KÁMÁN SZILVESZTER
I0GDRD
Kámán Szilveszter

Jelek és rendszerek II. (VIHVAB01)

I. HÁZI FELADAT VILLAMOSMÉRNÖK SZAKOS HALLGATÓK RÉSZÉRE (2017/18. ŐSZI FÉLÉV)

Név	Kámán Szilveszter Hubert
Neptun kód	I0GDRD
Házi feladat kódja	3210150501
Beadási határidő:	kari beosztás szerint

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. 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. A feladat megoldásával legfeljebb 5 pont szerezhető, amit a félévközi pontszámban veszünk figyelembe.*

	1. alpont	2. alpont	3. alpont	4. alpont	$\sum$	Javító
1. feladat	/ 0,6	/ 0,2	/ 0,8	/ 0,4	/ 2	
2. feladat	/ 0,4	/ 0,5	/ 0,1	–	/ 1	
3. feladat	/ 0,6	/ 0,7	/ 0,7	–	/ 2	
					/ 5*	

Gyakorlatvezető neve: Farkasvölgyi Andrea

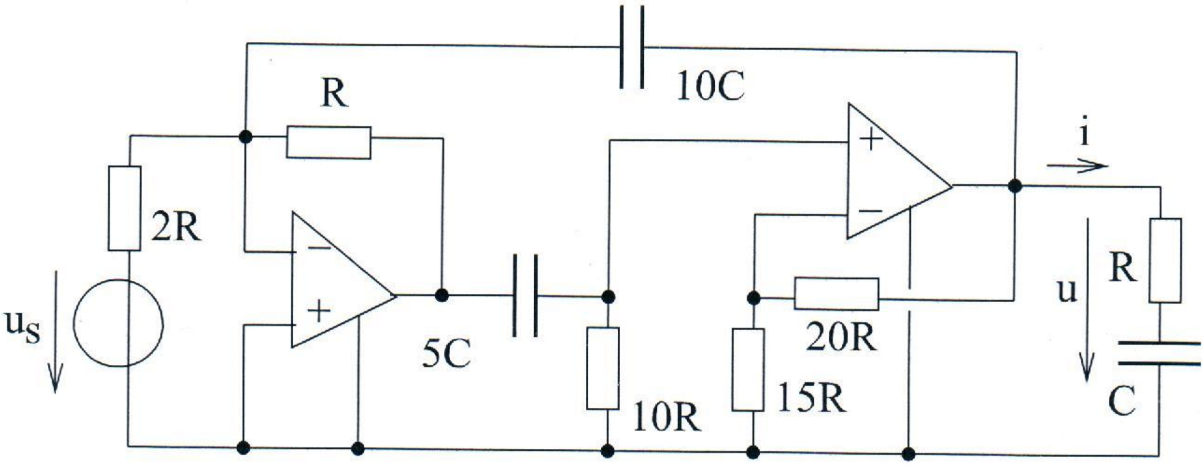
Javító véleménye:

1

KÁMÁN SZILVESZTER
I66DRD

Az ábrán megadott lineáris invariáns hálózat gerjesztése a független forrás feszültsége ill. árama, válasza a bejelölt i áram.

H32

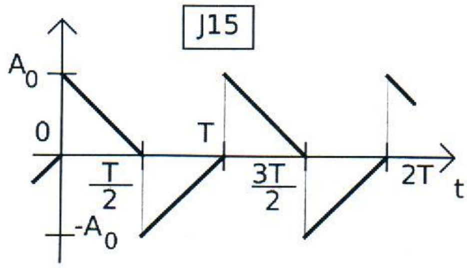


R	C
$15k\Omega$	$10nF$

1. feladat

A hálózat gerjesztése az alábbi periodikus jel:

J15



A_0	T/τ	τ
20 V	1	$\tau = 10 \cdot CR$

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!

2

KÁMÁN SZILVESZTER
I0GDRD

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! (ε = 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. feladatban vizsgált impulzus! Vázolja a válaszjelet!

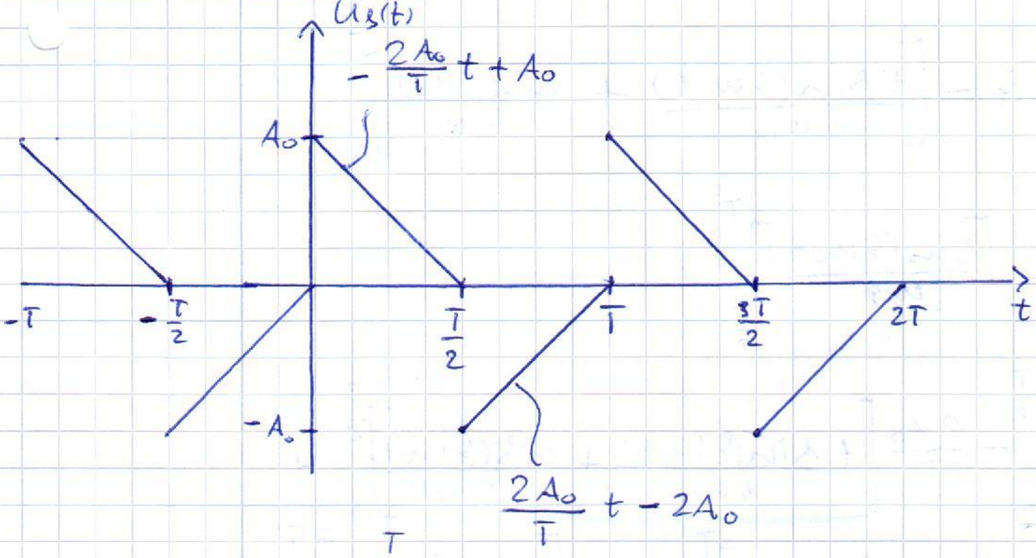
4. feladat

A feladat megoldása nem kötelező! Ellenőrizze a számításokat hálózatanalízis program (pl. LTSpice vagy TINA) segítségével!

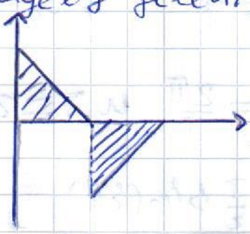
3

Jelek 2 HÁZI FELADAT KÁMÁN SZILVESZTER 1Q6DRD 2017.10.07.

1.1.



$U_0 = \frac{1}{T}\int_0^T u_g(t)\,dt = 0$, mert a t tengely feletti és alatti területek megegyeznek.



$U_k^A = \frac{2}{T}\int_0^T u_g(t)\cos(k\omega_0 t)\,dt =$

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

$$\int_0^{\frac{T}{2}}\left(A_0 - \frac{2A_0}{T}t\right)\cos(k\omega_0 t)\,dt = A_0\int_0^{\frac{T}{2}}\cos(k\omega_0 t)\,dt - \frac{2A_0}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} t\cos(k\omega_0 t)\,dt$$

$$\int_0^{\frac{T}{2}}\cos(k\omega_0 t)\,dt = \left[\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_0^{\frac{T}{2}} = \cancel{\frac{\sin(k\omega_0 \frac{T}{2})}{k\omega_0}}$$

$$\int_0^{\frac{T}{2}} t\cos(k\omega_0 t)\,dt = t\,\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0} - \int \frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\,dt =$$

$$\boxed{\begin{array}{ll} g = t & f' = \cos(k\omega_0 t) \\ g' = 1 & f = \frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0} \end{array}}$$

$$= \left[t\,\frac{\sin k\omega_0 t}{k\omega_0} + \frac{\cos(k\omega_0 t)}{(k\omega)^2}\right]_0^{\frac{T}{2}}$$

$$\int_{\frac{T}{2}}^{T}\left(\frac{2A_0}{T}t-2A_0\right)\cos(k\omega_0 t)\,dt = \frac{2A_0}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} t\cos(k\omega_0 t)\,dt - 2A_0\int_{\frac{T}{2}}^{T}\cos(k\omega_0 t)\,dt$$

$$\int_{\frac{T}{2}}^{T} t\cos(k\omega_0 t)\,dt = \left[\frac{t\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}+\frac{\cos(k\omega_0 t)}{(k\omega_0)^2}\right]_{\frac{T}{2}}^{T}$$

$$\int_{\frac{T}{2}}^{T}\cos(k\omega_0 T) = \left[\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_{\frac{T}{2}}^{T}$$

$$= \frac{2}{T}\left(A_0\left[\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_0^{\frac{T}{2}} - \frac{2A_0}{T}\left[t\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}+\frac{\cos(k\omega_0 t)}{(k\omega_0)^2}\right]_0^{\frac{T}{2}} + \right.$$

$$\left. + \frac{2A_0}{T}\left[t\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}+\frac{\cos(k\omega_0 t)}{(k\omega_0)^2}\right]_{\frac{T}{2}}^{T} - 2A\left[\frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_{\frac{T}{2}}^{T}\right) =$$

$$\left\{\omega_0=\frac{2\pi}{T} \quad \omega_0 T = 2\pi\right.$$

$$= -\frac{4A_0}{T^2}\left(\frac{\frac{T}{2}\sin(k\pi)}{k\omega_0}+\frac{\cos(k\pi)}{(k\omega_0)^2}-\frac{1}{(k\omega_0)^2}\right)+\frac{2A_0}{T}\left(\frac{\sin(k\pi)}{k\omega_0}\right)+$$

$$+\frac{4A_0}{T^2}\left(\frac{T\sin(2k\pi)}{k\omega_0}-\frac{T}{2}\frac{\sin(k\pi)}{(k\omega)^2}+\frac{\cos(2k\pi)}{(k\omega_0)^2}-\frac{\cos(k\pi)}{(k\omega_0)^2}\right)-$$

$$-\frac{4A_0}{T}\left(\frac{\sin(2k\pi)}{k\omega_0}-\frac{\sin(k\pi)}{k\omega_0}\right) =$$

$$= -\frac{4A_0}{T^2}\left(\frac{(-1)^k-1}{(k\omega)^2}\right)+\frac{4A_0}{T^2}\cdot\left(\frac{1-(-1)^k}{(k\omega_0)^2}\right) =$$

$$= \frac{-4\cdot(-1)^k+4A_0+4A_0-4A_0(-1)^k}{2\pi} = \frac{8A_0-8A_0(-1)^k}{4\pi k^2} =$$

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

k páros $\Rightarrow (-1)^k \Rightarrow 1 \Rightarrow$ A fenti kifejezés értéke: 0
k páratlan $\Rightarrow (-1)^k = -1 =$ A fenti kifejezés értéke:

$$\boxed{U_k^A = \frac{4A_0}{\pi^2 k^2}}$$; páratlan k-ra
; páros k-ra 0.

