

Formelsammlung für die Prüfung zur Zulassung Amateurfunk (HB9)

Pegel, Kennfarben

Pegel	Leistungsverhältnis	Spannungsverhältnis
-20 dB	0,01	0,1
-10 dB	0,1	0,32
-6 dB	0,25	0,5
-3 dB	0,5	0,71
-1 dB	0,8	0,89
0 dB	1	1
1 dB	1,26	1,12
3 dB	2	1,41
6 dB	4	2
10 dB	10	3,16
20 dB	100	10

Kennfarbe	Wert	Multiplikator	Toleranz
Silber	-	10^{-2}	$\pm 10\%$
Gold	-	10^{-1}	$\pm 5\%$
Schwarz	0	10^0	-
Braun	1	10^1	$\pm 1\%$
Rot	2	10^2	$\pm 2\%$
Orange	3	10^3	-
Gelb	4	10^4	-
Grün	5	10^5	$\pm 0.5\%$
Blau	6	10^6	$\pm 0.25\%$
Violett	7	10^7	$\pm 0.1\%$
Grau	8	10^8	-
Weiss	9	10^9	-
Keine	-	-	$\pm 20\%$

Wertkennzeichnung durch Buchstaben

Exponent	Symbol	Name
10^{-12}	p	Pico
10^{-9}	n	Nano
10^{-6}	μ	Mikro
10^{-3}	m	Milli
10^0		
10^3	k	Kilo
10^6	M	Mega
10^9	G	Giga

Formeln

Ohmsches Gesetz	$U = I \cdot R$
Leistung	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$
Arbeit	$W = P \cdot t$
Widerstand von Drähten	$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{Dr}} \quad A_{Dr} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$
Widerstände in Reihenschaltung	$R_G = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
Bei 2 Widerständen gilt	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad U_G = U_1 + U_2$
Widerstände in Parallelschaltung	$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Bei 2 Widerständen gilt	$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \quad I_G = I_1 + I_2$
Innenwiderstand	$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$
Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung	$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \quad U_{ss} = 2 \cdot \hat{U}$
Periodendauer	$T = \frac{1}{f}$
Kreisfrequenz	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
Induktiver Widerstand	$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$
Induktivitäten in Reihenschaltung	$L_G = L_1 + L_2 + \dots + L_n$
Induktivitäten in Parallelschaltung	$\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$
Induktivität der Ringspule (auch für Zylinderspule wenn $l > D$)	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A \cdot N^2}{l_m}$
Induktivität von Schalenkernspulen (auch für mehrlagige Spulen)	$L = N^2 \cdot A_L$
Magnetische Feldstärke in einer Ringspule	$H = \frac{I \cdot N}{l_m}$
Magnetische Flussdichte	$B_m = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$

Transformator / Übertrager
Übersetzungsverhältnis

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Netztrafo

$$P_P \approx 1.2 \cdot P_S \quad A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}}$$

$$N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$$

Belastbarkeit von Wicklungen

$$I = S \cdot A_{Dr} \text{ mit } S \approx 2.5A/mm^2$$

Kapazitiver Widerstand

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Kondensatoren in Reihenschaltung

$$\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Kondensatoren in Parallelschaltung

$$C_G = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Kapazität eines Kondensators

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

(A ... Kondensatorplattenfläche)

Elektrische Feldstärke

$$E = \frac{U}{d}$$

RC-Tiefpass / RC-Hochpass

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

(f_g ... Grenzfrequenz: Frequenz am -3dB-Punkt)

RL-Tiefpass / RL-Hochpass

$$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

Schwingkreis

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L} = \frac{X_L}{R_s}$$

Transistor

Für Gleichstrom gilt

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad I_E = I_C + I_B$$

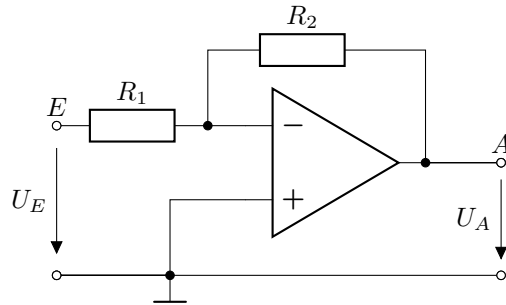
(β ... Gleichspannungsverstärkung)

