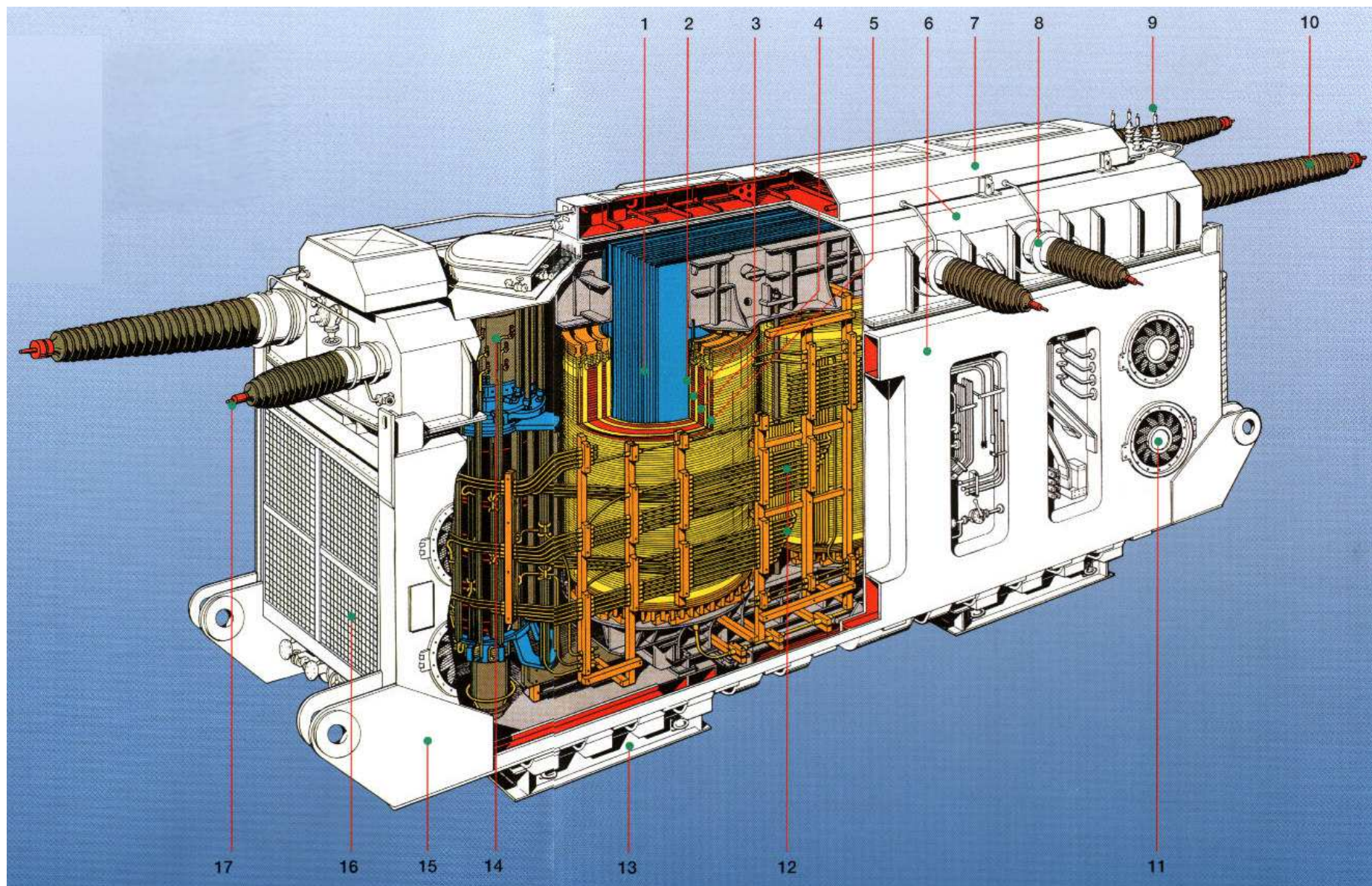


Drehstrom- Transformatoren



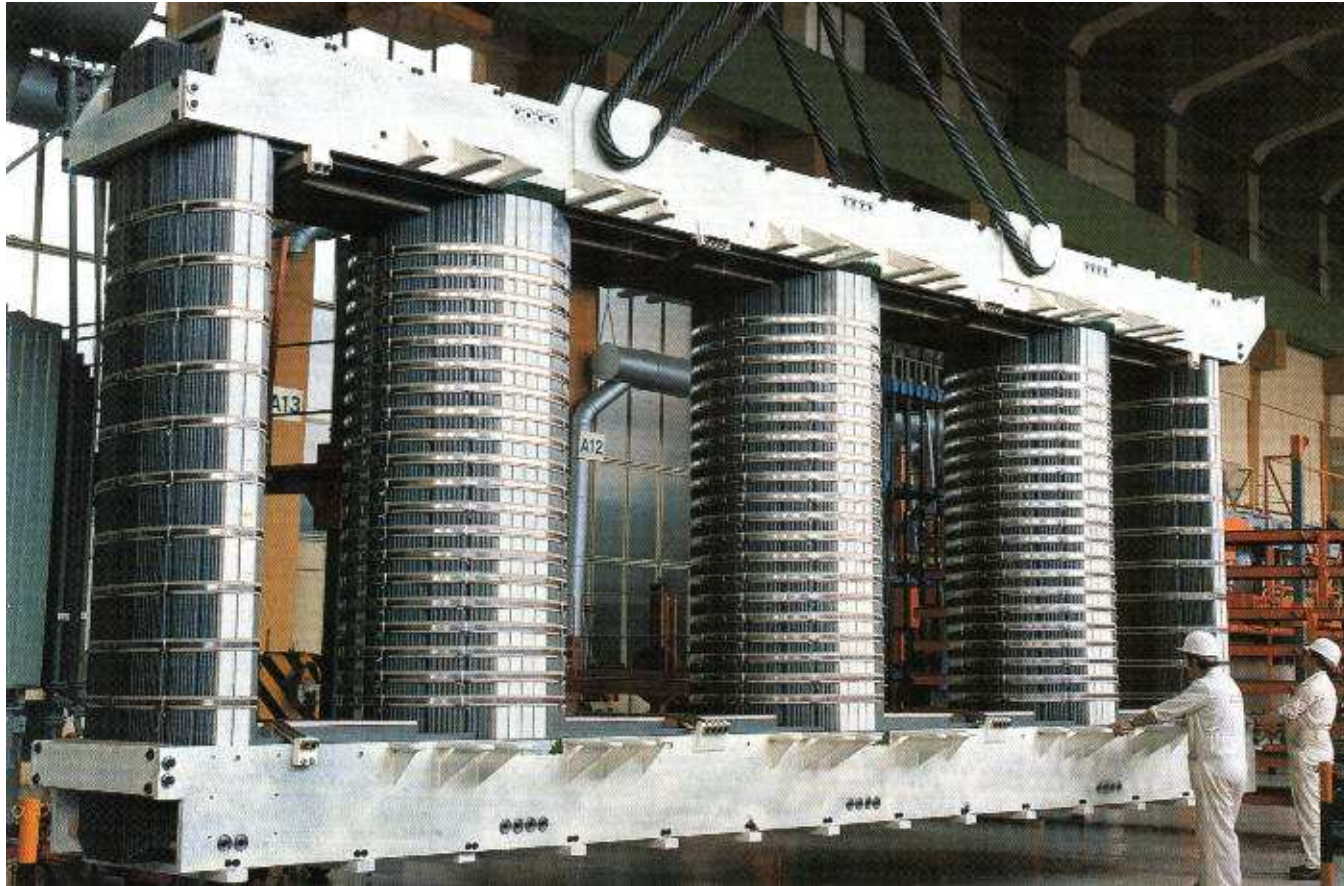
1 – Kern
 2,3,4,5 Wicklung
 6 – Kessel

7 – Ölausdehnungsgefäß
 8,9,10,17 Durchführungen (OS,MS,US,St)
 11 – Lüfter