KÁMÁN SZILVESZTER
IØGDRD

$$U_k^B = \frac{2}{T}\int_0^T u_s(t)\,\cancel{\cos}\,\sin(k\omega_0 t)\,dt = \dots$$

$$\dots = \frac{2}{T}\Bigg(A_0\left[\frac{-\cos(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_0^{\frac{T}{2}} - \frac{2A_0}{T}\cdot\left[\frac{-t\cos(k\omega_0 t)}{k\omega_0} + \frac{\sin(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_0^{\frac{T}{2}} +$$

$$+2A_0\cdot\left[\frac{\cos(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_{\frac{T}{2}}^{T} + \frac{2A_0}{T}\left[\frac{\sin(k\omega_0 t)}{(k\omega_0)^2} - t\,\frac{\cos(k\omega_0 t)}{k\omega_0}\right]_{\frac{T}{2}}^{T} =$$

$$= \frac{2A_0}{T}\cdot\left(\frac{-\cos(k\omega_0\frac{T}{2})}{k\omega_0} + \frac{1}{k\omega_0}\right) - \frac{4A_0}{T^2}\cdot\left(-\frac{T}{2}\cdot\frac{\cos(k\omega_0\frac{T}{2})}{k\omega_0} + \frac{\sin(k\omega_0\frac{T}{2})}{(k\omega_0)^2}\right)$$

$$+\frac{4A_0}{T}\cdot\left(\frac{\cos(k\omega_0 T)}{k\omega_0} - \frac{\cos(k\omega_0\frac{T}{2})}{k\omega_0}\right) + \frac{4A_0}{T^2}\Bigg(\frac{\sin(k\omega_0 T)}{(k\omega_0)^2} - \frac{\sin(k\omega_0\frac{T}{2})}{(k\omega_0)^2} -$$

$$- T\,\frac{\cos(k\omega_0 T)}{k\omega_0} + \frac{T}{2}\,\frac{\cos(k\omega_0\frac{T}{2})}{k\omega_0}\Bigg) =$$

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

$$= A_0\,\frac{-\cos(k\pi)}{k\pi} + \frac{A_0}{k\pi} - \frac{4A_0(-\frac{1}{2})\cos(k\pi)}{2k\pi} + \frac{4A_0\cos(2k\pi)}{2k\pi} -$$

$$- 4A_0\,\frac{\cos(k\pi)}{2k\pi} - \frac{4A_0\cos(2k\pi)}{2k\pi} + \frac{4A_0\cdot\frac{1}{2}\cos(k\pi)}{2k\pi} =$$

$$= \frac{-(-1)^k A_0}{k\pi} + \frac{A_0}{k\pi} + \frac{A_0(-1)^k}{k\pi} + \frac{2A_0}{k\pi} - \frac{2A_0(-1)^k}{k\pi} - \frac{2A_0}{k\pi} +$$

$$+\frac{(-1)^k A_0}{k\pi} = \frac{A_0}{k\pi} - \frac{A_0(-1)^k}{k\pi} = A_0\,\frac{1-(-1)^k}{k\pi} \Rightarrow$$

ha k páros, akkor 0
ha k páratlan, akkor

$$\Rightarrow \boxed{\frac{2A_0}{k\pi} = U_k^B}$$

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

$$= \frac{4A_0}{\pi^2}\cos(k\omega t) + \frac{2A_0}{k\pi}\sin(k\omega t) + \dots =$$

koherens egységrendszer: $[k\Omega, nF, \frac{Mrad}{sec}, V, mA, \mu s, mH]$

$A_0 = 20V$

$T = \tau = 10RC = 1500\mu s \Rightarrow \frac{\pi}{750}\,\frac{Mrad}{sec} = \omega$

$R = 15k\Omega$ $\quad U_k^A = \frac{80}{k^2\pi^2}$

$C = 10nF$ $\quad U_k^B = \frac{40}{k\pi}$

VALÓS ALAK

$(k=1)$ $= \frac{80}{\pi^2}\cos\left(\frac{\pi}{750}t\right) + \frac{40}{\pi}\sin\left(\frac{\pi}{750}t\right) +$

$(k=3)$ $+ \frac{80}{9\pi^2}\cos\left(\frac{\pi}{250}t\right) + \frac{40}{3\pi}\sin\left(\frac{\pi}{250}t\right) +$

$(k=5)$ $+ \frac{16}{5\pi^2}\cos\left(\frac{\pi}{150}t\right) + \frac{8}{\pi}\sin\left(\frac{\pi}{150}t\right) +$

$(k=7)$ $+ \frac{80}{49\pi^2}\cos\left(\frac{7\pi}{750}t\right) + \frac{40}{7\pi}\sin\left(\frac{7\pi}{750}t\right)$ V

KOMPLEX ALAK:

$U_k^{-c} = \frac{1}{2}\left(\frac{80}{k^2\pi^2} - \frac{40}{k\pi}j\right) = \frac{40}{k^2\pi^2} - \frac{20}{k\pi}j =$

$k=1$

$= \frac{40}{\pi^2} - j\frac{20}{\pi} = 7{,}55e^{-1j}$

Ez alapján az első komplex tag:

$7{,}55e^{-1j}e^{j\frac{\pi}{750}t} = 7{,}55e^{j(\frac{\pi}{750}t-1)}$

$k=3$

$= \frac{40}{9\pi^2} - j\frac{20}{3\pi} \Rightarrow 2{,}17e^{-j(1{,}36)}e^{j\frac{\pi}{250}t} = 2{,}17e^{j(\frac{\pi}{250}t-1{,}36)}$

$k=5$

$= \frac{8}{5\pi^2} - j\frac{4}{\pi} \Rightarrow 1{,}28e^{-1{,}44j}e^{j\frac{\pi}{150}t} = 1{,}28e^{j(\frac{\pi}{150}t-1{,}44)}$

$k=7$

$= \frac{40}{49\pi^2} - j\frac{20}{7\pi} \Rightarrow 0{,}91e^{j(\frac{7\pi}{750}t-1{,}48)}$

$U_s^c(t) = 7{,}55e^{j(\frac{\pi}{750}t-1)} + 2{,}17e^{j(\frac{\pi}{250}t-1{,}36)} +$

1.2. $+ 1{,}28e^{j(\frac{\pi}{150}t-1{,}44)} + 0{,}91e^{j(\frac{7\pi}{750}t-1{,}48)}$ V

közelítés:

$U_{seff} = \sqrt{\frac{\left(\frac{80}{\pi^2}\right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{40}{\pi}\right)^2}{2} + \ldots} = \sqrt{32{,}85 + 81{,}06 + 0{,}41 + 9{,}01 + 0{,}05 + 3{,}24 + 0{,}01 + 1{,}65} = \sqrt{128{,}28}\,V = 11{,}326\,V$

Pontos érték:

$U_{seff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_s^2(t)dt} = \sqrt{\frac{1}{T}2\int_0^{\frac{T}{2}}\left(\frac{4A_0^2}{T^2}t^2 - \frac{4A_0^2}{T}t + A_0^2\right)dt} =$

Elég 0-tól $\frac{T}{2}$-ig integrálnom és szoroznom kettővel, ugyanis 0-tól $\frac{T}{2}$-ig levő függvénynek a négyzete azonos lesz a $\frac{T}{2}$-től T-ig tartó függvény négyzetével.

