MEGOLDÁS

2.a feladat:

FI:

Az átviteli karakterisztika általános képlete:

$$H(j\omega) = \underline{C}^T \cdot (j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}})^{-1} \cdot \underline{B} + D = \underline{C}^T \cdot \frac{adj(j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}})}{|j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}|} \cdot \underline{B} + D =$$

$$= \frac{\underline{C}^T \cdot adj(j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}) \cdot \underline{B} + D \cdot |j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}|}{|j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}|}$$

A konkrét rendszert behelyettesítve:

$$j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} j\omega + 0,4 & -0,6 \\ 0,4 & j\omega + 1,4 \end{bmatrix}$$

$$|j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}| = (j\omega + 0,4) \cdot (j\omega + 1,4) - (-0,6) \cdot 0,4 = (j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8$$

$$adj(j\omega \underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}) = \begin{bmatrix} j\omega + 1,4 & 0,6 \\ -0,4 & j\omega + 0,4 \end{bmatrix}$$

$$H(j\omega) = \frac{\begin{bmatrix} 0,9 & -1,6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} j\omega + 1,4 & 0,6 \\ -0,4 & j\omega + 0,4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0,8 \\ 0,7 \end{bmatrix} + 4 \cdot \left((j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8\right)}{(j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8} =$$

$$= \frac{0,9 \cdot ((-0,8) \cdot (j\omega + 1,4) + 0,7 \cdot 0,6) - 1,6 \cdot ((-0,8) \cdot (-0,4) + (j\omega + 0,4) \cdot 0,7) + 4 \cdot ((j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8)}{(j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8} =$$

$$= \frac{-0,72\, j\omega - 1,008 + 0,378 - 0,512 - 1,12\, j\omega - 0,448 + 4(j\omega)^2 + 7,2\, j\omega + 3,2}{(j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8} =$$

$$= \frac{4(j\omega)^2 + 5,36\, j\omega + 1,61}{(j\omega)^2 + 1,8\, j\omega + 0,8}$$

DI:

Az átviteli karakterisztika általános képlete:

$$H(e^{j\vartheta}) = \underline{C}^T \cdot (e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}})^{-1} \cdot \underline{B} + D = \underline{C}^T \cdot \frac{adj(e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}})}{\left|e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}\right|} \cdot \underline{B} + D =$$

$$= \frac{\underline{C}^T \cdot adj(e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}) \cdot \underline{B} + D \cdot \left|e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}\right|}{\left|e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}\right|}$$

A konkrét rendszert behelyettesítve:

$$e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} e^{j\vartheta} - 0{,}6 & 1{,}7 \\ -0{,}1 & e^{j\vartheta} - 0{,}4 \end{bmatrix}$$

$$\left|e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}\right| = (e^{j\vartheta} - 0{,}6) \cdot (e^{j\vartheta} - 0{,}4) - (-0{,}1) \cdot 1{,}7 = (e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41$$

$$adj(e^{j\vartheta}\underline{\underline{I}} - \underline{\underline{A}}) = \begin{bmatrix} e^{j\vartheta} - 0{,}4 & -1{,}7 \\ 0{,}1 & e^{j\vartheta} - 0{,}6 \end{bmatrix}$$

$$H(e^{j\vartheta}) = \frac{\begin{bmatrix} 0{,}4 & -0{,}6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e^{j\vartheta} - 0{,}4 & -1{,}7 \\ 0{,}1 & e^{j\vartheta} - 0{,}6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}8 \\ 0{,}9 \end{bmatrix} + 0{,}8 \cdot \left((e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41\right)}{(e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41} =$$

$$= \frac{0{,}4\cdot(0{,}8\cdot(e^{j\vartheta}-0{,}4)-0{,}9\cdot1{,}7)-0{,}6\cdot(0{,}8\cdot0{,}1+0{,}9\cdot(e^{j\vartheta}-0{,}6))+0{,}8\cdot((e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41)}{(e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41} =$$

$$= \frac{0{,}32\,e^{j\vartheta} - 0{,}128 - 0{,}612 - 0{,}048 - 0{,}54\,e^{j\vartheta} + 0{,}324 + 0{,}8(e^{j\vartheta})^2 - 0{,}8\,e^{j\vartheta} + 0{,}328}{(e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41} =$$

$$= \frac{0{,}8(e^{j\vartheta})^2 - 1{,}02\,e^{j\vartheta} - 0{,}136}{(e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41}$$

2.b feladat:

FI:

A megadott bemeneti jel:

$$u(t) = -6 - t + 4\varepsilon(t)t, \quad ha \quad -6 < t < 2; \qquad u(t+8) = u(t)$$

$$u(t) = -6 - t, \quad ha \quad -6 < t < 0$$
$$u(t) = -6 + 3\mathrm{t}, \quad ha \quad 0 < t < 2$$

$$T = 8 \qquad \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{4}$$

A Fourier-sor tagjainak komplex együtthatói:

$$U_p = \frac{1}{T}\int_T u(t)\cdot e^{-jp\omega_0 t}\,dt = \frac{1}{8}\left(\int_{-6}^{0}(-6-t)e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt + \int_{0}^{2}(-6+3\mathrm{t})e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt\right)$$

