Nerreter, Grundlagen der Elektrotechnik
Carl Hanser Verlag München

10 Leitungen

Aufgabe 10.7
Welche natürliche Leistung hat die im Beispiel 10.3 beschriebene Drehstrom-Freileitung? Berechnen Sie außerdem die Verluste, die beim Betrieb dieser Freileitung mit der natürlichen Leistung auftreten, und den Wirkungsgrad dieser Energieübertragung.

Aufgabe 10.8
Wie hoch darf die am Leitungsende abgenommene Leistung der im Beispiel 10.3 beschriebenen Drehstrom-Freileitung höchstens sein, damit der Wirkungsgrad den Wert 96 % nicht unterschreitet?

Aufgabe 10.9
Wie lang darf die im Beispiel 10.3 beschriebene Drehstrom-Freileitung beim Betrieb mit der natürlichen Leistung höchstens sein, damit der Wirkungsgrad den Wert 96 % nicht unterschreitet? Welchen Wert hat die natürliche Leistung dieser Leitung?

Aufgabe 10.10
Welche Spannungen stellen sich für $t \to \infty$ an der Leitung ein, die in der Aufgabe 10.2 beschrieben ist?

Aufgabe 10.11
Eine verlustfreie $\lambda/4$-Leitung mit dem Wellenwiderstand 60 Ω ist an ihrem Ende mit dem Widerstand $R_E = 30\ \Omega$ abgeschlossen. Welcher Widerstand Z_A liegt am Leitungsanfang vor?

Aufgabe 10.12
Eine Leitung nach Bild 10.10, von der die Ausbreitungskonstante γ, die Leitungslänge l und der Wellenwiderstand $\underline{Z}_W$ als bekannt anzusehen sind, wird am Ende mit dem komplexen Widerstand $\underline{Z}_L$ belastet. Berechnen Sie allgemein, d. h. mit Formelzeichen, den komplexen Widerstand $\underline{Z}_A$, den diese Leitung am Anfang hat.

Lösung 10.7
Wird die natürliche Leistung P_{Enat} am Ende der Leitung abgenommen und es ist $Q_E = 0$, so wird am Anfang der Leitung lediglich die Wirkleistung P_A eingespeist und es ist $Q_A = 0$; dementsprechend gilt für den Imaginärteil der komplexen Leistung eines Stranges:

$$\underline{Q}_A = \mathrm{Im}\,\{\underline{U}_A\,\underline{I}_A^*\} = 0$$

Mit den Gln. (10.45) lautet dieser Ansatz:

$$\mathrm{Im}\,\{(\underline{A}_{11}\,\underline{U}_E + \underline{A}_{12}\,\underline{I}_E)(\underline{A}_{21}^*\,\underline{U}_E + \underline{A}_{22}^*\,\underline{I}_E)\} = 0$$

Die Stranggrößen am Leitungsende sind reell:

$$U_E = \frac{380\ \mathrm{kV}}{\sqrt{3}} = 219{,}4\ \mathrm{kV}\ ;\ I_E = \frac{P_E}{3\,U_E}$$

Diese Stranggrößen multiplizieren wir mit den Kettenparametern (s. Beispiel 10.3)

$$\underline{A}_{11} = 0{,}91105 + \mathrm{j}\,0{,}0112$$
$$\underline{A}_{12} = 11{,}65\ \Omega + \mathrm{j}\,97{,}58\ \Omega$$
$$\underline{A}_{21}^* = 0{,}971\ \mu\mathrm{S} - \mathrm{j}\,1{,}743\ \mathrm{mS}$$
$$\underline{A}_{22}^* = 0{,}9116 - \mathrm{j}\,0{,}0112$$

und bilden den Imaginärteil, den wir gleich null setzen. Dadurch erhalten wir eine quadratische Gleichung für P_{Enat}:

$$205 \cdot 10^{-12} \cdot P_{Enat}^2 - 6{,}7\ \mathrm{mW} \cdot P_{Enat} - 76{,}45 \cdot 10^6\ \mathrm{W}^2 = 0$$

