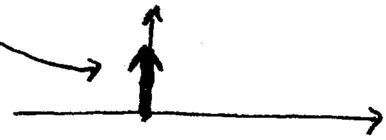
Formelsammlung

Kondensator $i = C \frac{du_c}{dt}$ **Spule** $u = L \frac{di_L}{dt}$

Laplace

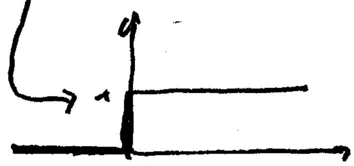
Impulsanregung – Delta-Puls $\delta(t)$



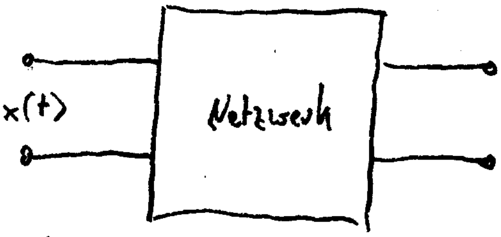
Impulsantwort – Gewichtsfunktion $g(t)$

Sprunganregung – $s(t)$ $\frac{ds(t)}{dt} = \delta(t)$

Sprungantwort – $h(t)$



$s(t) \Rightarrow h(t)$



$\delta(t) \Rightarrow g(t)$?

$\frac{dh(t)}{dt} = g(t)$?

$\Downarrow$

$G(s) = s \cdot H(s)$?

Transformation Sprung $F(s) = \frac{1}{s}$

Rampe $F(s) = \frac{1}{s^2}$

S 7-15 **Integration** $\mathcal{L}\left\{ \int_0^t f(t)\,dt \right\} = \frac{1}{s} \cdot F(s)$

Differentiation $\mathcal{L}\left\{ \int_0^t f(\tau)\,d\tau \right\} = s \cdot F(s) - f(0^+)$

Verschiebung (Zeitbereich) $f(t_0 - t_0) \circ\!\!-\!\!\bullet\ e^{-st_0} F(s)$

(Laplacebereich) $F(s + s_0) \bullet\!\!-\!\!\circ\ e^{-s_0 t} f(t)$

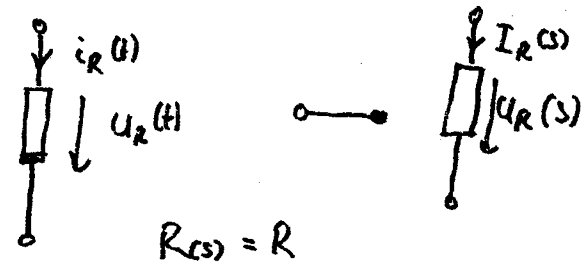
Dehnung $f(ct) = \frac{1}{c} \cdot F\left(\frac{s}{c}\right)$

Allgemeine Gleichung $F(s) = \int_0^\infty f(t) e^{-st}\,dt$ Hintransformation

S 4/5 $f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int^{s=\sigma+j\infty} F(s) e^{st}\,ds$ Rücktransformation

