

Zusammenfassung zur Übung 6

ELEKTROENERGIESYSTEME

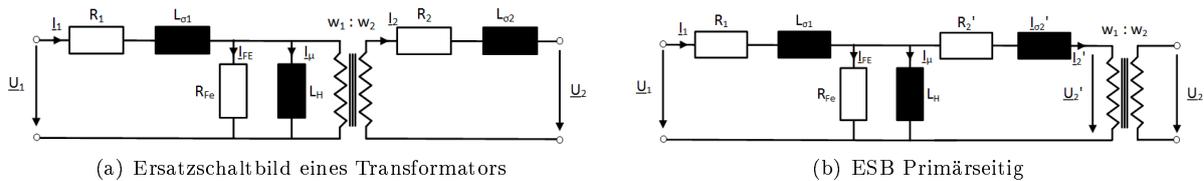
Aufgaben 14 bis 16

1) Transformator - ESB

Der Transformator ist ein elektrisches Betriebsmittel mit magnetisch gekoppelten Stromkreisen. Er ermöglicht die Übertragung von elektrischer Energie bei hohen Spannungen, d.h. mit niedrigen Verlusten ($P_V \propto I^2$). Bei Volltransformatoren sind die Spulenwicklungen nur magnetisch über den Eisenkern gekoppelt, um eine Potentialtrennung (**galvanische Trennung**) zu erreichen.

Hauptaufgabe des Transformators ist die Erhöhung bzw. Verringerung von Wechselspannungen und Wechselströmen. Die Wicklung mit der höheren Spannung wird als Oberspannungswicklung (OS), jene mit der niedrigeren Spannung als Unterspannungswicklung (US) bezeichnet. Verwendung finden auch die Begriffe Primär- und Sekundärspannungswicklung.

Ein Transformator lässt sich in folgendem T-Ersatzschaltbild (umgerechnet auf die definierte Primärseite) darstellen. Dabei sind R_1, R_2 die Kupferverluste der OS- und US-Wicklungen, $L_{\sigma 1}, L_{\sigma 2}$

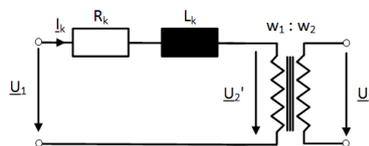


die Streuinduktivitäten, L_H die Hauptinduktivität und R_{Fe} die Eisenverluste (Wirbelstrom- und Hystereseverluste). Die galvanische Trennung wird durch den nachgeschalteten idealen Übertrager mit dem Übertragungsverhältnis $\ddot{u} = \frac{w_1}{w_2}$ dargestellt (**Achtung:** \ddot{u} kann auch als $\frac{w_2}{w_1}$ definiert sein).

Für die Umrechnung auf die Primärseite gilt:

$$R'_2 = \ddot{u}^2 \cdot R_2 \quad L'_{\sigma 2} = \ddot{u}^2 \cdot L_{\sigma 2} \quad U'_2 = \ddot{u} \cdot U_2 \quad I'_2 = \frac{I_2}{\ddot{u}}$$

2) Kurzschlussimpedanz und relative Kurzschlussspannung



In der Energietechnik sind in der Regel R_{Fe} und L_H vernachlässigbar. Es bleibt das vereinfachte Ersatzschaltbild mit der Kurzschlussimpedanz:

$$\underline{Z}_k = (R_1 + R'_2) + j\omega(L_{\sigma 1} + L'_{\sigma 2}) = R_k + j\omega L_k$$

Die relative Kurzschlussspannung ist eine wichtige Kenngröße des Transformators.

$$u_k = \frac{U_k}{U_{1N}}$$

bei der U_k die Spannung bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung ist, welche an die Primärseite angelegt werden muss damit sekundärseitig Nennstrom fließt. Man beachte hierbei, dass U_{1N} die Nenn-Sternspannung des Systems darstellt.

Mit der relativen Kurzschlussspannung, der Scheinleistung (S_N) und der Nennspannung (U_N) lässt sich ebenfalls die Kurzschlussimpedanz bestimmen:

$$Z_k = u_k \frac{U_N^2}{S_N}$$

3) Dreiwicklungstransformator

Bei einem Drehstromtransformator ist das Übersetzungsverhältnis $\underline{ü}$ eine komplexe Größe. Abhängig von der Dreiphasengrundschtaltung der Ober- und Unterspannungswicklung kann das US-Drehspannungssystem dem Drehspannungssystem der OS naheilen und zwar um ein ganzzahliges Vielfaches k von 30° . Es gilt also:

$$\frac{U_{OS}}{U_{US}} = \underline{ü} = \ddot{ü} \cdot e^{j\varphi}$$

mit $\varphi = k \cdot 30^\circ$ und

$$\frac{I_{OS}}{I_{US}} = \frac{1}{\underline{ü}^*}$$

Der Betrag der Übersetzung $\ddot{ü}$ ergibt sich für die einzelnen Schaltgruppen gemäß folgender Tabelle:

Schaltung	Yy	Yd	Yz	Dd	Dy	Dz
$\ddot{ü}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\sqrt{3} \frac{w_1}{w_2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{w_1}{w_2}$	$\frac{1}{3} \frac{w_1}{w_2}$

4) Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_V} = 1 - \frac{P_V}{P_{ab} + P_V}$$

mit

$$P_{ab} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I \cdot \cos(\varphi) = k \cdot S_N \cdot \cos(\varphi)$$

$$P_V = P_0 + k^2 P_k$$

hierbei ist k der Lastfaktor, P_0 die Leerlaufverlustleistung und P_k die Kurzschlussverlustleistung.