Mit der Lösung $P_{Enat} = 627{,}48$ MW berechnen wir die Wirkleistung $P_A = 662{,}5$ MW, die am Anfang der Leitung eingespeist wird, und damit die Verlustleistung:

$$P_V = P_A - P_E = 35{,}04\ \mathrm{MW}$$

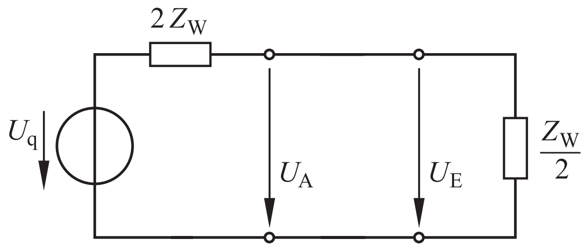
Der Wirkungsgrad dieser Energieübertragung ist:

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_E}{P_A} = 0{,}947 = 94{,}7\ \%$$

Lösung 10.8
Die Lösung lässt sich nicht direkt berechnen, da weder P_A noch P_E bekannt sind. Daher gehen wir von $P_E = P_{Enat}$ aus und verkleinern P_E so lange, bis der geforderte Wirkungsgrad erreicht ist.
Dies ist bei $P_E = 425$ MW der Fall. Am Anfang wird dabei die Wirkleistung $P_A = 442{,}7$ MW eingespeist und der Wirkungsgrad beträgt 96 %.

Lösung 10.9
Die Lösung lässt sich nicht direkt berechnen, da weder P_A noch P_E bekannt sind. Daher gehen wir von $l = 400$ km aus und verkleinern l so lange, bis der geforderte Wirkungsgrad erreicht ist.
Dies ist bei $l = 300{,}557$ km der Fall. Die natürliche Leistung beträgt $P_{Enat} = 622{,}798$ MW und am Anfang wird die Wirkleistung $P_A = 648{,}748$ MW eingespeist; damit ergibt sich der Wirkungsgrad 96 %.

Lösung 10.10
An der verlustlosen Leitung selbst fällt keine Spannung ab und es ist $U_A = U_E$ für $t \to \infty$.



Wir setzen für $t \to \infty$ an:

$$U_A = U_E = \frac{U_q}{2{,}5\,Z_W} \cdot \frac{Z_W}{2} = 0{,}2\,U_q$$

Lösung 10.11
Für $l = \lambda/4$ ergibt sich mit der Gl. (10.54) der Winkel $\beta\,l = \pi/2$ und es ist $\cos\beta\,l = 0$ sowie $\sin\beta\,l = 1$. Mit den Gln. (10.51) berechnen wir:

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{Z_W^2\,I_E}{U_E} = \frac{Z_W^2}{R_E} = 120\ \Omega$$

Lösung 10.12
Wir setzen die Gln. (10.48) in die Gln. (10.45) ein:

$$\underline{U}_A = \cosh\gamma l \cdot \underline{U}_E + \underline{Z}_W \cdot \sinh\gamma l \cdot \underline{I}_E$$

$$\underline{I}_A = \frac{\sinh\gamma l}{\underline{Z}_W} \cdot \underline{U}_E + \cosh\gamma l \cdot \underline{I}_E$$

Am Ende der Leitung gilt:

$$\underline{U}_E = \underline{Z}_L\ \underline{I}_E$$

Dies setzen wir in die Leitungsgleichungen ein und bilden den Quotienten aus beiden Gleichungen:

$$\underline{Z}_A = \frac{\underline{U}_A}{\underline{I}_A} = \frac{\cosh\gamma l \cdot \underline{Z}_L + \underline{Z}_W \cdot \sinh\gamma l}{\frac{\sinh\gamma l}{\underline{Z}_W} \cdot \underline{Z}_L + \cosh\gamma l}$$

Dies lässt sich mit $\tanh\gamma l = \sinh\gamma l / \cosh\gamma l$ vereinfacht schreiben:

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_W \cdot \frac{\underline{Z}_L + \underline{Z}_W \cdot \tanh\gamma l}{\underline{Z}_W + \underline{Z}_L \cdot \tanh\gamma l}$$