

Formelblad, RRY010 Telekommunikation, läsåret 2016/2017

Konstanter

$$c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$Z_{TEM, \text{vakuum}} \approx 376,73 \Omega$$

Matematik

$$\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

$$\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$$

$$\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \cdot \sin \varphi$$

FM:

$$v_{FM}(t) = V_c \cos[\omega_c t + \beta \sin(\omega_m t)]$$

$$\omega_i(t) = \omega_c + \beta \omega_m \cos(\omega_m t) = \omega_c + \Delta \omega_c \cos(\omega_m t)$$

$$\Delta \omega_c = \beta \omega_m = 2\pi k_0 V_m$$

$$v_{FM}(t) = V_c \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cdot \cos[(\omega_c + n \omega_m)t]$$

$$B \approx 2f_m(\beta + 1)$$

Transmissionledningar

$$V_{tot}(x) = V^+(x) + V^-(x) = V^+(0) \cdot e^{-\gamma x} + V^-(0) \cdot e^{\gamma x}$$

$$I_{tot}(x) = I^+(x) + I^-(x) = I^+(0) \cdot e^{-\gamma x} + I^-(0) \cdot e^{\gamma x}$$

$$\gamma = \sqrt{Z_{längs} Y_{tvär}}$$

$$Z_0 = \frac{V^+(x)}{I^+(x)} = -\frac{V^-(x)}{I^-(x)} = \sqrt{\frac{Z_{längs}}{Y_{tvär}}}$$

$$Z(x) = \frac{V_{tot}(x)}{I_{tot}(x)}$$

$$A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) = C \cos(\omega t - \theta) = C \sin(\omega t + \delta)$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} \quad \theta = \arctan\left(\frac{B}{A}\right) \quad \delta = \arctan\left(\frac{A}{B}\right)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |J_n(\beta)|^2 = 1$$

$$2n \cdot J_n(\beta) = \beta \cdot [J_{n-1}(\beta) + J_{n+1}(\beta)]$$

Analog bärvågsmodulation, entonigt meddelande

$$v_m(t) = V_m \cos(\omega_m t)$$

$$v_c(t) = V_c \cos(\omega_c t)$$

AM, DSB-FC:

$$v_{AM}(t) = V_c \left[1 + \frac{V_m}{V_c} \cos(\omega_m t) \right] \cos(\omega_c t) =$$

$$V_c \cos(\omega_c t) + \frac{V_m}{2} \cos[(\omega_c + \omega_m)t] + \frac{V_m}{2} \cos[(\omega_c - \omega_m)t]$$

$$m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$\Gamma(x) = \frac{V^-(x)}{V^+(x)} = \frac{Z(x) - Z_0}{Z(x) + Z_0} \Gamma(0) \cdot e^{2\gamma x}$$

$$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

Sinusformat tidsberoende:

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

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad v_{fas} = \frac{\omega}{\beta} \quad v_{grupp} = \frac{d\omega}{d\beta}$$

$$P_{medel} = \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{V I^*\}$$

Förlustfri ledning:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l}$$

Multipelreflexioner:

$$|V_{tot}(x)| = \left| \frac{V_0^+ e^{-j\beta x} (1 + \Gamma_L e^{j2\beta(x-l)})}{1 - \Gamma_L \Gamma_G e^{-j2\beta l}} \right|$$

TEM-våg i homogent medium:

$$E_{tot}(x) = E^+(x) + E^-(x) = E^+(0) \cdot e^{-\gamma x} + E^-(0) \cdot e^{\gamma x}$$

$$H_{tot}(x) = H^+(x) + H^-(x) = H^+(0) \cdot e^{-\gamma x} + H^-(0) \cdot e^{\gamma x}$$

E riktat i y-led, **H** riktat i z-led, vågutbredning i x-led.

Sinusformat tidsberoende:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad v_{fas} = \frac{\omega}{\beta} \quad v_{grupp} = \frac{d\omega}{d\beta}$$

$$S_{medel} = \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{E H^*\}$$

Förlustfritt medium:

$$Z_{TEM} = \frac{E^+(x)}{H^+(x)} = -\frac{E^-(x)}{H^-(x)} = \sqrt{\frac{\mu_r \mu_0}{\epsilon_r \epsilon_0}}$$

$$\gamma = j\omega \sqrt{\mu_r \mu_0 \epsilon_r \epsilon_0}$$

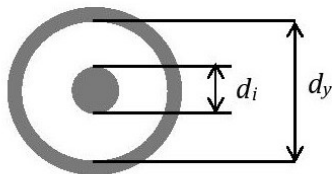
$$v_{fas} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \epsilon_0 \mu_r \mu_0}} = \frac{c_0}{n}$$

