Jelek és rendszerek II.

I. házi feladat villamosmérnök szakos hallgatók részére

Név	Tolnai Dániel Zoltán
Neptun kód	CRNRLU
Házi feladat kódja	0623080302
Beadási határidő:	7. oktatási hét

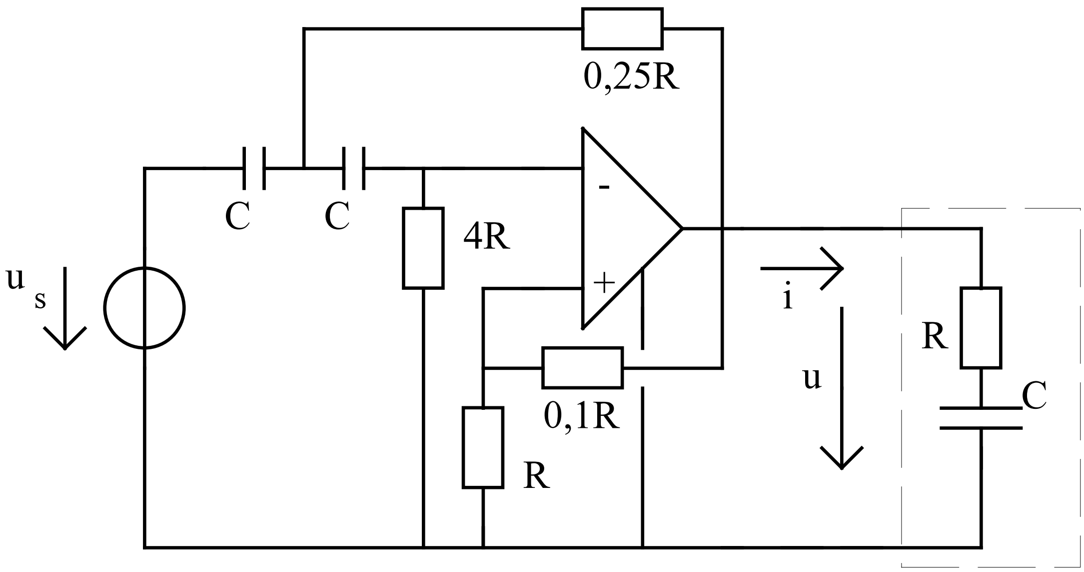
Megjegyzések: *Le kell töltenie a feladatlapot (a hálózat és a gerjesztőjel adataival együtt), továbbá a hálózat ábráját, és ezeket a megoldással együtt írásban kell benyújtani. Ha javítás, illetve részfeladat külön beadása miatt többször adja be a házi feladatot, minden alkalommal az előző részeket is* és a feladatlapot is be kell adni. *Javítás esetén a hibás részt kicserélni nem szabad még akkor sem, ha valamelyik feladat megoldását elölről kezdi. A javítást külön lapon kell mellékelni, megjelölve, melyik pont korrekciójáról van szó. Ügyeljen az áttekinthető és világos külalakra! A teljes megoldást minden esetben részletesen le kell írni,* nem elegendő a végeredményeket közölni*! A numerikus számításokra és az ábrák elkészítésére természetesen alkalmazhat számítógépi programokat (MATLAB, DERIVE stb.), de* a megoldás elvi lépéseit *ekkor is* részletesen *ismertetni kell.*

Gyakorlatvezető neve:

Javító véleménye (elfogadás, javítások):

Az ábrán megadott lineáris invariáns hálózat **gerjesztése a feszültségforrás feszültsége**, **válasza a 02** kimeneti jel.

H6

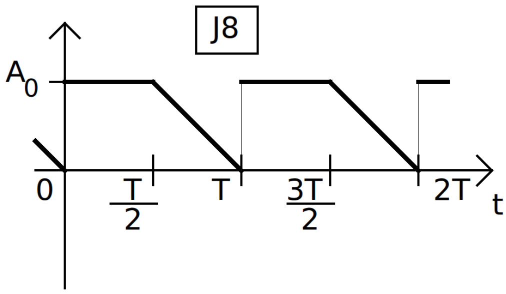


R = C = Válaszjel: u, i

R	C
$50k\Omega$	$500pF$

1. feladat

A hálózat gerjesztése az alábbi periodikus jel:



A_0	T/τ	τ
8 V	0.9	$\tau = 5 \cdot CR$

1.1 Határozza meg ezen periodikus jel legalább négy (nem zérus) harmonikust tartalmazó Fourier-polinomját! Írja fel a Fourier-polinomot komplex és valós együtthatós alakban!

1.2 Határozza meg a jel effektív értékét pontosan és a választott Fourier-polinom közelítésben is! Adja meg a közelítés relatív hibáját!

1.3 Határozza meg a rendszer átviteli karakterisztikáját!

1.4 Határozza meg a válasz Fourier-polinomját az előző feladatban számított közelítésben! Határozza meg közelítőleg a válasz effektív értékét!

1.5 (Nem kötelező!) Rajzolja fel az átviteli karakterisztika Bode- és Nyquist-diagramját!

2. feladat

A gerjesztés az 1. feladatban megadott jel első periódusa; a $(0, T)$ intervallumon kívül zérus a jel értéke.

2.1 Határozza meg az aperiodikus gerjesztő jel komplex spektrumát!

2.2 Ábrázolja az amplitúdóspektrumot, és ennek alapján adja meg a jel sávszélességét! ($\varepsilon = 0.05$)

2.3 Írja fel a válasz komplex spektrumát!

