	1.O.	2.O.
DC	AEM	Ansatz unged. Schwingung
AC $y(t)=y_h(t)+y_p(t)$	$y(t)=y_h(t)+y_p(t)$	
A	AEM KWR	s.o. KWR

1. Ordnung homogen: Separation d. Var., Exponent.-Ansatz, speziell: AEM
inhomogen: Variation d. Konstanten, Ans. v. T. d. Störfktn, KWR (unterscheiden bei DC/AC), AEM (bei A)
2. Ordnung homogen: (komplexer) Exp.-Ansatz, Resonanz
inhomogen: KWR, A.v.T.d. Störfktn.

Resonanz: • zwei Energiespeicher, ohne Widerstand $\Rightarrow$ DGL: $y''(x)+\omega_0^2\, y(x)=0 \Rightarrow \lambda_1=\lambda_2^*=j\omega_0$ nicht-abklingende harmonische Schwingung: $\rightarrow y(x)=k_1\cdot\cos(\omega_0 x)+k_2\cdot\sin(\omega_0 x)$, $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$
1.) AWP, um eine Konstante festzulegen, 2.) in Bauteilgl. einsetzen

Sep. d. Var.: „y, dy nach links; x, dx nach rechts" $\Rightarrow \frac{dy(x)}{y(x)}=-a\,dx \Leftrightarrow \int\frac{1}{y(x)}dx=\int -a\,dx$
$\Leftrightarrow \ln y(x)=-ax+k_1 \Leftrightarrow y(x)=e^{k_1}\cdot e^{-ax} \Leftrightarrow y(x)=k\cdot e^{-ax} \rightarrow$ AWP

Exp.-Ansatz: $y(x)=k\cdot e^{\lambda x}$ mit $k\neq 0$, λ, k unbestimmt, in DGL einsetzen:
$y'(x)+a\cdot y(x)=0 \Leftrightarrow \lambda\cdot ke^{\lambda x}+ake^{\lambda x}=0 \Leftrightarrow (\lambda+a)ke^{\lambda x}=0$
$\Rightarrow \lambda=-a \Rightarrow y(x)=ke^{-ax} \rightarrow$ AWP

(Kompl.) Exp.-Ansatz: $y(x)=e^{\lambda x}$ in DGL einsetzen:
$y''(x)+ay'(x)+by(x)=0 \Leftrightarrow (\lambda^2+a\cdot\lambda+b)e^{\lambda x}=0 \Leftrightarrow \lambda^2+a\cdot\lambda+b=0$
$\Rightarrow$ pq-Formel + Fallunterscheidung: 1.) $\lambda_1\neq\lambda_2$ (reell) $\Rightarrow y(x)=k_1 e^{\lambda_1 x}+k_2 e^{\lambda_2 x}\rightarrow$ AWP
2.) $\lambda_1=\lambda_2$ (reell) $\Rightarrow y(x)=k_1e^{\lambda_1 x}+k_2\cdot x\cdot e^{\lambda_1 x}\rightarrow$ AWP
3.) $\lambda_1=\lambda_2^*$, $\lambda_1=\alpha+j\beta$, $\lambda_2=\alpha-j\beta \Rightarrow y(x)=k_1\cdot Re\{e^{\lambda_1 x}\}+k_2\cdot Im\{e^{\lambda_1 x}\}$
$=k_1\cdot e^{\alpha x}\cos(\beta x)+k_2\, e^{\alpha x}\sin(\beta x)$, mit $e^{\alpha+j\beta}=e^{\alpha}\cdot(\cos(\beta)+j\sin(\beta))\rightarrow$ AWP
(AWP: $y(x_0)$, $y'(x_0)$ und x_0 in allgem. Lösung einsetzen.