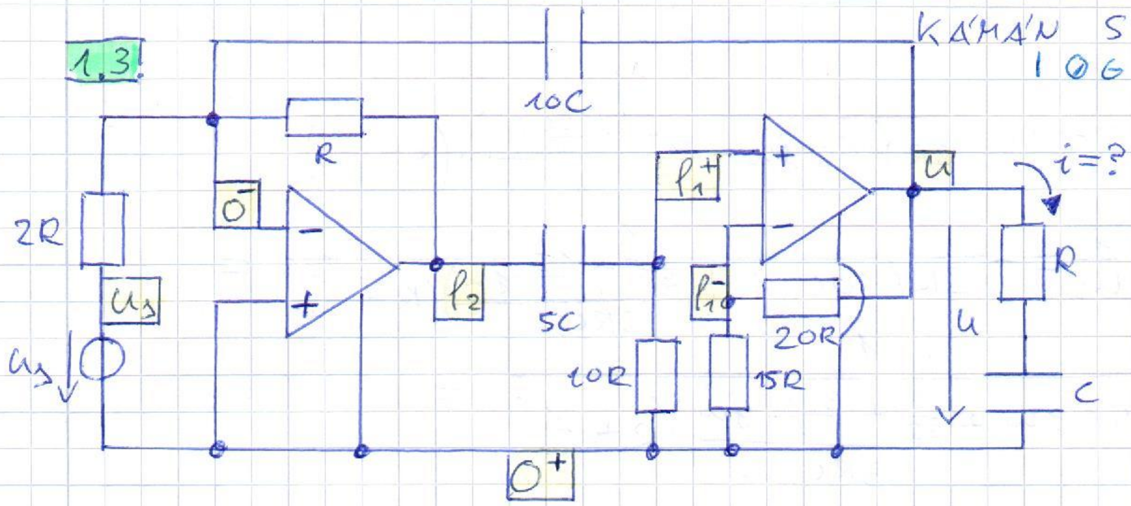
$= \sqrt{\frac{1}{T}2\left[\frac{4A_0^2}{3T^2}t^3 - \frac{2A_0^2}{T}t^2 + A_0^2 t\right]_0^{\frac{T}{2}}} = \sqrt{\frac{1}{T}2\left[\frac{4A_0^2}{3T^2}\frac{T^3}{8} - \frac{2A_0^2}{T}\frac{T^2}{4} + A_0^2\frac{T}{2}\right]} =$

$= \sqrt{\frac{2}{T}\frac{A_0^2T}{6}} = \sqrt{\frac{A^2}{3}} = \frac{A_0}{\sqrt{3}} = 11{,}547\,V$

relatív hiba $= \frac{11{,}547 - 11{,}326}{11{,}547} \cdot 100 = 1{,}914\,\%$

KÁMÁN SZILVESZTER
10GDRD

1,3!



$$\boxed{\varphi_1^-:}\quad 0=\frac{\varphi_1-U}{20R}+\frac{\varphi_1}{15R}$$

$$\boxed{\varphi_1^+:}\quad 0=\frac{\varphi_1}{10R}+(\varphi_1-\varphi_2)\cdot j\omega 5C$$

$$\boxed{0^-:}\quad 0=-\frac{U_s}{2R}-U j\omega 10C-\frac{\varphi_2}{R}$$

$$\boxed{y:}\quad i=\frac{U}{R+\frac{1}{j\omega C}}$$

$$\boxed{\varphi_1^-:}$$

$$0=15R\varphi_1-15RU+20R\varphi_1$$

$$0=\cancel{35}^{7}\cancel{R}\varphi_1-\cancel{15}^{3}\cancel{R}U$$

$$0=7\varphi_1-3U$$

$$\boxed{\varphi_1=\frac{3}{7}U}$$

$$\boxed{\varphi_1^+:}\quad \frac{3}{7}\cdot\frac{U}{10R}+\frac{3}{7}U j\omega 5C-\varphi_2 j\omega 5C=0$$

$$U\left(\frac{3}{7}\cdot\frac{1}{10R}+\frac{3}{7}j\omega 5C\right)-\varphi_2 j\omega 5C=0$$

$$U\left(\frac{3}{70R}+\frac{15C}{7}j\omega\right)-\varphi_2 5C j\omega=0$$

$$\boxed{\varphi_2=\left(\frac{\frac{3}{70R}+\frac{15C}{7}j\omega}{5C j\omega}\right)U}$$

$$\boxed{0^-:}\quad 0=-\frac{U_s}{2R}-U j\omega 10C-\left(\frac{\frac{3}{70R}+\frac{15C}{7}j\omega}{5RC j\omega}\right)U$$

$$U\left(10C j\omega+\frac{\frac{3}{70R}+\frac{15C}{7}j\omega}{5RC j\omega}\right)=-\frac{U_s}{2R}$$

$$U=-U_s\frac{1}{2R\left(10C j\omega+\frac{\frac{3}{70R}+\frac{15C}{7}j\omega}{5RC j\omega}\right)}$$

$\boxed{y:}$ $i = -U_s \cdot \dfrac{1}{2R\left(10Cj\omega + \dfrac{\frac{3}{70R} + \frac{15C}{7}j\omega}{5RCj\omega}\right)\cdot\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)}$

$$H(j\omega) = \frac{i}{U_s} = -\frac{1}{2R\left(10Cj\omega + \dfrac{\frac{3}{70R} + \frac{15C}{7}j\omega}{5RCj\omega}\right)\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)} =$$

$$= -\frac{1}{\left(20RCj\omega + \dfrac{\frac{3}{35} + \frac{30RC}{7}j\omega}{5RCj\omega}\right)\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)} =$$

$$= -\frac{1}{20R^2Cj\omega + 20R + \dfrac{\frac{3}{35}R + \frac{30R^2C}{7}j\omega + \frac{3}{35j\omega C} + \frac{30R}{7}}{5RCj\omega}} =$$

$$= -\frac{5RC(j\omega)}{100R^3C^2(j\omega)^2 + 100R^2C(j\omega) + \frac{3}{35}R + \frac{30R^2C}{7}(j\omega) + \frac{3}{35(j\omega)C} + \frac{30R}{7}} =$$

$$= -\frac{5RC(j\omega)}{100R^3C^2(j\omega)^2 + \frac{730}{7}R^2C(j\omega) + \frac{153}{35}R + \frac{3}{35(j\omega)C}} =$$

$$= -\frac{175RC^2(j\omega)^2}{3500R^3C^3(j\omega)^3 + 3650R^2C^2(j\omega)^2 + 153RC(j\omega) + 3} =$$

$$= H(j\omega) = -\frac{\frac{1}{20R^2C}(j\omega)^2}{(j\omega)^3 + \frac{73}{70RC}(j\omega)^2 + \frac{153}{3500R^2C^2}(j\omega) + \frac{3}{3500R^3C^3}} \; [mS]$$

$$= H(j\omega) = -\frac{\frac{1}{45000}(j\omega)^2}{(j\omega)^3 + \frac{73}{10500}(j\omega)^2 + \frac{17}{8450000}(j\omega) + ⊛ \cancel{\frac{3}{3503375}}} \; [mS]$$

$C = 10\,nF$

$R = 15\,k\Omega$

$\cancel{+\frac{3}{1{,}18125}\cdot 10^{-10}}$

$\cancel{+\frac{1}{39375}\cdot 10^{-5}}$

⊛ $+2{,}5397\cdot 10^{-10}$

1.4.

$$H(j1\omega_0)=0,529\cdot 10^{-3}\cdot e^{+j(0,0889)}\ mS$$

$$H(j3\omega_0)=1,477\cdot 10^{-3}\cdot e^{+j(1,6934)}\ mS$$

$$H(j5\omega_0)=1,036\cdot 10^{-3}\cdot e^{+j(1,8062)}\ mS$$

$$H(j7\omega_0)=0,744\cdot 10^{-3}\cdot e^{+j(1,7717)}\ mS$$

$$u_s(t)=7,55\, e^{j(\frac{\pi}{750}t-1)}+2,17\, e^{j(\frac{\pi}{250}t-1,36)}+$$
$$+1,28\, e^{j(\frac{\pi}{150}t-1,44)}+0,91\, e^{j(\frac{7\pi}{750}-1,48)}\ V$$

Szuperpozíció elvét felhasználva:

$$i(t)=3,994\cdot 10^{-3}\cdot e^{j(\frac{\pi}{750}t-0,9111)}+$$
$$+3,856\cdot 10^{-3}\cdot e^{j(\frac{\pi}{250}t+0,3334)}+$$
$$+1,326\cdot 10^{-3}\cdot e^{j(\frac{\pi}{150}t+0,3662)}+$$
$$+0,677\cdot 10^{-3}\cdot e^{j(\frac{7\pi}{750}t-0,2917)}\ mA$$

$$i_{eff}=\sqrt{\left(\frac{2\cdot 3,994\cdot 10^{-3}}{2}\right)^2+\left(\frac{2\cdot 3,856\cdot 10^{-3}}{2}\right)^2+\left(\frac{1,326\cdot 10^{-3}\cdot 2}{2}\right)^2+\left(\frac{0,67\cdot 10^{-3}\cdot 2}{2}\right)^2}=$$

$$=\underline{4,064\cdot 10^{-3}\ mA}\cdot 2=\underline{8,128\cdot 10^{-3}\ mA}$$

KÁMÁN SZILVESZTER
1ØGDRD
2017. 10. 18.

