Gleichstrom

Ohm'sches Gesetz $U = R \cdot I$

Leitwert [S;mhO] $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$

Ladung [C] $Q = I \cdot t$

Widerstand im Kabel $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$

Widerstände – Reihenschaltung

$R_G = R_1 + R_2 + \ldots$

$U_G = U_1 + U_2 + \ldots$

I = konstant

Widerstände – Parallelschaltung

$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$ $R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$I_G = I_1 + I_2 + \ldots$

U = konstant

Temperaturabhängigkeit

$R(T) = R_{20} \cdot (1 + \alpha\Delta T + \beta\Delta T^2 + \ldots)$

$\Delta T = T - 20°C$

1.Kirchhoff'sches Gesetz: Knotenregel $\sum I = 0$

In einem Knotenpunkt (Stromverzweigung) ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der abfließenden Ströme.

2.Kirchhoff'sches Gesetz: Maschenregel $\sum U = 0$

Die Summe aller Spannungen längs eines beliebig geschlossenen Stromkreises einer Masche ist gleich Null.

Leistung $P = U \cdot I$ oder auch $P = \frac{U^2}{R}$; $P = R \cdot I^2$

Verlustleistung $P_V = P_{zu} - P_{ab}$

Arbeit $W = P \cdot t$; $W = \frac{Umdrehungen}{Zählerkonstante}$;

$P = \frac{Umdrehungen/h}{Zählerkonstante}$

Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{Nutz}}{P_{Ges}}$

Kondensator

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

Kapazität $C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$ ε = Dielektrizitätskonstante

Parallelschaltung $C_G = C_1 + C_2 + \ldots$

Reihenschaltung $\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$; $C_G = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

Beziehungen zwischen Spannung und Strom am Kondensator

$I_c = C \cdot \frac{du}{dt}$ bzw. $U_c = \frac{1}{C} \int I\, dt$

Ladung $Q = C[Farad] \cdot U[Volt]$

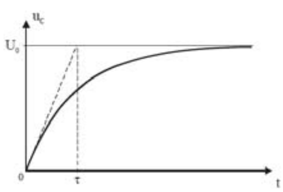
Energie des geladenen Kondensators $W = \frac{C \cdot U^2}{2}$

Ladung

$U_C = U_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

$I_C = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-t/\tau}$

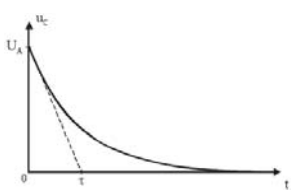
$\tau = R \cdot C$



Entladung

$U_C = U_A \cdot e^{-t/\tau}$

$I_C = \frac{U_a}{R} \cdot e^{-t/\tau}$



τ → Anfangssteigung der Kurve → Schnittpunkt mit der Zeitachse

Spule

Reihenschaltung $L_G = L_1 + L_2 + \ldots$

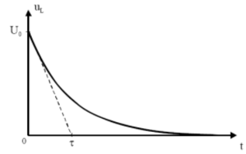
Parallelschaltung $\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \ldots$; $L_G = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$

Ladung

$U_L = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L = \frac{U_0}{R} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

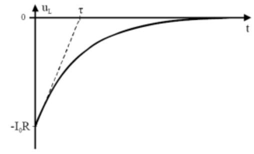
$\tau = \frac{L}{R}$



Entladung

$U_L = - R \cdot I_A \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L = I_A \cdot e^{-t/\tau}$



Die Ersatzspannungsquelle

Jedes spannungsführende Netzwerk kann zwischen zwei beliebigen Punkten belastet werden.

Reale Spannungsquelle:

a) Ermitteln der Klemmenspannung der Original Quelle für den unbelasteten Fall U_{KL} (I = 0 ; offene Klemmen). Diese Spannung muss gleich U_0 der Ersatzspannungsquelle sein.

$I = 0 \rightarrow U_{KL} = U_0 - R_i \cdot 0 = U_0$

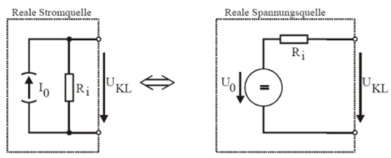
b) Ermitteln des Kurzschlussstromes I_K der Original Quelle.

