

Schaltzeichen und Schaltgruppen

Für die elektrische Verschaltung der drei Ober- und Unterspannungswicklungen besteht eine Vielzahl von Möglichkeiten. Diese sind in der VDE0532 zusammengestellt. Die Darstellung der Wicklung erfolgt gemäß Bild 8.3-1.

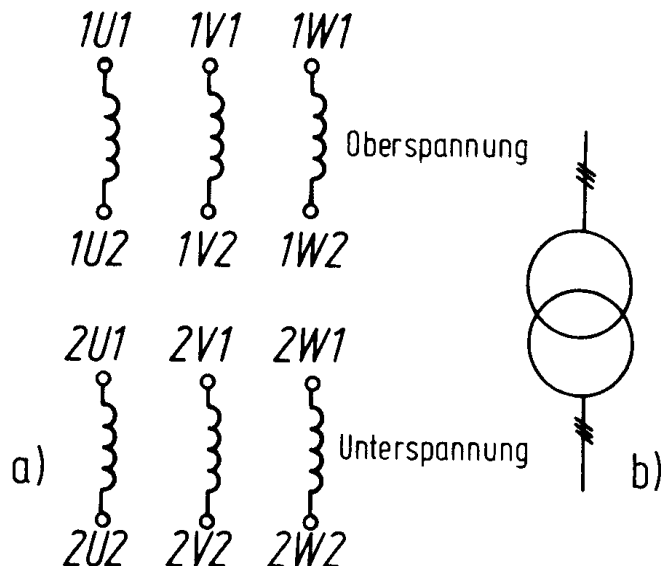


Bild 8.3-1: Schaltzeichen von Drehstromtransformatoren
a) Anschlussbezeichnungen,
b) Kurzzeichen

Die Kennzeichnung der Schaltung erfolgt für die Oberspannung mit großen und für die Unterspannung mit kleinen Buchstaben, wobei für die Stern-, Dreieck- und Zickzackschaltung die Zeichen Y/y, D/d und Z/z verwendet werden. Zur Kennzeichnung eines herausgeführten Sternpunktleiters wird der Buchstabe N/n benutzt, z. B. YNd oder Yzn.

Die Phasenlage der Spannungssysteme von Ober- und Unterlage wird in Vielfachen von 30° angegeben (Bild 8.3-2).

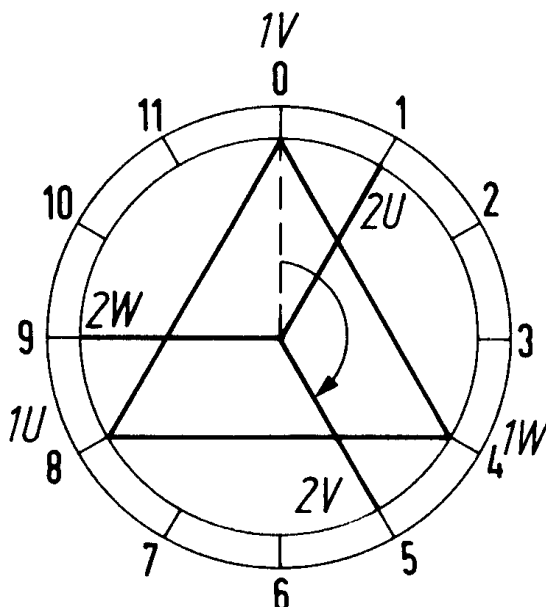


Bild 8.3-2: Festlegung der Kennzahl einer Schaltgruppe

1	2	3		4		5	6
Bezeichnung		Zeigerbild		Schaltungsbild **		Über- setzung $U_1 : U_2$	Frühere Bezeich- nung
Kenn- zahl	Schalt- gruppe	OS	US	OS	US		
0	D d 0					$\frac{N_1}{N_2}$	A 1
	Y y 0					$\frac{N_1}{N_2}$	A 2
	D z 0					$\frac{2 N_1}{3 N_2}$	A 3
5	D y 5					$\frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	C 1
	Y d 5					$\frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$	C 2
	Y z 5					$\frac{2 \cdot N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	C 3
6	D d 6					$\frac{N_1}{N_2}$	B 1
	Y y 6					$\frac{N_1}{N_2}$	B 2
	D z 6					$\frac{2 \cdot N_1}{3 \cdot N_2}$	B 3
11	D y11					$\frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	D 1
	Y d11					$\frac{\sqrt{3} \cdot N_1}{N_2}$	D 2
	Y z11					$\frac{2 \cdot N_1}{\sqrt{3} \cdot N_2}$	D 3

Bild 8.3-3: Schaltgruppen und Übersetzungsverhältniss von Drehstromtransformatoren

Unsymmetrische Belastung

Der Drehstromtransformator kann bei symmetrischer Belastung aller drei Stränge wie drei Einphasentransformatoren betrachtet werden (Einphasiges Ersatzschaltbild). Die Durchflutung (Amperewindungen) des Laststromes wird zu jedem Zeitpunkt durch den Primärstrom kompensiert (Bild 8.3-4).