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

Parametrar för förlustfria ledningar

Figurerna visar ledningens tvärsnitt

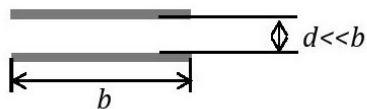
Koaxialledning:



$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln\left(\frac{d_y}{d_i}\right)$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon}{\ln\left(\frac{d_y}{d_i}\right)}$$

Plattledning:



$$L = \mu \frac{d}{b}$$

$$C = \epsilon \frac{b}{d}$$

Förlustbehäftat medium:

$$Z_{TEM} = \sqrt{\frac{j\omega \mu_r \mu_0}{\sigma + j\omega \epsilon_r \epsilon_0}}$$

$$\gamma = \sqrt{j\omega \mu_r \mu_0 \cdot (\sigma + j\omega \epsilon_r \epsilon_0)}$$

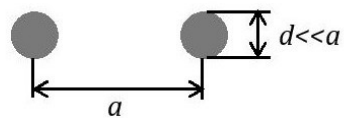
Optisk fiber:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$NA = n_0 \sin \theta_a = \sqrt{n_k^2 - n_m^2}$$

$$\frac{\Delta t}{l} = \frac{n_k}{c_0} \left(\frac{n_k}{n_m} - 1 \right)$$

Parledning:



$$L = \frac{\mu}{\pi} \ln\left(\frac{2a}{d}\right)$$

$$C = \frac{\pi \epsilon}{\ln\left(\frac{2a}{d}\right)}$$

β	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,9385	0,2423	0,03060	0,002564	0,0001607	$8,054 \cdot 10^{-6}$	$3,361 \cdot 10^{-7}$	$1,202 \cdot 10^{-8}$	$3,758 \cdot 10^{-10}$
1	0,7652	0,4401	0,1149	0,01956	0,002477	$2,498 \cdot 10^{-4}$	$2,094 \cdot 10^{-7}$	$1,502 \cdot 10^{-6}$	$9,422 \cdot 10^{-8}$
1,5	0,5118	0,5579	0,2321	0,06096	0,01177	0,001799	0,0002280	$2,468 \cdot 10^{-5}$	$2,332 \cdot 10^{-6}$
2	0,2239	0,5767	0,3528	0,1289	0,03400	0,007040	0,001202	0,0001749	$2,218 \cdot 10^{-5}$
2,5	-0,04838	0,4971	0,4461	0,2166	0,07378	0,01950	0,004225	0,0007766	0,0001241
3	-0,2600	0,3391	0,4861	0,3091	0,1320	0,04303	0,01139	0,002547	0,0004934
3,5	-0,3801	0,1374	0,4586	0,3868	0,2044	0,08044	0,02543	0,006743	0,001543
4	-0,3972	-0,06604	0,3641	0,4302	0,2811	0,1321	0,04909	0,01518	0,004029
4,5	-0,3205	-0,23106	0,2178	0,4247	0,3484	0,1947	0,08428	0,03002	0,009126
5	-0,1776	-0,3276	0,04656	0,3648	0,3912	0,2611	0,1310	0,05338	0,01841
5,5	-0,006844	-0,3414	-0,1173	0,2561	0,3967	0,3209	0,1868	0,08660	0,03366
6	0,1506	-0,2767	-0,2429	0,1148	0,3576	0,3621	0,2458	0,1296	0,05653
6,5	0,2601	-0,1538	-0,3074	-0,03535	0,2748	0,3736	0,2999	0,1801	0,08804
7	0,3001	-0,004683	-0,3014	-0,1676	0,1578	0,3479	0,3392	0,2336	0,1280
7,5	0,2663	0,1352	-0,2303	-0,2581	0,02382	0,2835	0,3541	0,2832	0,1744
8	0,1716	0,2346	-0,1130	-0,2911	-0,1054	0,1858	0,3376	0,3206	0,2235
8,5	0,04194	0,2731	0,02232	-0,2626	-0,2077	0,06713	0,2867	0,3376	0,2693
9	-0,09033	0,2453	0,1448	-0,1809	-0,2655	-0,05504	0,2043	0,3275	0,3051
9,5	-0,1939	0,1613	0,2279	-0,06531	-0,2691	-0,1613	0,09932	0,2868	0,3233
10	-0,2459	0,04347	0,2546	0,05838	-0,2196	-0,2341	-0,01446	0,2167	0,3179