Ez p = 0 -ra:

$$U_0 = \frac{1}{8}\left(\int_{-6}^{0}(-6-t)\,dt + \int_{0}^{2}(-6+3\mathrm{t})\,dt\right) = \frac{1}{8}(-18-6) = -3$$

Egyébként felhasználva ezt az általános formulát a parciális integráláshoz:

$$\int_a^b \underbrace{x}_{f} \cdot \underbrace{e^{cx}}_{g'}\,dx = \underbrace{\left[x\frac{e^{cx}}{c}\right]_{x=a}^{b}}_{\left[\frac{cx\,e^{cx}}{c^2}\right]_{x=a}^{b}} - \underbrace{\int_a^b 1\,\frac{e^{cx}}{c}\,dx}_{\left[\frac{e^{cx}}{c^2}\right]_{x=a}^{b}} = \left[\frac{(cx-1)e^{cx}}{c^2}\right]_{x=a}^{b}$$

$$f' = 1 \quad g = \frac{e^{cx}}{c}$$

$$U_p = \frac{1}{8}\left(-6\int_{-6}^{0} e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt - \int_{-6}^{0} t\,e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt - 6\int_{0}^{2} e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt + 3\int_{0}^{2} t\,e^{-jp\frac{\pi}{4}t}\,dt \right) =$$

$$= \frac{1}{8}\left(-6\left[\frac{e^{-jp\frac{\pi}{4}t}}{-jp\frac{\pi}{4}} \right]_{t=-6}^{0} - \left[\frac{\left(-jp\frac{\pi}{4}t - 1\right)e^{-jp\frac{\pi}{4}t}}{\left(-jp\frac{\pi}{4}\right)^2} \right]_{t=-6}^{0} - \right.$$

$$\left. -6\left[\frac{e^{-jp\frac{\pi}{4}t}}{-jp\frac{\pi}{4}} \right]_{t=0}^{2} + 3\left[\frac{\left(-jp\frac{\pi}{4}t - 1\right)e^{-jp\frac{\pi}{4}t}}{\left(-jp\frac{\pi}{4}\right)^2} \right]_{t=0}^{2} \right) =$$

$$= \frac{1}{8}\left(\frac{-6}{-jp\frac{\pi}{4}}\left(1 - e^{jp\frac{\pi}{4}6}\right) - \frac{1}{\left(-jp\frac{\pi}{4}\right)^2}\left(-1 - \left(jp\frac{\pi}{4}6 - 1\right)e^{jp\frac{\pi}{4}6}\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{6}{-jp\frac{\pi}{4}}\left(e^{-jp\frac{\pi}{4}2} - 1\right) + \frac{3}{\left(-jp\frac{\pi}{4}\right)^2}\left(1 - \left(jp\frac{\pi}{4}2 + 1\right)e^{-jp\frac{\pi}{4}2}\right) \right) =$$

$$= \frac{1}{8\left(-jp\frac{\pi}{4}\right)^2}\left(6jp\frac{\pi}{4}\left(1 - e^{jp\frac{\pi}{4}6}\right) + \left(1 + \left(jp\frac{\pi}{4}6 - 1\right)e^{jp\frac{\pi}{4}6}\right) + \right.$$

$$\left. + 6jp\frac{\pi}{4}\left(e^{-jp\frac{\pi}{4}2} - 1\right) + 3\left(1 - \left(jp\frac{\pi}{4}2 + 1\right)e^{-jp\frac{\pi}{4}2}\right) \right) =$$

$$= \frac{-2}{p^2\pi^2}\left(e^{jp\frac{\pi}{4}6}\left(-6jp\frac{\pi}{4} + jp\frac{\pi}{4}6 - 1\right) + \right.$$

$$\left. + e^{-jp\frac{\pi}{4}2}\left(6jp\frac{\pi}{4} - 3jp\frac{\pi}{4}2 - 3\right) + 1\left(6jp\frac{\pi}{4} + 1 - 6jp\frac{\pi}{4} + 3\right) \right) =$$

$$= \frac{-2}{p^2\pi^2}\left(e^{jp\frac{\pi}{2}3}(-1) + e^{-jp\frac{\pi}{2}}(-3) + 4 \right) = \frac{2e^{jp\frac{\pi}{2}3} + 6e^{-jp\frac{\pi}{2}} - 8}{p^2\pi^2}$$

A megfelelő p értékek behelyettesítésével megkaphatjuk a komplex együtthatókat:
(A feladat csak N = 3 nem nulla összetevőt kér az állandó komponensen kívül.)

