

**Messungen
an
Hochspannungs-
Transformatoren**

**Mitteilungen aus dem
Institut für Umwelttechnik
Nonnweiler - Saar
Dr. Schau
DL3LH**

Bei Röhrendstufen ist für erlaubte Leistungen eine hohe Betriebsspannung U_b im Kilo-Volt-Bereich erforderlich [1]. Diese Hochspannung wird meistens mit einem Netz-Transformator und entsprechender sekundärer Hochvoltwicklung mit nachfolgender Gleichrichtung erzeugt.

Beim Selbstbau von Endstufen hat so mancher ungewollt Bekanntschaft mit einer hohen Gleichspannung gemacht und wurde ruckartig davon überzeugt, dass es besser ist eine Hand in der Tasche zu lassen.

Bei kleiner Streuung verhalten sich Primär- und Sekundärspannung eines Trafos angenähert wie die Windungszahlen der beiden Spulen $U_1/U_2 \approx N_1 / N_2$.

Zweck des Umspanners ist es eine elektrische Leistung $P_1 = U_1 * I_1$ bei gegebener Spannung U_1 , möglichst verlustlos mit einem anderen Spannungsniveau U_2 auf einen Verbraucher zu übertragen, so dass angenähert $P_1 \approx P_2$ gilt, oder auch $U_1 * I_1 \approx U_2 * I_2$. Daraus folgt, dass sich die Ströme angenähert umgekehrt wie die zugehörigen Spannungen verhalten $I_1 / I_2 \approx U_2 / U_1$.

Die Sekundärspule arbeitet mit der induzierten Spannung auf einen Verbraucherwiderstand Z_2 und wird vom Wechselstrom $I_2 = U_2 / Z_2$ durchflossen. Das durch I_2 dabei entstehende Magnetfeld schwächt nach der „Lenzschen Regel“ das ursprüngliche Magnetfeld. Dabei sind sekundärer und primärer Strom annähernd in Gegenphase.

Aus der Größe des Kernes ergibt sich die übertragbare Leistung (VA) und der sekundäre Nennstrom I_n .

Will man Messungen an einem Hochvolttransformator durchführen, ist Vorsicht angesagt. Die Messung der primären und sekundären Spannung macht im Allgemeinen keine Schwierigkeiten, wenn ein Wechselspannungs-Voltmeter mit einem entsprechenden Messbereich zur Verfügung steht.

Bei sekundären Spannungen über 1000 V gelangen die handelsüblichen Voltmeter schon an ihre Grenzen. Dabei reichen Voltmeter mit einem Spannungsbereich von 250 V allemal aus, wenn man eine andere Messtechnik verwendet.

Von großem Interesse ist weiterhin der Rückgang der sekundären Hochspannung unter Belastung. Dieser Spannungsabfall kann in einfacher Weise und ganz ungefährlich ermittelt werden. Dazu sind ein einfacher Stelltransformator, meist ein Spartransformator entsprechender Leistung und ein Amperemeter für 50 Hz erforderlich.

Bei kurzgeschlossener Hochspannungwicklung wird die primäre Spannung mit dem Stelltransformator so weit erhöht, bis sekundärseitig der Nennstrom I_n fließt. Die am Stelltransformator eingestellte Spannung bzw. die mit einem Voltmeter gemessene primäre Spannung ist bis auf wenige Prozent die Spannung, die bei Belastung der Hochspannungwicklung mit der Nennlast als Spannungsabfall vorhanden ist. Das Verfahren

entspricht der Ermittlung des „Kappschen Dreiecks“ [2].

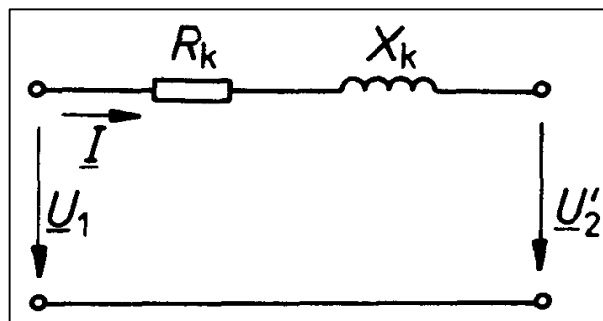


Bild 1 Vereinfachtes Ersatzbild eines Netztrafos

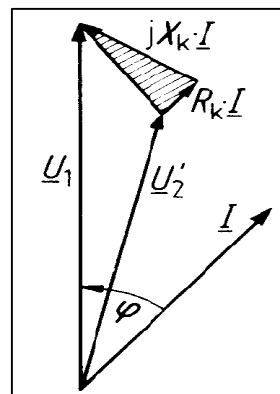


Bild 2: Zeigerdiagramm des vereinfachten Ersatzbildes mit dem „Kappschen Dreieck“

Wie dem Zeigerdiagramm und dem vereinfachten Ersatzbild entnommen werden kann ist bei $U_2' = 0$, U_1 die Spannung, die über den Trafoersatzgrößen abfällt.

