$y(t) = Y\cos(\omega t + \varphi)$ fazoros leírása

amplitúdó- és fáziskarakterisztika
energiaátviteli karakterisztika

Fourier-sor

Komplex Fourier-sor

Fourier-transzformáció $^{(-1)}$
$\mathcal{F}\{x(t)\} = ?$
$\mathcal{F}^{-1}\{X(j\omega)\} = ?$

F. eltolási tétel
$\mathcal{F}\{x(t-T)\} = ?$

F. modulációs tétel
$\mathcal{F}\{x(t)\cdot e^{j\omega_0 t}\} = ?$

F. skálázási tétel
$\mathcal{F}\{x(m\cdot t)\} = ?$

F. derivált-tétel
$\mathcal{F}\{x'(t)\} = \mathcal{F}\{\frac{dx}{dt}\} = ?$

Elemi jelek spektrumai
$\mathcal{F}\{\delta(t)\} = ?$; $\mathcal{F}\{1\} = ?$;
$\mathcal{F}\{\varepsilon(t)\} = ?$

Laplace-transzformáció $^{(-1)}$
$\mathcal{L}\{x(t)\} = ?$
$\mathcal{L}^{-1}\{X(s)\} = ?$

Elemi Laplace-trafók I.
$\mathcal{L}\{\delta(t)\} = ?$
$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\} = ?$

Elemi Laplace-trafók II.
$\mathcal{L}\{t\cdot\varepsilon(t)\} = ?$
$\mathcal{L}\{t^n\cdot\varepsilon(t)\} = ?$
$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot e^{-\alpha t}\} = ?$

Elemi Laplace-trafók III.
$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot\cos\omega_0 t\} = ?$
$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot\sin\omega_0 t\} = ?$

L. eltolási tétel
$\mathcal{L}\{\varepsilon(t-T)\cdot x(t-T)\} = ?$

L. skálázási tétel
$\mathcal{L}\{x(t)\cdot e^{-\alpha t}\} = ?$

L. derivált- és integrál-tétel
$\mathcal{L}\{x'(t)\} = ?$
$\mathcal{L}\{\int_0^t x(t)\,d\tau\} = ?$

L. kezdeti- és végértéktétel
$\lim_{t\to+0} x(t) = ?$
$\lim_{t\to\infty} x(t) = ?$

Euler-formulák
$\sin\omega t = ?$
$\cos\omega t = ?$

Jel sávszélessége

Rendszer sávszélessége

Mindentáteresztő rendszer

Minimálfázisú rendszer

Aszimptotikus stabilitás

G-V-stabilitás

Nemlineáris ellenállások és rezisztív nemlineáris hálózatok ismérvei...

Nemlineáris tekercs

Nemlineáris kondenzátor

Nemlineáris ÁVLNA

Nemlineáris ÁVL kanonikus alakja

$u(t) \approx U_0 + \sum_{\ell=1}^{n} \left(U_\ell^A \cos(\ell\omega_1 t) + U_\ell^B \sin(\ell\omega_1 t)\right)$

$U_\ell^A = {}^2/_T \int_0^T u(t)\cos(\ell\omega_1 t)\,dt$

$U_\ell^B = {}^2/_T \int_0^T u(t)\sin(\ell\omega_1 t)\,dt$

$K(\omega) = |H(j\omega)|$

$\varphi(\omega) = \arg(H(j\omega)) = \measuredangle(H(j\omega))$

$K^2(\omega)$

[valós $x(t) \Rightarrow K$ ps ; φ pt.]

$y(t) = \mathrm{Re}\{\overline{Y} e^{j\omega t}\}$

ahol $\overline{Y} = Y e^{j\varphi}$

$\mathcal{F}\{x(t-T)\} = e^{-j\omega T} X(j\omega)$

$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t}\,dt$

[⚠ absz. int. elégséges]

$x(t) = {}^1/_{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega) e^{j\omega t}\,d\omega$

$x_T(t) = \sum_{\ell=-\infty}^{\infty} X_\ell^C e^{j\ell\omega_1 t}$

$X_\ell^C = {}^1/_T \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) e^{-j\ell\omega_1 t}\,dt$

$\mathcal{F}\{x'(t)\} = j\omega \cdot X(j\omega)$

$\mathcal{F}\{x(m\cdot t)\} = \frac{1}{|m|} X\left(j\frac{\omega}{m}\right)$

$\mathcal{F}\{x(t)\cdot e^{j\omega_0 t}\} = X(j(\omega-\omega_0))$

$\mathcal{L}\{\delta(t)\} = 1$

$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\} = \frac{1}{s}$

$X(s) = \int_{-0}^{\infty} x(t) e^{-st}\,dt \;;\; s = \sigma + j\omega$

[⚠ belépő jelekre]

