

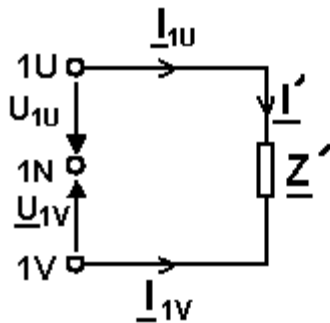
Drehstromtransformator

An einen Drehstromtransformator der Schaltgruppe Yzn5 ist auf der Sekundärseite zwischen den Klemmen 2U und 2N eine einphasige Last \underline{Z} angeschlossen. Die Primärseite wird von einem Drehstromnetz ($U = 20 \text{ kV}$, $f = 50 \text{ Hz}$) versorgt. Das Schaltbild des als ideal und verlustfrei angenommenen Transformators ist auf der folgenden Seite gegeben. Die Windungszahlenverhältnisse betragen

$$\dot{u} = W_{\text{primär}} : W_{\text{sekundär 1}} = W_{\text{primär}} : W_{\text{sekundär 2}} = 50 : 1$$

- Wie groß ist die an der Last anliegende Spannung (Betrag und Phase)? Nehmen Sie $\underline{U}_{1U} = U_{1U}$ als Bezugsspannung an.
- Das Ersatzschaltbild der Primärseite wird betrachtet. Berechnen Sie die transformierte Impedanz sowie die Primärströme \underline{I}_{1U} und \underline{I}_{1V} bei reiner Wirklast $\underline{Z} = R = 2 \Omega$ unter Verwendung des gegebenen Übersetzungsverhältnisses.

Ersatzschaltbild der Primärseite :



- Berechnen Sie die in den Strängen der Primärseite übertragenen komplexen Scheinleistungen \underline{S}_{1U} , \underline{S}_{1V} und \underline{S}_{1W} sowie die Leistung \underline{S}_{DS} . Nehmen Sie an, dass $\underline{I}_{1W} = 0$ ist.
- In Reihe mit dem Verbrauchswiderstand wird nun eine Induktivität L geschaltet. Wie groß muss der Wert für L sein, damit in der U-Wicklung des Transformators reine Wirkleistung übertragen wird?

a)

$$\begin{aligned}\underline{U}_{2U} &= -\underline{U}_{2U}'' + \underline{U}_{2V}' = \underline{U}_{2U}'' \cdot (-1 + e^{-j120^\circ}) = \underline{U}_{2U}'' \cdot \left(-1 - \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \\ &= \underline{U}_{2U}'' \cdot \left(-\frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \underline{U}_{2U}'' \cdot \sqrt{3} \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{j}{2}\right) = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_{2U}'' \cdot e^{-j150^\circ}\end{aligned}$$

$$\text{mit } \underline{U}_{2U}'' = \frac{W_{\text{sekundär}}}{W_{\text{primär}}} \cdot \underline{U}_{1U} = \frac{U_{1U}}{50} = \frac{20 \text{ kV}}{50\sqrt{3}}$$

$$\text{folgt: } \underline{U}_{2U} = \underline{400 \text{ V} \cdot e^{-j150^\circ}}$$

b)

$$\underline{I}_{1U} = -\underline{I}_{1V} = \underline{I}' = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}'} = \frac{\underline{U}_1}{R'} = \frac{\underline{U}_{1U} - \underline{U}_{1V}}{\dot{u}^2 \cdot R} = \frac{20 \text{ kV} \cdot e^{j30^\circ}}{2500 \cdot 2 \Omega} \quad (10.9)$$

$$= \underline{4 \text{ A} \cdot e^{j30^\circ}}, \quad \underline{Z}' = \dot{u}^2 \cdot R = 2500 \cdot 2 \Omega = \underline{5 \text{ k}\Omega} \quad (12.17)$$

c)

$$\begin{aligned}\underline{S}_{1U} &= \underline{U}_{1U} \cdot \underline{I}_{1U}^* = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot 4 \text{ A} \cdot e^{-j30^\circ} = \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3}} \cdot e^{-j30^\circ} \\ &= \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{j}{2}\right) = \underline{40 \text{ kW} - j 23 \text{ kVar}}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\underline{S}_{1V} &= \underline{U}_{1V} \cdot \underline{I}_{1V}^* = \underline{U}_{1U} \cdot e^{-j120^\circ} \cdot (-\underline{I}_{1U})^* = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 4 \text{ A} \cdot e^{j150^\circ} \\ &= \frac{80 \text{ kVA}}{\sqrt{3}} \cdot e^{j30^\circ} = \underline{40 \text{ kW} + j 23 \text{ kVar}}\end{aligned}$$



$$\underline{S}_{1W} = \underline{U}_{1W} \cdot \underline{I}_{1W}^* = \underline{U}_{1W} \cdot 0 = \underline{0}$$

$$\underline{S}_{DS} = \underline{S}_{1U} + \underline{S}_{1V} + \underline{S}_{1W} = 40 \text{ kW} - j 23 \text{ kVar} + 40 \text{ kW} + j 23 \text{ kVar} = \underline{80 \text{ kW}}$$

Der Transformator überträgt insgesamt reine Wirkleistung, was aus dem Anschluss eines OHMSchen Widerstandes folgt.

d)

Reine Wirkleistung in der U-Wicklung bedeutet Phasengleichheit von \underline{U}_{1U} und \underline{I}_{1U} .

$\arg(\underline{U}_{1U})$ wurde = 0 gewählt $\Rightarrow \arg(\underline{I}_{1U}) \stackrel{!}{=} 0$

$$\underline{I}_{1U} = -\underline{I}_{1V} = \underline{I}' = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}'} = \frac{20 \text{ kV} \cdot e^{j30^\circ}}{R' + jX'} = \frac{|\underline{U}_1|}{|\underline{Z}'|} \cdot e^{j(30^\circ - \arg(\underline{Z}'))}$$

$$30^\circ - \arg(\underline{Z}') \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 30^\circ - \arctan\left(\frac{X'}{R'}\right) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow X' = R' \cdot \tan 30^\circ = 5 \text{ k}\Omega \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 2,9 \text{ k}\Omega$$

$$X' = \omega L' \Rightarrow L' = \frac{X'}{\omega} = \frac{5 \text{ k}\Omega}{\sqrt{3} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ s}^{-1}} = \frac{50 \text{ }\Omega\text{s}}{\pi \cdot \sqrt{3}}$$

$$L' \approx 9,2 \text{ H} \Rightarrow L = \frac{1}{i^2} \cdot L' \approx \underline{\underline{3,7 \text{ mH}}}$$