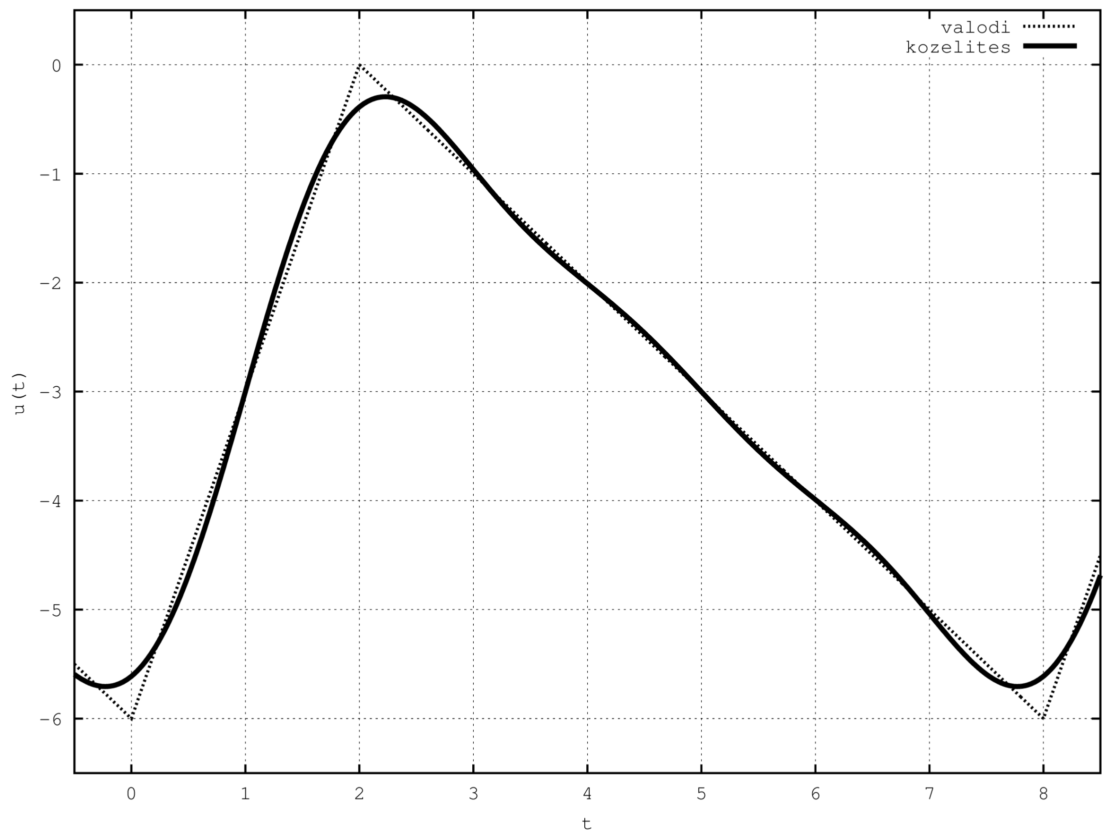
p	$\mathbf{U_p}$	$\mathbf{r_p}$	$\boldsymbol{\varphi_p}$
0	-3	3	π
1	-0,81057 – 0,81057j	1,1463	-3π/4
2	-0,40528	0,40528	π
3	-0,090063 + 0,090063j	0,12737	3π/4

Ezek segítségével a tisztán valós bemeneti jel közelítése:

$$u(t) \approx u_3(t) = U_0 + \sum_{p=1}^{3} 2r_p \cos(p\,\omega_0 t + \varphi_p) \approx$$

$$\approx -3 + 2{,}2926\cos\left(\frac{\pi}{4}t - \frac{3}{4}\pi\right) + 0{,}81056\cos\left(2\frac{\pi}{4}t + \pi\right) + 0{,}25474\cos\left(3\frac{\pi}{4}t + \frac{3}{4}\pi\right)$$

Ez a grafikon a valódi jel és a fenti közelítés egy periódusát ábrázolja:



DI:

A megadott bemeneti jel:

$$u[k] = 16 - 3{,}2k, \quad ha \quad 0 \le k < 6; \qquad u[k+6] = u[k]$$

$$L = 6 \qquad \vartheta_0 = \frac{2\pi}{L} = \frac{\pi}{3}$$

A Fourier-sor tagjainak komplex együtthatói:

$$U_p = \frac{1}{L} \sum_{i=<L>} u[i] e^{-jpi\vartheta_0} = \frac{1}{6} \sum_{i=0}^{5} (16 - 3{,}2i) e^{-jpi\frac{\pi}{3}}$$

Egy periódus hosszából adódóan az összes lehetséges együttható:

$$U_0 = \frac{1}{6}(16 + 12{,}8 + 9{,}6 + 6{,}4 + 3{,}2 + 0) = 8$$

$$U_1 = \frac{1}{6}\left(16 + 12{,}8 e^{-j\frac{\pi}{3}} + 9{,}6 e^{-j\frac{\pi}{3}2} + 6{,}4 e^{-j\frac{\pi}{3}3} + 3{,}2 e^{-j\frac{\pi}{3}4}\right) = 3{,}2 e^{-j\frac{\pi}{3}} \approx 1{,}6 - 2{,}7713j$$

$$U_2 = \frac{1}{6}\left(16 + 12{,}8 e^{-j\frac{\pi}{3}2} + 9{,}6 e^{-j\frac{\pi}{3}4} + 6{,}4 e^{-j\frac{\pi}{3}6} + 3{,}2 e^{-j\frac{\pi}{3}8}\right) = \sqrt{\frac{10{,}24}{3}} e^{-j\frac{\pi}{6}} \approx 1{,}6 - 0{,}92376j$$

$$U_3 = \frac{1}{6}\left(16 + 12{,}8 e^{-j\frac{\pi}{3}3} + 9{,}6 e^{-j\frac{\pi}{3}6} + 6{,}4 e^{-j\frac{\pi}{3}9} + 3{,}2 e^{-j\frac{\pi}{3}12}\right) = 1{,}6$$