12 – OS-Regelableitung
 14 – Stufenschalter
 16 – Ölkühlanlage



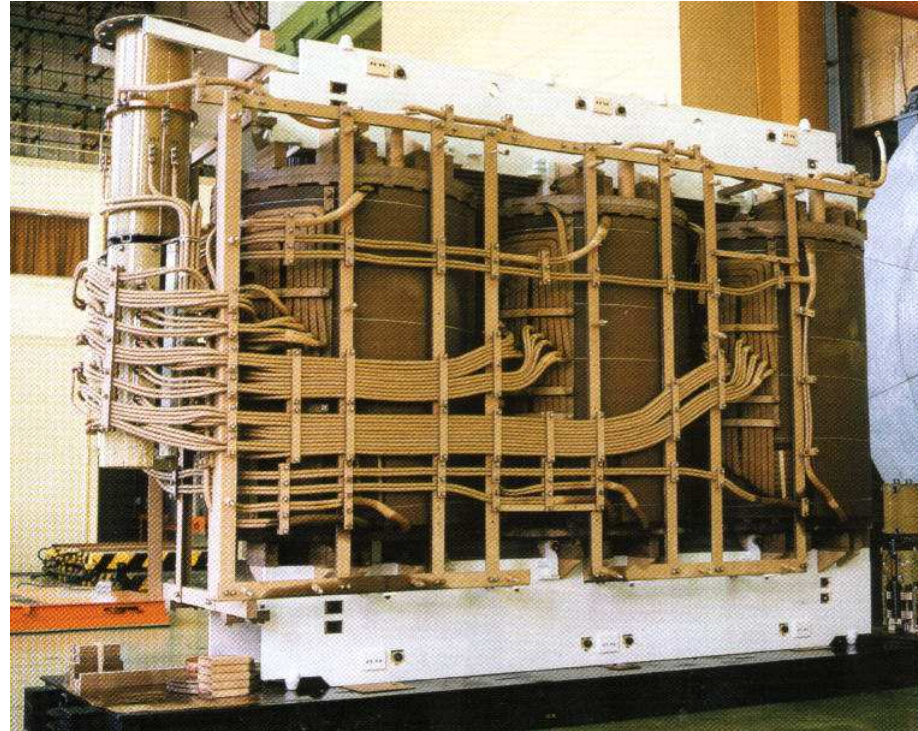
Kerne bestehen aus Einzelblechen, die in jeder Lage unter einem Winkel von 45° aneinander stoßen



Säulendurchmesser bis zu 1,5 m (Gewicht 260 t) bei Blechdicken von 0,3 mm (gegeneinander isoliert)



papierisolierte Wicklung
mit Distanzstücken zur
besseren Isolierung und
Kühlung



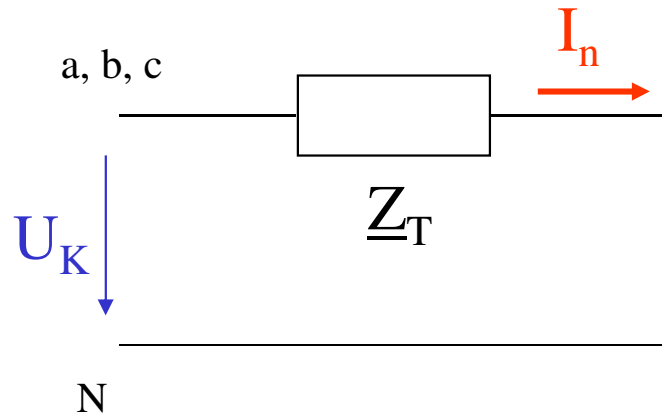
Aktivteil mit Anzapfleitungen und
Stufenschaltwerk