Direkte Transformation

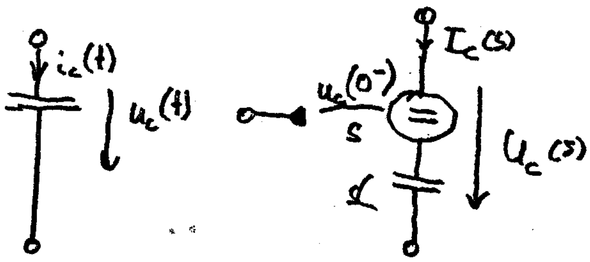
S23 – 25



Widerstand

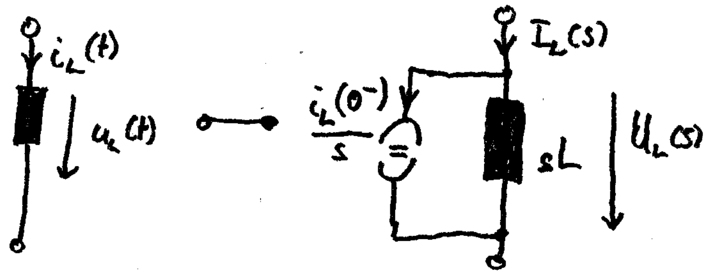
$R(s) = R$

Kondensator



$Z_C(s) = \frac{1}{sC}$

Spule



$Z_L(s) = sL$

$$\boxed{U_L(s) = s \cdot L\left(I_L(s) - \frac{i_L(0^-)}{s}\right)}$$

Heaviside $\quad f(t) = \sum_{\nu=1}^{n} \frac{Z(s_\nu)}{N'(s_\nu)} e^{s_\nu t}$ $\quad$ Pole bei $s_1, \dots, s_n$ $\quad$ S 35

Duhamel $\quad y(t) = h(t)\, x(0) + \int_0^t h(t-\tau)\, x'(\tau)\, d\tau$ $\quad$ S 44

mit $x'(\tau) = \left.\frac{dx(t)}{dt}\right|_{t=\tau}$ $\quad$ mit $x(0)$, $x'(t)$, $h(t)$ bekannt!

Euler – Darstellungen

$$\sin x = \frac{1}{2j}\left(e^{jx} - e^{-jx}\right) \qquad \cos x = \frac{1}{2}\left(e^{jx} + e^{-jx}\right)$$

$$\Downarrow \qquad\qquad \Downarrow$$

$$\sinh jx = j \sin x \qquad \cosh jx = \cos x$$

$$\Downarrow \qquad\qquad \Downarrow$$

$$\sinh x = \frac{1}{2}\left(e^{x} - e^{-x}\right) \qquad \cosh x = \frac{1}{2}\left(e^{x} + e^{-x}\right)$$

$\sin(\omega t + \alpha) = \sin\omega t \cdot \cos\alpha + \cos\omega t \cdot \sin\alpha$!

Messtechnik

absoluter Messfehler ΔX $F = A - W$ $f = \frac{A-W}{W}$ 15
siehe 2

relativer Messfehler $\frac{\Delta X}{X}$ $f = \frac{F}{W} \cdot 100\%$ $\approx \frac{F}{A} \cdot 100\%$ bei $\frac{F}{A} \ll 1$
sieh 2

systematischer Fehler

Addition: abs. Fehler addiert
Subtraktion: abs. Fehler subtrahiert 17
Mult: rel. Fehler addiert
Div: rel. Fehler subtrahiert

Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (x_i - \mu)^2}$ für $N \to \infty$ 18

mit μ Mittelwert $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i$

Schwankung

$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2}$ mit $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i$ 20

Zufälliger Fehler $F_{\bar{x}} = \pm \frac{ts}{N}$ des Schätzwertes $F_{\hat{x}}$

21/23

$F_{x_i} = \pm ts$ der Einzelmessung Tabelle 3.2

Gaussches Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$s_{\hat{y}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \Bigg|_{(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)} \cdot s_i^2}$$ 24

Genauigkeitsklasse $G = \left|\frac{\Delta x}{x_{end}}\right| 100\%$

$\Rightarrow$ max. rel. Fehler $\frac{\Delta x}{x} = \pm \frac{x_{end}}{x} \cdot \frac{G}{100\%}$

Fehlerfortpflanzung

absolute Fehler $\Delta x = \left|\frac{dx}{dy_1}\right|_{y_{1t}} \cdot \Delta y_1 + \left|\frac{dx}{dy_2}\right| \Delta y_2$

(z.B $P = \frac{u^2}{R}$; $\Delta P = \left|\frac{dP}{du}\right| \cdot \Delta u + \left|\frac{dP}{dR}\right| \Delta R$)

Vertrauensfehler $V = \frac{t \cdot s}{\sqrt{N}}$ (z.b. $99\Omega \le x \le 101\Omega \Rightarrow V = 1\Omega$)

Buch Tabelle 3.2 !

Effektivwert $\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u(t)^2 \, dt}$ **Mittelwert** $|\hat{u}| = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)| \, dt$

Übung 4.5

Formfaktor (Buch ! S. 61/62) mal Mittelwert gibt angezeigte Spannung

Sinus-Formfaktor: $\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$; $F_S = \frac{U_{eff}}{|\hat{u}|}$

Dreieck – Sinus $C_S \cdot U_{eff} = \hat{u}$ Dreieck: $C_S = \sqrt{3}$

Sinus: $C_S = \sqrt{2}$

$\boxed{\text{Partialbruchzerlegung}}$

(1) Pole finden $\frac{Z}{N}$ (Grad (Z) < Grad(N), sonst Pol. div ?)