A pontos jel felírható Fourier-polinommal, a páros L-re és valós jelre vonatkozó képletet használva:

$$u[k] = U_0 + \sum_{p=1}^{\frac{L}{2}-1} 2|U_p| \cos(p\vartheta_0 k + arg(U_p)) + U_{\frac{L}{2}}(-1)^k =$$

$$= 8 + 6{,}4\cos\left(\frac{\pi}{3}k - \frac{\pi}{3}\right) + \underbrace{\sqrt{\frac{40{,}96}{3}}}_{\approx\ 3{,}6950} \cos\left(2\frac{\pi}{3}k - \frac{\pi}{6}\right) + 1{,}6(-1)^k$$

2.c feladat:

FI:

Az állandósult válasz közelítésének kiszámításához meg kell határoznunk a rendszer átviteli tényezőit a jel Fourier-polinomjában szereplő tagok frekvenciánál:

$$H_p \;=\; H(j\omega)\Big|_{\omega=p\omega_0} \;=\; \frac{4\left(j\,p\frac{\pi}{4}\right)^2 + 5{,}36\,j\,p\frac{\pi}{4} + 1{,}61}{\left(j\,p\frac{\pi}{4}\right)^2 + 1{,}8\,j\,p\frac{\pi}{4} + 0{,}8} \;=\; K_p e^{j\lambda_p}$$

Behelyettesítve a szükséges értékeket p-be:

p	$\mathbf{H_p}$	$\mathbf{K_p}$	$\boldsymbol{\lambda_p}$
0	2,0125	2,0125	0
1	2,85135 + 0,975885j	3,01373	0,329757
2	3,48760 + 0,864519j	3,59316	0,242986
3	3,73298 + 0,674063j	3,79335	0,178645

Ezek felhasználásával az állandósult válasz közelítése:

$$y(t) \;\approx\; H_0 U_0 + \sum_{p=1}^{N} 2K_p r_p \cos\left(p\omega_0 t + \varphi_p + \lambda_p\right) \;\approx$$

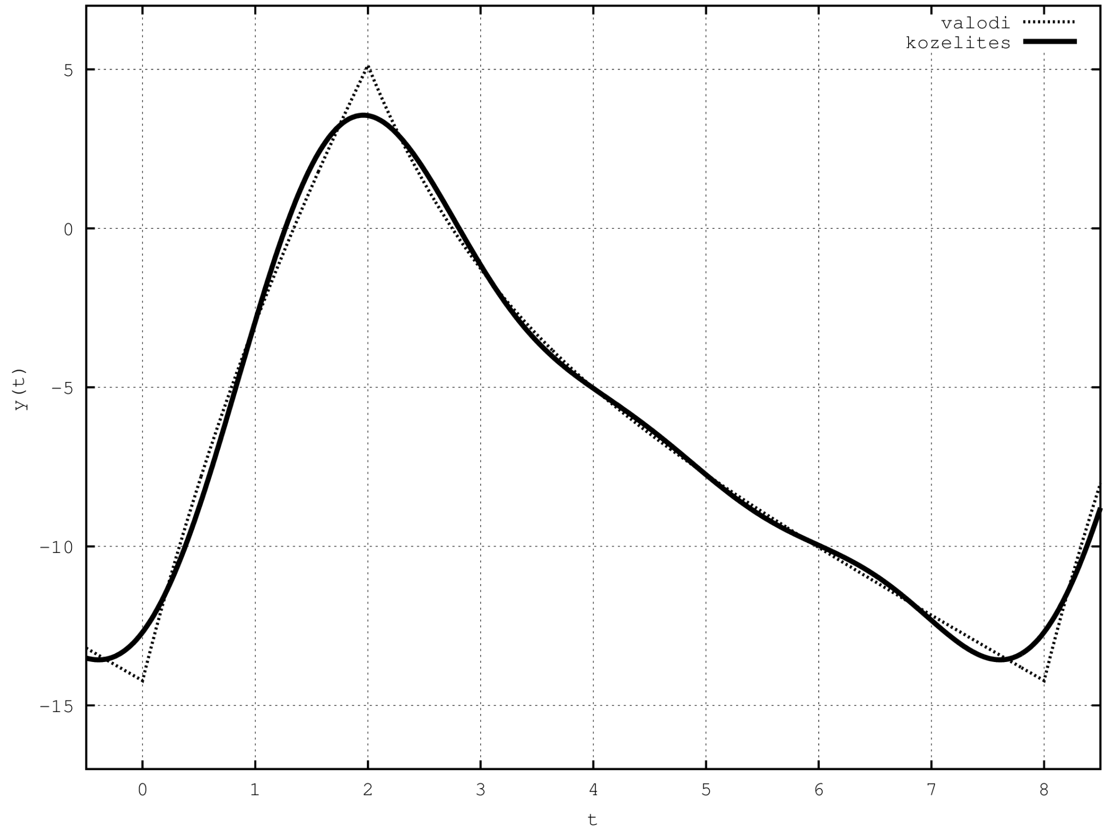
$$\approx\; 2{,}0125\cdot(-3) + 2{,}2926\cdot 3{,}01373\cos\left(\frac{\pi}{4}t - 3\frac{\pi}{4} + 0{,}329757\right) +$$

$$+\, 0{,}81056\cdot 3{,}59316\cos\left(2\frac{\pi}{4}t + \pi + 0{,}242986\right) \;+\; 0{,}25474\cdot 3{,}79335\cos\left(3\frac{\pi}{4}t + 3\frac{\pi}{4} + 0{,}178645\right) \;\approx$$

$$\approx\; -6{,}0375 + 6{,}90928\cos\left(\frac{\pi}{4}t - 2{,}02644\right) +$$

$$+\, 2{,}91247\cos\left(\frac{\pi}{2}t + 3{,}38458\right) \;+\; 0{,}96632\cos\left(3\frac{\pi}{4}t + 2{,}53484\right)$$