$\boxed{2.1}$

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

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

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

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

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

$$=\varepsilon(t)\left(A_0-\frac{2A_0}{T}t\right)+\varepsilon\left(t-\frac{T}{2}\right)\left(\frac{4A_0}{T}\left(t-\frac{T}{2}\right)-A_0\right)-$$

$$-\varepsilon(t-T)\left(\frac{2A_0}{T}(t-T)\right)=$$

$$=\varepsilon(t)A_0-\varepsilon(t)\left(\frac{2A_0}{T}t\right)+\varepsilon\left(t-\frac{T}{2}\right)\left[\frac{4A_0}{T}\left(t-\frac{T}{2}\right)-\right.$$

$$\left.-\varepsilon\left(t-\frac{T}{2}\right)\cdot A_0-\varepsilon(t-T)\left(\frac{2A_0}{T}(t-T)\right)\right]\ V$$

$$\downarrow \mathcal{L}$$

$$u(s)=\frac{A_0}{s}-\frac{2A_0}{T}\frac{1}{s^2}+\frac{4A_0}{T}\cdot\frac{1}{s^2}e^{-s\frac{T}{2}}-\frac{A_0}{s}e^{-s\frac{T}{2}}-$$

$$-\frac{2A_0}{T}\cdot\frac{1}{s^2}e^{-sT}=$$

$$=\frac{1}{s}\left(A_0-A_0e^{-s\frac{T}{2}}\right)+\frac{1}{s^2}\left(\frac{4A_0}{T}e^{-s\frac{T}{2}}-\frac{2A_0}{T}-\frac{2A_0}{T}e^{-sT}\right)=$$

$$=\frac{A_0}{s}\left(1-e^{-s\frac{T}{2}}\right)+\frac{2A_0}{Ts^2}\left(2e^{-s\frac{T}{2}}-1-e^{-sT}\right)=$$

$A_0=20V$
$T=1500\mu s$

$$=\frac{20}{s}\left(1-e^{-s(750)}\right)+\frac{2}{75s^2}\left(2e^{-s(750)}-1-e^{-s(1500)}\right)=$$

$$=\frac{1500s-1500se^{-s(750)}+4e^{-s(750)}-2-2e^{-s(1500)}}{75s^2}\ V$$

~~A jel beléptő~~
~~abszolút integrálható~~
↓
behúzssere $s\to(j\omega)$

$$U(j\omega)=\frac{1500j\omega-1500j\omega e^{-j\omega(750)}+4e^{-j\omega(750)}-2-2e^{-j\omega(1500)}}{75(j\omega)^2}=$$

$$= \frac{20j\omega\left(1 - e^{-750(j\omega)}\right) + \frac{2}{75}\left(2e^{-750(j\omega)} - e^{-1500(j\omega)} - 1\right)}{(j\omega)^2} \; V$$

KÁMÁN SZILVESZTER
I0GDRD

2.2 Az ábrázoláshoz a Maple c. szoftvert hívom segítségül:

Az ~~(átviteli karakterisztika)~~ komplex spektrum példányosítása után ($u := \ldots$) kirajzoltatom a szoftverrel az abszolútértékspektrumot. Annak maximumának megtalálásához az ábrázolási tartományt több lépésben szűkítettem, hogy szemmel is leolvasható legyen az ω.

(> plot(abs(u), w=0,0034..0,0035, numpoints=10000, "[options]"...));

↳ $|U(j\omega)|$ maximuma $\underline{\omega_M = 0{,}00342 \frac{Mrad}{s}}$ -ban van.

Ezen a körfrekvencián az abszolútértékspektrum értéke:

$|U(j\omega_M)| = 11939{,}53\,V$

(> w := 0,00342;
> abs(u);)

$\varepsilon \cdot |U(j\omega_M)| = 596{,}98\,V$

(> 0.05 * abs(u);)

Egy ábrán ábrázolom az $u = 596{,}98V$ konstans egyenest és az abszolútértékspektrumot, hogy leolvashassam a sávszélességet:
(megint ω értékét ezen a ponton töröltem mint változót, hogy $|U(j\omega)|$ ne konstans legyen.)

(> plot([abs(u), 596.98], w=0..0,08, numpoints...);)

Az ábrázolási tartományt csökkentettem a leolvashatóság végett:
(> plot([abs(u), 596.98], w=0,068..0,075

↳ $\underline{\underline{\omega_f = 0{,}0637 \frac{Mrad}{s}}}$, $\omega_a = 0 \frac{Mrad}{sec}$

$\Delta\omega = \omega_f - \omega_a = \underline{\underline{0{,}0637 \frac{Mrad}{s}}}$

KÁMÁN SZILVESZTER
IOGDRO

2.2. melléklete

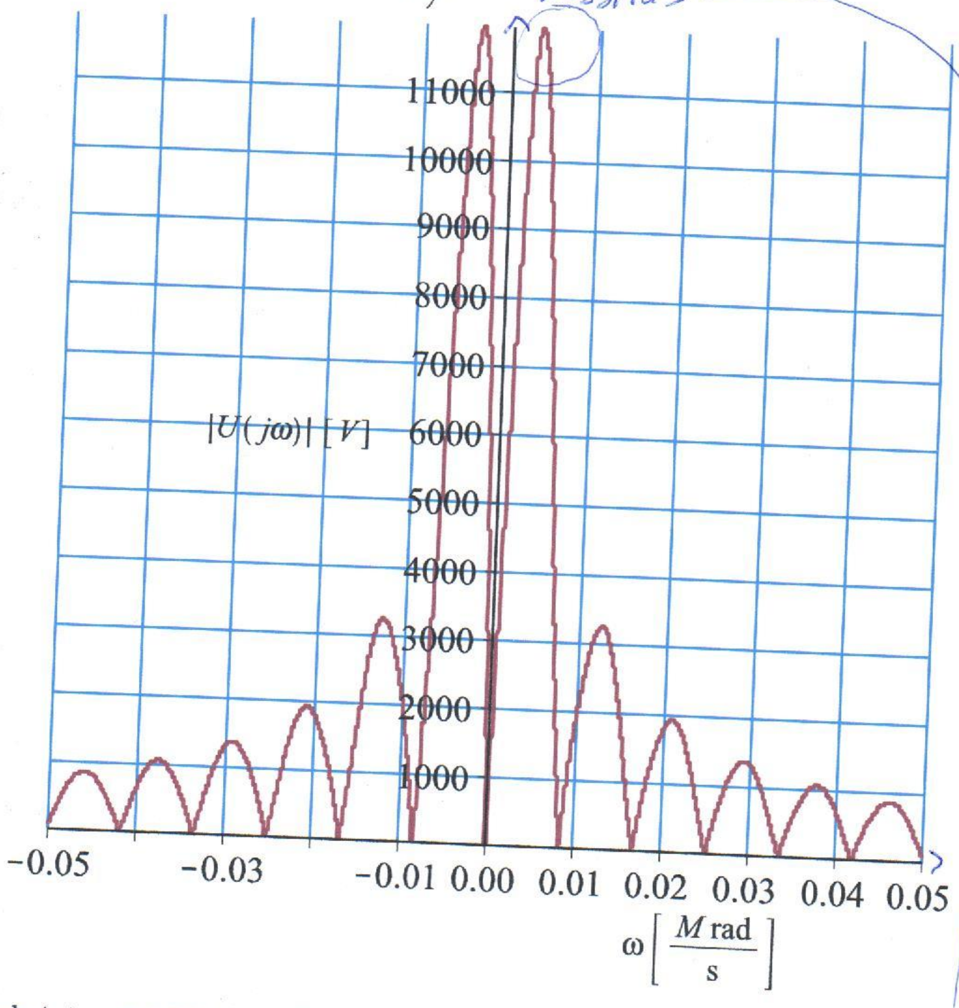
Maples utasítások sávszélességszámításhoz

> $u := \left(\frac{1}{(I \cdot \omega)^2} \left(20 \cdot I \cdot \omega \cdot (1 - \exp(-750 \cdot I \cdot \omega)) + \frac{2}{75} \cdot (2 \cdot \exp(-750 \cdot I \cdot \omega) - 1 - \exp(-1500 \cdot I \cdot \omega)) \right) \right);$

$$u := -\frac{20\,\mathrm{I}\,\omega\left(1 - \mathrm{e}^{-750\,\mathrm{I}\,\omega}\right) + \frac{4}{75}\,\mathrm{e}^{-750\,\mathrm{I}\,\omega} - \frac{2}{75} - \frac{2}{75}\,\mathrm{e}^{-1500\,\mathrm{I}\,\omega}}{\omega^2} \quad (1)$$

> $plot\left(\mathrm{abs}(u), \omega = -0.05\,..0.05, numpoints = 10000, labels = \left[\omega\left[\frac{M\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right], |U(j\omega)|\ [V]\right], axis = [gridlines = [10, color = blue]]\right);$

