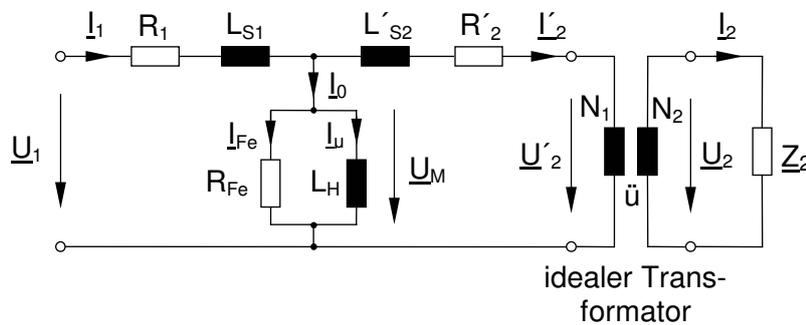


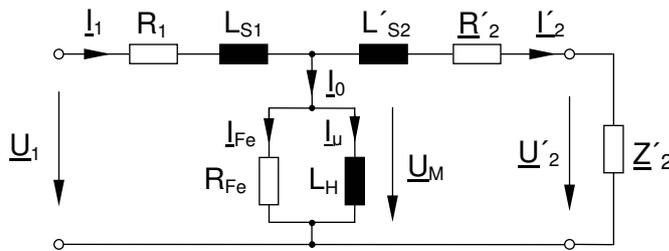
Ein realer Transformator unterscheidet sich von einem idealen Transformator dadurch, dass seine Übersetzung Fehlereinflüssen unterworfen ist. Diese sind bedingt durch die ohmschen Widerstände der Bewicklungen, die nichtideale Flussverketzung der einzelnen Spulen, den Magnetisierungsstrombedarf des Kernmaterials und dessen Eisenverluste. Im Ersatzschaltbild für einen Zwei-Wicklungs-Transformator (abgeleitet in dem Kapitel „Selbst- und Gegeninduktion“) erscheinen sie als

- R_1, R_2 (Wicklungswiderstände),
- L_{S1}, L_{S2} (Streuinduktivitäten),
- L_H (Hauptinduktivität) und
- R_{Fe} (Ersatzwiderstand für die Eisenverluste)

Vollständiges Transformator-Ersatzschaltbild



Zur Verwendung in einem Netzwerk ist es oft übersichtlicher, die Darstellung der galvanischen Trennung wegzulassen, indem auch der Belastungswiderstand Z_2 auf die Primärseite übersetzt wird:



Übersetzungsvorschrift:

$$L_{S2}' = L_{S2} \cdot \ddot{u}^2$$

$$R_2' = R_2 \cdot \ddot{u}^2$$

$$I_2' = I_2 / \ddot{u}$$

$$\underline{U}_2' = \underline{U}_2 \cdot \ddot{u}$$

$$\underline{Z}_2' = \underline{Z}_2 \cdot \ddot{u}^2$$

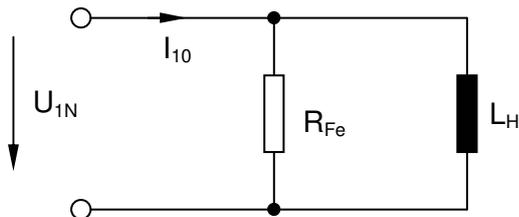
mit $\ddot{u} = \frac{N_1}{N_2}$

Messmethode zur Ermittlung der Elemente der Ersatzschaltung

1. Leerlaufversuch

Im Leerlauf des Transformators wird die Nennspannung U_{1N} angelegt und es fließt nur der Strom $I_1 = I_0 = I_{Fe} + I_{\mu}$. Dieser verhältnismäßig kleine Strom verursacht auch einen verhältnismäßig kleinen Spannungsabfall an den Elementen R_1 und L_{S1} , so dass man näherungsweise behaupten kann: $U_M = U_{1N}$. Dies bedeutet nun aber, dass der Leerlaufstrom $I_1 = I_0$ einen unmittelbaren Schluss auf R_{Fe} und L_H zulässt.

Es ergibt sich das folgende vereinfachte Ersatzschaltbild:



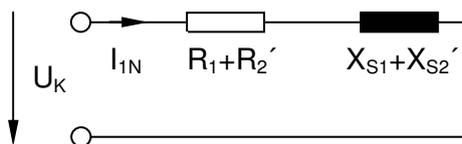
Zu messen sind bei $U_1 = U_{1N}$:

- a) Leerlaufstrom I_{10}
- b) Leistungsaufnahme P_{10}

Auswertung: $R_{Fe} = \frac{U_N^2}{P_{10}}$ und mit $S_{10} = U_{1N} \cdot I_{10}$ und $Q_{10} = \sqrt{S_{10}^2 - P_{10}^2}$: $X_{LH} = \frac{U_{1N}^2}{Q_{10}}$ und $L_H = \frac{X_{LH}}{2\pi f}$

2. Kurzschlussversuch

Im sekundären Kurzschluss des Transformators wird die anliegende Spannung U_1 gerade so groß gewählt, dass der aufgenommene Strom I_1 dem Nennstrom I_{1N} entspricht. Dabei ist die an den Elementen R_{Fe} und L_H wirksame Spannung verhältnismäßig klein, so dass der durch sie fließende Strom vernachlässigbar ist. Es ergibt sich für diesen Fall ein weiteres vereinfachtes Ersatzschaltbild:



Zu messen sind bei $I_1 = I_{1N}$:

- a) Kurzschlussspannung U_K
- b) Leistungsaufnahme P_K
- c) Sekundärstrom I_{2K}

Auswertung: 1.) Übersetzung $\ddot{u} = \frac{I_{2K}}{I_{1N}}$

Das Stromverhältnis bildet die Übersetzung genauer ab als das Spannungsverhältnis

2.) $R_1 + R_2' = \frac{P_K}{I_{1N}^2}$

3.) $S_{1K} = U_{1K} \cdot I_{1N}$ und $Q_{1K} = \sqrt{S_{1K}^2 - P_{1K}^2}$: $X_{S1} + X_{S2}' = \frac{Q_K}{I_{1N}^2}$

Bei normal dimensionierten Transformatoren ergibt sich: $R_1 = R_2'$ und $X_{S1} = X_{S2}'$ und daraus

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_K}{I_{1N}^2} \quad R_2 = \frac{1}{2\ddot{u}^2} \cdot \frac{P_K}{I_{1N}^2} \quad X_{S1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_K}{I_{1N}^2} \quad X_{S2} = \frac{1}{2\ddot{u}^2} \cdot \frac{Q_K}{I_{1N}^2}$$