Az alábbi grafikon a rendszer állandósult válaszát szemlélteti, pontozott vonallal a GNU Octave szoftver által szimulált, a pontos gerjesztésre adott kimenetet, folytonossal pedig az előző oldalon a Fourier-polinomból kiszámolt közelítést:



DI:

Hasonlóan a folytonos idejű rendszerhez:

$$H_p = H(e^{j\vartheta})\Big|_{\vartheta = p\vartheta_0} = \frac{0{,}8\left(e^{jp\frac{\pi}{3}}\right)^2 - 1{,}02\,e^{jp\frac{\pi}{3}} - 0{,}136}{\left(e^{jp\frac{\pi}{3}}\right)^2 - e^{jp\frac{\pi}{3}} + 0{,}41} = K_p e^{j\lambda_p}$$

Behelyettesítve a szükséges értékeket p-be:

p	**H_p**	**K_p**	**λ_p**
0	– 0,86829	0,86829	π
1	1,77288 + 0,32292j	1,8021	0,18017
2	0,85835 – 0,21819j	0,88565	– 0,24893
3	0,69876	0,69876	0

Ezek felhasználásával az állandósult válasz:

$$y[k] = U_0 H_0 + \sum_{p=1}^{\frac{L}{2}-1} 2|U_p| K_p \cos\left(p\vartheta_0 k + arg(U_p) + \lambda_p\right) + U_{\frac{L}{2}} H_{\frac{L}{2}} (-1)^k \approx$$

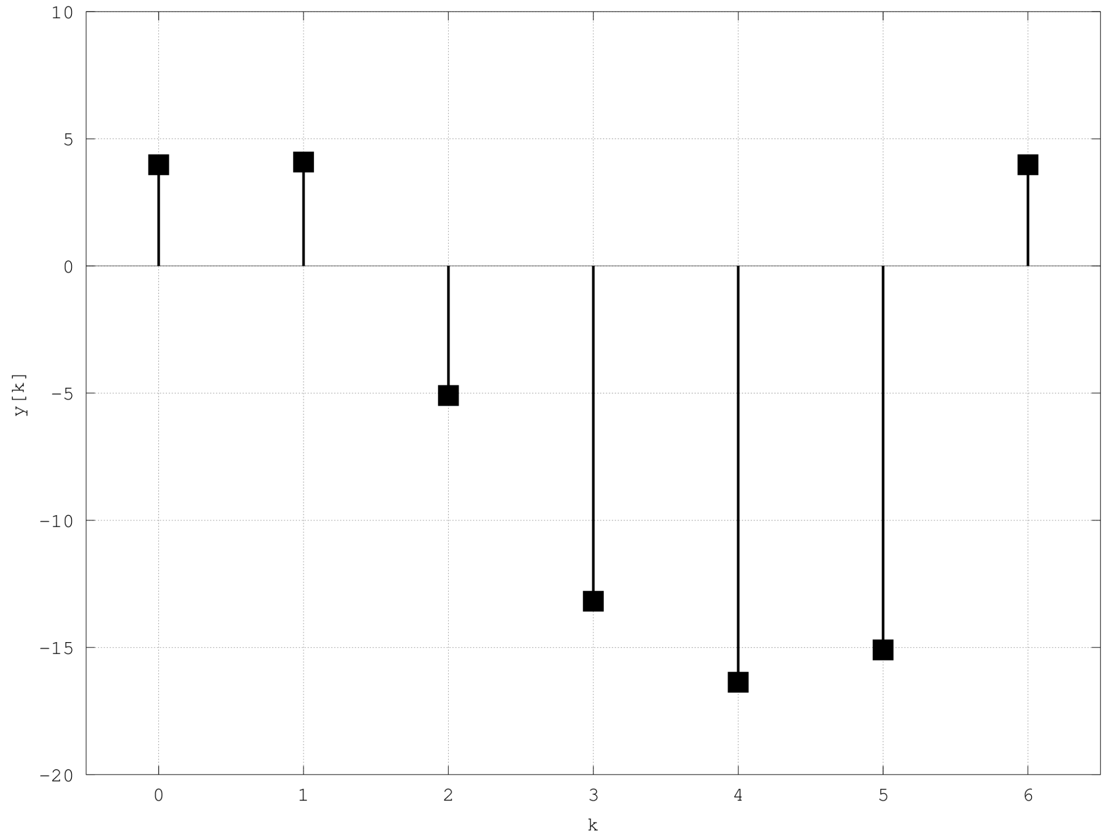
$$\approx 8\cdot(-0{,}86829) + 6{,}4\cdot 1{,}8021\cos\left(\frac{\pi}{3}k - \frac{\pi}{3} + 0{,}18017\right) +$$

$$+ \underbrace{\sqrt{\frac{40{,}96}{3}}}_{\approx\ 3{,}6950}\cdot 0{,}88565\cos\left(2\frac{\pi}{3}k - \frac{\pi}{6} - 0{,}24893\right) + 1{,}6\cdot 0{,}69876\cdot(-1)^k \approx$$

$$\approx -6{,}94632 + 11{,}53344\cos\left(\frac{\pi}{3}k - 0{,}86703\right) +$$

$$+ 3{,}27251\cos\left(2\frac{\pi}{3}k - 0{,}77253\right) + 1{,}118016\cdot(-1)^k$$