AEM: Var.: DGL 1. Ordn., $g(x)=\text{const.}$ (DC)
Lösung des AWP: $y(t)=y(t\rightarrow\infty)+[y(t=0)-y(t\rightarrow\infty)]\cdot e^{-\frac{t-t_0}{J}}$
$y(t=0)$: C: bei $t=0$ $\hat{=}$ ideale Spannungs-Quelle mit $U_C=u_C(t_0)$, d.h. Kurzschluss bei ungeladenem Konden.
L: bei $t=0$ $\hat{=}$ ideale Stromquelle mit $I_L=i_L(t=0)$, d.h. offene Schalter bei ungeladener Spule
$y(t\rightarrow\infty)$: C: bei $t\rightarrow\infty$ $\hat{=}$ offenem Schalter, $Z_C(\omega=0)\rightarrow\infty$
L: bei $t\rightarrow\infty$ $\hat{=}$ Kurzschluss, da $Z_L(\omega=0)=0$
Zeitkonstante: • Stromquelle zu offenen Schalter
• Spannungsquelle durch Kurzschluss } dann „aus Sicht des Energiespeichers"
C: $J=R_E\cdot C$, L: $J=L\cdot\frac{1}{R_E}$
Auflade: $J=1-e^{-1}\approx 63{,}21\%$ | Entlade: $J=e^{-1}\approx 36{,}79\%$

Var. der Konstanten: $y(x)=k(x)\cdot y_h(x)$ mit unbestimmter Fktn $k(x)$, in DGL einsetzen ($y_h(x)$ vorher bestimmen): $y'(x)+a\cdot y(x)=g(x)\Leftrightarrow$
$k'(x)y_h(x)+k(x)y_h'(x)+a[k(x)\cdot y_h(x)]=g(x)\Leftrightarrow k'(x)\cdot y_h(x)+k(x)\underbrace{[y_h'(x)+ay_h(x)]}_{=0}$
$=g(x)\Leftrightarrow k'(x)y_h(x)=g(x)\Leftrightarrow k(x)=\int\frac{g(x)}{y_h(x)}dx=K(x)+C$
$k(x)=K(x)+C$ einsetzen in Ansatz $y(x)=k(x)\cdot y_h(x)$ liefert allgem. Lösung

Ans. v. T. d. Störfktn: $y(x)=y_h(x)+y_p(x)$, $y_p(x)$ wie folgt bestimmen:
1.) $g(x)=\text{const.}\Rightarrow y_p(x)=k_0$, 2.) $g(x)=Ax+B\Rightarrow y_p(x)=k_1x+k_0$, 3.) $g(x)=Ax^2+Bx+C$
$\Rightarrow y_p(x)=k_2x^2+k_1x+k_0$, 4.) $g(x)=A\cdot\sin x$ oder $g(x)=B\cdot\cos x$ oder $g(x)=A\sin x+B\cos x$
$\Rightarrow y_p(x)=k_1\sin(\omega x)+k_2\cos(\omega x)$ oder $y_p(x)=k\cdot\sin(\omega x+\varphi)$. Ansatz $y_p(x)$ in DGL und Koeff.-vergleich

Stationärer Zustand / KWR: $y(t)=y_h(t)+y_p(t)\approx y_p(t)$ für $t\rightarrow\infty$, $y_p(t)$ wie folgt bestimmen:
DC: wie bei AEM-Endwert C = off. Sch., L = Kurzschluss $\Rightarrow y_p(t)$ „ablesen" z.B. Stromteiler
AC: komplexe WSR: 1.) Gleichung d. gesuchten Größe aufstellen, 2.) Betrag und Phase bestimmen. 3.) gesuchte Zeit-fkt aus dem Realteil der Drehzeiger bestimmen. Bsp: 1) $\underline{I}_L=\underline{I}_0\cdot\frac{R}{R+j\omega L}$, 2.) $|\underline{I}_L|=|\underline{I}_0|\cdot\frac{|R|}{|R+j\omega L|}=\hat{I}_0\cdot\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}$, $\arg(\underline{I}_L)=\arg(\underline{I}_0)+\arg\left(\frac{R}{R+j\omega L}\right)=\underbrace{\varphi_i-\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)}_{=:\varphi_L}$
3.) $i_{L_p}(t)=Re\{\sqrt{2}\cdot|\underline{I}_L|\cdot e^{j(\omega t+\arg(\underline{I}_L))}\}=\sqrt{2}\cdot|\underline{I}_L|\cdot\cos(\omega t+\arg(\underline{I}_L))=\hat{I}_0\cdot\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cdot\cos(\omega t+\varphi_L)$. Dann (bei DC/AC): $y(t)=y_h(t)+y_p(t)\rightarrow$ AWP