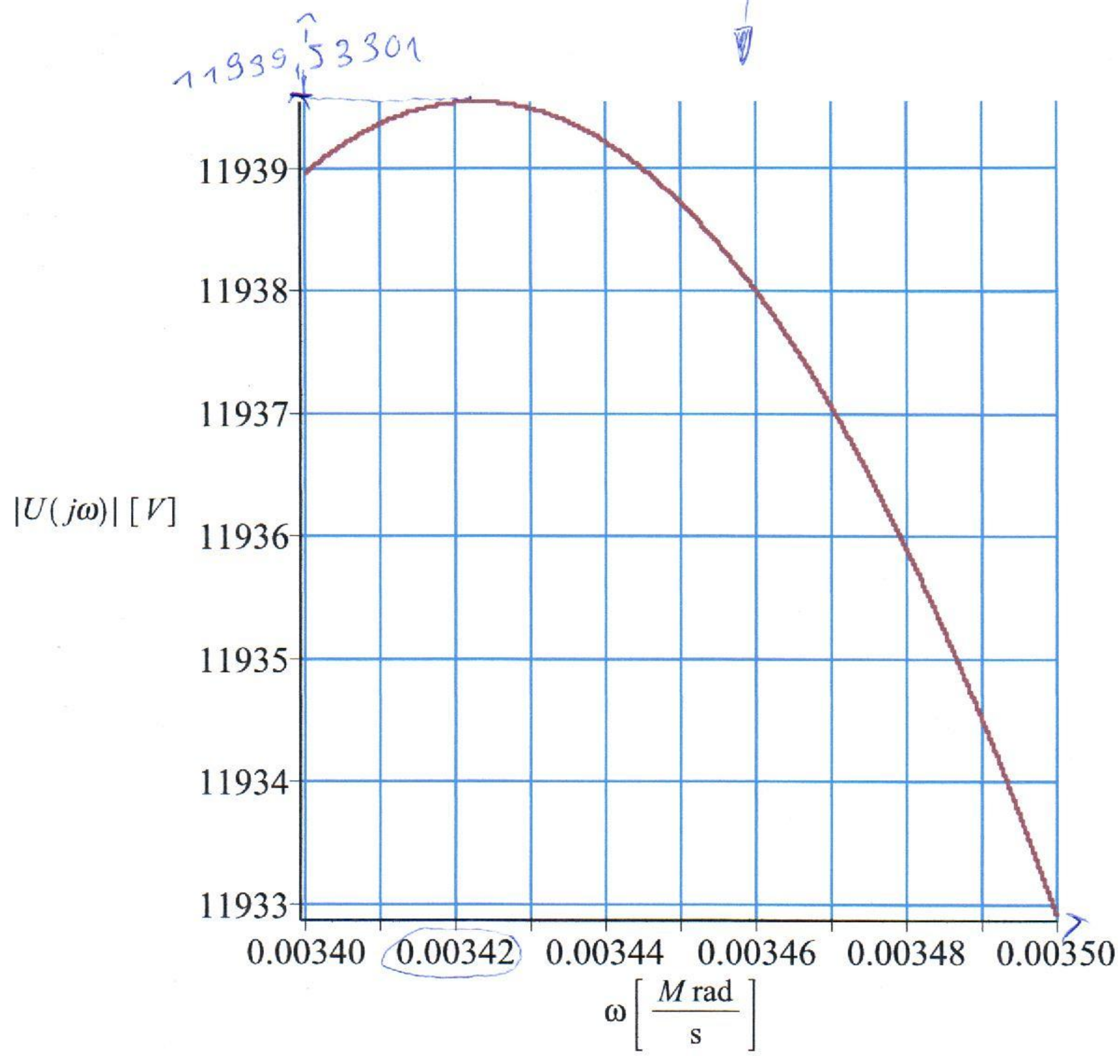
nagyítás



> $plot\left(\mathrm{abs}(u), \omega = 0.0034\,..0.0035, numpoints = 10000, labels = \left[\omega\left[\frac{M\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right], |U(j\omega)|\ [V]\right], axis = [gridlines = [10, color = blue]]\right);$

KÁMÁN SZILVESZTER
I06DRI

11939,53301



>

> ω := 0.00342;

$$\omega := 0.00342 \quad (2)$$

> abs(u);

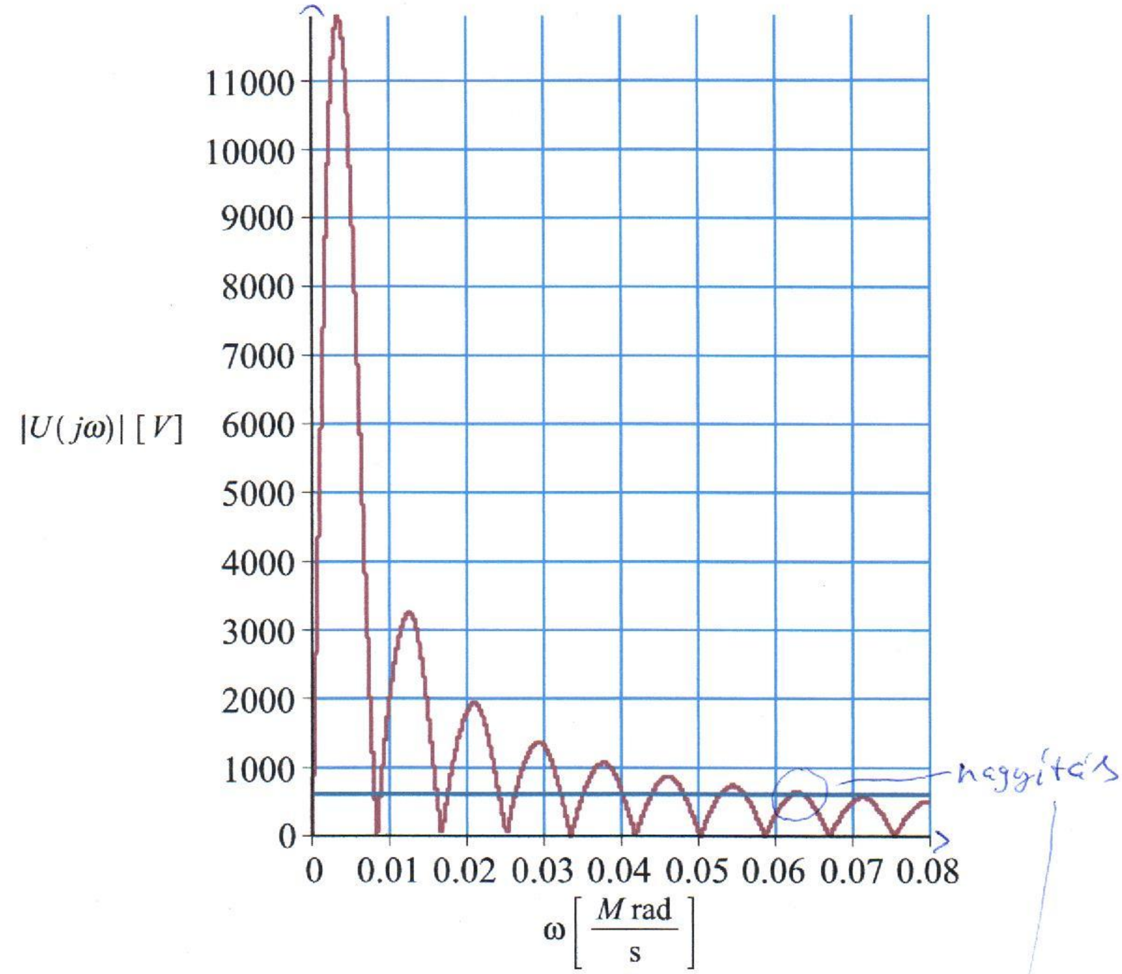
$$11939.53301 \quad (3)$$

> 0.05·abs(u);

$$596.9766505 \quad (4)$$

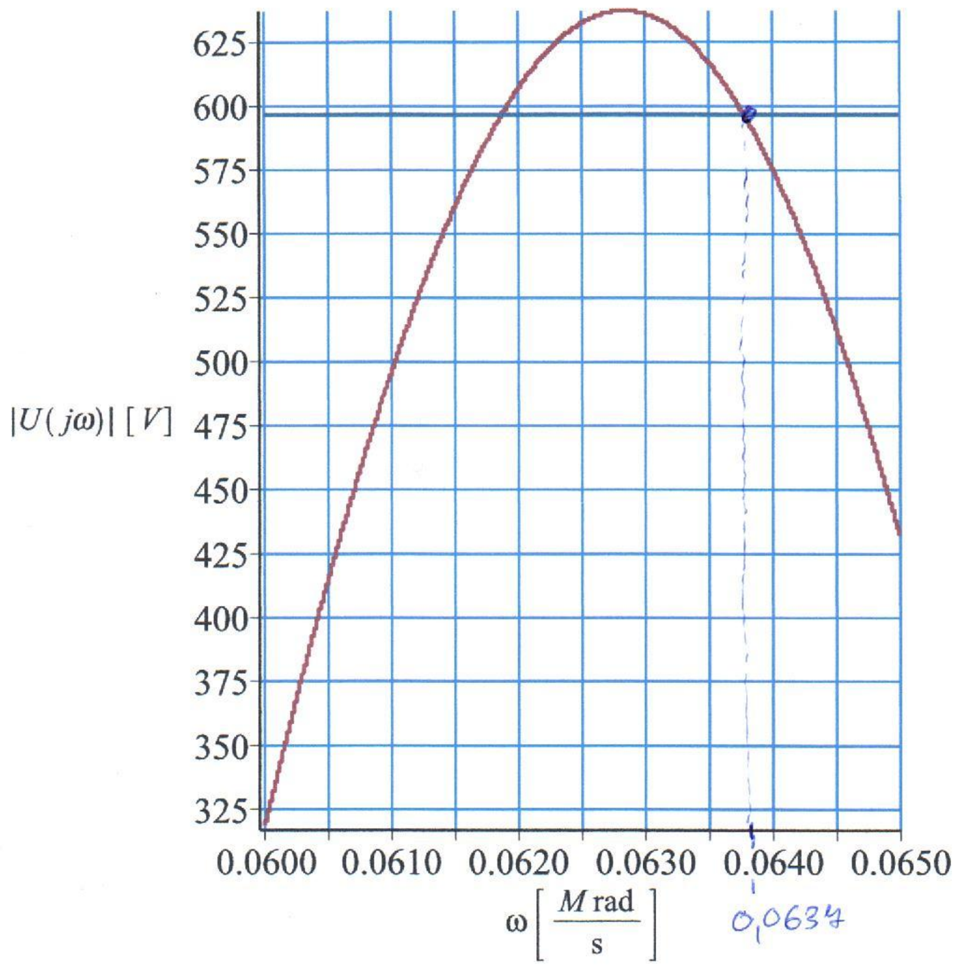
> $plot\left([\text{abs}(u), 596.98], \omega = 0 ..0.08, numpoints = 10000, labels = \left[\omega \left[\frac{M\text{rad}}{\text{s}}\right], |U(j\omega)|\ [V]\right], axis = [gridlines = [10, color = blue]] \right);$