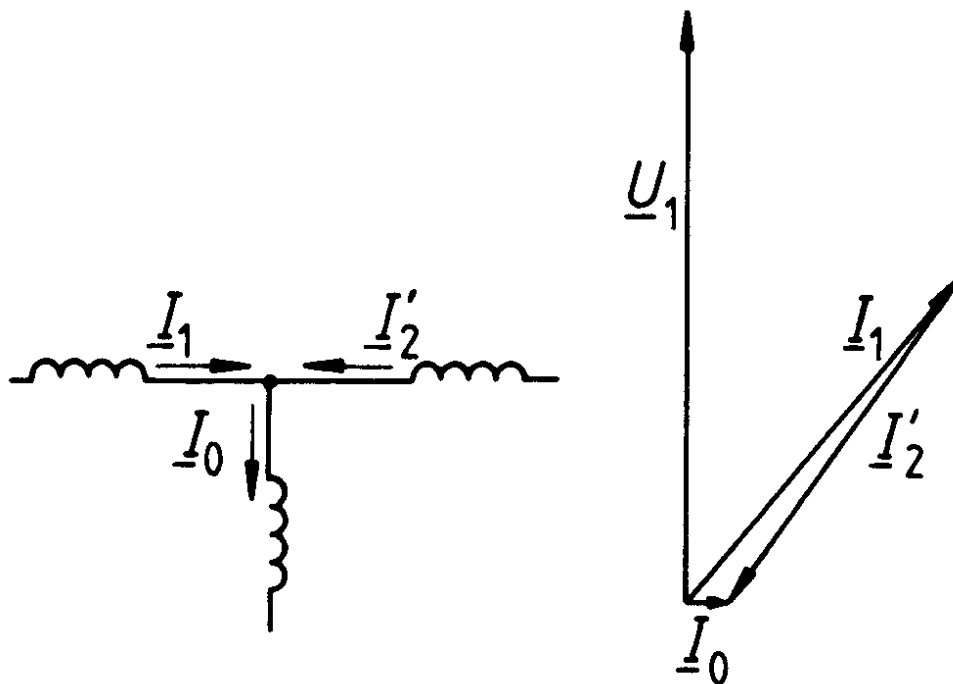


Bild 8.3-4:
Laststrom-
kompensation

Die zweisträngige Belastung (Bild 8.3-5) stellt ebenfalls einen symmetrischen Betriebspunkt dar, da der Sekundärstrom in den zwei Strängen durch den entsprechenden Strom in den Primärwicklungen kompensiert werden kann. Der dritte Strang ist stromlos.

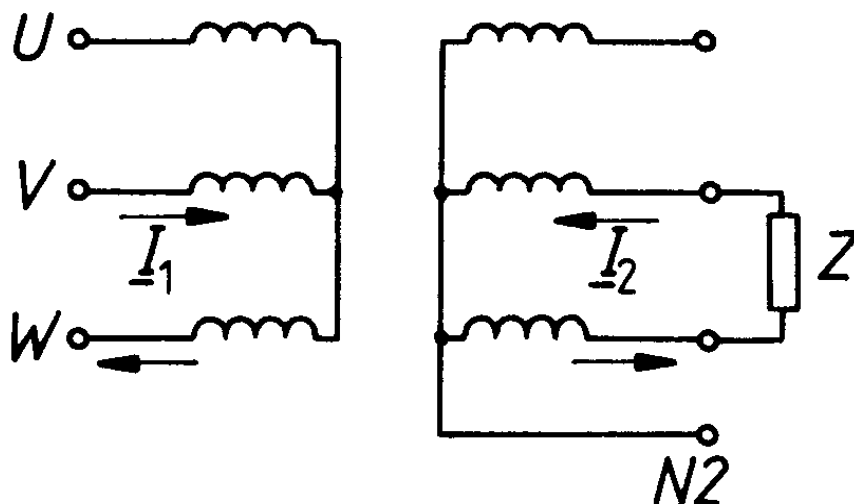


Bild 8.3-5:
Zweisträngige
Belastung bei
Schaltgruppe Yyn

Eine einsträngige Belastung im Sekundärkreis erzwingt bei fehlendem Nullleiter im Primärkreis gleichphasige Primärströme in allen drei Strängen (Bild 8.3-6). Diese wiederum erzeugen einen gleichphasigen Zusatzfluss in allen drei Schenkeln des Transformators (Bild 8.3-7).