Für Wechselstrom gilt

$$v_I = \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad v_U = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}} \quad v_P = v_U \cdot v_I$$

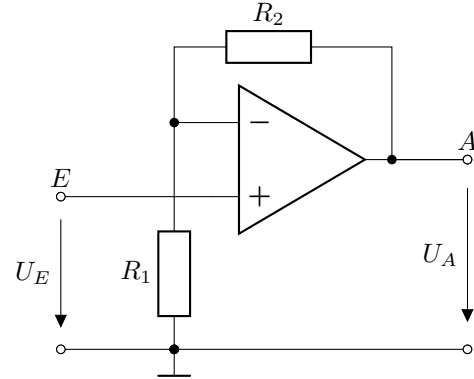
Operationsverstärker

Invertierender Verstärker



$$v_U = -\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1}$$

Nicht-invertierenden Verstärker



$$v_U = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Pegel

$$u = 20 \cdot \log\left(\frac{U}{U_0}\right)$$

$$p = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

Relativer Pegel:

Aller Spannungs- oder Leistungspegel bezogen auf beliebige Werte von U_0 oder P_0 (z.B. $1\mu V$, $1V$, $1W$, $1pW$).

Absoluter Pegel:

0dB (dBm, dBu) liegt bei $P_0 = 1mW$ oder der Spannung $U_0 = 775mV$ bei einem System mit $R_1 = R_L = 600\Omega$ vor.

Dämpfung

$$a = 20 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$$

$$a = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

(U_1 ... Eingangsspannung, U_2 ... Ausgangsspannung, P_1 ... Eingangsleistung, P_2 ... Ausgangsleistung)

Verstärkung/Gewinn

$$g = 20 \cdot \log\left(\frac{U_2}{U_1}\right)$$

$$g = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \eta\% = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \times 100\% \quad P_{ab} = P_{zu} - P_V$$

Zwischenfrequenz

$$f_{ZF} = f_E \pm f_{OSZ}$$

Spiegelfrequenz

$$f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF} \text{ für } f_{OSZ} > f_E$$

$$f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF} \text{ für } f_{OSZ} < f_E$$

Thermisches Rauschen $P_R = k \cdot T_K \cdot B$ $\Delta p_R = 10 \cdot \log \left(\frac{B_1}{B_2} \right)$

$$U_R = 2 \cdot \sqrt{P_R \cdot R}$$

(P_R ... Rauschleistung, Δp_R ... Pegelunterschied der Rauschleistungen in B_1 und B_2)

Signal-Rauschverhältnis $S/N = 10 \cdot \log \left(\frac{P_S}{P_N} \right) = 20 \cdot \log \left(\frac{U_S}{U_N} \right)$

(P_S ... Signalleistung, P_N ... Rauschleistung, U_S ... Signalspannung, U_N ... Rauschspannung)

Rauschzahl $F = \frac{\left(\frac{P_S}{P_N} \right)_{EINGANG}}{\left(\frac{P_S}{P_N} \right)_{AUSGANG}}$

$$a_F = 10 \cdot \log (F)$$

$$a_F = (S/N)_{EINGANG} - (S/N)_{AUSGANG}$$

ERP/EIRP $P_{ERP} = P_S - a + g_d$ $P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$

$$P_{EIRP} = P_{ERP} + 2,15dB$$

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2,15dB}{10}}$$

(g_d ... Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol in dB, a ... Verlust (Kabel, Koppler, usw.))

Gewinnfaktor von Antennen $G_i = G_d \cdot 1,64$ $g_i = g_d + 2,15dB$ $G = 10^{\frac{g}{10}}$

Halbwellendipol $G_i = 1,64$ $g_i = 2,15dB$

$\lambda/4$ -Vertikalantenne $G_i = 3,28$ $g_i = 5,15dB$

Feldstärke im Fernfeld einer Antenne $E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$

für Freiraumausbreitung ab $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$ (P_A ... Leistung an der Antenne)

Amplitudenmodulation

Modulationsgrad $m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$

Bandbreite $B = 2 \cdot f_{mod\ max}$

Missing diagram: Envelope vs. \hat{U}_{mod} , \hat{U}_T

Frequenzmodulation

Modulationsindex $m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$ (Δf_T ... Frequenzhub)

Carson-Bandbreite $B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod\ max})$

(B enthält etwa 99% der Gesamtleistung eines FM-Signals)