$\underline{S}=\underline{U}\cdot\underline{I}^*=U^2/\underline{Z}^*=I^2\cdot\underline{Z}$ $\quad\varphi=\varphi_u-\varphi_i\quad \tan\varphi=\frac{Im}{Re}\quad \lambda=\cos(\varphi)=\frac{P}{|S|}\quad \delta=90°-\varphi\quad \tan\delta=\frac{Re}{|Im|}=\frac{1}{Q_{Güte}}=d_v$

	X	Z	Y	U	I	W	J	B/S
R		R	$G=\frac{1}{R}$	$R\cdot i_R$	U_R/R	SP		I_R/U_R
C	$-\frac{1}{\omega C}$	$\frac{1}{j\omega C}$	$j\omega C$	$\frac{1}{C}\int i_C\,dt$	$C\frac{du_C}{dt}$	$\frac{1}{2}CU^2$	$R_E\cdot C$	ωC
L	ωL	$j\omega L$	$\frac{1}{j\omega L}$	$L\frac{di_L}{dt}$	$\frac{1}{L}\int u_L\,dt$	$\frac{1}{2}Li^2$	L/R_E	$-\frac{1}{\omega L}$

L: Strom kann nicht springen
C: Spannung kann nicht springen

$Q_G=\frac{Z_0}{R}$, $\delta=\frac{\omega_0}{2Q}=\frac{1}{2}\frac{R}{L}$ | $\alpha=e^{j120°}$

Sp-T: $\underline{U}_1=\underline{U}\cdot\frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_1+\underline{Z}_2}$
Str-T: $\underline{I}_1=\underline{I}\cdot\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1+\underline{Z}_2}$

$\frac{U}{R\cdot I}$

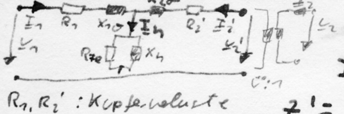
GAGA
HHAG
SCT

Mom.-Leistung: $p(t)=u(t)\cdot i(t)=\hat{I}\cdot\sin(\omega t)\cdot\hat{U}\cdot\sin(\omega t+\varphi_u)$ $=U\cdot I\cdot\cos\varphi-U\cdot I\cos(2\omega t+\varphi)$ | $\frac{\text{rad}}{2\pi}=\frac{\deg}{360°}$
$S=\sqrt{P^2+Q^2}$, $P=Re\{S\}=I^2\cdot Re\{Z\}=U^2\cdot Re\{Y^*\}$, $Q=Im\{S\}=I^2\cdot Im\{Z\}=U^2\cdot Im\{Y^*\}$

$\varphi=\arctan\left(\frac{Im}{Re}\right)=\arctan\left(\frac{b}{a}\right)$ f. Quadr. I & IV
$\varphi=\arctan\left(\frac{b}{a}\right)\pm\pi$, f. Quadr. II ($+\pi$), Quadr. III ($-\pi$)
$\varphi=\text{sgn}(b)\frac{\pi}{2}=\pm\frac{\pi}{2}$, f. $a=0$

Kosinussatz: $c^2=a^2+b^2-2ab\cos(\varphi)$ $\quad$ Sinussatz: $\frac{a}{\sin(\alpha)}=\frac{b}{\sin(\beta)}=\frac{c}{\sin(\gamma)}$