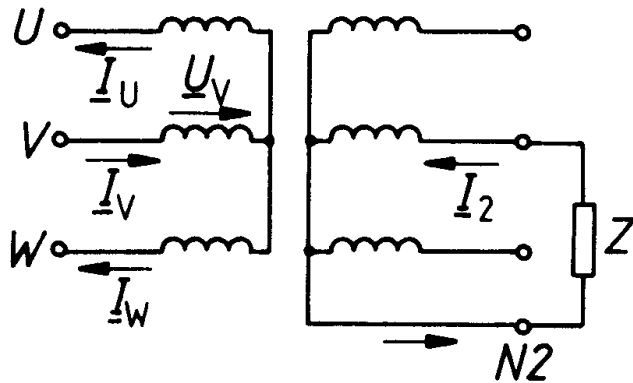


Bild 8.3-6: Einsträngige Belastung bei Yyn

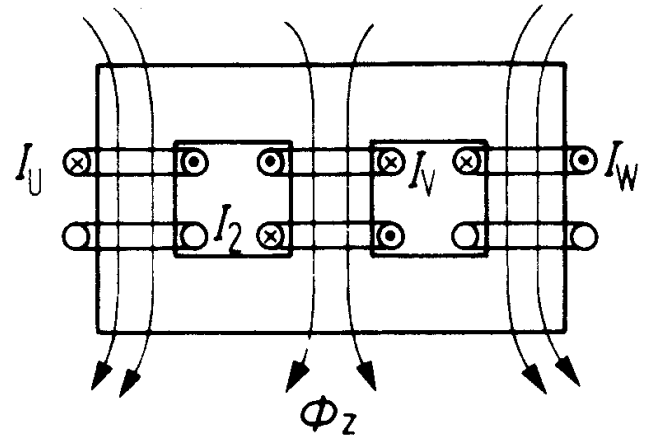


Bild 8.3-7: Gleichphasiger Zusatzfluss infolge einsträngiger Belastung

Knotenpunktregel auf die Primärseite in Bild 8.3-6 angewendet:

$$\underline{I}_U - \underline{I}_V + \underline{I}_W = 0.$$

Durchflutungsgesetz für das linke und rechte Fenster des Dreischenkels in Bild 8.3-7 gebildet:

$$\underline{I}_U + \underline{I}_V - \underline{I}'_2 = 0$$

$$\underline{I}_V + \underline{I}_W - \underline{I}'_2 = 0$$

Hieraus ergeben sich die Strangströme zu

$$\underline{I}_U = \underline{I}_W = \frac{1}{3} \underline{I}'_2, \quad (8.3-1)$$

$$\underline{I}_V = \frac{2}{3} \underline{I}'_2. \quad (8.3-2)$$

Der gleichphasige Zusatzfluss F_z erzeugt in jedem Strang eine gleichphasige Spannungskomponente \underline{DU}_z , welche den Sternpunkt aus seiner Nulllage verschiebt.

Die Ausbildung des Zusatzflusses ist bei Fünfschenkelkernen sehr viel ausgeprägter als bei Dreischenkelkernen nach Bild 8.3-7.

Eine Sternschaltung mit Ausgleichswicklung ist in Bild 8.3-8 dargestellt. Die zusätzliche Dreieckschaltung ermöglicht eine Kompensation der Lastdurchflutung auch bei einsträngiger Belastung.