Typenschild eines Drehstromtransformators

Leiter-Leiter-Spannung		Schaltgruppe	
Nennspannung:		10 kV OS / 0,4 kV US	
Nennleistung	$S_n = 630 \text{ kVA}$	Dy(n) 5	
Anzapfungen:		$\pm 2 \times 2,5 \%$	
Umsteller auf der OS-Seite			
Leerlaufverluste	$P_0 = 800 \text{ W}$	$P_K = 6,75 \text{ kW}$	Kurzschlussverluste
Kurzschluss- spannung	$u_K = 6 \%$	$\eta = 0,98$	Wirkungsgrad
Geräuschpegel	60 dB	Gewicht gesamt / Öl	
		1930 kg / 280 kg	

alle Angaben gelten für S_n

Kenngrößen vereinfachtes Ersatzschaltbild



$$Z_T = \frac{U_K}{I_n}$$

mit $u_K = \frac{U_K}{U_n / \sqrt{3}}$

und $S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n$

$$Z_T = \frac{u_K \cdot U_n^2}{S_n}$$

Betrag der
Trafo-Impedanz

Wicklungsverluste $P_{Kn} = 3 \cdot I_n^2 \cdot R_T$

→ Ermittlung der Impedanz

$$\underline{\mathbf{Z}}_T = \mathbf{R}_T + \mathbf{jX}_T$$

$$\frac{P_K}{P_{Kn}} = \frac{3 \cdot I^2 \cdot R_T}{3 \cdot I_n^2 \cdot R_T} \rightarrow P_K = P_{Kn} \cdot \left(\frac{I}{I_n} \right)^2$$

$$P_V = P_0 + P_K$$

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

Verluste und Wirkungsgrad eines Transformators sind lastabhängig !

Übung

belasteter Drehstromtransformators (mit PV-Einspeisung)

Nennspannung: 10 kV OS / 0,4 kV US	
$S_n = 630 \text{ kVA}$	Dy(n) 5
Anzapfungen: $\pm 2 \times 2,5 \%$	
$P_0 = 800 \text{ W}$	$P_K = 6,75 \text{ kW}$
$u_K = 6 \%$	$\eta = 0,98$
60 dB	1930 kg / 280 kg

1. Ermitteln Sie folgende Größen des Transformators:
Nennstrom, Impedanz (R und X) jeweils für die
Ober- und Unterspannungsseite.

2. Der Transformator wird unterspannungsseitig

a) mit I_n und $\cos\varphi = 0,7$ ind. belastet

b) mit $0,5I_n$ und $\cos\varphi = 1$ belastet

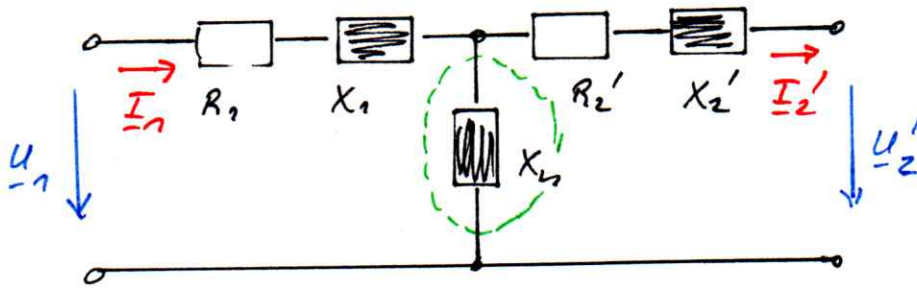
c) mit $0,8I_n$ reinen Wirkstrom eingespeist (PV)

Geben Sie für die 3 Fälle die Spannung \underline{U}_1 nach Betrag
und Winkel (mit Zeigerbild) an unter der Annahme, dass
am sekundären Anschlusspunkt des Trafos die
Nennspannung anliegt.

3. Ermitteln Sie den Laststrom (I und $\cos\varphi$), bei dem
Ein- und Ausgangsspannung ($\underline{U}_1, \underline{U}_2'$) betragsmäßig
gleich groß werden (U_n).

