

Formelsammlung

für die
HB3/9 Prüfung

Charpoan Kong HB9HJN

Inhaltsverzeichnis

1	SI-Vorzeichen & Einheiten	1
2	Ohmisches/Leistungs Dreieck & Wellenlänge	2
2.1	Spannung	2
2.2	Strom	2
2.3	Widerstand	2
2.4	Leistung	2
2.5	Wellenlänge & Frequenz	2
3	Widerstand & Leistung	3
3.1	Serieschaltung	3
3.2	Parallelschaltung	3
3.3	Leiterwiderderstand	3
3.4	Spannungsteiler	3
3.5	Wirkungsgrad	3
4	Wechselstrom	4
4.1	Effektivspannung	4
4.1.1	Sinus	4
4.1.2	Dreieck	4
4.1.3	Rechteck	4
5	Kondensator	5
5.1	Kapazität	5
5.2	Serieschaltung	5
5.3	Parallelschaltung	5
5.4	τ /Zeitkonstante	5
5.5	Dreh-/Plattenkondensator	5
5.6	Kapazitiver Blindwiderstand	6
5.7	Verlustfaktor/Güte	6

6	Spule	7
6.1	Induktivität	7
6.2	Induktion- & Selbstinduktionsspannung	7
6.3	Serieschaltung	7
6.4	Parallelschaltung	7
6.5	τ /Zeitkonstante	7
6.6	Verlustfaktor/Güte	8
6.7	Induktiver Blindwiderstand	8
7	Impedanz	9
7.1	Serieschaltung	9
7.2	Parallelschaltung	9
8	Transformator/Übertrager	10
8.1	Spannungs-/Strom-/Windungs-/ Widerstandsübersetzung	10
8.2	Stromdichte	10
9	RC-Glied	11
9.1	Grenzfrequenz	11
9.2	Shape-Faktor	11
10	Dezibel	12
10.1	Dezibel bei Leistug	12
10.2	Dezibel bei Spannung	12
11	LC-Schwingkreis	13
11.1	Resonanzfrequenz	13
11.2	Bandbreite	13
11.3	Güte	13
12	Diode	14
12.1	Vorwiderstand	14
12.2	Spannungsfestigkeit/Max. Spannung	14

13 Transistor/FET	15
13.1 Stromverstärkungsfaktor	15
13.2 R_1	15
13.3 R_C	16
13.4 I_C	16
13.5 P_V	16
14 Operationsverstärker	17
14.1 Invertierender Verstärker	17
14.2 Nichtinvertierender Verstärker	17
14.3 Differenzialverstärker	18
15 Elektromagnetisches Feld	19
15.1 Elektrische Feldstärke	19
15.2 Magnetische Feldstärke	19
15.3 Magnetische Flussdichte	19
15.4 Strahlungsdichte Kuglestrahler	19
15.5 Feldwellenwiderstand	19
15.6 Ersatzfeldstärke	20
15.6.1 Allgemein	20
15.6.2 Dipol	20
15.7 Brauchbare Grenzfrequenz	20
15.8 Optimale Grenzfrequenz	20
16 Antennentechnik	21
16.1 Dipol	21
16.1.1 Länge	21
16.1.2 Verkürzung	21
16.2 Antennengewinn	21
16.2.1 zum Dipol	21
16.2.2 zum isotropen Strahler	22
16.2.3 ERP	22
16.2.4 ERIP	23

16.2.5	$Q\text{-Match}/\frac{\lambda}{4}$ - Trafo	23
17	Leitungen	24
17.1	Wellenwiderstand	24
17.1.1	Paralleldrahtleitung	24
17.1.2	Koaxialleitung	24
17.2	Verkürzungsfaktor	24
17.3	Dämpfung	24
17.4	Transformationsleitung	25
17.4.1	Koaxialleitung	25
18	Signale	26
18.1	Effektivspannung	26
18.1.1	Sinus	26
18.1.2	Dreieck	26
18.1.3	Rechteck	26
18.2	Wellenlänge & Frequenz	26
18.3	Bandbreite	26
18.3.1	DSB	26
18.3.2	SSB	27
18.3.3	FM	27
18.3.4	CW	27
18.3.5	RTTY	27
18.4	Modulationsindex FM	27
18.5	Besselfunktion	27
18.6	Peak Envelope Power	28
19	Modulation - Demodulation	29
19.1	Modulationsgrad	29
20	Frequenzaufbereitung	30
20.1	Überlagerung	30
20.1.1	$f_{osc} > f_e$	30

