Energietechnik

• Raumzeiger und Nullgröße:

$$\underline{v}(t) = \frac{2}{3}\left(v_R(t) + \underline{a}\cdot v_S(t) + \underline{a}^2\cdot v_T(t)\right) \longrightarrow \underline{v}(t) = v_\alpha + j\cdot v_\beta$$

$$v_0(t) = \frac{1}{3}\left(v_R(t) + v_S(t) + v_T(t)\right)$$

$$\begin{pmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \\ v_0 \end{pmatrix} = \frac{1}{3}\begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ 0 & \sqrt{3} & -\sqrt{3} \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} v_R \\ v_S \\ v_T \end{pmatrix}$$ „Hintransformation"

$$\begin{pmatrix} v_R \\ v_S \\ v_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2}\sqrt{3} & 1 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2}\sqrt{3} & 1 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \\ v_0 \end{pmatrix}$$ „Rücktransformation"

• Symmetrische Komponenten:

$$\begin{pmatrix} \underline{V}_{(0)} \\ \underline{V}_{(1)} \\ \underline{V}_{(2)} \end{pmatrix} = \frac{1}{3}\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \underline{a} & \underline{a}^2 \\ 1 & \underline{a}^2 & \underline{a} \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{V}_S \\ \underline{V}_T \end{pmatrix}$$ „Hintransformation"

$$\begin{pmatrix} \underline{V}_R \\ \underline{V}_S \\ \underline{V}_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \underline{a}^2 & \underline{a} \\ 1 & \underline{a} & \underline{a}^2 \end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix} \underline{V}_{(0)} \\ \underline{V}_{(1)} \\ \underline{V}_{(2)} \end{pmatrix}$$ „Rücktransformation"

• Zusammenhänge:

$$\underline{v}(t) = \sqrt{2}\cdot\underline{V}_{(1)}\cdot e^{j\omega t} + \sqrt{2}\cdot\underline{V}_{(2)}^*\cdot e^{-j\omega t}$$

$$v_0(t) = \mathrm{Re}\left\{\sqrt{2}\cdot\underline{V}_{(0)}\cdot e^{j\omega t}\right\}$$

- **Leitungen und Kabel:**

Wellenwiderstand: $\underline{Z}_W = \sqrt{\frac{\underline{Z}'}{\underline{Y}'}}$ mit $\underline{Z}' = R' + j\omega L'$, $\underline{Y}' = G' + j\omega C'$

Ausbreitungskonstante: $\gamma = \sqrt{\underline{Z}' \cdot \underline{Y}'} \mathrel{\hat{=}} a + jb$

Näherungsformel für Wellenwiderstand:

$$\underline{Z}_W \approx \frac{60\,\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{r_{ersatz}}\right)$$

Natürliche Leistung: $P_{nat} = \frac{U_n^2}{\underline{Z}_W}$ (keine Wirk- sondern Scheinleistung!!)

- **Leistung:**

↳ Grundsätzlich: Leistung im Drehstromsystem ist die Summe der Teilleistungen aller drei Stränge R, S, T!

Momentanleistung:

$$p(\omega t) = u_R(\omega t) \cdot i_R(\omega t) + u_S(\omega t) \cdot i_S(\omega t) + u_T(\omega t) \cdot i_T(\omega t) =$$
$$= \frac{3}{2} \cdot \mathrm{Re}\left\{ \underline{u}(t) \cdot \underline{i}^*(t) \right\} + 3 \cdot u_0(t) \cdot i_0(t)$$

Wirkleistung:

$$P = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left\{ u_R(t) \cdot i_R(t) + u_S(t) \cdot i_S(t) + u_T(t) \cdot i_T(t) \right\} dt = \quad \text{(arithmetischer Mittelwert)}$$
$$= 3 \cdot \mathrm{Re}\left\{ \underline{U}_{(1)} \cdot \underline{I}_{(1)}^* + \underline{U}_{(2)} \cdot \underline{I}_{(2)}^* + \underline{U}_{(0)} \cdot \underline{I}_{(0)}^* \right\}$$

Scheinleistung:

$$S = 3 \cdot U_{eff} \cdot I_{eff} = 3 \cdot \sqrt{U_{(1)}^2 + U_{(2)}^2 + U_{(0)}^2} \cdot \sqrt{I_{(1)}^2 + I_{(2)}^2 + I_{(0)}^2}$$

$$S = P + j \cdot Q \quad \rightarrow \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} = S \cdot \sqrt{1 - \lambda^2}$$

Leistungsfaktor: $\lambda = \frac{P}{S}$