3. feladat

3.1 Határozza meg az átviteli függvényt! Számítsa ki az átviteli függvény pólusait és zérusait, vázolja fel a pólus-zérus elrendezést!

3.2 Határozza meg az impulzusválaszt az átviteli függvény alapján, és vázolja az impulzusválasz időfüggvényét!

3.3 Határozza meg a választ, ha a gerjesztőjel a 2. pont szerinti aperiodikus jel! Vázolja a válaszjelet!

4. feladat

A feladat megoldása nem kötelező! Ellenőrizze a számításokat a TINA hálózatanalízis program segítségével!

A feladatok során minden számítást a MATLAB 7.12.0.635 (R2011a) 32 bites UNIX verziójával végeztem.

1. feladat
1.1 alfeladat

Válasszunk koherens egységrendszert a feladat megoldásához:

Mennyiség	U	I	R	C	t	ω
Mértékegység	V	mA	kΩ	nF	μs	Mrad/s

Körfrekvencia:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

A jelet két részre bontjuk:

$$\left[k\,;k\frac{T}{2}\right]: A_0$$

$$\left[k\frac{T}{2}\,;k\,T\right]: \frac{-A_0}{\frac{T}{2}}(t-T)$$

A Fourier-sor valós alakja:

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty}\left(U_k^A \cos k\omega_0 t + U_k^B \sin k\omega_0 t\right)$$

Kiszámítjuk U_0 -t:

$$U_0 = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\,dt \qquad U_0 = \frac{1}{T}\left(\int_0^{\frac{T}{2}} A_0\,dt + \int_{\frac{T}{2}}^{T} -\frac{A_0}{\frac{T}{2}}(t-T)\,dt\right) = \frac{1}{T}\left(\frac{A_0 T}{2} + \frac{A_0 T}{4}\right) \qquad U_0 = \frac{3}{4}A_0$$

Kiszámítjuk U_k^A -t:

$$U_k^A = \frac{2}{T}\int_0^T u(t)\cos k\omega_0 t\,dt \qquad U_k^A = \frac{2}{T}\left(\int_0^{\frac{T}{2}} A_0 \cos k\,\omega_0 t\,dt + \int_{\frac{T}{2}}^{T} -\frac{A_0}{\frac{T}{2}}(t-T)\cos k\,\omega_0 t\,dt\right)$$

$$U_k^A = A_0\frac{\cos(k\pi) - \cos(2k\pi)}{k^2\pi^2}$$

Mivel $\cos(2k\pi) = 1$:

$$U_k^A = A_0\frac{\cos(k\pi) - 1}{k^2\pi^2}$$

Kiszámítjuk U_k^B -t:

$$U_k^B=\frac{2}{T}\int_0^T u(t)\sin k\,\omega_0 t\,dt \qquad U_k^B=\frac{2}{T}\left(\int_0^{\frac{T}{2}} A_0\sin k\,\omega_0 t\,dt+\int_{\frac{T}{2}}^{T}-\frac{A_0}{\frac{T}{2}}(t-T)\sin k\,\omega_0 t\,dt\right)$$

$$U_k^B=A_0\frac{\sin(k\pi)-\sin(2k\pi)+k\pi}{k^2\pi^2}$$

Mivel $\sin(k\pi)=0$:

$$U_k^B=A_0\frac{1}{k\pi}=\frac{A_0}{k\pi}$$

Behelyettesítjük U_0 -t, U_k^A -t, és U_k^B -t a Fourier-sor valós alakjába:

$$u(t)=\frac{3}{4}A_0+\sum_{k=1}^{\infty}\left(\left(A_0\frac{\cos(k\pi)-1}{k^2\pi^2}\right)\cos k\,\omega_0 t+\left(\frac{A_0}{k\pi}\right)\sin k\,\omega_0 t\right)$$

Az i. Fourier-polinom valós alakja:

$$u(t)=\frac{3}{4}A_0+\sum_{k=1}^{i}\left(\left(A_0\frac{\cos(k\pi)-1}{k^2\pi^2}\right)\cos k\,\omega_0 t+\left(\frac{A_0}{k\pi}\right)\sin k\,\omega_0 t\right)$$

A 4. Fourier-polinom tehát:

$$u(t)=\frac{3}{4}A_0+\sum_{k=1}^{4}\left(\left(A_0\frac{\cos(k\pi)-1}{k^2\pi^2}\right)\cos k\,\omega_0 t+\left(\frac{A_0}{k\pi}\right)\sin k\,\omega_0 t\right)$$

A szumma négy tagja:

1: $\frac{A_0}{\pi}\sin(\omega_0 t)-\frac{2A_0}{\pi^2}\cos(\omega_0 t)$

2: $\frac{A_0}{2\pi}\sin(2\omega_0 t)$

3: $\frac{A_0}{3\pi}\sin(3\omega_0 t)-\frac{2A_0}{9\pi^2}\cos(3\omega_0 t)$

4: $\frac{A_0}{4\pi}\sin(4\omega_0 t)$

A 4. Fourier-polinom egyszerűsített alakja:

$$u(t)_4=\left(\frac{3A_0}{4}\right)+\left(\frac{A_0}{\pi}\sin(\omega_0 t)-\frac{2A_0}{\pi^2}\cos(\omega_0 t)\right)+\left(\frac{A_0}{2\pi}\sin(2\omega_0 t)\right)+$$
$$+\left(\frac{A_0}{3\pi}\sin(3\omega_0 t)-\frac{2A_0}{9\pi^2}\cos(3\omega_0 t)\right)+\left(\frac{A_0}{4\pi}\sin(4\omega_0 t)\right)$$

