

Formelsammlung Energietechnik

Alexandros Raptis, Maximilian Schnadt

22. Juni 2022

Inhaltsverzeichnis

1 Mathematik	1
1.1 Komplexe Zahlen	1
1.2 Trigonometrie	1
2 Elektrotechnik	2
2.1 Elementargesetze	2
2.2 Gleichstromkreise	2
2.3 Wechselstromkreise	2
3 Energietechnik	2
3.1 Grundlagen	2
3.2 Leitungserwärmung	3
3.3 Kurzschlussstromberechnung	3
3.4 Impedanzen Quelle und Trafo	3
3.5 Impedanz Netz	3
3.6 Impedanz Kabel	4
3.7 Kompensation	4

1 Mathematik

1.1 Komplexe Zahlen

Die schönste Gleichung der Mathematik

$$e^{i\pi} = -1 \quad (1.1.1)$$

Eulersche Identität

$$r \cdot e^{j\varphi} = r \cdot [\cos(\varphi) + j \cdot \sin(\varphi)] \quad (1.1.2)$$

1.2 Trigonometrie

Winkel zwischen x und y Achse

$$\tan(\varphi) = \frac{y}{x} \Rightarrow \varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \theta$$
$$\theta = \begin{cases} 0 & x > 0, y > 0 \\ \pi & x < 0, y \neq 0 \\ 2\pi & x > 0, y < 0 \end{cases} \quad (1.2.1)$$

Zeigerlänge aus Realteil und Imaginärteil

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1.2.2)$$

Realteil und Imaginärteil aus Zeigerlänge

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos(\varphi) \\ y &= r \cdot \sin(\varphi) \end{aligned} \quad (1.2.3)$$

Winkelgeschwindigkeit, Frequenz und Periodendauer

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (1.2.4)$$

Multiplikation von Potenzen

$$a^b \cdot a^c = a^{b+c} \quad (1.2.5)$$

2 Elektrotechnik

2.1 Elementargesetze

Ohmsches Gesetz (+ im Komplexen)

$$R = \frac{U}{I} \quad \underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} \quad (2.1.1)$$

Elektrische Leistung

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R \quad (2.1.2)$$

Elektrische Energie

$$W = P \cdot t \quad (2.1.3)$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (2.1.4)$$

Temperaturabhängigkeit des Widerstands

$$R_{\vartheta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta\vartheta) \quad (2.1.5)$$

2.2 Gleichstromkreise

Reihenschaltung Widerstände

$$R_{ges} = \sum_n R_n \quad (2.2.1)$$

Parallelschaltung Widerstände

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{ges}} &= \sum_n \frac{1}{R_n} \\ \Rightarrow R_{ges} &= \frac{1}{\sum_n \frac{1}{R_n}} \end{aligned} \quad (2.2.2)$$

Spannungsteiler

$$\frac{U_1}{U_{ges}} = \frac{R_1}{R_{ges}} \quad (2.2.3)$$

Stromteiler

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (2.2.4)$$

2.3 Wechselstromkreise

Merksatz Spulen

„Bei Induktivitäten, die Ströme sich verspäten.“

Merksatz Kondensatoren

„Im Kondensator eilt der Strom vor.“

Widerstand Kondensator

$$X_C = \frac{1}{j2\pi fC} \quad (2.3.1)$$

Widerstand Spule

$$X_L = j2\pi fL \quad (2.3.2)$$

3 Energietechnik

3.1 Grundlagen

Minimaler Kurzschlussstrom

$$I_{kmin} = \frac{c_{min} \cdot U}{\sqrt{3} \cdot R_{min}} \quad (3.1.1)$$

Maximaler Kurzschlussstrom

$$I_{kmax} = \frac{c_{max} \cdot U}{\sqrt{3} \cdot R_{max}} \quad (3.1.2)$$

Leiterspannung

$$U_L = U \cdot \sqrt{3} \quad (3.1.3)$$

3.2 Leitungserwärmung

Stromdichte

$$S = \frac{I_k}{A_L} \quad (3.2.1)$$

Faktor adiabatische Erwärmung (s.u.)

$$\Psi = \frac{\alpha_{20} \cdot S^2 \cdot t_k}{\gamma_{20} \cdot c} \quad (3.2.2)$$

Adiabatische Erwärmung

$$\vartheta_{Ea} = \frac{1}{\alpha_{20}} \left[\left([1 + \alpha_{20}(\vartheta_A - \vartheta_{20})] e^{\Psi} - 1 \right) + \vartheta_{20} \right] \quad (3.2.3)$$

Gesamterwärmung

$$\vartheta_E = \vartheta_{Ea} \cdot \eta_{th} \quad (3.2.4)$$

3.3 Kurzschlussstromberechnung

Kurzschlussimpedanz

$$Z_k = X_k = X_q = U \cdot \frac{U}{S} = \frac{U^2}{S} \quad (3.3.1)$$

Maximaler Kurzschlussstrom

$$I_{kmax} = \frac{c_{max} \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (3.3.2)$$

Minimaler Kurzschlussstrom

$$I_{kmin} = \frac{c_{min} \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (3.3.3)$$