$U_{KL} = 0 \rightarrow U_{KL} = 0 = U_0 - R_i \cdot I_K \rightarrow I_K = \frac{U_0}{R_i}$

c) Bestimmung des Innenwiderstandes der Ersatzspannungsquelle aus U_0 und I_K aus $R_i = \frac{U_0}{I_K}$

Reale Stromquelle:

analog zur realen Spannungsquelle, jedoch ist R_i parallel zu I_0



Konvertierung mit $U_0 = R_i \cdot I_0$ (R_i bei beiden gleich)

Leistungsanpassung und Wirkungsgrad

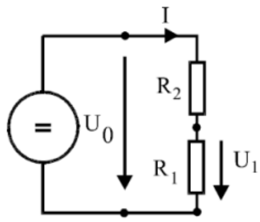
$R_a = R_i$ bei Leistungsanpassung (max. Leistung η = 50%)

$\eta = \frac{R_a}{R_a + R_i}$ (reale Spannungsquelle) η ist groß für $R_i \rightarrow 0$

Spannungsteiler

$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_0$

$U_A = \frac{\alpha}{270°} \cdot U_E$ (Potentiometer)



Die Spule, magnetische Wirkung

- magnetische Feldstärke beim Stromdurchflossenen Leiter

$H = \frac{I}{2\pi r} \rightarrow$ H = magn. Feldstärke in A/cm

- magnetische Feldstärke in der Magnetspule

$H = \frac{\theta}{l} = \frac{I \cdot n}{l} \rightarrow$ l beim Ringkern = 2πr ; n = Windungsanzahl

$\Theta = I \cdot n \rightarrow$ elektrische Durchflutung

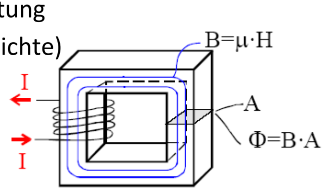
- magnetische Induktion (Flussdichte)

B[Tesla] = $\mu \cdot H$ mit $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{VS}{Am}$

- magnetischer Fluss

ϕ [Vs] = B · A



- Induktivität der langen Spule L [Henry] = $n^2 \cdot \mu \cdot \frac{A}{l}$

Wechselstromtechnik

Widerstand

$u(t) = \hat{u} \sin(\omega t)$; $i(t) = \hat{\imath} \sin(\omega t)$; $p(t) = \hat{p} \sin^2(\omega t)$

mittlere Leistung $P = \frac{\hat{p}}{2}$

$\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$ $\hat{\imath} = \sqrt{2} \cdot I_{eff}$

$U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$ $I_{eff} = \frac{\hat{\imath}}{\sqrt{2}}$

^ = Spitzenspannung/strom/leistung

U / I / P sind Effektivwerte

Frequenz, Periodendauer, Kreisfrequenz

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

Ohm'sches Gesetz für Wechselstrom

$U = Z \cdot I$

Z = Scheinwiderstand (Impedanz) in Ω

R = Wirkwiderstand in Ω

X_L = Induktiver Blindwiderstand L in Henry $\frac{Vs}{A}$

X_C = Kapazitiver Blindwiderstand C in Farad $\frac{As}{V}$

Kondensator $U = I \cdot X_C$ $U = \frac{I}{\omega \cdot C}$

$i(t) = \hat{\imath} \sin(\omega t + 90°)$

Der Strom eilt der Spannung um 90° voraus,

Phasenverschiebung beträgt $\varphi = +90°$.

Wechselstromwiderstand $X_C = \frac{U_C}{I_C}$; $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

Spule $U = I \cdot X_L$ $U = I \cdot \omega \cdot L$

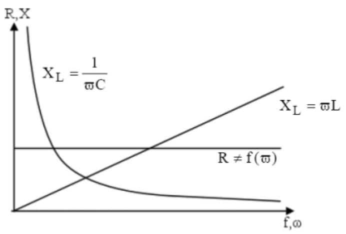
$i(t) = \hat{\imath} \sin(\omega t - 90°)$

Der Strom eilt der Spannung um 90° nach,

Phasenverschiebung beträgt $\varphi = -90°$.

