

Formelsammlung Energietechnik

Alexandros Raptis, Maximilian Schnadt

21. 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	Leiterspannungen	2
3.2	Kurzschlussberechnungen	2
4	Physikalische Konstanten	3
5	Symbole und Formelzeichen	3

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

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

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 Leiterspannungen

Leiterspannung im Dreiphasen-Netz

$$U_L = U \cdot \sqrt{3} \quad (3.1.1)$$

3.2 Kurzschlussberechnungen

Minimaler Kurzschlussstrom

$$I_{K_{min}} = I_K \cdot c_{min} \quad (3.2.1)$$

Maximaler Kurzschlussstrom

$$I_{K_{max}} = I_K \cdot c_{max} \quad (3.2.2)$$

Anfangs-Kurzschlusswechselstrom

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot |\underline{Z}_k|} \quad (3.2.3)$$

Kurzschlussimpedanz

$$|\underline{Z}_k| = R_k + jX_k \quad (3.2.4)$$

Stoßziffer

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R_{tot}}{X_{tot}}} \quad (3.2.5)$$

Stoßkurzschlussstrom

$$i_p = \sqrt{2} \kappa I_k'' \quad (3.2.6)$$

Netzinnenimpedanz (Quellenimpedanz)

$$Z_Q = c \cdot \frac{U_{nQ}^2}{S_{KQ}''} \quad (3.2.7)$$

Verhältnis Resistanz und Reaktanz

$$\frac{R_Q}{X_Q} = \begin{cases} 0 & U_N > 35kV \\ 0.1 & \text{sonstige Fälle} \end{cases} \quad (3.2.8)$$

zu Fall 2: $X_Q = 0.995 Z_Q$

Trafoimpedanz

$$Z_T = \frac{u_k}{100\%} \cdot \frac{U_T^2}{S_T} \quad (3.2.9)$$

Trafowiderstand

$$R_T = \frac{u_R}{100\%} \cdot \frac{U_T^2}{S_T} \quad (3.2.10)$$

Traforeaktanz

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (3.2.11)$$

4 Physikalische Konstanten

Elementarladung¹

$$e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{As} \quad (4.0.1)$$

Permeabilität Vakuum (magn. Feldkonstante)¹

$$\mu_0 = 1,256\,637\,062 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \quad (4.0.2)$$

Permittivität Vakuum (elektr. Feldkonstante)¹

$$\varepsilon_0 = 8,854\,187\,812 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \quad (4.0.3)$$

5 Symbole und Formelzeichen

In eckigen Klammern ist, wo angemessen, das zugehörige Einheitenzeichen angegeben.

l = Länge [m]

A = Fläche [m^2]

t = Zeit [s]

U = Spannung [V]

I = Strom [A]

R = Widerstand [Ω]

P = Leistung [W]

W = Energie [J]

η = Wirkungsgrad

ϑ = Temperatur [K]

X = Reaktanz

Z = Komplexer Widerstand

S = Komplexe Leistung

I_k = Kurzschlussstrom

I_k'' = Anfangs-Kurzschlusswechselstrom

c = Spannungsfaktor

U_n = Nennspannung

\underline{Z}_k = Kurzschlussimpedanz

L = Induktivität [H]

C = Kapazität [F]

¹https://physics.nist.gov/cuu/pdf/wall_2018.pdf

Q = elektr. Ladung [As]
 κ = Stoßziffer
 R_{tot} = Totaler Wirkwiderstand
 X_{tot} = Totaler Blindwiderstand
 i_p = Stoßkurzschlussstrom
 I_b = Ausschaltwechselstrom
 S''_k = Anfangs-Kurzschlusswechselstrom-
leistung
 R_Q = Wirkwiderstand Quelle
 X_Q = Blindwiderstand Quelle
 Z_Q = Impedanz Quelle
 R_T = Wirkwiderstand Trafo
 X_T = Blindwiderstand Trafo
 Z_T = Impedanz Trafo
 u_k = Relative Kurzschlussspannung
 u_R = Relativer ohmscher Spannungsabfall