Az állandósult válasz egy periódusa grafikonon ábrázolva:



2.d feladat:

FI:

Először Fourier-transzformáljuk a jelet (itt is felhasználva a 3. oldal végén lévő levezetést):

$$U(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)e^{-j\omega t}dt = \int_{0}^{2}(-6+3t)e^{-j\omega t}dt + \int_{2}^{8}(2-t)e^{-j\omega t}dt =$$

$$= -6\int_{0}^{2} e^{-j\omega t}dt + 3\int_{0}^{2} te^{-j\omega t}dt + 2\int_{2}^{8} e^{-j\omega t}dt - \int_{2}^{8} te^{-j\omega t}dt =$$

$$= -6\left[\frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega}\right]_{t=0}^{2} + 3\left[\frac{(-j\omega t-1)e^{-j\omega t}}{(-j\omega)^2}\right]_{t=0}^{2} + 2\left[\frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega}\right]_{t=2}^{8} - \left[\frac{(-j\omega t-1)e^{-j\omega t}}{(-j\omega)^2}\right]_{t=2}^{8} =$$

$$= \frac{-6}{-j\omega}\left(e^{-2j\omega}-1\right) + \frac{3}{(-j\omega)^2}\left((-2j\omega-1)e^{-2j\omega}+1\right) +$$
$$+ \frac{2}{-j\omega}\left(e^{-8j\omega}-e^{-2j\omega}\right) - \frac{1}{(-j\omega)^2}\left((-8j\omega-1)e^{-8j\omega}-(-2j\omega-1)e^{-2j\omega}\right) =$$

$$= \frac{1}{(-j\omega)^2}\Big(6j\omega\left(e^{-2j\omega}-1\right) + 3\left(1-(2j\omega+1)e^{-2j\omega}\right) -$$
$$- 2j\omega\left(e^{-8j\omega}-e^{-2j\omega}\right) - 1\left((2j\omega+1)e^{-2j\omega}-(8j\omega+1)e^{-8j\omega}\right)\Big) =$$

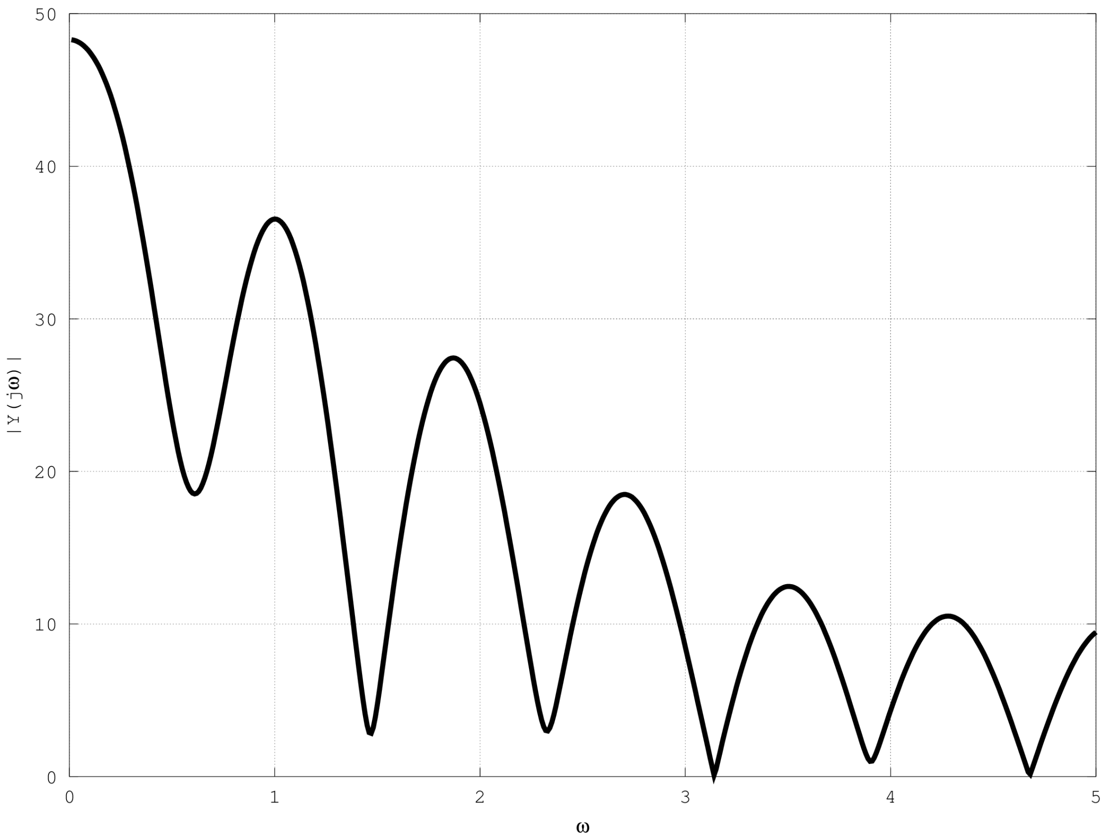
$$= \frac{1}{-\omega^2}\left(e^{-2j\omega}(6j\omega-6j\omega-3+2j\omega-2j\omega-1) + e^{-8j\omega}(-2j\omega+8j\omega+1) + 1(-6j\omega+3)\right) =$$

