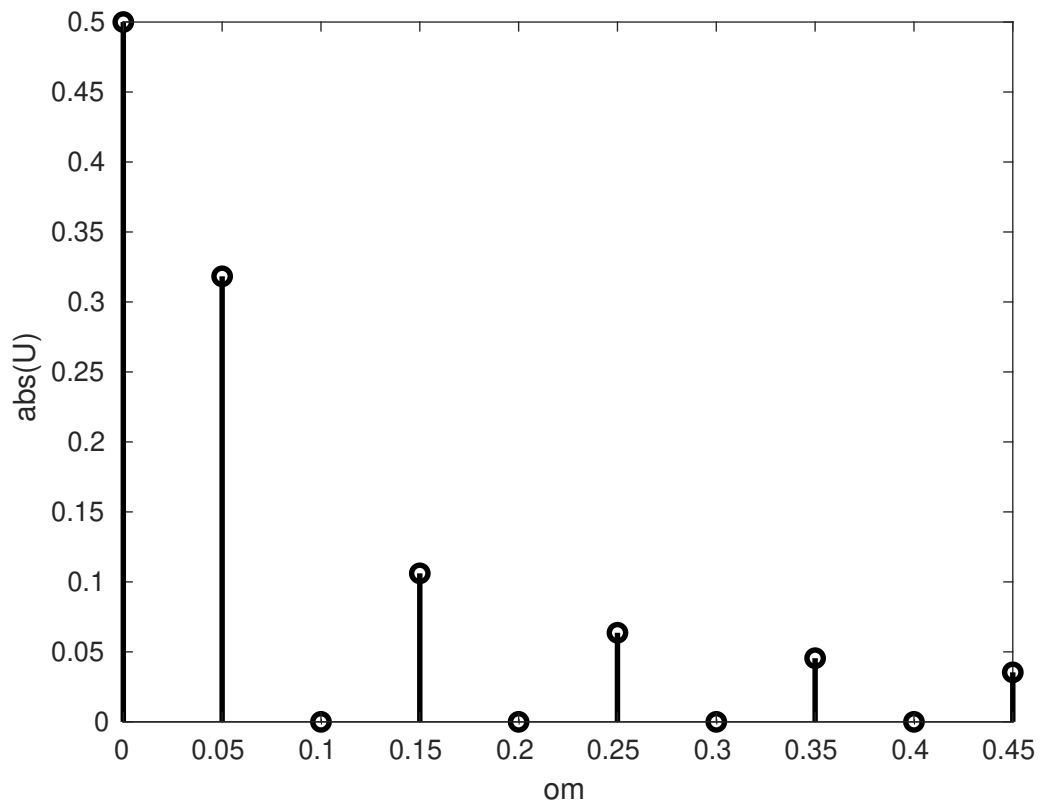
$$U_k^C = \frac{1}{T} \int_{(T)} u(t) \cdot \exp(-j\omega_0 k \cdot t) dt$$

ahol $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ a periodikus jel alap(kör)frekvenciája, T a periódushossz. Pl. a $k = 5$ módus együtthatójának kiszámítása :