Helyettesítsük be A_0 értékét:

$$u(t)_4=6+2.546\sin(\omega_0 t)-1.621\cos(\omega_0 t)+1.273\sin(2\omega_0 t)+$$
$$+0.849\sin(3\omega_0 t)-0.180\cos(3\omega_0 t)+0.637\sin(4\omega_0 t)$$

Komplex Fourier-sor:

$$\bar{u}(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\left(U_k^C e^{jk\omega_0 t}\right)$$

Mivel a matematikai valós alak együtthatóit már meghatároztuk, így könnyedén kiszámolhatjuk a komplex alak együtthatóinak $\left(U_k^C\right)$ értékét:

$$U_k^C=\begin{cases} U_0 & ,k=0 \\ \dfrac{U_k^A-jU_k^B}{2} & ,k\neq 0\end{cases} \quad => \quad U_0^C=U_0=6V$$

Határozzuk meg a $k\neq 0$ tagokat:

$$U_k^C=\frac{U_k^A-jU_k^B}{2}=\frac{\left(A_0\dfrac{\cos(k\pi)-1}{k^2\pi^2}\right)-j\left(\dfrac{A_0}{k\pi}\right)}{2}=A_0\frac{\cos(k\pi)-jk\pi-1}{2k^2\pi^2}=\frac{4}{k^2\pi^2}\left[\cos(k\pi)-jk\pi-1\right]$$

Páros k esetén: $\cos(k\pi)=1$: $U_k^C=\dfrac{4}{k^2\pi^2}[1-jk\pi-1]=\dfrac{4}{k^2\pi^2}[-jk\pi]=\dfrac{-4j}{k\pi}$

Páratlan k esetén: $\cos(k\pi)=-1$: $U_k^C=\dfrac{4}{k^2\pi^2}[-1-jk\pi-1]=\dfrac{4}{k^2\pi^2}[-2-jk\pi]=\dfrac{-8}{k^2\pi^2}+\dfrac{-4j}{k\pi}$

Helyettesítsünk be a komplex Fourier-sor képletébe -4-től 4-ig:

$$\bar{u}(t)_{[-4;4]}=\sum_{k=-4}^{4}\left(U_k^C e^{jk\omega_0 t}\right)$$

Így a Fourier-polinom komplex alakja:

$$\begin{aligned}\bar{u}(t)_{[-4;4]} = {} & 0.318\,e^{j(1.571-4\omega_0 t)} + 0.434\,e^{j(1.78-3\omega_0 t)} + 0.637\,e^{j(1.571-2\omega_0 t)} + 1.509\,e^{j(2.137-\omega_0 t)}+ \\ & +6\,e^{0}+ \\ & +1.509\,e^{j(-2.137+\omega_0 t)} + 0.637\,e^{j(-1.571+2\omega_0 t)} + 0.434\,e^{j(-1.78+3\omega_0 t)} + 0.318\,e^{j(-1.571+4\omega_0 t)}\end{aligned}$$

1.2 alfeladat

Egy jel pontos effektív értéke a definíció szerint:

$$U_{eff}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)\,dt}$$

A mi jelünk pontos effektív értéke:

$$U_{eff}=\sqrt{\frac{1}{T}\left(\int_0^{\frac{T}{2}} A_0^2\,dt+\int_{\frac{T}{2}}^{T}\left(-\frac{A_0}{\frac{T}{2}}(t-T)\right)^2 dt\right)}=\sqrt{\frac{2A_0^2}{3}}\approx 6.532\,V$$

Az effektív érték a Fourier-polinom közelítésében: (az adott tag csak kezdőfázissal)

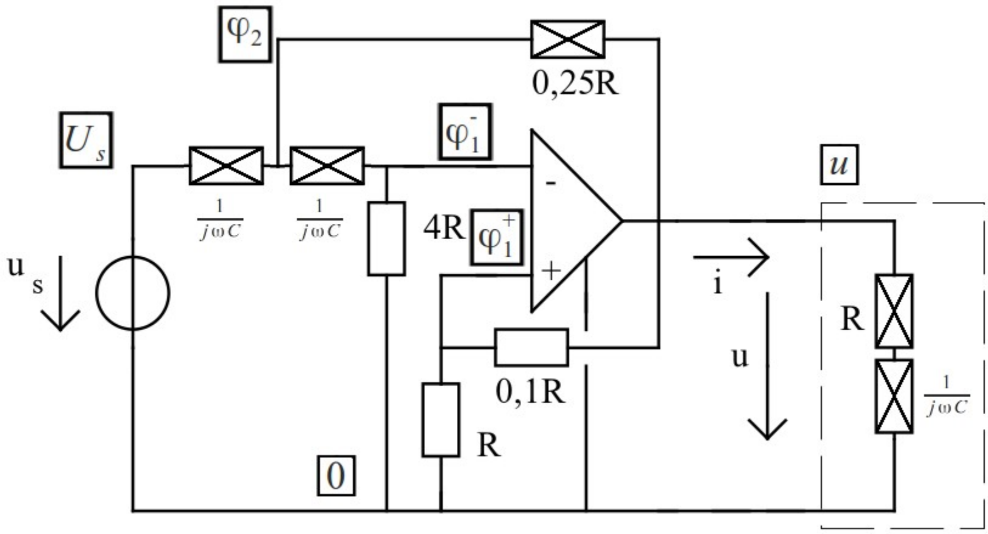
$$U'_{eff}=\sqrt{U_0^2+\sum_{k=1}^{4}\left(\frac{U_k}{\sqrt{2}}\right)^2}=\sqrt{6^2+\left(\frac{3.018}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{1.274}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{0.868}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{0.636}{\sqrt{2}}\right)^2}\approx 6.476\,V$$