$\varepsilon(t)\cdot x(t) = {}^1/_{2\pi j} \int_{s=\sigma-j\omega}^{s=\sigma+j\omega} X(s) e^{st}\,ds$

$\mathcal{F}\{\delta(t)\} = 1$

$\mathcal{F}\{1\} = 2\pi\delta(\omega)$

$\mathcal{F}\{\varepsilon(t)\} = \frac{1}{j\omega} + \pi\delta(\omega)$

$\mathcal{L}\{\varepsilon(t-T)\cdot x(t-T)\} = X(s)\cdot e^{-sT}$

$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot \cos\omega_0 t\} = \frac{s}{s^2+\omega_0^2}$

$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot \sin\omega_0 t\} = \frac{\omega_0}{s^2+\omega_0^2}$

$\mathcal{L}\{t\cdot\varepsilon(t)\} = \frac{1}{s^2}$

$\mathcal{L}\{t^n\cdot\varepsilon(t)\} = \frac{n!}{s^{n+1}}$

$\mathcal{L}\{\varepsilon(t)\cdot e^{-\alpha t}\} = \frac{1}{s+\alpha}$

$\lim_{t\to+0} x(t) = \lim_{s\to\infty}(sX(s))$

$\lim_{t\to\infty} x(t) = \lim_{s\to 0}(sX(s))$

$\mathcal{L}\{x'(t)\} = sX(s) - x(-0)$

$\mathcal{L}\{\int_0^t x(t)\,d\tau\} = {}^1/_s \cdot X(s)$

$\mathcal{L}\{x(t)\cdot e^{-\alpha t}\} = X(s+\alpha)$

áteresztősáv: $]\omega_a;\omega_b[\rightarrow$

$\rightarrow \omega \in\,]\omega_a;\omega_b[\Rightarrow K(\omega) \geq \frac{K_{max}}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}$

$[\varepsilon = 1 \equiv 70\% \equiv -3\,dB]$

$\omega \in [\omega_1;\omega_2] \Rightarrow$

$\Rightarrow X(j\omega) < \delta\cdot K(\omega)_{max}$

$\sin\omega t = \frac{1}{2j}\left(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}\right)$

$\cos\omega t = \frac{1}{2}\left(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}\right)$

$(u(t)\equiv 0 \wedge t>0) \Rightarrow \lim_{t\to\infty} \underline{x}(t) = \underline{0}$;

$\forall\, \underline{x}(0)$ esetén

feltétel: $\underline{\underline{A}}$ sajátértékeire $\mathrm{Re}\{\lambda_i\} < 0$

$\mathrm{Re}\{p_i\} < 0$

$\mathrm{Re}\{z_i\} \leq 0$

$K(\omega) = K_0$ konstans

$z_i = -(p_i)^*$

[p-z ábra Im tengelyre tükrös]

i_L, u_L

$\left.\begin{array}{l} \psi = \Psi(i_L) \\ u_L = \psi' \end{array}\right\}$

$L_d = \left.\frac{d\Psi}{di_L}\right|_{i_L = \bar{i}_L}$

i_N, u_N

$\left.\begin{array}{l} u_N = U(i_N) \\ i_N = I(u_N) \end{array}\right\}$ explicit karakt.

MP-i lin.: $u_N(t) = \bar{u}_N + \tilde{u}_N(t)$

$u_N(t) = U(\bar{i}_N) + \left.\frac{du}{di_N}\right|_{\bar{i}_N}^{⊛} \cdot \tilde{i}_N$ ⊛ R_d

$(|u(t)| < \infty) \Rightarrow (|y(t)| < \infty)$

feltétel: • $\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)|\,dt < \infty$

• vagy $H(s)$ $\forall$ pólusa negatív

$\begin{bmatrix} u_C' \\ i_L' \\ q' \\ \psi' \\ i_N'/u_N' \end{bmatrix} = \underline{A} \begin{bmatrix} u_C \\ i_L \\ u_{CN} \\ i_{LN} \\ u_N/i_N \end{bmatrix} + \underline{B}u$ + karakterisztikák $q=$ $u=$ $\psi=$