Beispiel 1

Ein Netztransformator für eine Endstufe habe eine sekundäre Hochspannungwicklung. Mit einem Stelltransformator wird bei Leerlauf der Sekundärseite eine Sekundärspannung von $U_2 = 200$ Volt eingestellt. Die primäre Spannung am Stelltransformator wird gemessen und beträgt z.B. $U_1 = 20$ V. Das Spannungsverhältnis ist $\ddot{u} = 200 : 20 = 10$. Mit diesem Verhältnis kann die tatsächliche Spannung bei Betrieb mit 230 V berechnet werden. Es ergibt sich aus einem einfachen Dreisatz die sekundäre Leerlaufspannung Spannung zu $U_2 = 10 * 230$ V = 2300 V.

Hat man für den einfachen Spannungstest keinen Stelltransformator zu Verfügung, kann auch der Transformator für die Heizung der Röhre mit 5, 6.3, 10 oder 12.6 V oder eine beliebige kleine Spannung verwendet werden. Da der Test im Leerlauf verläuft, ist keine große Leistung erforderlich.

Wird z.B. die Heizspannung für eine GS35B $U = 5$ V verwendet, wäre die Ausgangsspannung $U_{2L} = 50$ V und das Verhältnis ebenfalls $\ddot{u} = 10$.

Da der Umspanner reziprok ist, kann die Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses auch mit vertauschten Klemmen erfolgen. Man speist auf der Hochspannungsseite ein und misst die Leerlaufspannung am anderen Klemmenpaar – also an der eigentlichen Primärseite.

Beispiel 2

Der in Beispiel 1 genannte Netztransformator habe nach der Größe des Kernes (400 VA) einen Nennstrom der sekundären Wicklung von $I_n = 0,2 \text{ A}$. Um den Spannungsabfall der sekundären Spannung bei Nennlast zu ermitteln, schließen wir die sekundäre Wicklung kurz und verbinden die Primärwicklung (230 V Seite) mit einem Stelltransformator. In die Sekundärwicklung schleifen wir ein Wechselstrom-Amperemeter ein und erhöhen die Spannung am Stelltransformator von Null beginnend so lange, bis sekundär der Nennstrom von $I_n = 200 \text{ mA}$ fließt.

Bei einem Übersetzungsverhältnis 1: 10 ist der primäre Strom ungefähr $I_1 = 10 * 200 \text{ mA} = 2,0 \text{ A}$, der natürlich auch mit einem Amperemeter gemessen werden kann.

Wir messen die Eingangsspannung zu 200 V. Diese primär gemessene Spannung ist der Spannungsabfall der sekundären Spannung bei Nennlast $I_2 = 200 \text{ mA}$.

Die Scheinleistung beträgt $P_s = 200 \text{ V} * 2,0 \text{ A} = 400 \text{ VA}$. Die Leerlaufspannung $U_{20} = 2300 \text{ V}$ verkleinert sich bei Nennlast durch die inneren Widerstände und Blindelemente auf $U_{2L} = 2300 \text{ V} - 200 \text{ V} = 2100 \text{ V}$. Mit dem Formfaktor für sinusförmigen Größen ergibt sich unter Nennlast eine mittlere Gleichspannung von $U_{\text{m}} = 0,637 \sqrt{2} * U_2 = 0,9 * 2100 \text{ V} = 1891 \text{ V}$.

Wir haben mit dieser einfachen Methode - ganz ungefährlich - den Spannungsabfall auf der Hochspannungsseite und das Übersetzungsverhältnis des Netztransformators \ddot{u} ermittelt.

Da es diese Messtechnik erlaubt mit relativ niedrigen Spannungen zu arbeiten, ist die Gefahr im Umgang mit hohen Spannungen reduziert.

Achtung:

Es soll nicht darüber hinweg täuschen, dass Spannungen oberhalb von 50 Volt nach VDE als gefährlich und lebensbedrohend eingestuft werden. Vorsichtiges handeln ist immer angebracht. Also OM's, isolierte Meßspitzen verwenden und immer eine Hand in der Hosentasche.

DL3LH, Walter
wa-schau@t-online.de
www.heide-holst.de



Literatur:

- /1/ **Theoretische Grundlagen von Leistungsendstufen, Teil I, DL3LH**
- /2/ **Stromwandler für HF, DL3LH**
- /3/ **Balune für Kurzwellen 1 - 3**

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.