$$= \frac{4e^{-2j\omega}-(6j\omega+1)e^{-8j\omega}+6j\omega-3}{\omega^2}$$

Az erre adott választ pedig ismerve a rendszer átviteli karakterisztikáját, frekvenciadoménben szorzással kaphatjuk meg:

$$Y(j\omega) = H(j\omega)U(j\omega) = \frac{\left(4(j\omega)^2+5{,}36\,j\omega+1{,}61\right)\cdot\left(4e^{-2j\omega}-(6j\omega+1)e^{-8j\omega}+6j\omega-3\right)}{\left((j\omega)^2+1{,}8\,j\omega+0{,}8\right)\cdot\omega^2}$$

A következő grafikon a fentebb kapott válasz amplitúdóspektrumát ábrázolja:



Mivel a bemeneti jel és a rá adott válasz is tisztán valós, a spektrum páros.

DI:

Itt is először Fourier-transzformáljunk:

$$U(e^{j\vartheta}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} u[k]e^{-j\vartheta k} = \sum_{0}^{5}(16-3{,}2k)e^{-j\vartheta k} =$$

$$= 16e^{0} + (16-3{,}2)e^{-j\vartheta} + (16-6{,}4)e^{-2j\vartheta} + (16-9{,}6)e^{-3j\vartheta} + (16-12{,}8)e^{-4j\vartheta} + 0 =$$

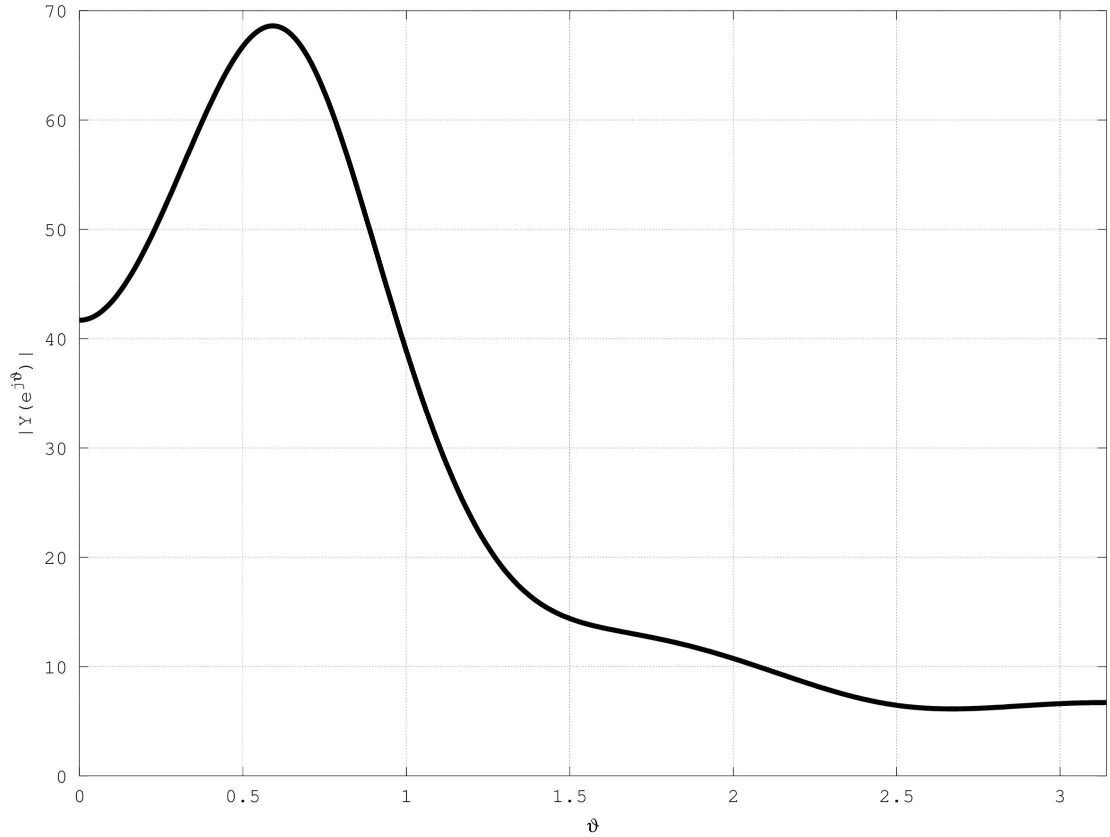
$$= 16 + 12{,}8e^{-j\vartheta} + 9{,}6e^{-2j\vartheta} + 6{,}4e^{-3j\vartheta} + 3{,}2e^{-4j\vartheta}$$