Drehstrom-Transformator Teil 2

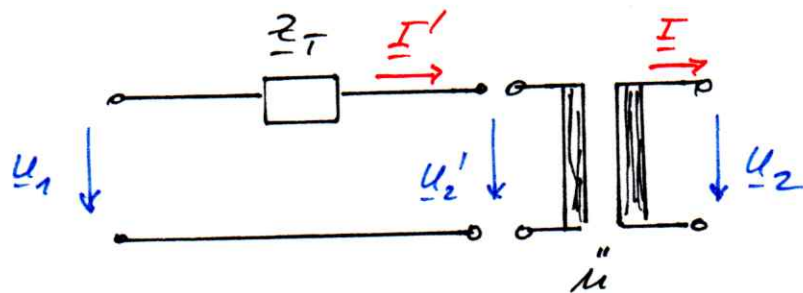
das vereinfachte Ersatzschaltbild



Für den belasteten Transformator gilt folgende Überlegung: Die hochohmige Quergröße X_m fließt gegenüber den Lastströmen einen vernachlässigbar kleinen Strom \Rightarrow folgende Vereinfachung:

$$X_m \rightarrow \infty$$

Reihenschaltung von $R_1 + jX_1 + R_2' + jX_2' = \underline{Z}_{\text{Trafo}}$



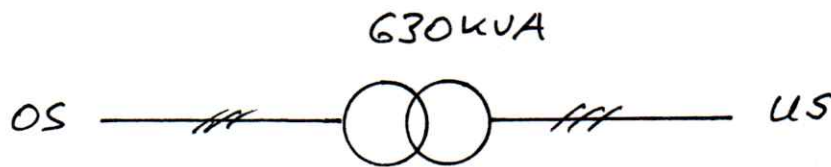
Wenn wie in meinem Bild der ideale Wandler mit dem Übersetzungsverhältnis n sich auf der Sekundärseite befindet, sind alle Größen des Ersatzschaltbildes auf die Primärseite bezogen, also auch \underline{Z}_T !

Auf dem Typenbild eines Transformators steht die relative (auf die Nennspannung bezogene) Kurzschlussspannung u_k .

Wie man daraus die Trafo-Impedanz \underline{Z}_T ermittelt ist aus den Folien ersichtlich.

Lösung vereinfachtes ESB DS-Trafo

1)



$$U_{nos} = 10 \text{ kV}$$

$$U_{nus} = 0,4 \text{ kV}$$

$$I_{nos} =$$

$$I_{nus} =$$

$$Z_{Tos} =$$

$$Z_{Tus} = 0,06 \cdot \frac{(400 \text{ V})^2}{630 \text{ kVA}} = 15,24 \text{ m}\Omega$$

$$R_{Tos} =$$

$$R_{Tus} =$$

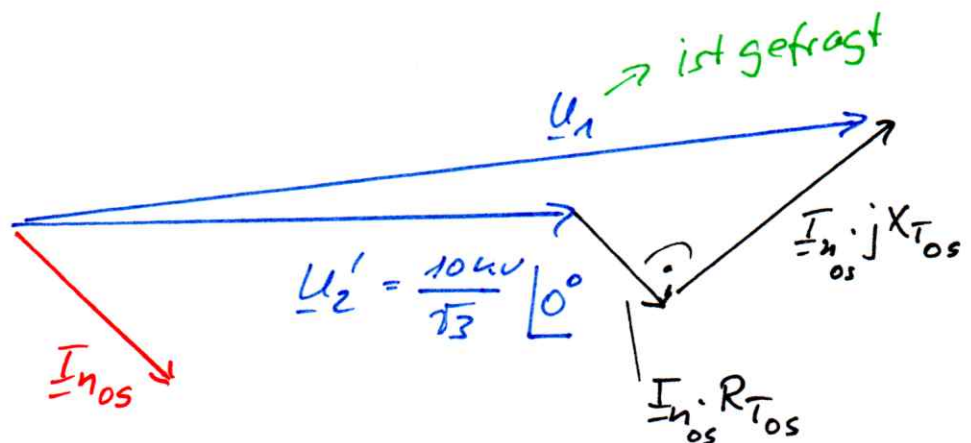
$$X_{Tos} =$$

$$X_{Tus} =$$

Der ideale Wandler befindet sich auf der Sekundärseite

Der ideale Wandler befindet sich auf der Primärseite

- 2) Nun muss man sich entscheiden, ob man mit OS oder US weiter rechnet
Ich habe OS gewählt.
Hier das qualitative Zeigerbild für Aufgabe a)



analog b) und c) mit veränderten Strömen

- 3) Fragestellung umgekehrt, gesucht ist I .