20.1.2	$f_{osc} < f_e$	30
20.2	Frequenz 3.Ordnung	30
21	Übertragungstechnik	31
21.1	Nquisttheorem	31
21.2	Dynamik	31
21.3	Baudrate	31
21.4	FSK	31
21.4.1	Bandbreite	31
21.5	PSK	32
21.5.1	Bandbreite	32
21.6	Totales Verbindungssystem	32
22	Messtechnik	33
22.1	Wheatstonsche Messbrücke	33
22.2	Shunt	33
22.3	SWR/VSWR	34
23	Gerätetechnik	35
23.1	Empfindlichkeit	35
24	EMV und Sicherheit	36
24.1	Windlast	36
24.2	Biegemoment	36
24.3	Sicherheitsabstand	36

1 SI-Vorzeichen & Einheiten

T	Tera	10^{12}	1000000000000
G	Giga	10^9	1000000000
M	Mega	10^6	1000000
k	Kilo	10^3	1000
m	Milli	10^{-3}	0.001
μ	Mikro	10^{-6}	0.000001
n	Nano	10^{-9}	0.000000001
p	Pico	10^{-12}	0.000000000001

Ladung	Q	Coulomb	$C = As$
Spannung	U	Volt	V
Leistung	L	Watt	W
Arbeit	W	Wattsekunde	VAs
Impedanz	R	Ohm	$\Omega = \frac{V}{A}$
Leitwert	G	Siemens	$S = \frac{1}{\Omega}$
Kapazität	C	Farad	$F = \frac{As}{V}$
Induktivität	L	Henry	$H = \frac{Vs}{A}$
El. Feldstärke	E	Volt pro Meter	$\frac{V}{m}$
Mag. Feldstärke	H	Ampere pro Meter	$\frac{A}{m}$
Flussdichte	B	Tesla	$T = \frac{Vs}{m^2}$
Frequenz	f	Herz	$Hz = \frac{1}{s}$

2 Ohmisches/Leistungs Dreieck & Wellenlänge

2.1 Spannung

$$U = RI = \frac{P}{I} = \sqrt{PR}$$

2.2 Strom

$$I = \frac{P}{U} = \frac{U}{R} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

2.3 Widerstand

$$R = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P}$$

2.4 Leistung

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2$$

2.5 Wellenlänge & Frequenz

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = \text{Lichtgeschwindigkeit} \approx 3 * 10^8$$

$$c = 2.99792458 * 10^8$$

3 Widerstand & Leistung

3.1 Serieschaltung

$$R_{\Sigma} = \sum R_i$$

3.2 Parallelschaltung

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

3.3 Leiterwiderderstand

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad \rho = \text{spezifischer Widerstand}$$

3.4 Spannungsteiler

$$U_x = R_x \frac{U}{R_{ges}}$$

3.5 Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad P_V = \text{Verlustleistung}$$

$$P_{in} = P_{out} + P_V$$

4 Wechselstrom

4.1 Effektivspannung

4.1.1 Sinus

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

4.1.2 Dreieck

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$$

4.1.3 Rechteck

$$U_{eff} = \hat{U} \sqrt{DutyCycle}$$

5 Kondensator

5.1 Kapazität

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

ε_0 = Elektrische Feldkonstante
 ε_r = Permittivität
 $\varepsilon_0 = 8.854187817 * 10^{-12}$

5.2 Serieschaltung

$$C_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{C_i}}$$

5.3 Parallelschaltung

$$C_{\Sigma} = \sum C_i$$

5.4 τ /Zeitkonstante

$$\tau = RC$$

$$\lim_{U \rightarrow 0\%/100\%} \Delta t = 5\tau$$

5.5 Dreh-/Plattenkondensator

$$C_p = \frac{f_u^2 \Delta C}{f_o^2 - f_u^2} - C_a$$

C_p = Parallellkapazität
 C_a = Anfangskapazität
 f_u = untere Frequenz
 f_o = obere Frequenz
 ΔC = Kapazität des Drehko