KÁLMÁN SZILVESZTER
10 GPRD



> $plot\left(\left[\mathrm{abs}(u), 596.98\right], \omega = 0.068 \,..\, 0.075, numpoints = 10000, labels = \left[\omega\left[\frac{M\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right], |U(j\omega)|\ [V]\right], axis = \left[gridlines = \left[10, color = blue\right]\right]\right);$

KÁMÁN SZILVESZTER
IQ6ARD



> ω[b] := 0.0637;

$$\omega_b := 0.0637 \tag{5}$$

> ω[0] := 0;

$$\omega_0 := 0 \tag{6}$$

> Δω := ω[b] − ω[0];

$$\Delta\omega := 0.0637 \tag{7}$$

>

2.3.

KÁMÁN SZILVESZTER
I0GDRD

Frekvenciatartományban megtehető a következő számítás:

$$Y(j\omega) = I(j\omega) = U(j\omega) \cdot H(j\omega) =$$

$$= \frac{20(j\omega)(1-e^{-950(j\omega)}) + \frac{2}{95}\cdot(2e^{-950(j\omega)} - 1 - e^{-1500(j\omega)})}{\cancel{(j\omega)^2}} \cdot$$

$$\cdot \left(-\frac{1}{45000}\right) \cdot \left(\frac{\cancel{(j\omega)^2}}{(j\omega)^3 + \frac{93}{10500}(j\omega)^2 + \frac{17}{8950000}(j\omega) + \cancel{\frac{3}{3503345}}}\right) =$$

$$= -\frac{1}{45000} \cdot \frac{20(j\omega)(1-e^{-950(j\omega)}) + \frac{2}{95}\cdot(2e^{-950(j\omega)} - 1 - e^{-1500(j\omega)})}{(j\omega)^3 + \frac{93}{10500}(j\omega)^2 + \frac{17}{8950000}(j\omega) + \cancel{\frac{3}{3503345}} *} \text{ mA}$$

$* + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}$

KÁMÁN SZILVESZTER
I06PRD
2011.10.18.

9.1.

$H(j\omega)$

~~GV-stabil~~ abszolút integrálható

$\Leftarrow$ $+$

~~abs. kauzális~~ belépő gerjesztés

$\downarrow$

$(j\omega) \rightarrow s$ helyettesítés

$$H(s) = -\frac{1}{45000} \cdot \frac{s^2}{s^3 + \frac{43}{10500} s^2 + \frac{11}{8'450600} s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}} =$$

maple fsolve függvénye segítségével.

$$= -\frac{1}{45000} \cdot \frac{s^2}{(s+0{,}0067)(s-(-1{,}429+1{,}329j)\cdot 10^{-4})(s-(-1{,}429-1{,}329j)\cdot 10^{-4})}$$

$z_{1,2} = 0$

[mS]

$p_1 = -0{,}0067$
$p_2 = (-1{,}429 + 1{,}329j) \cdot 10^{-4}$
$p_3 = (-1{,}429 - 1{,}329j) \cdot 10^{-4}$

Mivel $\mathrm{Re}\{p_i\} < 0$, ezért a rendszer GV-stabilis.

P – Z grafikon külön lapon nyomtatva,
↳ matlab zplane függvénye segítségével.

KÁMÁN SZILVESZTER
I06DRD

3.1. melléklete

Nevező komplex gyökeinek meghatározása maple-el

> $fsolve\left(s^3 + \frac{73}{10500} \cdot s^2 + \frac{17}{8750000} \cdot s + 2.5397 \cdot 10^{-10}, complex\right);$

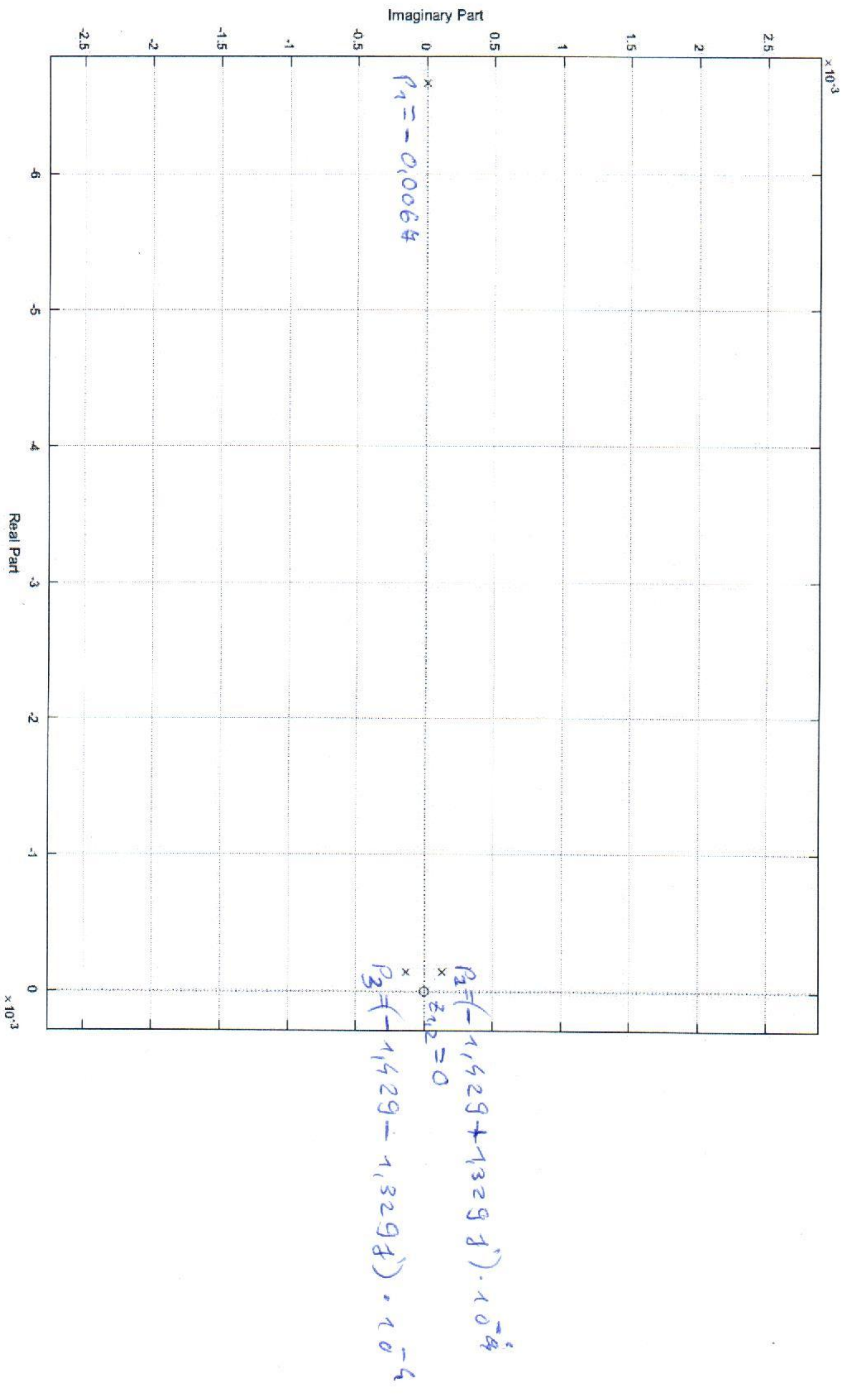
$-0.00666666670725470, -0.000142857122372652 - 0.000132993768107652\,I,$
$-0.000142857122372652 + 0.000132993768107652\,I$ **(1)**

>

KÁMÁN SZILVESZTER

3.1. melléklete

fsolve függvény segítségével a Z-P ábrázolás:



3.2)

KÁMÁN SZILVESZTER
I0GPRD

$$h(t) = \mathcal{L}^{-1}\{H(s)\}$$

Az inverz laplace művelet elvégzéséhez az átviteli függvényt szét kell bontani a parciális törtekre bontás módszerével.
Ehhez a matlabot hívom segítségül:

> szam = [0 , -1/45000 0 0];

> nev = [1 , 73/10500 17/8450000 2,5397 · 10^-10];

> [r,p,k] = residue(szam,nev);

$$r = \begin{bmatrix} -2,3206 \cdot 10^{-5} \\ 9,8389 \cdot 10^{-7} \\ -6,9517 \cdot 10^{-11} \end{bmatrix} \quad p = \begin{bmatrix} -0,0067 \\ -1,4286 \cdot 10^{-4} \\ -1,4286 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix} \quad k = [\;]$$

$$h(t) = k\,\delta(t) + r_1 e^{p_1 t}\varepsilon(t) + r_2 e^{p_2 t}\varepsilon(t) + r_3 e^{p_3 t}\varepsilon(t) =$$

$$= \varepsilon(t)\left[9,8389 \cdot 10^{-7} e^{-1,4286 \cdot 10^{-4} t} - 2,3206 \cdot 10^{-5} e^{-0,0067 t} - 6,9517 \cdot 10^{-11} \cdot e^{-1,4286 \cdot 10^{-4} t}\right] =$$

$$= \varepsilon(t)\left[9,83 \cdot 10^{-7} e^{-1,4286 \cdot 10^{-4} t} - 2,3206 \cdot 10^{-5} e^{-0,0067 t}\right]$$

A függvény ábrázolását maple-el végeztem és külön lapon mellékeltem.