A közelítés relatív hibája:

$$\delta=\frac{U_{eff}-U'_{eff}}{U_{eff}}\cdot 100\,\%=\frac{6.532-6.476}{6.532}\cdot 100\,\%=0.857\,\%$$

1.3 alfeladat

Helyettesítsük az összes ellenállást és kondenzátort impedanciákkal. ($Z_R=R$ és $Z_C=\frac{1}{j\omega C}$) Ezután alkalmazzuk a csomóponti potenciálok törvényét: Vegyük fel a csomóponti potenciálokat és írjunk fel megfelelő számú egyenletet a válasz meghatározásához.



$$\varphi_1^- = \varphi_1^+ = \varphi_1$$

Csomóponti egyenletek:

$$\varphi_1^-: \quad \frac{\varphi_1-\varphi_2}{\frac{1}{j\omega C}}+\frac{\varphi_1-0}{4R} = 0$$

$$\varphi_1^+: \quad \frac{\varphi_1-u}{0.1R}+\frac{\varphi_1-0}{R} = 0$$

$$\varphi_2: \quad \frac{\varphi_2-U_s}{\frac{1}{j\omega C}}+\frac{\varphi_2-\varphi_1}{\frac{1}{j\omega C}}+\frac{\varphi_2-u}{0.25R} = 0$$

A válasz egyenlete:

$$i=\frac{u-0}{R+\frac{1}{j\omega C}} \quad \text{Nullára rendezve:} \quad i-\frac{u-0}{R+\frac{1}{j\omega C}}=0$$

A nullára rendezett egyenletrendszert a MATLAB már meg tudja oldani, használjuk a solve függvényt. Ehhez az egyenletek bal oldalát egy vektorba kell gyűjteni, majd kiadni a solve() parancsot.
A válasz:

$$\frac{11C^3R^2U_s(jw)^3}{(CR(jw)+1)(10C^2R^2(jw)^2+CR(jw)+10)}=\frac{j^3\omega^3 11C^3R^2U_s}{j^3\omega^3 10C^3R^3+j^2\omega^2 11C^2R^2+j\omega 11CR+10}$$

Átviteli karakterisztika:

$$H(j\omega)=\frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)}$$

A mi rendszerünk átviteli karakterisztikája:

$$H(j\omega)=\frac{\frac{j^3\omega^3 11C^3R^2U_s}{j^3\omega^3 10C^3R^3+j^2\omega^2 11C^2R^2+j\omega 11CR+10}}{U_s}$$

$$H(j\omega)=\frac{j^3\omega^3(11C^3R^2)}{j^3\omega^3(10C^3R^3)+j^2\omega^2(11C^2R^2)+j\omega(11CR)+(10)}$$

Behelyettesítjük C -t és R -t:

$$H(j\omega)=\frac{1375j^3\omega^3}{62500j^3\omega^3+2750j^2\omega^2+110j\omega+4}$$

Az átviteli karakterisztika alakja megfelelő, hiszen a nevezőben $j\omega$ fokszáma nem több, mint ahány tárolós a rendszer, valamint a számlálóban $j\omega$ fokszáma nem magasabb, mint a nevezőben.

1.4 alfeladat

$$\omega_0=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{112.5}=0.0559\frac{Mrad}{s}$$

Szuperpozíció elvét használjuk:

$$\bar{Y}(t)=\bar{H}(j\omega)\bar{U}(t)$$

$$Y(t)=\bar{Y}_0+\sum_1^4 |\bar{Y}_k|\cos\left(k\omega_0 t+arc\,\bar{Y}_k\right)$$

$$|\bar{Y}_k|=|H(jk\omega_0)|\cdot|\bar{U}_k| \quad \text{, ahol} \quad |\bar{U}_k|=\sqrt{\left(U_k^A\right)^2+\left(U_k^B\right)^2}$$

$$arc\,\bar{Y}_k=arc\,\bar{U}_k+arc\,H(jk\omega_0) \quad \text{, ahol} \quad arc\,\bar{U}_k=atan\left(\frac{U_k^A}{U_k^B}\right)$$

Használjuk a MATLAB abs() és angle() függvényeit az abszulútértékek és az arcusok meghatározására.