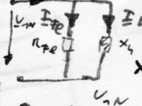
$\cos^2x+\sin^2x=1$ | $\sin(x_1\pm x_2)=\sin x_1\cdot\cos x_2\pm\cos x_1\cdot\sin x_2$ | $\cos(x_1\pm x_2)=\cos x_1\cdot\cos x_2\mp\sin x_1\cdot\sin x_2$
$\tan(x_1\pm x_2)=(\tan x_1\pm\tan x_2)/(1\mp\tan x_1\cdot\tan x_2)$ | $\sin x_1+\sin x_2=2\cdot\sin\frac{x_1+x_2}{2}\cdot\cos\frac{x_1-x_2}{2}$ | $\cos x_1+\cos x_2=2\cdot\cos\frac{x_1+x_2}{2}\cdot\cos\frac{x_1-x_2}{2}$ | $\sin x_1-\sin x_2=2\cdot\cos\frac{x_1+x_2}{2}\cdot\sin\frac{x_1-x_2}{2}$ | $\cos x_1-\cos x_2=-2\cdot\sin\frac{x_1+x_2}{2}\cdot\sin\frac{x_1-x_2}{2}$
$\cos(\pi+\varphi)=-\cos\varphi$ | $\sin(\pi+\varphi)=-\sin\varphi$ | $\tan(\pi+\varphi)=\tan\varphi$



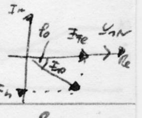
R_1, R_2': Kupferverluste
$X_{1\sigma}, X_{2\sigma}'$: Streuind.
X_h: Hauptind.
R_{Fe}: Eisenverluste

$\ddot{u}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{w_1}{w_2}=\frac{I_2}{I_1}=\frac{N_1}{N_2}$
$I_2=\ddot{u}\cdot I_2'$, $U_2=\frac{1}{\ddot{u}}\cdot U_2'$
$Z'=Z\cdot\ddot{u}^2$, $Z''=Z/\ddot{u}^2$
$\eta=\frac{P_{aus}}{P_{ein}}$

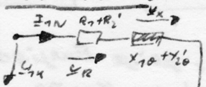
Leerlauf: Annahmen: $R_1=R_2'\ll R_{Fe}$ und $X_{1\sigma}=X_{2\sigma}'\ll X_h$



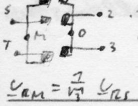
$U_1=U_{1N}$, $P_0=U_{1N}\cdot I_{10}\cdot\cos(\varphi_0)$
$X_h=\frac{U_{1N}}{I_{10}\cdot\sin\varphi_0}=\frac{U_{1N}^2}{P_0\cdot\tan\varphi_0}=\frac{-U_{1N}}{Im\{I_{10}\}}$
$R_{Fe}=\frac{U_{1N}}{I_{10}\cdot\cos\varphi_0}=\frac{U_{1N}^2}{P_0}=\frac{U_{1N}}{Re\{I_{10}\}}$



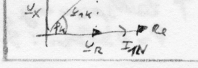
Kurzschluss:



$U_{1K}=u_{k\%}\cdot U_{1N}$, $I_1=I_{1N}$, $P_k=I_{1N}\cdot U_{1K}\cdot\cos\varphi_K$ ↳ Verluste im Kurzschlussbetrieb
$R_1+R_2'=\frac{U_{1K}\cdot\cos(\varphi_k)}{I_{1N}}=\frac{P_k}{I_{1N}^2}=\frac{Re\{U_{1K}\}}{I_{1N}}$, $X_{1\sigma}+X_{2\sigma}'=\frac{U_{1K}\cdot\sin\varphi_K}{I_{1N}}=\frac{P_k\cdot\tan\varphi_k}{I_{1N}^2}=\frac{Im\{U_{1K}\}}{I_{1N}}$



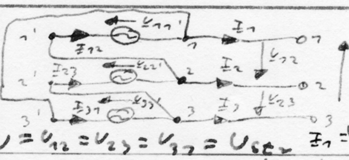
Symmetrie: 3 Phasen beeinflussen sich nicht.