$\underline{x} = \begin{bmatrix} u_{C(N)} \\ i_{L(N)} \\ q \\ \psi \end{bmatrix} \rightarrow \left.\begin{array}{l} \underline{x}' = F(\underline{x}, u) \\ y = G(\underline{x}, u) \end{array}\right\}$

i_C, u_C

$\left.\begin{array}{l} q = C(u_C) \\ i_C = q' \end{array}\right\}$

$C_d = \frac{dq}{du_C}\Big|$

Előrelépő Euler-algoritmus

D.I.Á.V.L.N.A. $x[k+1]=?$ $y[k]=?$

D.I. aszimptotikus stabilitás (feltételei)

Rendszeregyenlet

D.I. Rendszeregyenlet megoldása összetevőkre bontással

D.I. G-V-stabilitás (feltételei)

D.I. periodikus jelek alakja

D.I. fazorok és összefüggéseik

D.I. átviteli karakterisztika előállítása rendszeregyenletből

D.I. Fourier sor komplex alakja

D.I. Fourier-transzformáció
$\mathcal{F}\{x[k]\}=?$
$\mathcal{F}^{-1}\{X(e^{j\vartheta})\}=?$

Elemi jelek D.I. Fourier-trafói
$\mathcal{F}\{\delta[k]\}=?$
$\mathcal{F}\{\varepsilon[k]\cdot a^k\}=?$
$\mathcal{F}\{\varepsilon[k]-\varepsilon[k-K]\}=?$

D.I. Fourier-trafó eltolási tétele
$\mathcal{F}\{x[k-K]\}=?$

D.I. Fourier-trafó modulációs tétele
$\mathcal{F}\{x[k]\cdot e^{j\vartheta_0 k}\}=?$

Z-transzformáció
$\mathcal{Z}\{x[k]\}=?$

Elemi jelek z-trafói I.
$\mathcal{Z}\{\delta[k]\}=?$
$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k]\}=?$

Elemi jelek z-trafói II.
$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k]\cdot a^k\}=?$
$\mathcal{Z}\{A\cdot\varepsilon[k]\cdot k\cdot a^k\}=?$

z-trafó csillapítási tétele
$\mathcal{Z}\{x[k]\cdot q^k\}=?$

z-trafó eltolási tétele belépő jelekre, $K<0$
$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k-K]\cdot x[k-K]\}=?$

z-trafó siettetése 1 ütemmel
$\mathcal{Z}\{x[k+1]\}=?$

z-trafó kezdeti- és végérték tétele
$x[0]=?$
$\lim_{k\to\infty} x[k]=?$

Átviteli fv. gyöktényezős alakja, D.I. rendszer G-V-stabilitása

Véges impulzusválaszú rendszer feltételei (FIR)

D.I. mindentáteresztő rendszer feltételei

D.I. minimálfázisú rendszer feltételei

Mintavételezett jel $x_*(t)=?$
MV jel spektruma $X_*(j\omega)=?$

Diszkrét idejű jel $x_0[k]=?$
D.I. jel spektruma $X_0(e^{j\vartheta})=?$

Mintavételi tétel

Szimuláció impulzusválasz alapján

Szimuláció az átviteli fv alapján: Bilineáris trafó

$\forall |\underbrace{\lambda_i^{RM}}| < 1$

az $\underline{A}$ rendszermátrix sajátértékei

[$N=2 \Rightarrow$ Jury-Δ; $\lambda^2 + a_1\lambda + a_2 = 0$]

$$\underline{x}[k+1] = \underline{\underline{A}}\,\underline{x}[k] + \underline{B}\,u[k]$$
$$y[k] = \underline{C}^T x[k] + D\,u[k]$$

Differenci$\underline{A}$ egyenlet

$x_{k+1} = x_k + h \cdot f(x_k, t_k)$

$x(t+\Delta t) = x(t) + \Delta t \cdot \dot{x}(t)$

- $h[k]$ absz. összegezhető
- vagy: $\forall |\lambda_i^{RE}| < 1$

a rendszeregyenlet sajátértékei

(I) szabad öt. $\lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \ldots + a_n = 0$

$y_f[k] = \sum_{i=1}^{n} k_i \lambda_i^k$

(II) gerj. öt.

