Elektrische Leitungen

- Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c = \lambda \cdot f$$

- Ausbreitungsgeschwindigkeit Luft oder Vakuum

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \qquad 300\,000 \frac{km}{s} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

- Wellenwiderstand

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

- Wellenwiderstand verlustfrei Leitung

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \qquad L' = Z_0^2 \cdot C' \qquad C' = \frac{L'}{Z_0}$$

- Koaxkabel

$$Z = \frac{60\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d}$$

D = Außenleiterdurchmess

d = Innen.. " "

$$D = e^{\frac{Z \cdot \sqrt{\varepsilon_r}}{60\Omega}} \cdot d$$

- Skintiefe

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \varkappa}}$$

$\mu_r = 1$ für Cu, Ag, Au

δ = in ~~mm~~ praktisch in mm

$\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Cu

oder

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{1}{\varrho}}}$$

Skinfläche:

$$A_{ringskin} = A_{ganz} - A_{innen} = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} - (d - 2\delta)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$A_{ring} = \pi (d \cdot \delta - \delta^2) \quad \text{gültig für } d > 2 \cdot \delta$$

Dämpfung a bzw α:

$$a_u = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \, dB \qquad \alpha_u = \frac{a_u}{s}$$

- Phasenverschiebung b bzw. β

$$V = \frac{l_x}{t_l} \Rightarrow t_l = \frac{l_x}{V}$$

$$\beta = \frac{b}{l} = \frac{\varphi}{l}$$

- Zusammenhang Leitungswellenlänge λ_{Leit} u. Phasenkonstante β

$$V_{Leit} = \lambda_{Leit} \cdot f \qquad \text{oder} \qquad V_{Leit} = \frac{2 \cdot \pi}{\beta} \cdot f = \frac{\omega}{\beta}$$

oder $V_{Leit} = C \cdot k$

$$\beta = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda_{Leit}} \Rightarrow \lambda_{Leit} = \frac{2 \cdot \pi}{\beta}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot \pi}{\varphi} \Rightarrow \varphi = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f}$$

$$\frac{\bar{B}}{2 \cdot \pi} = \frac{\varphi}{360°} \Rightarrow \varphi = \frac{\bar{B}}{2 \cdot \pi} \cdot 360° \qquad \bar{B} = \text{Bogenmaß}$$

! RAD-Modus !

- Verkurzüngsfaktor r:

$$k = \frac{\lambda_{Leit}}{\lambda_{Luft}}$$

Anpassung und Fehlanpassung

- Reflektionsfaktor:

$$r = \frac{U_r}{U_v} = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Z_0 = Innen widerst
Z = Last widerstand

- Welligkeitsfaktor

$$s = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{U_v - U_r}{U_v + U_r} = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

- Anpassungsfaktor

$$m = \frac{1}{s} = \frac{U_{min}}{U_{max}} = \frac{1 - r}{1 + r}$$

- Rückflußdämpfung

$$a = 20 \lg \frac{1}{|r|} \, dB$$

Wellen und Antennen

- Pointischer Vektor

$$S = H \cdot E \quad \text{oder} \quad S = Z_0 \cdot H^2$$

$$S \text{ in } \frac{W}{m^2} \; ; \quad H \text{ in } \frac{A}{m} \; ; \quad E = \frac{V}{m}$$

- Wellenwiderstand des freien Raumes

$$Z_0 = \frac{E}{H} \text{ in } \Omega \qquad \text{praktisch } Z_0 = 376{,}68\,\Omega$$

- Strahlungsdichte

$$S = \frac{P_S}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{E^2}{Z_0}$$ ~~oder~~

$$E = \frac{1}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{P_S \cdot Z_0}{\pi}} \quad \text{oder} \quad E = Z_0 \cdot H$$

LWL

- Optische Leiter Bechzahl.

$$n = \frac{C_0 \rightarrow \text{Licht}}{C_1 \rightarrow \text{Materie}}$$