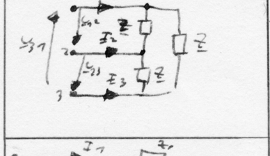


$U_{RM}=\frac{1}{\sqrt{3}}U_{RS}$, $S_N=3\cdot U_{RM,N}\cdot I_{R,N}$, Bei Spannungsangabe ist immer Außenleiterspg. U_{RS} angegeben, $\ddot{u}=\frac{U_{RS}}{U_{rs}}$, $U=\omega\cdot j\Phi$, $\Phi_b=\Phi_a\cdot a^2$

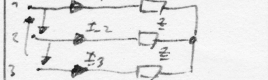
$Z_\lambda=\frac{1}{3}Z_\Delta$
$\lambda\rightarrow\Delta$: $Z_{12}=\frac{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1}{Z_3}$
$\Delta\rightarrow\lambda$: $Z_1=\frac{Z_{12}Z_{31}}{Z_{12}+Z_{23}+Z_{31}}$

Generator / Verbraucher

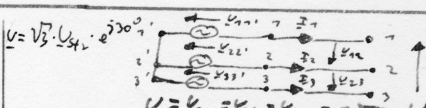




$U=U_{12}=U_{23}=U_{31}=U_{Str}$ $\quad I_1=\sqrt{3}\cdot I_{12}\,e^{-j30°}$
$I=I_1=I_2=I_3=\sqrt{3}\cdot\frac{U}{Z}=\sqrt{3}\cdot\frac{U_{Str}}{Z}$
im Verbraucher umges. Leistung:
$P_{Ges}=\sqrt{3}\cdot U\cdot I\cdot\cos\varphi=\sqrt{3}\cdot U_{Str}\cdot\sqrt{3}\cdot\frac{U_{Str}}{Z}\cdot\cos\varphi$
$=3\cdot\frac{U_{Str}^2}{Z}\cdot\cos\varphi$



$I=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot Z}=\frac{U_{Str}}{\sqrt{3}\cdot Z}$
Am Verbraucher umgesetzte Leistung:
$P_{Ges}=\frac{U_{Str}^2}{Z}\cdot\cos\varphi$



$U=\sqrt{3}\cdot U_{Str}\cdot e^{j30°}$
$U=U_{12}=U_{23}=U_{31}=\sqrt{3}\cdot U_{Str}$
Leiterströme I: $I=I_1=I_2=I_3=\sqrt{3}\cdot\frac{U}{Z}=3\cdot\frac{U_{Str}}{Z}$
im Verbraucher umgesetzte Leistung:
$P_{Ges}=\sqrt{3}\cdot U\cdot I\cdot\cos\varphi=\sqrt{3}\cdot\sqrt{3}\cdot U_{Str}\cdot 3\cdot\frac{U_{Str}}{Z}\cdot\cos\varphi$
$=9\cdot\frac{U_{Str}^2}{Z}\cdot\cos\varphi$

$I=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot Z}=\frac{U_{Str}}{Z}$
Am Verbraucher umgesetzte Leistung:
$P_{Ges}=3\cdot\frac{U_{Str}^2}{Z}\cdot\cos\varphi$

Zustand	
0	⊓⊓⊓
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

$U_N = \frac{1}{3}(U_1 + U_2 + U_3)$

Bsp.: $U_1 = 2/3\, U_{DC}$, $U_2 = -1/3\, U_{DC} = U_3$

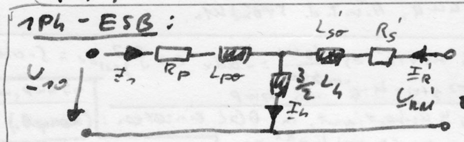
$U_{i0} = U_i - U_N$

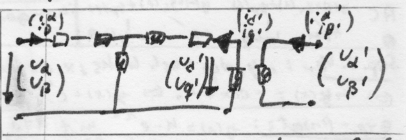
$$\begin{pmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \\ U_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2/3 & -1/3 & -1/3 \\ 0 & 1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3} \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & 1 \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \\ U_N \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} U_d' \\ U_q' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\omega t & -\sin\omega t \\ \sin\omega t & \cos\omega t \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_\alpha' \\ U_\beta' \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} U_\alpha' \\ U_\beta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\omega t & \sin\omega t \\ -\sin\omega t & \cos\omega t \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_d' \\ U_q' \end{pmatrix}$$