5.6 Kapazitiver Blindwiderstand

$$X_c = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

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

$$f = \frac{1}{2\pi X_c C}$$

$$I = \frac{U}{X_c}$$

5.7 Verlustfaktor/Güte

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_c} = \frac{X_c}{R_p}$$

$$Q = \frac{R_p}{X_c}$$

R_p = paralleler Verlustwiderstand

I_R = Strom durch R_p

I_C = Strom durch Kondensator

6 Spule

6.1 Induktivität

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r A N^2}{l} = A_L N^2$$

μ_0 = Permeabilität im luftleeren Raum
 μ_r = Permeabilität des Kernmaterials
 A_L = Wert vorgefertigter Kerne

$$A_L = \frac{\mu_0 \mu_r A}{l}$$

6.2 Induktion- & Selbstinduktionsspannung

$$U_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L = -U_{ind} \frac{\Delta t}{\Delta I}$$

6.3 Serieschaltung

$$L_{\Sigma} = \sum L_i$$

6.4 Parallelschaltung

$$L_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{L_i}}$$

6.5 τ /Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L}{R}$$

6.6 Verlustfaktor/Güte

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_L} = \frac{R_s}{X_L}$$

R_s = serielle Verlustwiderstand

I_R = Strom durch R_v

I_L = Strom durch Spule

$$Q = \frac{X_L}{R_s}$$

6.7 Induktiver Blindwiderstand

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$f = \frac{X_L}{2\pi L}$$

7 Impedanz

7.1 Serieschaltung

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

7.2 Parallelschaltung

$$Z = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$$

8 Transformator/Übertrager

8.1 Spannungs-/Strom-/Windungs-/ Widerstands- übersetzung

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1} = I_2 \frac{N_2}{N_1} = I_2 \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$I_2 = I_1 \frac{U_1}{U_2} = I_1 \frac{N_1}{N_2} = I_1 \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

8.2 Stromdichte

$$S = \frac{I}{A}$$

9 RC-Glied

9.1 Grenzfrequenz

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

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

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

9.2 Shape-Faktor

$$ShapeFaktor = \frac{Bandbreite\ bei\ 60db}{Bandbreite\ bei\ 6db}$$

10 Dezibel

10.1 Dezibel bei Leistug

$$\nu = 10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

10.2 Dezibel bei Spannung

$$\nu = 20 \log \left(\frac{U_{out}}{U_{in}} \right)$$

11 LC-Schwingkreis

11.1 Resonanzfrequenz

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

11.2 Bandbreite

$$b = f_{max} - f_{min} = \frac{f_{res}}{Q}$$

11.3 Güte

$$Q = \frac{1}{R_s} * \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{f_{res}}{b} = \frac{R_p}{X_L} =$$

$$\frac{X_L}{R_s}$$

$$b = \frac{R_s}{2\pi L}$$

$$R_s = \frac{1}{Q} * \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$R_{res} = \frac{2\pi f_{res} L}{Q}$$

R_s = serieller Verlustwiderstand
 R_{res} = Resonanz Verlustwiderstand
 R_p = paralleler Verlustwiderstand

12 Diode

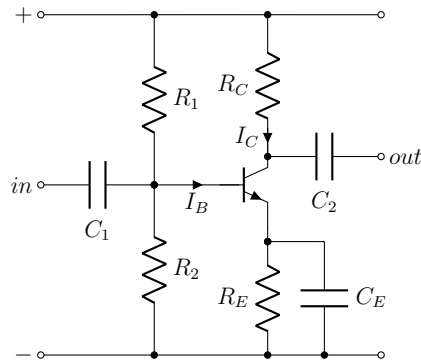
12.1 Vorwiderstand

$$R = \frac{U_{cc} - U_F}{I_F}$$

12.2 Spannungsfestigkeit/Max. Spannung

$$U = U_{in} * \sqrt{2} \text{ oder anderer Faktor Spitzenspannung}$$

13 Transistor/FET



13.1 Stromverstärkungsfaktor

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

13.2 R_1

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$I_{R_1} = 11 * I_B$$

$$U_{R_1} = U - U_{BE}$$

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}}$$

13.3 R_C

$$I_B = \frac{I_2}{9}$$

$$I_C = I_B \beta$$

$$U_{R_C} = U - U_C$$

$$R_C = \frac{U_{R_C}}{I_c}$$

13.4 I_C

$$I_E = \frac{U_E}{R_E}$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$I_C = I_B \beta$$