k	U_k^A	U_k^B	$\lvert\bar{U}_k\rvert$	$arc\,\bar{U}_k$	$\lvert H(jk\omega_0)\rvert$	$arc\,H(jk\omega_0)$	$\lvert\bar{Y}_k\rvert$	$arc\,\bar{Y}_k$
1	-1.6211	2.5465	3.0187	-0.5669	0.0363	0.7675	0.10958	0.2006
2	0	1.2732	1.2732	0	0.0237	0.3849	0.03017	0.3849
3	-0.1801	0.8488	0.8677	-0.2091	0.0227	0.2597	0.01970	0.0506
4	0	0.6366	0.6366	0	0.0224	0.1957	0.01426	0.1957

$$k=0 \;:\; U_0=6\,V \;,\; \omega=0 \;,\; H(j\omega)=0 \;=>\; \bar{Y}_0=0$$

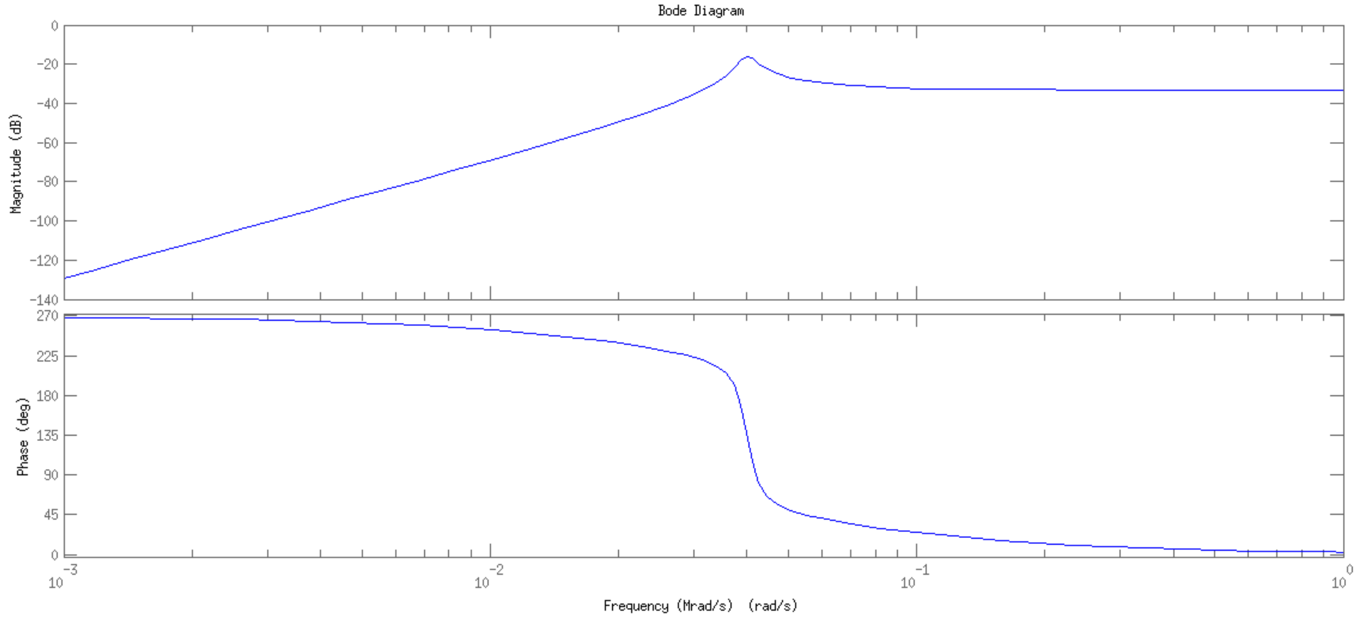
A válasz Fourier-polinomja: ($arc\,\bar{Y}_k$ -t váltsuk radiánokból fokokba)

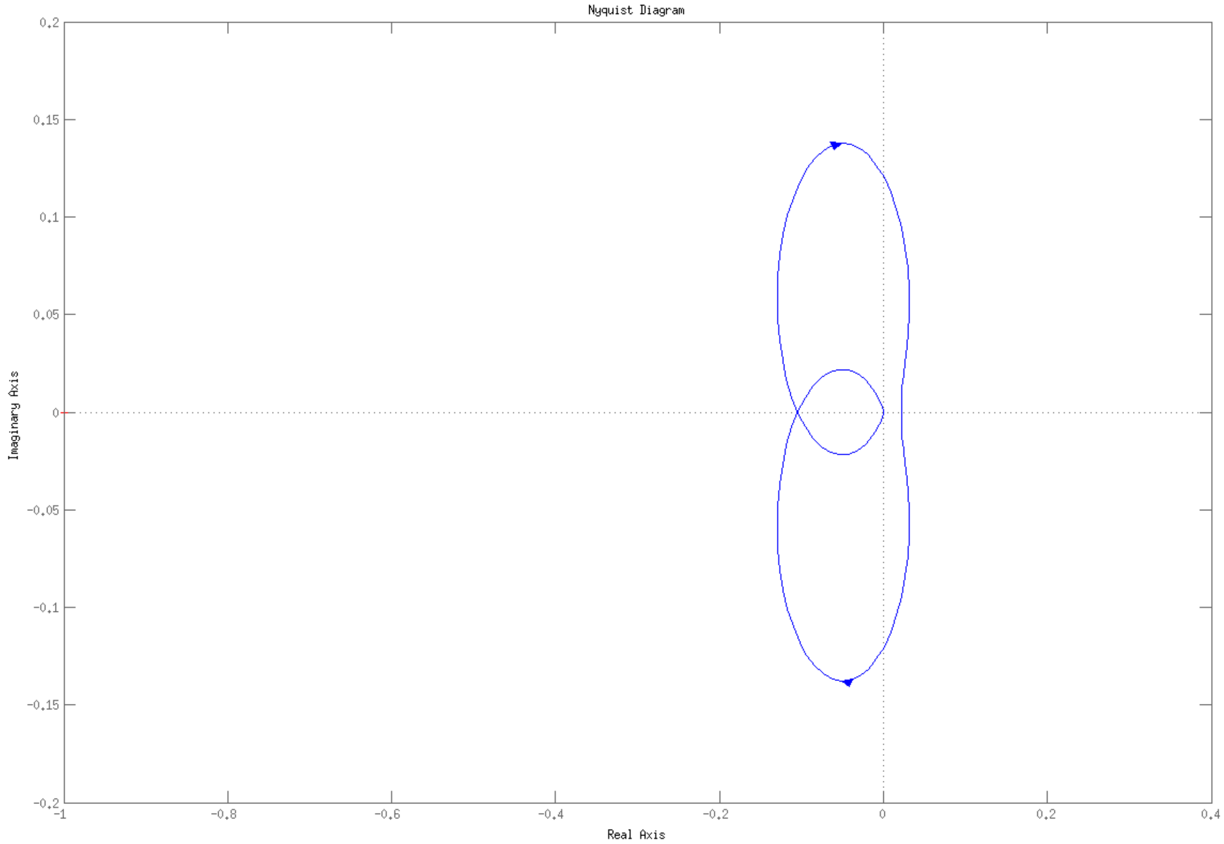
$$I(t)=[\;0.10958\cos(\omega_0 t+11.49°)+0.03017\cos(2\omega_0 t+22.05°)+$$
$$0.01970\cos(3\omega_0 t+\;2.90°)+0.01426\cos(4\omega_0 t+11.21°)\;]mA$$