1Ph - ESB:





(via gleiche Formel)

1.) Bestimme U_1, U_2, U_3 und U_R, U_S, U_T 2.) mit $U_1, U_2, U_3 \to U_\alpha, U_\beta$ und mit $U_R, U_S, U_T \to U_\alpha', U_\beta'$
3.) $U_\alpha', U_\beta' \to U_d', U_q'$ 4.) Einph. ESB für U_α und U_β (wir wollen i_α!) 5.) Daraus Maschenumläufe: $U_\alpha = \ldots$, $U_d' = \ldots$
Bauteilgl. einsetzen. Trick: Da $\frac{3}{2} L_h >> L_{P\sigma}, L_{S\sigma}' \Rightarrow i_\alpha \approx -i_d'$ 6.) Durch Masche: $U_\alpha - U_d' = U_{LP\sigma} - U_{LS\sigma}'$
Bauteilgl. einsetzen, nach i_α auflösen (U_α, U_d' stehen lassen)! 7.) i_β gleich wie i_α, nur $\alpha = \beta$ und $d' = q'$. 8.) $i_d' = -i_\alpha$, $i_q' = -i_\beta$ 9. Rücktrasf.: $\begin{pmatrix}\alpha\\\beta\end{pmatrix} \to \begin{pmatrix}i_1\\i_2\\i_3\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}i_d'\\i_q'\end{pmatrix} \to \begin{pmatrix}i_\alpha'\\i_\beta'\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}i_\alpha'\\i_\beta'\end{pmatrix} \to \begin{pmatrix}i_R\\i_S\\i_T\end{pmatrix}$

Dreiph. Spule im Blockbetrieb, Diagramme: Nulldurchgänge d. Ströme zeitl. in die Mitte der Scheitel d. Spannungen

Zwei Trafos Parallel: $u_{k\varphi_0} = \frac{\sum S_{Ni}}{\sum \frac{S_{Ni}}{u_{k\varphi_0 i}}}$, $S_1 = S \cdot \frac{S_{N,1}}{\sum S_{Ni}} \cdot \frac{u_k}{u_{k1}}$, $S_2 = S \cdot \frac{S_{N,2}}{\sum S_{N,i}} \cdot \frac{u_k}{u_{k,2}}$, S = Soll-Leistung

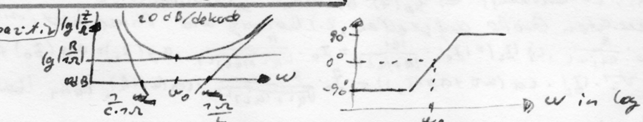
Schaltgruppen: Yy0: $\ddot{u} = \frac{w_1}{w_2} e^{j0°}$ | Dy5: $\frac{w_1}{\sqrt{3} w_2} \cdot e^{j150°}$ | Yd5: $\sqrt{3}\, w_1/w_2 \cdot e^{j150°}$ | Yz5: $\frac{2 w_1}{\sqrt{3} w_2} e^{j150°}$ | $\underline{\Phi}_a = \Phi_a e^{j\varphi_a}$, $\underline{\Phi}_b = \underline{\Phi}_a \cdot a^2$

BSP: Dy5: $\underline{U}_{RS} = \underline{U}_{RR'} = w_1 \cdot j \underline{\Phi}_a \omega$ $\quad \underline{U}_{12} = -\underline{U}_{11'} + \underline{U}_{22'} = -w_2 j\omega \underline{\Phi}_a + w_2 j \omega \underline{\Phi}_b = w_2 j \omega \underline{\Phi}_a (-1 + a^2) = w_2 \cdot j\omega \underline{\Phi}_a \sqrt{3} \cdot e^{-j150°}$