3.2. melléklete

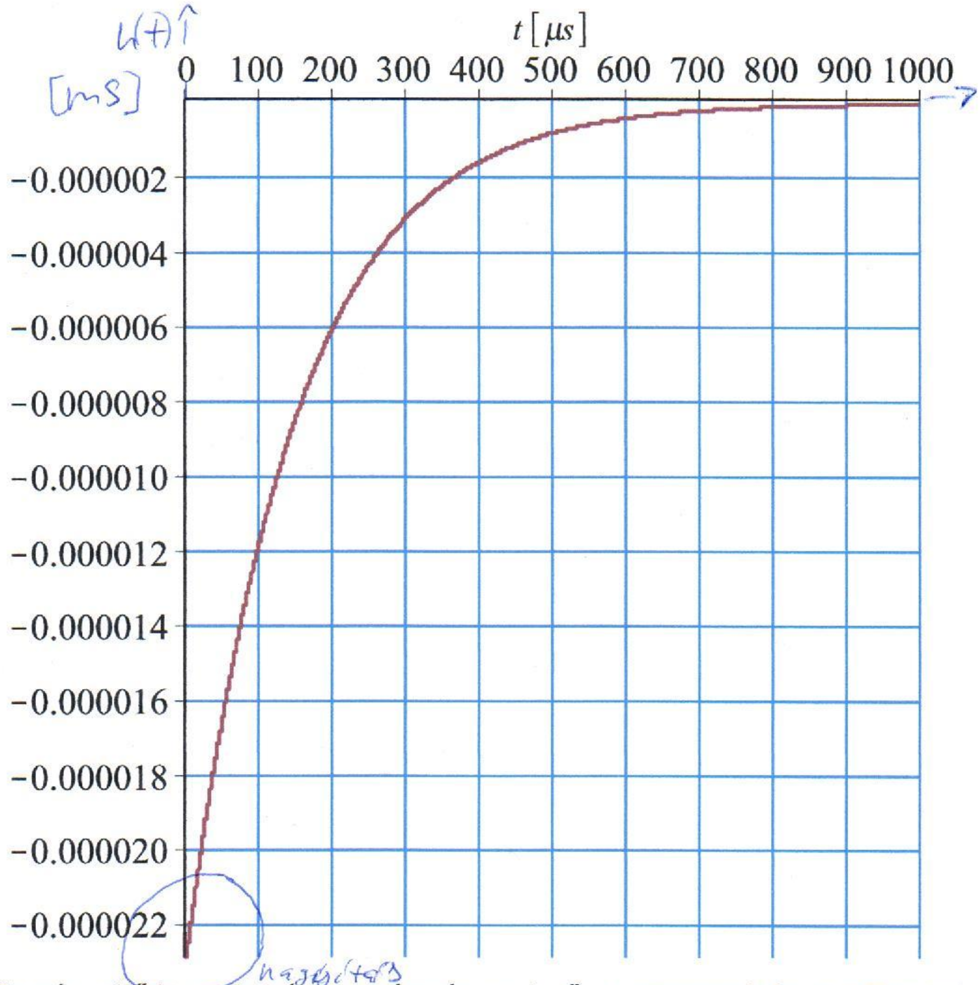
KÁMÁN SZILVESZTER
I06DRD

> $h := 9.83 \cdot 10^{-7} \cdot \exp(-1.4286 \cdot t) - 2.3206 \cdot 10^{-5} \cdot \exp(-0.0067 \cdot t);$

$$h := 9.830000000\ 10^{-7}\ e^{-1.4286\,t} - 0.00002320600000\ e^{-0.0067\,t} \qquad (1)$$

> *#ε(t) beléptetés miatt* 0 − *tól vannak ábrázolva.* $t < 0$ *tartományon a függvény* 0. *Látható, hogy lecsengés után a függvény értéke közelítőleg* 0.

> *plot*(h, t = 0 ..1000, numpoints = 10000, labels = [*t* [*μs*], *h*], *axis* = [*gridlines* = [10, *color* = *blue*]]);

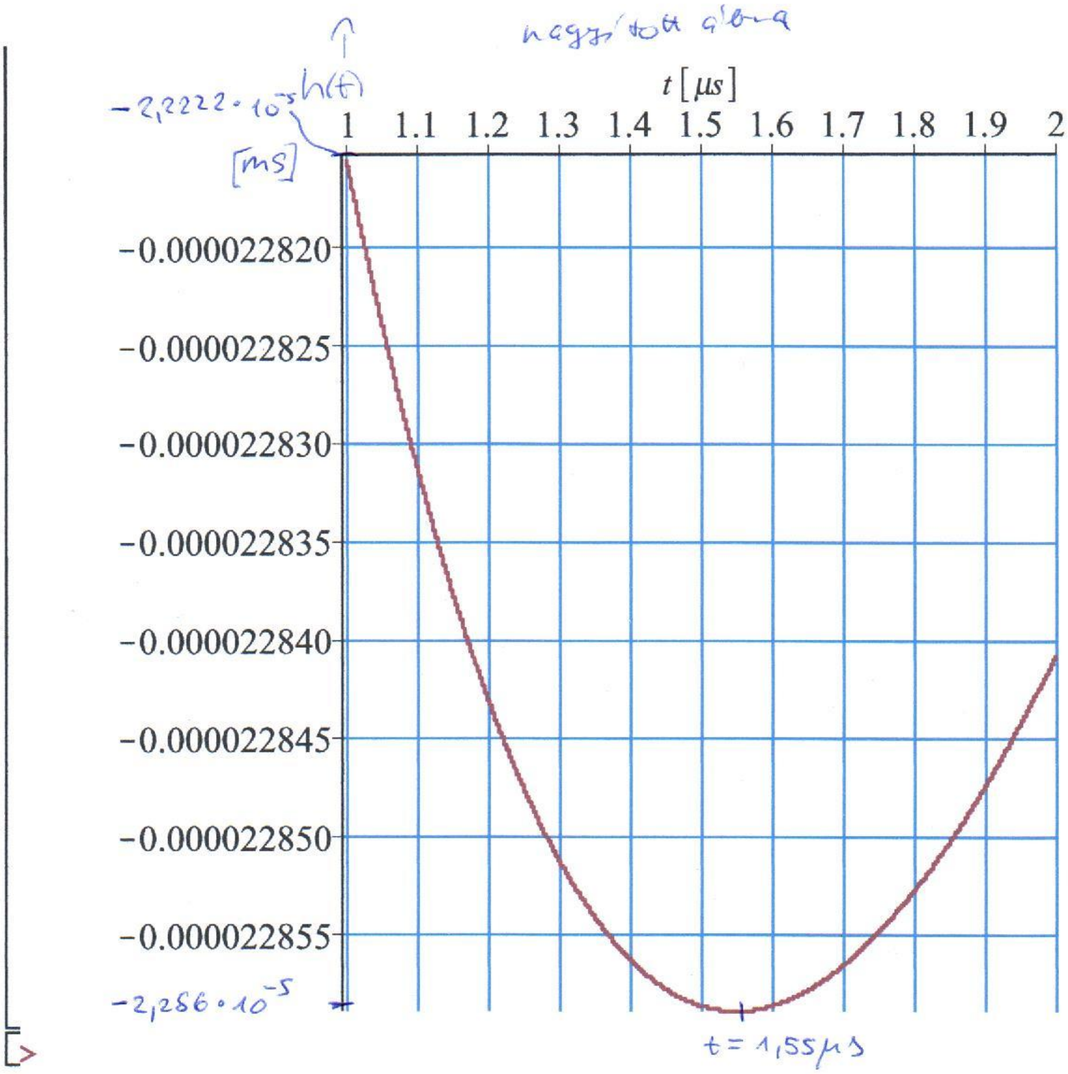


> *#A függvény első ~~kis~~ szakaszát kinagyítva észrevehető egy minimumhely: t=1.55μs-ban -2.286·10*$^{-5}$ − *t vesz fel. Emellett pedig a függvény t =+* 0 *μs* − *ban* 2.2222 · 10^{-5}.

> *plot*(h, t = 1 ..2, numpoints = 10000, labels = [*t* [*μs*], *h*], *axis* = [*gridlines* = [10, *color* = *blue*]]);

3.2. melléklete

KÁMÁN SZILVESZTER
I06DRD



3.3.