A válasz effektív értéke:

$$I_{eff}=\sqrt{I_0^2+\sum_{k=1}^4\left(\frac{|\bar{I}_k|}{\sqrt{2}}\right)^2}=\sqrt{0+\left(\frac{0.10958}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{0.03017}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{0.01970}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{0.01426}{\sqrt{2}}\right)^2}\approx 0.08219\,mA$$

1.5 alfeladat





2. feladat
2.1 alfeladat

$$u(t)=(A_0)\left(\epsilon(t)-\epsilon(t-\frac{T}{2})\right)+\left(2A_0-A_0\frac{2t}{T}\right)\left(\epsilon(t-\frac{T}{2})-\epsilon(t-T)\right)$$

Komplex spektrum Fourier-transzformációval:

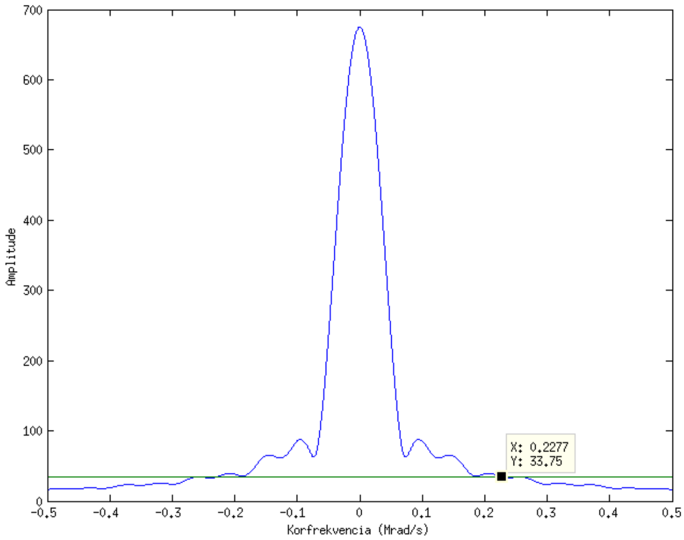
$$U(j\omega)=F\{u(t)\}=\int_0^{\frac{T}{2}} A_0 e^{-j\omega t}dt+\int_{\frac{T}{2}}^{T}(2A_0-A_0\frac{2t}{T})e^{-j\omega t}dt$$

A komplex spektrum behelyettesítés után:

$$U(j\omega)=\frac{8}{j\omega}-\frac{8(4e^{56.25\,jw}-4)}{225\,j^2\omega^2 e^{112.5\,jw}}$$

2.2 alfeladat
Az amplitúdóspektrum a komplex spektrum abszolutértéke. Ábrázoljuk MATLAB-bal:

```
>> om = -0.5:0.0001:0.5;
>> u=((8.*j.*om)-((32.*exp(56.25.*j.*om)-32)./(225.*exp(112.5.*j.*om)))))./(j.*j.*om.*om);
>> plot(om,abs(u),om,0.05*max(abs(u))*ones(size(om)))
```



A jel sávszélessége leolvasható a grafikonról, (bejelöltem a metszéspontot a burkolóval) $\Delta\omega=X=0.2277$

2.3 alfeladat
A válasz komplex spektruma: $Y(j\omega)=H(j\omega)U(j\omega)$

$$Y(j\omega)=\left(\frac{1375\,j^3\omega^3}{62500\,j^3\omega^3+2750\,j^2\omega^2+110\,j\omega+4}\right)\cdot\left(\frac{8}{j\omega}-\frac{8(4e^{56.25\,jw}-4)}{225\,j^2\omega^2e^{112.5\,jw}}\right)$$