(2) Ansatz → Pole (α_i)

siehe Übung, vorne

$$\left\{\begin{array}{l}
\underline{\text{einfach reell}} \quad \frac{A}{s-\alpha_1} + \frac{B}{s-\alpha_2} + \dots \\[2ex]
\underline{\text{konj. komplex}} \quad \frac{As + B}{s^2 + p \cdot s + q} \\[2ex]
\quad [\text{merken: evtl. quad. ergänzen zu } (s+a)^2 + b] \\[2ex]
\frac{\underline{\text{mehrfache Pole}}}{(\text{reell, k-fache Vielfachheit})} \quad \frac{A}{s-\alpha} + \frac{B}{(s-\alpha)^2} + \dots + \frac{A_k}{(s-\alpha)^k} \\[2ex]
\underline{\text{mehrfache Pole konjugiert komplex}}
\end{array}\right.$$

⇒ Tabelle zur Rücktransformation

Transformator

$$U_1(s) = sL_1 I_1(s) + sM I_2(s) - L_1 i_1(0) - M i_2(0)$$
$$U_2(s) = sL_2 I_2(s) + sM I_1(s) - L_2 i_2(0) - M i_1(0)$$

$\boxed{\text{siehe Übung 2.6.}}$

Nichtlineare BEL

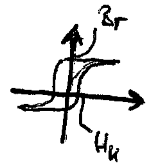
R: $u = R(i) \cdot i$

$i = G(u) \cdot u$

L: $u = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} = \frac{d\Phi}{dt}$

$u = L(i) \cdot \frac{di}{dt}$

$L(i) = \frac{d\Phi}{di}\Big|_{i=i_0}$



C: $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} + u \frac{dC}{dt}$

zeitinvariant $i = C(u) \frac{du}{dt}$

$C(u) = \frac{dq(t)}{dt}\Big|_{u=u_0}$

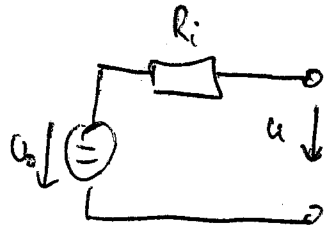
Varaktordiode

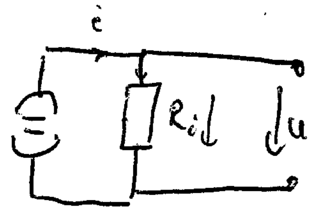
$$C = C_1 \sqrt{\frac{c_2}{U_D - u}} \qquad U_D: \text{Diffusionsspannung}$$

Diode $\quad i = I_s \left(e^{u/u_T} - 1\right) \approx I_s \cdot e^{u/u_T}$ bei $i \gg I_s$

Nichtlineare BEC

Quellengleichung





$u = U_0 - R_i \cdot i$ $\qquad$ $u =$

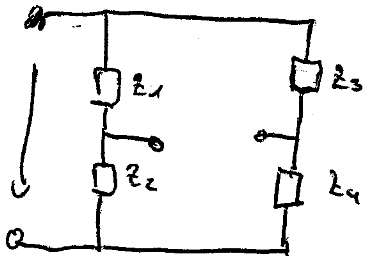
Newton-Methode

① Gleichung $f(x) = 0$ aufstellen (z.B. Maschenumlauf $f(u)$)

② Formel einsetzen

$$x^{(n+1)} = x^{(n)} - \frac{f(x^{(n)})}{f'(x^{(n)})}$$

Brücken-Abgleichbedingung



$$|Z_2||Z_3| = |Z_1||Z_4|$$

$$\varphi_2 + \varphi_3 = \varphi_1 + \varphi_4$$

$$R_2 R_3 - X_2 X_3 = R_1 R_4 - X_1 X_4$$

$$X_2 R_3 + R_2 X_3 = X_1 R_4 + R_1 X_4$$