KÁMÁN SZILVESZTER
I0GPRD

ötlet 1:

$Y(s) = H(s) \cdot U(s) = \qquad \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\} = y(t)$

$$= -\frac{1}{45000} \cdot \frac{s^2}{s^3 + \frac{73}{10500}s^2 + \frac{17}{8750000}s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}} \cdot$$

$$\cdot \left[20 s(1 - e^{-750s}) + \frac{2}{75}(2e^{-750s} - e^{-1500s} - 1) \right] =$$

$$= -\frac{1}{45000} \frac{20s(1-e^{-750s}) + \frac{4}{75}e^{-750s} - \frac{2}{750}e^{-1500s} - \frac{2}{75}}{s^3 + \frac{73}{10500}s^2 + \frac{17}{8750000}s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}} =$$

$$= \frac{-\frac{1}{2250} + \frac{1}{2250}e^{-750s} - \frac{1}{843750}e^{-750s} + \frac{1}{1687500}e^{-1500s} + \frac{1}{168750}}{s^3 + \frac{73}{10500}s^2 + \frac{17}{8750000}s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}} =$$

$Y_1 \qquad Y_2 \qquad Y_3$

$$= \frac{\frac{187}{421875}e^{-750s} + \frac{1}{1687500}e^{-1500s} - 4{,}4385 \cdot 10^{-4}}{s^3 + \frac{73}{10500}s^2 + \frac{17}{8750000}s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}}$$

A gerjesztés csúnyasága miatt ez az út nem járható. a számláló nem egy polinom, hogy parciális törtekre bonthassam és inverz laplace transzformálhassam.

ötlet 2:

$Y(j\omega) = H(j\omega) \cdot U(j\omega) \quad , \quad \mathcal{F}^{-1}\{Y(j\omega)\} = y(t)$

integrál

Ötlet 3:

JR1-es módszer Időtartományban konvolúció.

ötlet 1 folytatása:

$$Y_1(s) = \frac{\frac{187}{421875}e^{-750s}}{s^3 + \frac{73}{10500}s^2 + \frac{17}{8750000}s + 2{,}5397 \cdot 10^{-10}} \ominus$$

Parciális törtekre bontás maple-el:

< convert(Y1, Parfrac, s);

~~44,4186 + 0,0664~~

$$\ominus \frac{-5{,}2053 - 255{,}3396j}{s + (1{,}4286 - 1{,}3299j) \cdot 10^{-4}} + \dots$$

Külön lapon mellékelve

Parciális törtekre bontás után kellően szép alakú törtek jönnek ki hogy laplace transzformálni lehessen őket:

$$\left.\begin{aligned}
Y(t) = \varepsilon(t-750)\cdot\Big[&(-5{,}2053-255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286+1{,}3299j)\cdot(t+750)\cdot(10^{-4})} +\\
+\;&(-5{,}2053+255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286-1{,}3299j)\cdot(t+750)\cdot 10^{-4}} +\\
+\;&(10{,}4106-3{,}5321\cdot 10^{-14}j)\,e^{(-6{,}6667\cdot 10^{-3})\cdot(t+750)}\Big] +
\end{aligned}\right\} Y_1$$

$$\left.\begin{aligned}
+\,\varepsilon(t-1500)\Big[&(-5{,}2053-255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286+1{,}3299j)\cdot(t+1500)\cdot(10^{-4})} +\\
+\;&(-5{,}2053+255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286-1{,}3299j)\cdot(t+1500)\cdot(10^{-4})} +\\
+\;&(10{,}4106-3{,}5321\cdot 10^{-14}j)\,e^{(-6{,}6667\cdot 10^{-3})(t+1500)}\Big] +
\end{aligned}\right\} Y_2$$

$$\left.\begin{aligned}
+\,\varepsilon(t)\cdot\Big[&(-5{,}2053-255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286+1{,}3299j)\cdot(10^{-4})t} +\\
+\;&(-5{,}2053+255{,}3376j)\,e^{(-1{,}4286-1{,}3299j)\cdot(10^{-4})t} +\\
+\;&(10{,}4106-3{,}5321\cdot 10^{-14}j)\,e^{(-6{,}6667\cdot 10^{-3})t}\Big]
\end{aligned}\right\} Y_3$$

Ezt matlabbal ábrázoltam. (mellékeltem)

3.3. melléklete

KÁMÁN SZILVESZTER
106DRU

A válasz számításához használt segédszámítások maple-ben
+
matlab függvényábrázolás [illegible].

$$> H := -\frac{1}{45000}\cdot\frac{s^2}{\left(s^3+\frac{73}{10500}\cdot s^2+\frac{17}{8750000}\cdot s+2.5397\cdot 10^{-10}\right)};$$

$$H := -\frac{1}{45000}\,\frac{s^2}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}} \qquad (1)$$

$$> U := \frac{\left(20\cdot s\cdot(1-\exp(-750\,s))+\frac{2}{75}\cdot(2\cdot\exp(-750\,s)-\exp(-1500\,s)-1)\right)}{s^2};$$

$$U := \frac{20\,s\,\left(1-e^{-750\,s}\right)+\frac{4}{75}\,e^{-750\,s}-\frac{2}{75}\,e^{-1500\,s}-\frac{2}{75}}{s^2} \qquad (2)$$

$$> Y = H\cdot U;$$

$$Y = -\frac{1}{45000}\,\frac{20\,s\,\left(1-e^{-750\,s}\right)+\frac{4}{75}\,e^{-750\,s}-\frac{2}{75}\,e^{-1500\,s}-\frac{2}{75}}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}} \qquad (3)$$

$$> Y[1] := \frac{\frac{187}{421875}}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}};$$

$$Y_1 := \frac{187}{421875\left(s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}\right)} \qquad (4)$$

$> Y[12] := convert(Y[1], parfrac, s, complex);$ # Parciális törtekre bontás

$$Y_{12} := \frac{-5.20528866556839-255.337618807187\,I}{s+0.000142857122358618-0.000132993768195327\,I} + \frac{-5.20528866556835+255.337618807187\,I}{s+0.000142857122358618+0.000132993768195327\,I} + \frac{10.4105773311367-3.53212709724903\,10^{-14}\,I}{s+0.00666666670698647} \qquad (5)$$

$$> Y[2] := \frac{\frac{1}{1687500}}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}};$$

$$Y_2 := \frac{1}{1687500\left(s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\,10^{-10}\right)} \qquad (6)$$

$> Y[22] := convert(Y[1], parfrac, s, complex);$

$$Y_{22} := \frac{-5.20528866556839-255.337618807187\,I}{s+0.000142857122358618-0.000132993768195327\,I} + \frac{-5.20528866556835+255.337618807187\,I}{s+0.000142857122358618+0.000132993768195327\,I} \qquad (7)$$

3. 3. melléklete

KÁMÁN, SZILVESZTER
1060RD

$$+\frac{10.4105773311367-3.53212709724903\ 10^{-14}\ \mathrm{I}}{s+0.00666666670698647}$$

> $Y[3] := \dfrac{-4.4385\cdot 10^{-4}}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\ 10^{-10}}$;

$$Y_3 := -\frac{0.0004438500000}{s^3+\frac{73}{10500}\,s^2+\frac{17}{8750000}\,s+2.539700000\ 10^{-10}} \qquad \textbf{(8)}$$

> $Y[32] := convert(Y[1], parfrac, s, complex)$;

$$Y_{32} := \frac{-5.20528866556839-255.337618807187\ \mathrm{I}}{s+0.000142857122358618-0.000132993768195327\ \mathrm{I}} \qquad \textbf{(9)}$$

$$+\frac{-5.20528866556835+255.337618807187\ \mathrm{I}}{s+0.000142857122358618+0.000132993768195327\ \mathrm{I}}$$

$$+\frac{10.4105773311367-3.53212709724903\ 10^{-14}\ \mathrm{I}}{s+0.00666666670698647}$$

> *#Ahárom részfüggvényt ezután összegeztem, (lásd papíron) majd a következő scripttel ábrázoltam matlabban: (megj: y(t) = 0, t<0, ezért csak 0-tól ábrázoltam.)*

```
> #t=0:0.01:50000;
> #yt=heaviside(t-750).*((-5.2053-255.3376i).*exp((-1.4286+1.3299i).*(t+750).*(10^-4)) +
(-5.2053+255.3376i).*exp((-1.4286-1.3299i).*(t+750).*(10^-4)) +(10.4106-3.5321i*
10^-14).*exp((-6.6667*10^-3).*(t+750)))+heaviside(t-1500).*((-5.2053-255.3376i).*exp(
(-1.4286+1.3299i).*(t+1500).*(10^-4)) +(-5.2053+255.3376i).*exp((-1.4286-1.3299i).*
(t+1500).*(10^-4)) +(10.4106-3.5321i*10^-14).*exp((-6.6667*10^-3).*(t+1500)))+
heaviside(t).*((-5.2053-255.3376i).*exp((-1.4286+1.3299i).*(t).*(10^-4)) +
(-5.2053+255.3376i).*exp((-1.4286-1.3299i).*(t).*(10^-4)) +(10.4106-3.5321i*10^-14).*exp
((-6.6667*10^-3).*(t)));
> #plot(t,yt);
> #grid;
> #title('A válasz időfüggvénye');
> #xlabel('t [μs]');
> #ylabel('i(t) [mA]');
```

3.3 melléklete

KÁHÁN SZILVESZTER
(OGDJZU)