3.4 Impedanzen Quelle und Trafo

Impedanz Quelle

$$Z_Q = \frac{c_{max} \cdot U_Q^2}{S_{KQ}} \cdot \frac{1}{\ddot{U}_T} \quad (3.4.1)$$

Reaktanz Quelle

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q \quad (3.4.2)$$

Resistanz Quelle

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q \quad (3.4.3)$$

Impedanz Quelle

$$Z_Q = R_Q + jX_Q \quad (3.4.4)$$

Impedanz Trafo

$$Z_T = \frac{u_{KT}}{100\%} \cdot \frac{U_T^2}{S_T} \quad (3.4.5)$$

Resistanz Trafo

$$R_T = \frac{u_{RT}}{100\%} \cdot \frac{U_T^2}{S_T} \quad (3.4.6)$$

Reaktanz Trafo

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (3.4.7)$$

Impedanz Trafo

$$Z_T = R_T + jX_T \quad (3.4.8)$$

Impedanz Quelle + Trafo

$$Z_{QT} = (R_Q + R_T) + j(X_Q + X_T) \quad (3.4.9)$$

Maximaler Kurzschlussstrom Quelle

$$I_{KQ} = \frac{c_{max} \cdot U_Q}{\sqrt{3} \cdot Z_{QT}} \quad (3.4.10)$$

Gesamter Kurzschlussstrom

$$I_{Kgesamt} = (I_{KQ} + I_{KG} + I_{KM}) \quad (3.4.11)$$

3.5 Impedanz Netz

Impedanz Quelle Oberseite

$$Z_{Qos} = \frac{c_{max} \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot I_{kQ}} = \frac{c_{max} \cdot U_{NQ}^2}{S_K''} \quad (3.5.1)$$

Impedanz Quelle Unterseite

$$Z_{Qus} = Z_{Qos} \cdot \frac{1}{\ddot{u}^2} \quad (3.5.2)$$

Winkel Netz

$$\varphi_Q = \arctan\left(\frac{X_Q}{R_Q}\right) \quad (3.5.3)$$

Reaktanz Quelle Unterseite

$$X_{Q_{US}} = Z_{Q_{US}} \cdot \sin(\varphi_Q) \quad (3.5.4)$$

Resistanz Quelle Unterseite

$$R_{Q_{US}} = Z_{Q_{US}} \cdot \cos(\varphi_Q) \quad (3.5.5)$$

Spannungsabfall Widerstand

$$u_r = \frac{P_{cu} \cdot 100\%}{S_{rr}} \quad (3.5.6)$$

Spannungsabfall

$$u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \quad (3.5.7)$$

Reaktanz Trafo

$$X_T = \frac{u_x}{100\%} \cdot \frac{U_{rr}^2}{S_{rr}} \quad (3.5.8)$$

Resistanz Trafo

$$R_T = \frac{u_r}{100\%} \cdot \frac{U_{rr}^2}{S_{rr}} \quad (3.5.9)$$

$$x_T = \frac{X_T \cdot S_{rr}}{U_{rr}^2} \quad (3.5.10)$$

$$K_r = 0,95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0,6 \cdot x_T} \quad (3.5.11)$$

Impedanz Trafo

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \quad (3.5.12)$$

Gesamtwiderstand

$$R_{ges} = R_{Q_{US}} + R_{K_2} + R_T \quad (3.5.13)$$

Gesamtreaktanz

$$X_{ges} = X_{Q_{US}} + X_{K_2} + X_T \quad (3.5.14)$$

Gesamtimpedanz

$$Z_{ges} = \sqrt{R_{ges}^2 + X_{ges}^2} \quad (3.5.15)$$

3.6 Impedanz Kabel

Widerstand Kabel

$$R_{K_2} = R' \cdot l \quad (3.6.1)$$

Reaktanz Kabel

$$X_{K_2} = X' \cdot l \quad (3.6.2)$$

Maximaler Kurzschlussstrom

$$I_{kmax} = \frac{c_{max} \cdot U_{RT}}{\sqrt{3} \cdot Z_{ges}} \quad (3.6.3)$$

3.7 Kompensation

Korrigierte Leistung

$$S = \frac{P}{\cos(\varphi)} \quad (3.7.1)$$

Zugeführte Leistung

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} \quad (3.7.2)$$

Reaktanz

$$Q = P \cdot \cos(\varphi) \quad (3.7.3)$$

Winkel

$$\tan(\varphi) = \frac{\Sigma Q}{\Sigma P} \quad (3.7.4)$$

Reaktanz

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin(\varphi) \quad (3.7.5)$$

Reaktanz

$$Q_C = Q_1 - Q_2 \quad (3.7.6)$$

Reaktanz

$$Q = P \cdot (\tan(\varphi_1) - \tan(\varphi_2)) \quad (3.7.7)$$

Strom

$$I_c = \frac{Q}{U_c} \quad (3.7.8)$$

Strom

$$I_c = \frac{U}{X_c} = U \cdot \omega \cdot C \quad (3.7.9)$$

Kapazität

$$C = \frac{I_c}{U \cdot \omega} \quad (3.7.10)$$

Kapazität

$$C = \frac{Q_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} \quad (3.7.11)$$

Strom

$$I = \frac{P_{ges}}{U \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.7.12)$$