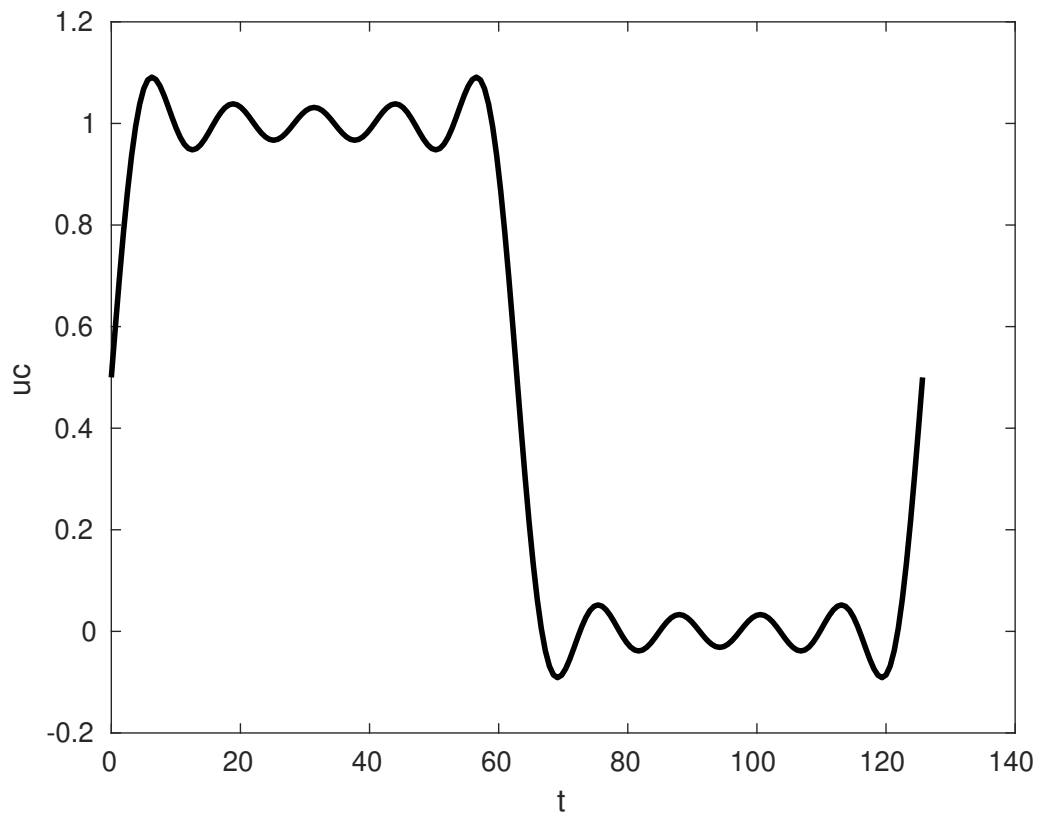
```
om0 = 0.05; T=2*pi/om0;
fun = @(t,T1) (t>=0).*(t<=T1).*1;
integral( @(t) fun(t,T/2).*exp(-j*5*om0*t), 0, T) / T
```

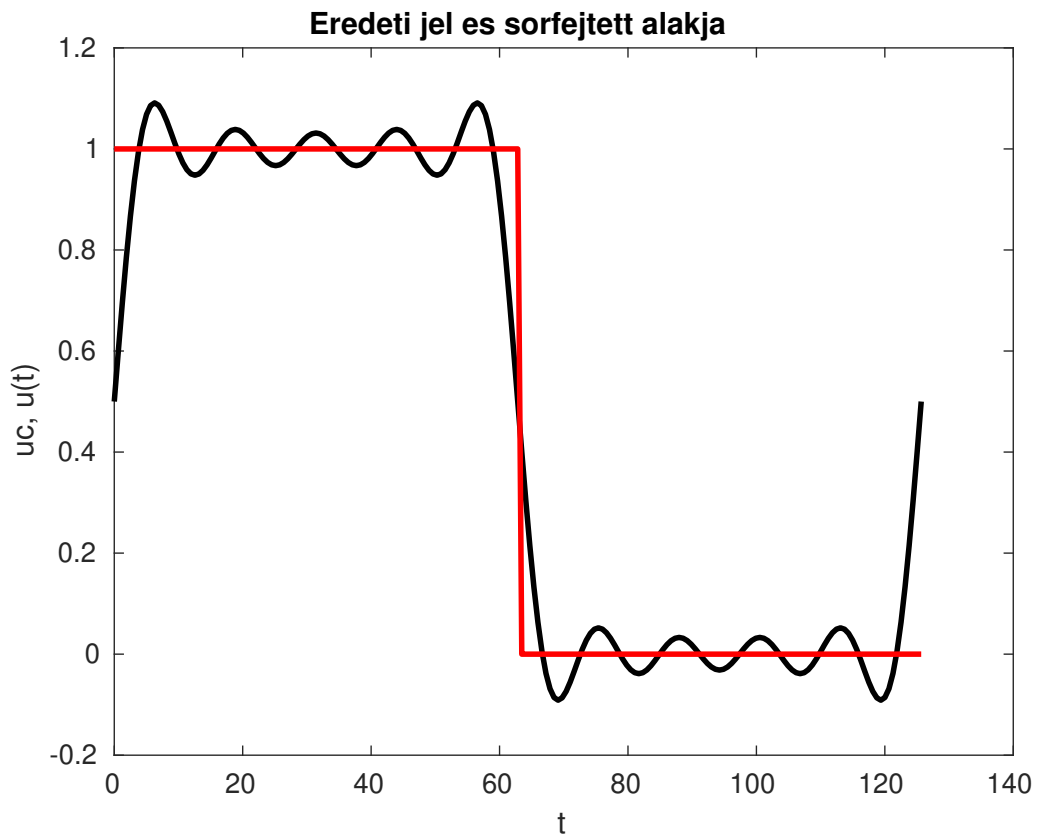
Hasonlóan az összes módusra ki lehet számítani az együtthatókat.