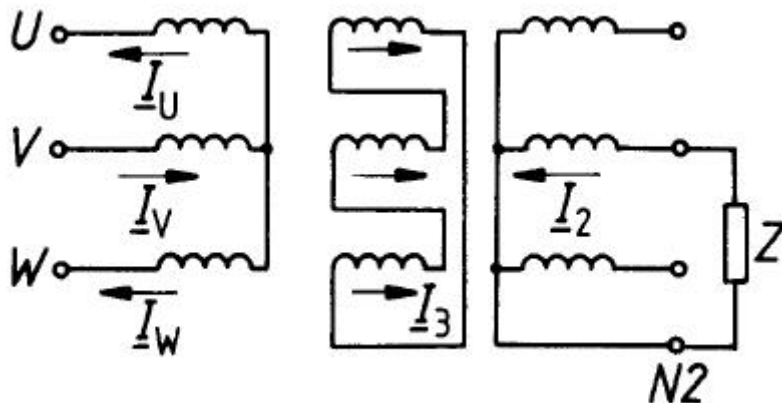


Bild 8.3-8: Einsträngige Belastung in Schaltgruppe Yyn mit Ausgleichswicklung

Bei der Dreieck-Sternschaltung (Bild 8.3-9) wird auch bei einsträngiger Belastung keine Störung des magnetischen Gleichgewichts hervorgerufen.

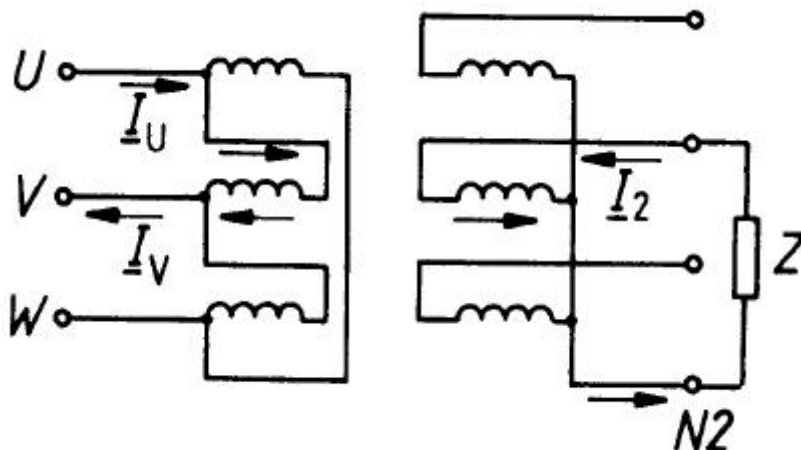


Bild 8.3-9: Einsträngige Belastung in Schaltgruppe Dyn

Die Zickzackschaltung besteht aus je zwei auf verschiedene Kerne gewickelte Wicklungshälften (Bild 8.3-10). Auch mit ihr ist eine vollständige Kompensation bei einsträngiger Last möglich.

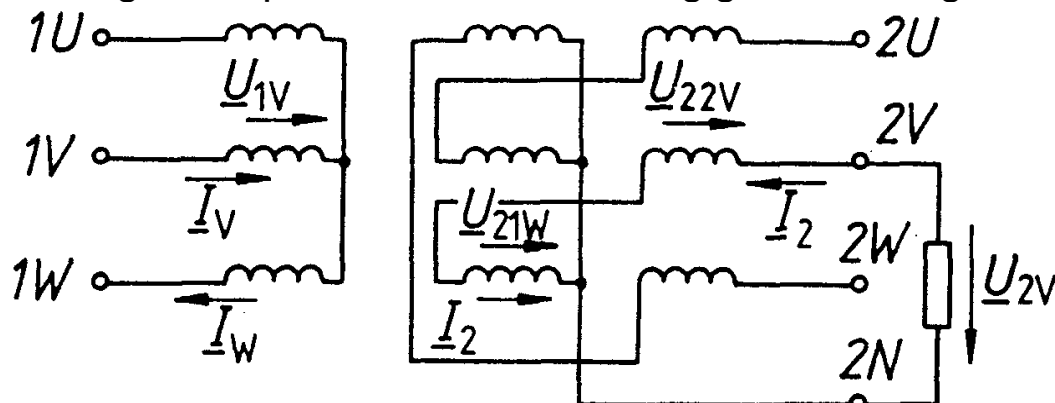


Bild 8.3-10: Einsträngige Belastung in Schaltgruppe Yzn

Parallelbetrieb von Transformatoren

Für den direkten Parallelbetrieb von Transformatoren (Bild 8.3-11) sind in VDE0532, Teil 10 folgende Bedingungen festgelegt:

1. gleiche Bemessungsspannung und -frequenz,
2. gleiche Schaltgruppen und Kennzahlen, bzw. Ausgleich durch geeigneten Klemmenanschluss,
3. gleiche Kurzschlussspannungen,
4. Verhältnis der Leistungen nicht größer als 1:3.