$\ddot{u} = \frac{\underline{U}_{RS}}{\underline{U}_{12}} = \frac{w_1 \cdot j\omega \underline{\Phi}_a}{w_2 \cdot j\omega \underline{\Phi}_a \cdot \sqrt{3}\, e^{-j150°}} = \frac{w_1}{\sqrt{3} w_2} \cdot e^{j150°}$

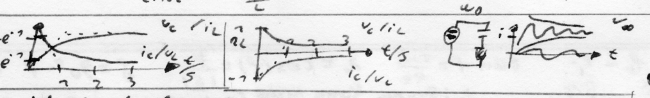
Bandbreite: $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$, $|\underline{Z}(\omega_1)| = |\underline{Z}(\omega_2)| = \sqrt{2} \cdot |Z(\omega_0)|$

$\omega > \omega_0$: $Im\{\underline{Z}\} < 0$ kapazitiv
$\omega < \omega_0$: $Im\{\underline{Z}\} > 0$ ind.

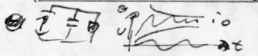


Bodediagramm: $H(j\omega) = a(\omega) \cdot e^{j\varphi}$
$\Rightarrow a(\omega) = \pm 20 \lg |H(j\omega)|$ dB
$\varphi(\omega) = \arg(H(j\omega))$

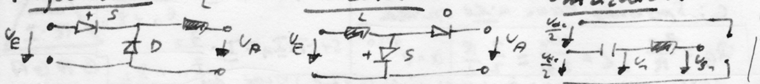
Ladevorgang: $s = 1 - e^{-1}$
Entladen: $s = e^{-1}$



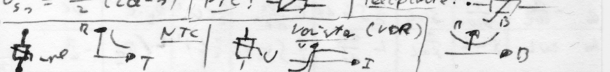
Amplitudengang: $\frac{a(\omega)}{dB} = 20 \lg |\underline{H}(j\omega)|$



Tiefsetzsteller: Hochsetzst.: Umrichter:



$U_{S1} = \frac{U_{dc}}{2}(2a - 1)$ | PTC! | NTC | Varistor (VDR) | Feldplatte!

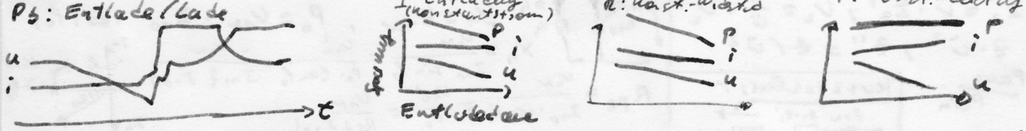


Mittelwert: $\bar{Y} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} y(t)\, dt$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum y_i$ | Gleichrichtwert: $|\bar{Y}| = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} |y(t)|\, dt$, $|\bar{Y}| = \frac{1}{n} \sum |y_i|$

Eff.-wert: $Y = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} y^2(t)\, dt}$, $Y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum y_i^2}$ | $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot \frac{1}{T}$
$= \hat{Y} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$

Batterien: $U_{Bat.klemmen} = U_{Gleichgewicht} - \Delta U_{Widerstand} - \Delta U_{Reaktion} - \Delta U_{Diffusion}$

PS: Entlade/Lade



Supercap: hohe Zyklenanz., ↑ Leistungsdichte, ↑ F, geringe Energiedichte, ↓ Rinnen. Lebensdauer von Temp u. Spannung abh.
Lithium: ↑ Energie- & Leistungsdichte, ↑ Flexibilität, hohe Kosten, ↑ Zellspannung, gute Zyklenlebensdauer
Problem: Sicherheit
Blei: ↓ Kosten, ↑ Recycelbar, ↓ Energiedichte, ↓ Lifetime