A négyszögjel és spektruma az alábbiakban látható :



A. *confeição analítica*

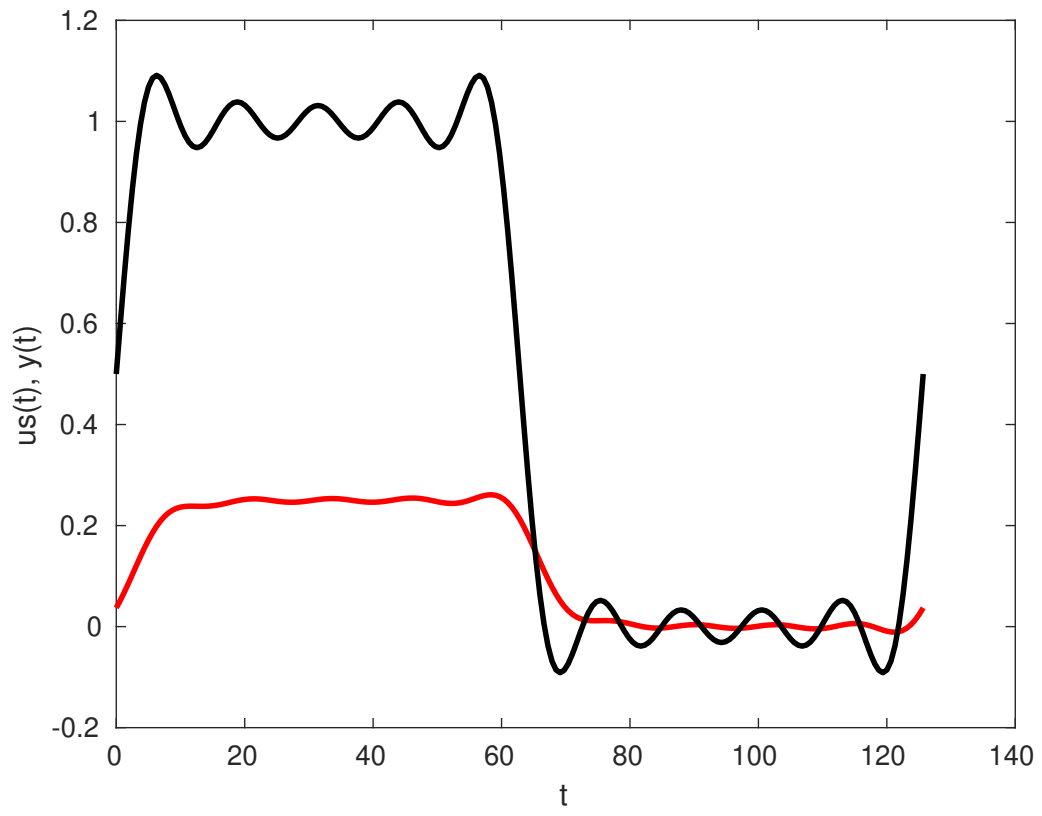




1.3. Átvitel hatása

Alapvető feladatunk annak meghatározása, hogy a gerjesztőjel hatására milyen kimeneti jel fog keletkezni. Ezért a korábban kiszámított eredményeinket felhasználva (átviteli karakterisztika és négyzögjel Fourier-együtthatói) kiszámítjuk a terhelésen eső feszültséget.

A kapott válasz időfüggvénye és a gerjesztés időfüggvénye látható alább (fekete vonal - gerjesztés, piros vonal - válasz) :