13.5 P_V

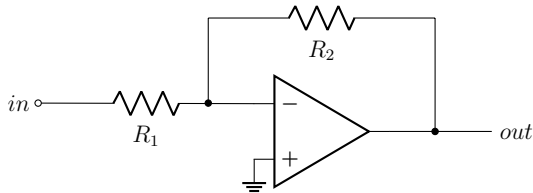
$$U_{R_C} = R_C I_C$$

$$U_{Transistor} = U - U_{R_C}$$

$$P_{Verlust} = U_{Transistor} * I_C$$

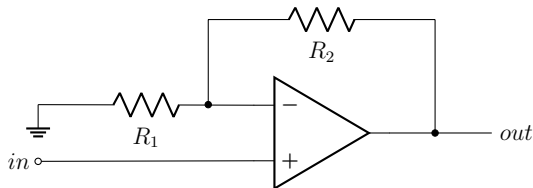
14 Operationsverstärker

14.1 Invertierender Verstärker



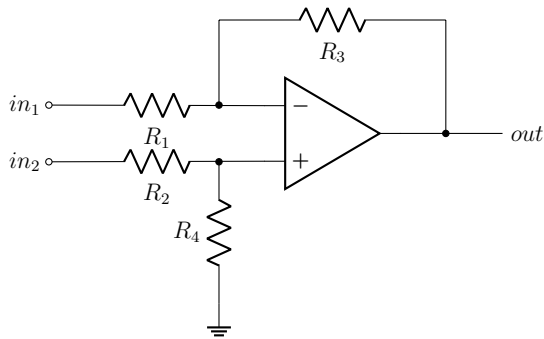
$$U_{out} = -U_{in} \frac{R_2}{R_1}$$

14.2 Nichtinvertierender Verstärker



$$U_{out} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

14.3 Differenzialverstärker



$$\nu_{U1} = \frac{R_3}{R_1}$$

$$\nu_{U2} = \frac{1 + \frac{R_3}{R_1}}{1 + \frac{R_2}{R_4}}$$

$$U_{out} = U_{in2} * \nu_{U2} - U_{in1} * \nu_{U1}$$

15 Elektromagnetisches Feld

15.1 Elektrische Feldstärke

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

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

15.2 Magnetische Feldstärke

$$H = \frac{I}{d}$$

15.3 Magnetische Flussdichte

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

$$\mu_0 = \text{Permeabilität } 4\pi * 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

$$\mu_r = \text{Permeabilität des Materials}$$

15.4 Strahlungsdichte Kuglestrahler

$$S = \frac{P_{ERP}}{4\pi r^2}$$

$$P_{ERP} = \text{Leistung isotroper Strahler}$$

15.5 Feldwellenwiderstand

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi\Omega$$

$$Z_0 = \text{Feldwellenwiderstand}$$

15.6 Ersatzfeldstärke

15.6.1 Allgemein

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega P_{ERIP}}}{r}$$

$$E = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{Z_0}{4\pi}} P_{ERIP}$$

