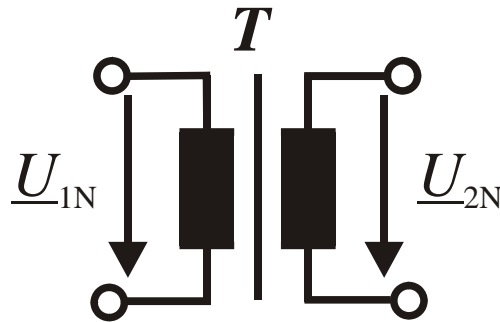


**Grundgebiete der Elektrotechnik II – Feedbackaufgabe: Transformator**
**Aufgabe 3**
**(15 Punkte)**

 Gegeben sei folgender Einphasentransformator  $T$ :


Folgende Werte sind bekannt:

$$\underline{U}_{1N} = 10 \text{ kV} \quad \underline{U}_{2N} = 400 \text{ V} \quad S_N = 400 \text{ kVA} \quad L_h = 100 \text{ H} \quad f_N = 50 \text{ Hz}$$

Beim Kurzschlussversuch werden folgende Werte gemessen:

$$P_k = 100 \text{ kW} \quad \cos \varphi_k = 0,89$$

Weiterhin gilt für die auf die Sekundärseite bezogenen Größen:

$$X''_{1\sigma} = X_{2\sigma} \ll X''_h \quad \text{und} \quad R''_1 = R_2 \ll R''_{Fe}$$

- 3.1 Zeichnen Sie das **sekundärseitig** bezogene T-Ersatzschaltbild (inklusive Übertrager) und beschriften Sie dessen Elemente.

**(2 Punkte)**

- 3.2 Bestimmen Sie die sekundärseitig bezogenen Wicklungswiderstände  $R''_1$  und  $R_2$ .

**(2 Punkte)**

- 3.3 Bestimmen Sie die sekundärseitig bezogenen Reaktanzen  $X''_{1\sigma}$ ,  $X_{2\sigma}$  und  $X''_h$ .

**(3 Punkte)**

- 3.4 Warum darf der Transformator beim Kurzschlussversuch nicht mit Nennspannung bei Nennfrequenz ( $f_N$ ) betrieben werden?

**(1 Punkt)**

- 3.5 Welcher ohmsche Widerstand darf minimal sekundärseitig angeschlossen werden, ohne den Transformator zu überlasten. (Hinweis: Beachten Sie die oben angegebenen Näherungen.)

**(4 Punkte)**

Fortsetzung auf der nächsten Seite

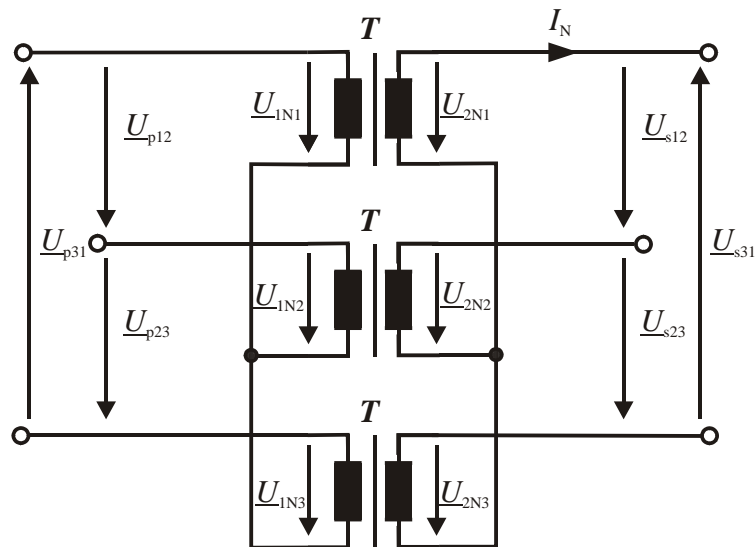
Nun werden drei identische Transformatoren wie folgt verschaltet.

Es gilt:

$$\underline{U}_{1N1} = \underline{U}_{1N}$$

$$\underline{U}_{1N2} = \underline{a} \underline{U}_{1N1}$$

$$\underline{U}_{1N3} = \underline{a^2} \underline{U}_{1N1}$$



3.6 Wie groß ist die Klemmenspannung  $\underline{U}_{s12}$  betragsmäßig?

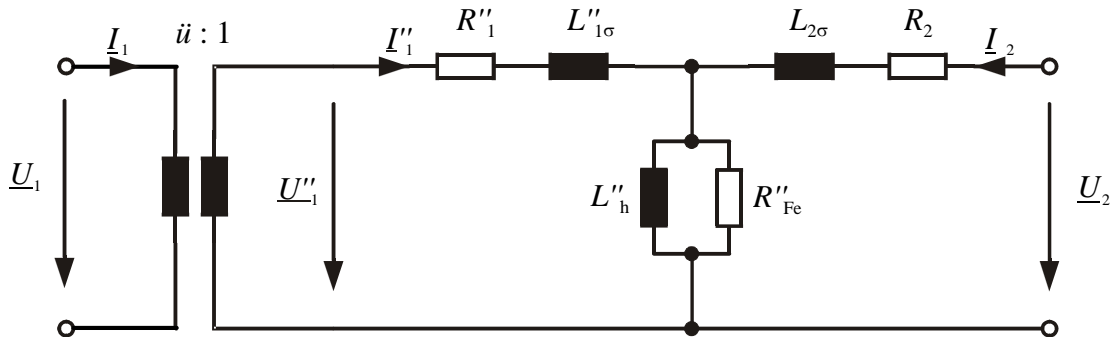
**(1 Punkt)**

3.7 Geben Sie für den so entstandenen Dreiphasentransformator die Werte für die Nennleistung  $S_N$  und den sekundärseitigen Nennstrom  $I_N$  an.

**(2 Punkte)**

**Grundgebiete der Elektrotechnik II –  
Musterlösung zur Feedbackaufgabe 3: Transformator**

**3.1**



richtig gezeichnet

**1 Punkt**

richtige Bauteilbezeichnung

**1 Punkt**

**3.2** sekundärseitigen Nennstrom bestimmen

$$S_N = U_{2N} \cdot I_{2N} \Rightarrow I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}} = \frac{400 \text{ kVA}}{400 \text{ V}} = 1000 \text{ A}$$

**1 Punkt**

$$P_k = (R'_{1\sigma} + R_2) \cdot I_{2N}^2 \Rightarrow R'_{1\sigma} + R_2 = \frac{P_k}{I_{2N}^2} = 100 \text{ m}\Omega \Rightarrow R'_{1\sigma} = R_2 = 50 \text{ m}\Omega$$

**1 Punkt**

**3.3**

$$P_k = S_k \cos \varphi_k \Rightarrow Q_k = P_k \tan \varphi_k$$

$$Q_k = S_k \sin \varphi_k$$

**1 Punkt**

$$X'_{1\sigma} + X_{2\sigma} = \frac{P_k}{I_{2N}^2} \tan \varphi_k = 51,23 \text{ m}\Omega \Rightarrow X'_{1\sigma} = X_{2\sigma} = 25,6 \text{ m}\Omega$$

**1 Punkt**

$$X''_h = \frac{\omega L}{\ddot{u}^2} = \frac{2 \pi 50 \text{ Hz } 100 \text{ H}}{\left(\frac{10000}{400}\right)^2} = 50,3 \text{ }\Omega$$

**1 Punkt**

**3.4** Im Kurzschlussversuch bei Betrieb mit Nennspannung und Nennfrequenz würde der Nennstrom überschritten. Durch den hohen Strom würden sich die Wicklungen so stark erwärmen, dass sie schmelzen könnten und der Transformator somit zerstört würde.

**1 Punkt**

**3.5** Aufgrund der Näherungen in der Aufgabenstellung kann für diesen Betriebsfall das Kurzschlussersatzschaltbild zur Berechnung herangezogen werden. Ohne Überlastung des Transformators bedeutet, dass maximal Nennstrom fließen darf.

$$S_N = \frac{(U_{2N})^2}{|Z|} \quad 1 \text{ Punkt}$$

$$|Z| = \sqrt{(R''_1 + R_2 + R_{\text{Last}})^2 + (X''_{1\sigma} + X_{2\sigma})^2} \quad 1 \text{ Punkt}$$

$$(R''_1 + R_2 + R_{\text{Last}})^2 + (X''_{1\sigma} + X_{2\sigma})^2 = \frac{(U_{2N})^4}{S_N^2} \quad 1 \text{ Punkt}$$

$$R_{\text{Last}} = \sqrt{\frac{(U_{2N})^4}{S_N^2} - (X''_{1\sigma} + X_{2\sigma})^2} - (R''_1 + R_2) = 0,297 \, \Omega \quad 1 \text{ Punkt}$$

**Der so entstandene Dreiphasentransformator ist sowohl primärseitig als auch sekundärseitig im Stern verschaltet.**

$$3.6 \quad U_{s12} = \sqrt{3} U_{sN} = 693 \, \text{V} \quad 1 \text{ Punkt}$$

$$3.7 \quad S_{N_{3\text{ph}}} = 3 S_{N_{1\text{ph}}} = 1,2 \, \text{MVA} \quad 1 \text{ Punkt}$$

Der Nennstrom bleibt konstant, da aufgrund der Sternschaltung an jedem einzelnen Transformator die gleiche Spannung wie zuvor anliegt.

$$I_N = 1000 \, \text{A} \quad 1 \text{ Punkt}$$

**$\Sigma$  15 Punkte**