Wechselstromwiderstand $X_L = \frac{U_L}{I_L}$; $X_L = \omega \cdot L$

Frequenzabhängigkeit des Wiederstandes von R, L und C



Reihenschaltung R und C

$U = Z \cdot I$

$U_R = R \cdot I$ $U_C = X_C \cdot I$

$U_G = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

Reihenschaltung R und L

$U = Z \cdot I$

$U_R = R \cdot I$ $U_L = X_L \cdot I$

$U_G = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

Reihenschaltung R, L und C

$U = Z \cdot I$

$U_R = R \cdot I$ $U_L = X_L \cdot I$ $U_C = X_C \cdot I$

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

Resonanzfrequenz

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ bei $X_C = X_L$ → Z = R

Parallelschaltung R, L und C

$I_G = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$ $\frac{1}{Z_G} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$

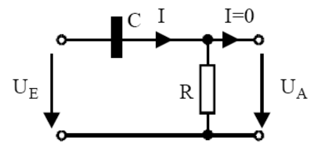
$Y_G = \sqrt{G^2 + (Y_C - Y_L)^2}$ mit $Y_G = \frac{1}{Z_G}$; $G = \frac{1}{R}$; $Y_C = \frac{1}{X_C}$; $Y_L = \frac{1}{X_L}$

Hochpass

$U_A = U_E \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2+X_C^2}} = U_E \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2+\frac{1}{(\omega C)^2}}}$

U_A gegen 0 bei ω → 0

$U_A = U_E$ bei ω → ∞

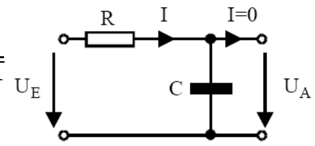


Tiefpass

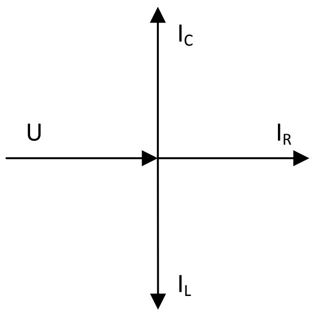
$U_A = U_E \cdot \frac{X_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}} = U_E \cdot \frac{1}{\sqrt{(\omega C)^2 R^2+1}}$

$U_A = U_E$ bei ω → 0

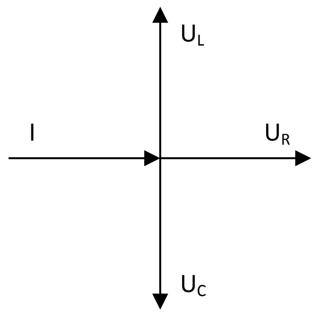
U_A gegen 0 bei ω → ∞



Parallelschaltung



Reihenschaltung



Leistung

Scheinleistung [VA] $S = U \cdot I$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Blindleistung [var] $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$

Wirkleistung [W] $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

Transformator

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ bei $P_{zu} = P_{ab}$ gilt $\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$

Mehrphasennetze

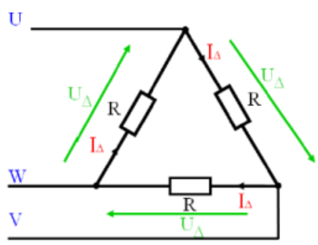
Drehstromleistung (U ist Außenleiterspannung)

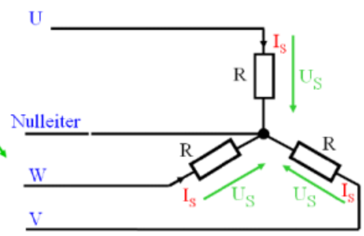
Scheinleistung $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

Blindleistung $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$

Wirkleistung $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$

Symmetrisches Dreiphasennetz





Dreieckschaltung

$U = U_{str}$

$I = \sqrt{3} \cdot I_{str} = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{Z}$

Sternschaltung

$U = \sqrt{3} \cdot U_{str}$

$I = I_{str} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$

Leistung pro Widerstand

$P_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str} \cdot \cos\varphi_{str} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$

Grundeinheiten

Mega [M] = 10^6 Milli [m] = 10^{-3} Nano [n] = 10^{-9}

Kilo [K] = 10^3 Mikro [µ] = 10^{-6} Piko [p] = 10^{-12}