P_{ERIP} = Leistung isotroper Strahler

15.6.2 Dipol

$$E \approx 7 \frac{\sqrt{P}}{r}$$

15.7 Brauchbare Grenzfrequenz

$$MUF \approx \frac{f_k}{\sin \alpha}$$

MUF = maximum usable frequency
 f_k = kritische Frequenz

15.8 Optimale Grenzfrequenz

$$f_{opt} \approx 0.85 MUF$$

MUF = maximum usable frequency
 f_{opt} = optimale Frequenz

16 Antennentechnik

16.1 Dipol

16.1.1 Länge

$$l = n \frac{\lambda}{2} \quad n \in \mathbb{N}$$

16.1.2 Verkürzung

$$l = k \frac{\lambda}{2} \quad n \in [0.93, 0.97]$$

16.2 Antennengewinn

16.2.1 zum Dipol

$$G_D = \frac{P_V}{P_D}$$

$$g_d = 10 \log_{10} \left(\frac{P_V}{P_D} \right) \text{ dbd}$$

$$g_d = 20 \log_{10} \left(\frac{E_V}{E_D} \right) \text{ dbd}$$

16.2.2 zum isotropen Strahler

$$G_i = \frac{P_V}{P_i}$$

$$g_i = 10 \log_{10} \left(\frac{P_V}{P_i} \right) \text{ dbd}$$

$$g_i = 20 \log_{10} \left(\frac{E_V}{E_i} \right) \text{ dbd}$$

16.2.3 ERP

$$P_{ERP} = \frac{P_{ERIP}}{1.64}$$

$$P_{ERP} = G_D P_S$$

$$P_{ERP} = P_S \overline{10 \frac{g_d}{10 \text{ db}}}$$

$$P_{ERP} = G_D (P_{Sender} - P_{Verlust})$$

16.2.4 ERIP

$$P_{ERIP} = 1.64 P_{ERP}$$

$$P_{ERIP} = G_i P_S$$

$$P_{ERIP} = P_S \frac{g_i}{10^{10} db}$$

$$P_{ERIP} = G_i (P_{Sender} - P_{Verlust})$$

16.2.5 Q-Match/ $\frac{\lambda}{4}$ - Trafo

$$Z_{Kabel} = \sqrt{Z_{Ant} Z_{Leitung}}$$

17 Leitungen

17.1 Wellenwiderstand

$$Z_w = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

17.1.1 Paralleldrahtleitung

$$Z_w = \frac{120\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \left(\frac{2a}{d} \right)$$

17.1.2 Koaxialleitung

$$Z_w = \frac{60\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

17.2 Verkürzungsfaktor

$$\nu = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$$

$$k = \frac{\nu}{c}$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

17.3 Dämpfung

$$n = \sqrt{\frac{f_{hoch}}{f_{niedrig}}}$$

17.4 Transformationsleitung

$$R_i = Z_w = Z_{ant}$$

$$Z = \sqrt{Z_1 Z_2}$$

$$l = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} k$$

17.4.1 Koaxialleitung

$$Z = \frac{138\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \left(\frac{D}{d} \right)$$

$$D = d \sqrt{\frac{Z}{138\Omega}}$$

18 Signale

18.1 Effektivspannung

18.1.1 Sinus

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

18.1.2 Dreieck

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$$

18.1.3 Rechteck

$$U_{eff} = \hat{U} \sqrt{DutyCycle}$$

18.2 Wellenlänge & Frequenz

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$u = \sin(\omega t + \varphi)$$

$$c = \text{Lichtgeschwindigkeit} \approx 3 * 10^8$$
$$c = 2.99792458 * 10^8$$

18.3 Bandbreite

18.3.1 DSB

$$b_{AM} = 2f_{mod}$$

18.3.2 SSB

$$b_{SSB} = f_{NFmax} - f_{NFmin}$$

$$b_{SSB} \approx f_{mod}$$

18.3.3 FM

$$b_{FM} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{FM} \approx 2 \Delta f_T \quad f_{mod} \ll \Delta f_T$$

$$b_{FM} \approx 2 f_{mod} \quad m < 0.5$$

18.3.4 CW

$$b_{CW} = \frac{5 * WPM}{1.2}$$

18.3.5 RTTY

$$b_{RTTY} = 2 \left(\frac{\Delta f}{2} + 1.6Bd \right)$$

18.4 Modulationsindex FM

$$m = \frac{\Delta f_t}{f_{mod}}$$

18.5 Besselfunktion

$$u = {}_0 \sin(\omega_t t - m \cos(\omega_m t))$$

18.6 Peak Envelope Power

$$PEP = P_c(1 + m)^2$$

PEP = PeakEnvelopePower

P_c = Carrier – Power (Trägerleistung)

m = Modulationsgrad bei AM

19 Modulation - Demodulation

19.1 Modulationsgrad

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

20 Frequenzaufbereitung

20.1 Überlagerung

20.1.1 $f_{osc} > f_e$

$$f_z = \frac{f_{sp} - f_e}{2}$$

$$f_{osc} = f_e + f_z$$

f_e = Eingangsfrequenz
 f_{osc} = Überlagerungsfrequenz
 f_z = Zwischenfrequenz
 f_{sp} = Spiegelfrequenz