1.4. Programkód

Listing 1. Matlab szkript

```
1 % Orai szkriptek
2 % Alulatereszto szuro atviteli karakterisztika meghatarozasa es abrazolasa
3 % Az egyutthatokat "kezzel" kiszamoltuk, itt csak behelyettesitunk
4 R = 24; C=0.22;
5 % kOhm, nF, us, V, mA, Mrad/s koherens egysegrendszer
6 AO = 1/(3*R*C);
7 Om0= 4/(3*R*C);
8 % szamlalo es nevezo
9 num = AO;
10 den = [1 Om0];
11 % vizsgalt frekvenciatartomany
12 omw = logspace(-3,2,1e4);
13 % atviteli karakterisztika es abbol szamitott mennyisegek
14 % (amplitudo, amplitudo dB-ben, fazis)
15 H = polyval(num, j*omw) ./ polyval(den, j*omw);
16 K = abs(H);
17 KdB = 20*log10(K);
18 fi = angle(H);
19
20 % abrazolasok
21 % - amplitudo karakterisztika (linearis amp. skala)
22 % - fazis karakterisztika
23 % - amplitudo karakterisztika dB-ben
24 figure;
25 semilogx(omw, K, 'r-', 'LineWidth',2);
26 xlabel('om'); ylabel('K');
27
28 figure;
29 semilogx(omw, fi, 'b-', 'LineWidth',2);
30 xlabel('om'); ylabel('fi');
31
32 figure;
33 semilogx(omw, KdB, 'k-', 'LineWidth',2);
34 xlabel('om'); ylabel('K [dB]');
35
36 %% Negyszogjel sorfejtese numerikus integralassal
37 % integral parancs hasznalata
38 % fx = integral( @fun, xmin, xmax)
39 % Az egyutthatokat numerikus integralassal szamitjuk. Bovenn leiras a
40 % numerikus integralasrok
41 % doc integral
42
43 % alapparameterek es idofv. definialasa
44 om0 = 0.05; T=2*pi/om0;
45 fun = @(t,T1) (t>=0).*(t<=T1).*1;
46
47 k = 1:10;
48 U = zeros(size(k));
49 % kezzel szamitott ertek a k=0 helyen (T1/T)
50 U(1)=0.5;
51 om = om0*(k-1);
52 for id=k
53     Ut = integral(@(t) fun(t,T/2).*exp(-j*om(id)*t), 0, T)/T;
54     U(id) = Ut;
55 end
```



```

56 % a mernoki valos alak parameterai
57 Ucs = 2*abs(U);
58 Ucs(1) = Ucs(1)/2;
59 ro = angle(U);
60
61 % (amplitudo)spektrum abrazolas - mernoki valos alakra
62 figure;
63 stem(om, abs(U), 'k-o', 'LineWidth',2);
64 xlabel('om'); ylabel('abs(U)')
65
66 %% Sorfejtés eredménye / abrazolás
67 t = 0:T/200:T;
68 uexact = fun(t,T/2);
69 % uct - segedmatrix, ahol az id-ik sorban az om(id)-hez tartozó
70 % idofuggvenyt taroljuk, ...
71 uct = zeros(length(om), length(t));
72 for id=1:length(om)
73     uct(id,:) = Ucs(id)*cos( om(id)*t+ro(id) );
74 end
75 % ... majd összeadjuk minden idopillanatban
76 uc = size(t);
77 for id=1:length(t)
78     uc(id) = sum(uct(:,id));
79 end
80
81 % abrazolas es ...
82 figure;
83 plot(t,uc,'k-', 'LineWidth',2);
84 xlabel('t'); ylabel('uc');
85
86 % ... összehasonlítás a tökéletes jellel
87 figure;
88 plot(t,uc,'k-',t,uexact, 'r-', 'LineWidth',2);
89 xlabel('t'); ylabel('uc, u(t)');
90 title('Eredeti jel és sorfejtett alakja')
91
92
93 %% Atvitel hatása
94 % Korábban sorfejtett jel a rendszer bemenete
95 % (atterünk mernoki valos alakra, erre emlékezni kell később)
96 UU = Ucs.*exp(j*ro);
97 % atvitel és válasz komplex együtthatóinak számítása
98 HH = polyval(num, j*om)./polyval(den, j*om);
99 YY = HH.*UU;
100 disp([transpose(abs(YY)) transpose(angle(YY))]);
101
102 % időtartománybeli alak előállítás hasonlóan mint korábban
103 % (yyt - segédváltozó, yt-ben az idofuggvény)
104 yyt = zeros(length(om), length(t));
105 for id=1:length(om)
106     yyt(id,:) = abs(YY(id))*cos(om(id)*t+angle(YY(id)));
107 end
108 yt = zeros(size(t));
109 for id = 1:length(t)
110     yt(id) = sum(yyt(:,id));
111 end
112
113 % abrazolas - valasz es gerjesztes egyuttas abrazolasa
114 figure;

```

```
115 plot(t,yt,'r-','LineWidth',2);
116 hold on;
117 plot(t,uc,'k-','LineWidth',2);
118 xlabel('t'); ylabel('us(t), y(t)');
```