<u>3. feladat</u>

3.1 alfeladat

A rendszer kauzális, ezért az átviteli karakterisztikából $j\omega = s$ helyettesítéssel adódik az átviteli függvény:

$$H(s) = \frac{1375\, s^3}{62500\, s^3 + 2750\, s^2 + 110\, s + 4}$$

Pólusok: Ahol a nevező 0 (a függvény értéke a végtelenbe megy)

$$62500\, s^3 + 2750\, s^2 + 110\, s + 4 = 0$$

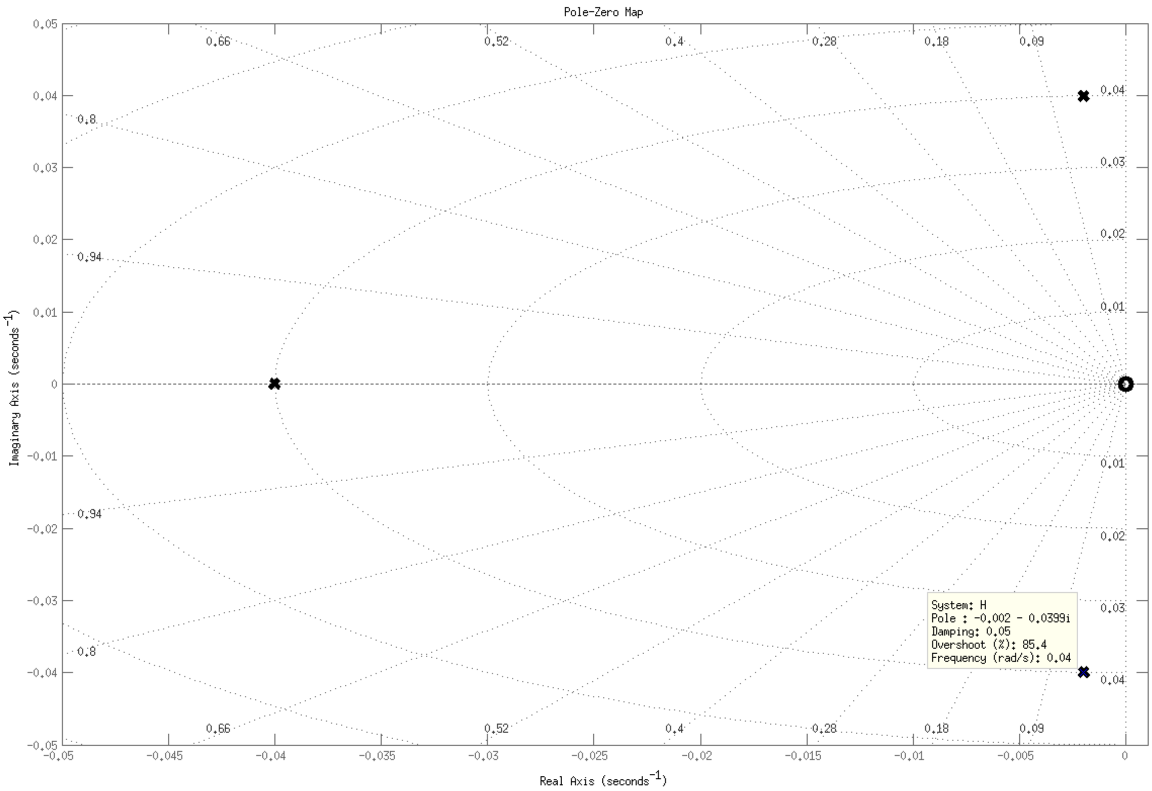
$$p_1 = \frac{-1}{25} \qquad p_2 = -0.002 - j\,0.0399 \qquad p_3 = -0.002 + j\,0.0399$$

Zérusok: Ahol a számláló 0 (a függvény értéke 0)

$$1375\, s^3 = 0$$

$$z_1 = 0$$

Pólus-zérus ábra:



3.2 alfeladat

Az impulzusválaszt az átviteli függvény inverz Laplace-transzformálásával kapjuk.
Ehhez először parciális törtekre bontjuk az átviteli függvényt:

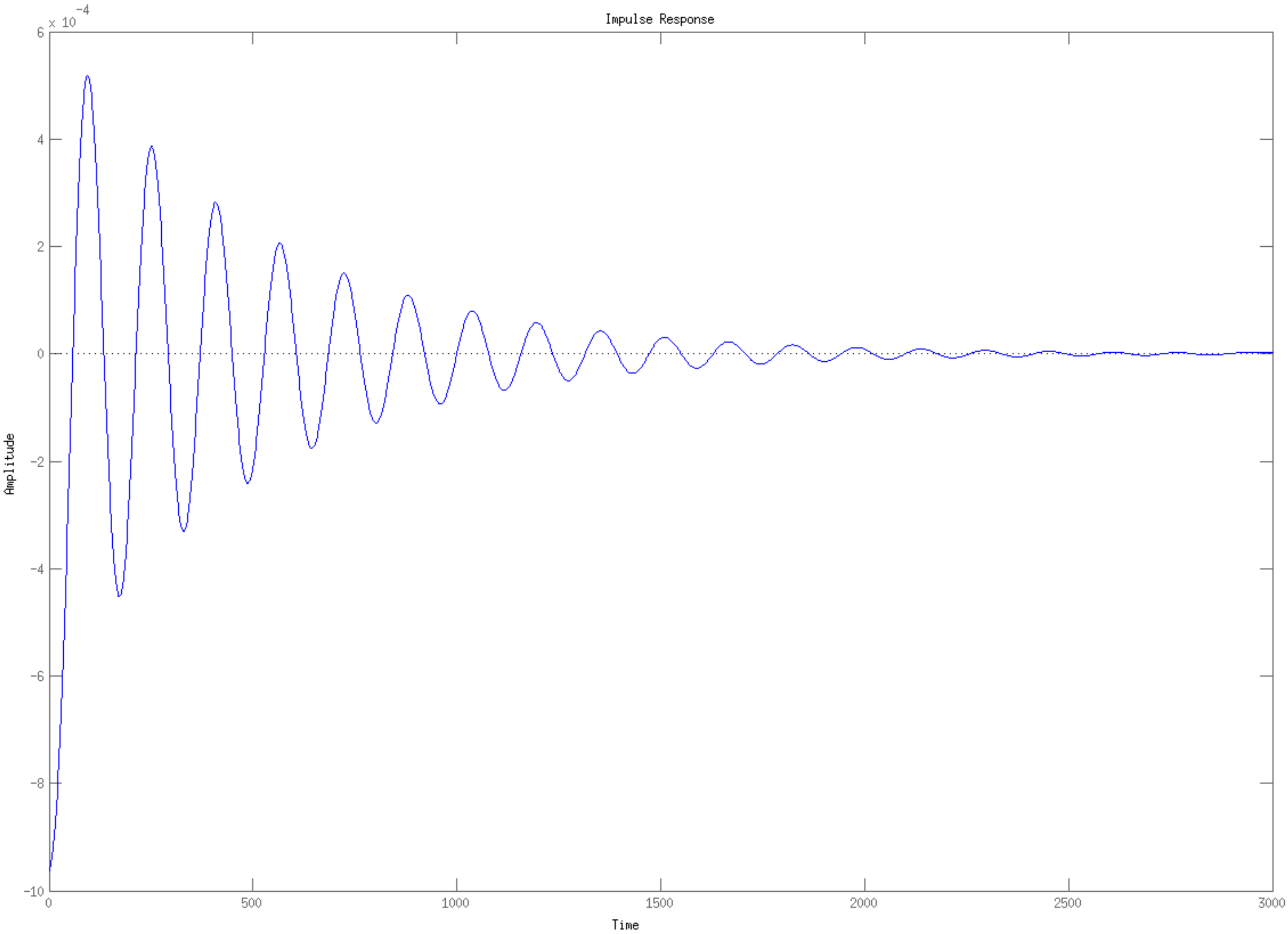
$$H(s)=\frac{1375\,s^3}{62500\,s^3+2750\,s^2+110\,s+4}=0.022+\frac{-0.4632}{s-(-0.04)}+\frac{-0.2524+j0.1960}{s-(-0.002+j0.0399)}+\frac{-0.2524-j0.1960}{s-(-0.002-j0.0399)}$$

Ekkor már megfelelő az alak, mivel $L\{e^{-\alpha t}\}=\frac{1}{s-\alpha}$, tehát: $L^{-1}\left\{\frac{1}{s-\alpha}\right\}=e^{-\alpha t}$

Ez alapján az impulzusválasz:

$$h(t)=\left(0.022\,\delta(t)-0.4632\,e^{0.04t}+0.3196\,e^{j(-0.0399t+2.4813)}+0.3196\,e^{j(0.0399t-2.4813)}\right)\epsilon(t)$$

Az impulzusválasz időfüggvénye:



3.3 alfeladat

A gerjesztés: $u(t)=(A_0)\left(\epsilon(t)-\epsilon(t-\frac{T}{2})\right)+\left(2A_0-A_0\frac{2t}{T}\right)\left(\epsilon(t-\frac{T}{2})-\epsilon(t-T)\right)$

Az átviteli függvény: $H(s)=\frac{1375s^3}{62500s^3+2750s^2+110s+4}$

A választ legegyszerűbben úgy határozhatjuk meg, ha a jelet Laplace-transzformáljuk. Ekkor használhatjuk a $Y(s)=U(s)\cdot H(s)$ képletet és nem kell konvolválnunk. A választ az eredmény inverz Laplace-transzformációjával kapjuk.

Megoldás MATLAB-bal: (a MATLAB tud Laplace- és inverz Laplace-transzformációt is)

%Felírjuk a jelet: $(heaviside(t)=\epsilon(t))$

```
>> ut = ((A0)*(heaviside(t)-heaviside(t-(T/2))))+(2*A0 – A0*((2*t)/T))*(heaviside(t-(T/2))-heaviside(t-T))
>> us = laplace(ut,t,s)
>> hs = (1375*s^3)/(62500*s^3 + 2750*s^2 + 110*s + 4)
>> ys = us*hs
        ys = (1375*s^3*(8/s - 8/(s*exp((225*s)/4)) + (8*(225*s*exp((225*s)/4) - 4*exp((225*s)/4) + 4))/
             (225*s^2*exp((225*s)/2))))/(62500*s^3 + 2750*s^2 + 110*s + 4)
```

%Inverz Laplace-transzformáció, a válaszjel yt változóba kerül:

```
>> yt = ilaplace(ys,s,t)
yt = 44/(475*e^(t/25)) -
    - (1760*heaviside(t - 225/2)*(e^(9/2 - t/25)/4750 - (e^(9/40 - t/500)*(cos(20*(t/500 - 9/40)) +
                 + (20*sin(20*(t/500 – 9/40)))/21))/4750))/9 +
    + (1760*heaviside(t - 225/4)*(e^(9/4 - t/25)/4750 - (e^(9/80 - t/500)*(cos(20*(t/500 - 9/80)) +
                 + (20*sin(20*(t/500 – 9/80)))/21))/4750))/9 +
    + (198*(cos((20*t)/500) – (11*20*sin((20*t)/500))/189))/(2375*e^(t/500))
>> t=0:0.01:2500;
>> plot(t,yt)
```