20.1.2 $f_{osc} < f_e$

$$f_z = f_e - f_{osc}$$

$$f_{sp} = f_e - 2f_z$$

f_e = Eingangsfrequenz
 f_{osc} = Überlagerungsfrequenz
 f_z = Zwischenfrequenz
 f_{sp} = Spiegelfrequenz

20.2 Frequenz 3.Ordnung

$$2f_1 - f_2 \wedge 2f_2 - f_1$$

21 Übertragungstechnik

21.1 Nquisttheorem

$$f_{abt} > 2f_{imax}$$

21.2 Dynamik

$$D = 20 \log \left(\frac{U_{max}}{U_{min}} \right) dB$$

21.3 Baudrate

$$\nu_u = \frac{1}{t_{1bit}} Bd$$

21.4 FSK

21.4.1 Bandbreite

$$b_{FSK} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{FSK} \approx 2 \left(\frac{\Delta F}{2} + 1.6 f_u \right)$$

21.5 PSK

21.5.1 Bandbreite

$$b_{PSK} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{PSK} = 2 \frac{\nu_u}{2} = \nu_u$$

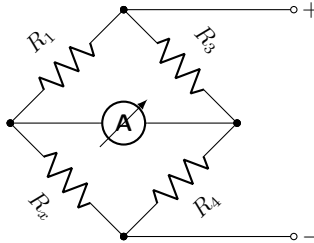
21.6 Totales Verbindungssystem

$$N = S \frac{S-1}{2}$$

$$\begin{aligned} N &= \text{Strecken} \\ S &= \text{Stationen} \end{aligned}$$

22 Messtechnik

22.1 Wheatstonsche Messbrücke



$$R = \frac{R_4 R_1}{R_3}$$

22.2 Shunt

$$U = R_{Instr} I_{Instr} = R_p I_p$$

$$I_p = I_{Messbereich} - I_{Instrument}$$

$$R_p = \frac{U}{I_p}$$

$$R_p = \frac{R_{Instr}}{n - 1}$$

$$R_s = R_{Instr}(n - 1)$$

R_{Instr} = Instrumentwiderstand

R_p = Shuntwiderstand parallel

R_s = Shuntwiderstand seriell

I_p = Strom durch Shunt

I_{instr} = Instrumentenstrom

n = Messbereichserweiterungsfraktor

22.3 SWR/VSWR

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

$$|r| = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}} = \frac{s - 1}{s + 1}$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \quad R_2 \geq Z$$

$$s = \frac{Z}{R_2} \quad R_2 \leq Z$$

$s = SWR/VSWR$

$r = \text{Reflexionsfaktor}$

$Z = \text{Wellenwiderstand (der Leitung)}$

$R_2 = \text{Abschlusswiderstand}$

$U_v = \text{hinlaufende Welle}$

$U_r = \text{rücklaufende Welle}$

23 Gerätetechnik

23.1 Empfindlichkeit

$$P_R = kT_0bF$$

$$U_R = \sqrt{kT_0bRF}$$

$k = 1.38 * 10^{-23}$ (Boltzmann Konstante)

T_0 = Temperatur [K]

b = Bandbreite [Hz]

R = Eingangswiderstand

F = Rauschfaktor

P_R = Rauschleistung

U_R = Rauschspannung

24 EMV und Sicherheit

24.1 Windlast

$$F_A = pA$$

$$p = \text{Staudruck} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$A = \text{Wirckflche} [\text{m}^2]$$

24.2 Biegemoment

$$M_A = \sum F_i l_i$$

24.3 Sicherheitsabstand

$$d = \frac{\sqrt{30\Omega P_{ERIP}}}{E}$$