Majd a válasz szintén egy szorzat formájában kapható meg:

$$Y(e^{j\vartheta}) = H(e^{j\vartheta})U(e^{j\vartheta}) =$$

$$= \frac{\left(0{,}8(e^{j\vartheta})^2 - 1{,}02e^{j\vartheta} - 0{,}136\right)\cdot\left(16 + 12{,}8e^{-j\vartheta} + 9{,}6e^{-2j\vartheta} + 6{,}4e^{-3j\vartheta} + 3{,}2e^{-4j\vartheta}\right)}{(e^{j\vartheta})^2 - e^{j\vartheta} + 0{,}41}$$

Grafikonon ábrázolva a válasz amplitúdóspektruma:



Megfigyelés: Ez a spektrum is páros, továbbá 2π-vel periodikus.

2.e feladat:

FI:

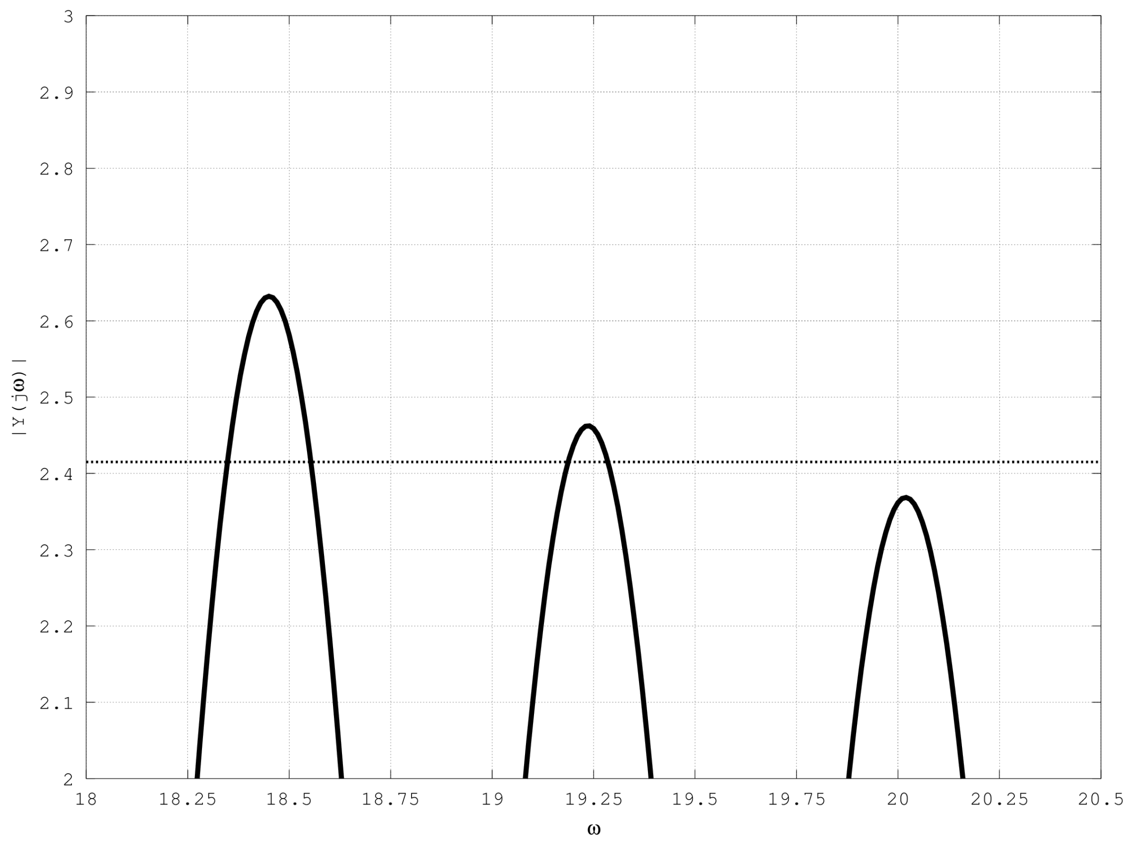
Ahogy az előző feladat grafikonjából látszik, a válaszjel amplitúdója ω=0-ban maximális.
Pontos értéke itt:

$$\left|Y(j\omega)\big|_{\omega=0}\right| = \left|H(j\omega)\big|_{\omega=0} U(j\omega)\big|_{\omega=0}\right| =$$

$$= \left|\left(\frac{1,61}{0,8}\right)\cdot\left(\int_0^2(-6+3t)\,dt + \int_2^8(2-t)\,dt\right)\right| = \left|\left(\frac{1,61}{0,8}\right)\cdot(-24)\right| = 48,3$$

A feladat ezen érték huszadrészénél, tehát 2,415-nél kisebb amplitúdókat tekint elhanyagolhatónak.

Ugyanezt az amplitúdóspektrumot, valamint a kiszámolt korlátot más határokkal ábrázolva:



Leolvashatjuk, hogy a legnagyobb körfrekvencia, ahol az amplitúdó a számolt érték fölé emelkedik, ω=19,25 környékén van, közelítőleg ennyi tehát a válaszjel sávszélessége, Δω is.