$y_g[k] + a_1 y_g[k-1] + \ldots + a_n y_g[k-n] = f[k]$

próbafv

(III) kezdeti feltételek

$$y[k] + a_1 y[k-1] + \ldots + a_n y[k-n] = \underbrace{= b_0 u[k] + b_1 u[k-1] + \ldots + b_m u[k-m]}_{f[k]}$$

$$H(e^{j\vartheta}) = \frac{b_0 + b_1 e^{-j\vartheta} + \ldots + b_m e^{-j\vartheta m}}{1 + a_1 e^{-j\vartheta} + \ldots + a_n e^{-j\vartheta n}}$$

$X\cos(\vartheta k + \rho) = \mathrm{Re}\{X e^{j(\vartheta k + \rho)}\} =$

$= \mathrm{Re}\{\underbrace{X e^{j\rho}}_{\overline{X}} e^{j\vartheta k}\}$

- $x[k-1] = \overline{X} \cdot e^{-j\vartheta}$

$x[k] = X\cos(\vartheta k + \rho)$

$\vartheta = \frac{M}{L} 2\pi$; $\vartheta \in [0; 2\pi[$

$\rho \in\,]-\pi; \pi]$

$X > 0$; $M, L \in \mathbb{Z}$

$\mathcal{F}\{\delta[k]\} = 1$

$\mathcal{F}\{\varepsilon[k] \cdot a^k\} = \frac{e^{j\vartheta}}{e^{j\vartheta} - a}$

$\mathcal{F}\{\varepsilon[k] - \varepsilon[k-K]\} = \frac{1 - e^{-jK\vartheta}}{1 - e^{-j\vartheta}}$

$X(e^{j\vartheta}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] e^{-j\vartheta k}$

$x[k] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\vartheta}) \cdot e^{j\vartheta k}\, d\vartheta$

$x[k] = \sum_{p<L>} X_p^c e^{jp\Theta k}$

$\Theta = \frac{2\pi}{L}$

$X_p^c = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} x[k] e^{-jp\Theta k}$

$X(z) = \sum_{k=0}^{\infty} x[k] z^{-k}$, $z = r \cdot e^{j\vartheta}$

[$x[k] = 1/2\pi j \oint_L X(z) z^{k-1} dz$]

$\mathcal{F}\{x[k] \cdot e^{j\vartheta_0 k}\} = X(e^{j(\vartheta - \vartheta_0)})$

$\mathcal{F}\{x[k-K]\} = e^{-j\vartheta K} \cdot X(e^{j\vartheta})$

$\mathcal{Z}\{x[k] \cdot q^k\} = X\left(\frac{z}{q}\right)$

$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k] \cdot a^k\} = \frac{z}{z-a}$

$\mathcal{Z}\{A \cdot \varepsilon[k] \cdot k \cdot a^k\} = \frac{Aaz}{(z-a)^2}$

$\mathcal{Z}\{\delta[k]\} = 1$

$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k]\} = \frac{z}{z-1}$

$x[0] = \lim_{z \to 0} X(z)$

$\lim_{k \to \infty} x[k] = \lim_{z \to 1} ((z-1)X(z))$

$\mathcal{Z}\{x[k+1]\} = zX(z) - x[0] \cdot z$

$\mathcal{Z}\{\varepsilon[k-K] \cdot x[k-K]\} = z^{-K} X(z)$

- $K(\vartheta) = |H(e^{j\vartheta})| = C$
- q_i pólus $\Rightarrow s_i = \frac{1}{q_i^*}$ zérus

- $H(z) = c_0 + c_1 z^{-1} + \ldots c_\ell z^{-\ell}$
- $h[k] = 0$, $k > K$
- $\varnothing$ visszacsatolás

$H(z) = A \frac{(z-s_1)(z-s_2)\cdots(z-s_m)}{(z-q_1)(z-q_2)\cdots(z-q_n)}$

$\forall |q_i| < 1 \Rightarrow$ GV-stabilitás

$x_D[k] = x(k \cdot T)$

$X_D(e^{j\vartheta}) = \frac{1}{T} X_*(j\omega)\Big|_{\omega = \frac{\vartheta}{T}}$

$x_*(t) = T \cdot x(t) \cdot \underbrace{\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT)}_{g_T(t)}$

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

$X_*(j\omega) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} X(j(\omega - p\omega_s))$

$\forall$ pólus: $|q_i| < 1$

$\forall$ zérus: $|s_i| \leq 1$

$\Omega = X(j\omega)$ sávkorlátja

$\omega_s \geq 2\Omega$

$f_s \geq 2 f_{max}$

$h_D[k] = \varepsilon[k] \cdot T \cdot f(kT)$

[$h_c = \varepsilon(t) \cdot f(t)$]

$s \approx \frac{p}{T} \cdot \frac{z-1}{z+1}$ [p=2 általában