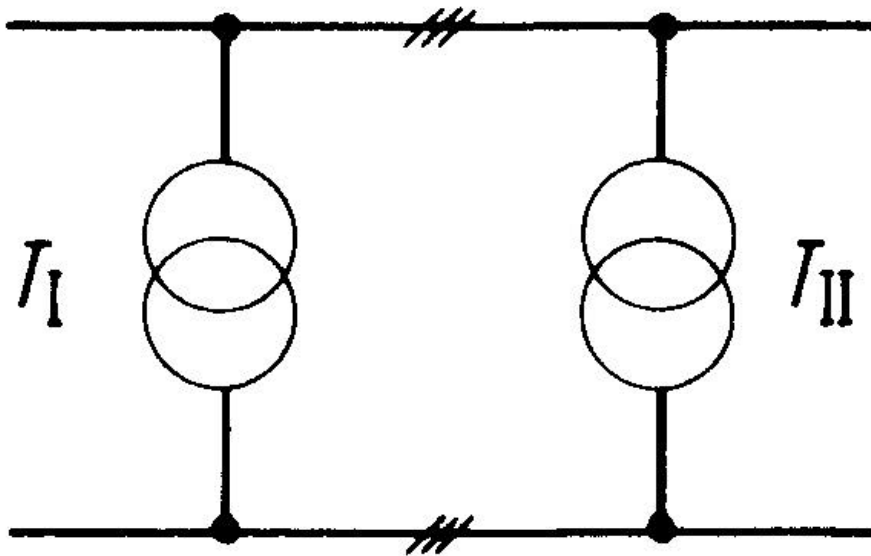


Bild 8.3-11: Direkter Parallelbetrieb zweier Transformatoren

Auch bei gleichen Leerlaufspannungen beider Transformatoren kommt es zu einer ungleichen Verteilung der Ströme gemäß dem umgekehrten Verhältnis der relativen Kurzschlussspannungen:

$$\frac{I_{k,I}}{I_N} : \frac{I_{k,II}}{I_N} = u_{k,II} : u_{k,I} \quad (8.3-4)$$

Wie aus dem Ersatzschaltbild (Bild 8.3-12) und dem zugehörigen Zeigerdiagramm (Bild 8.3-13) ersichtlich ist, wird bei unterschiedlichen Kurzschlussleistungsfaktoren die algebraische Summe der Einzelströme größer als der Gesamtstrom.

Aus diesem Grund sollten die Transformatoren ein in etwa gleiches Verhältnis X_k/R_k besitzen was einer Forderung nach annähernd gleichen Leistungen entspricht.

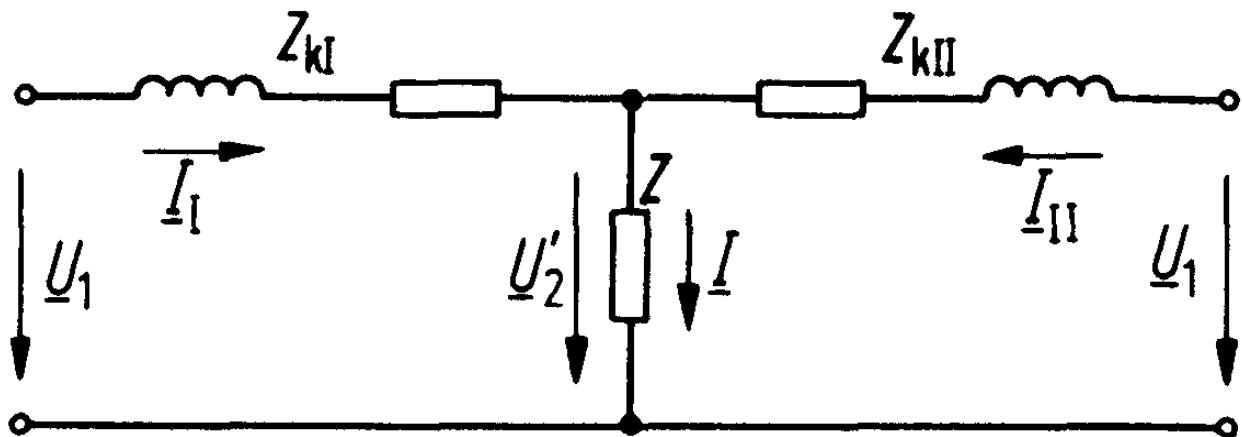
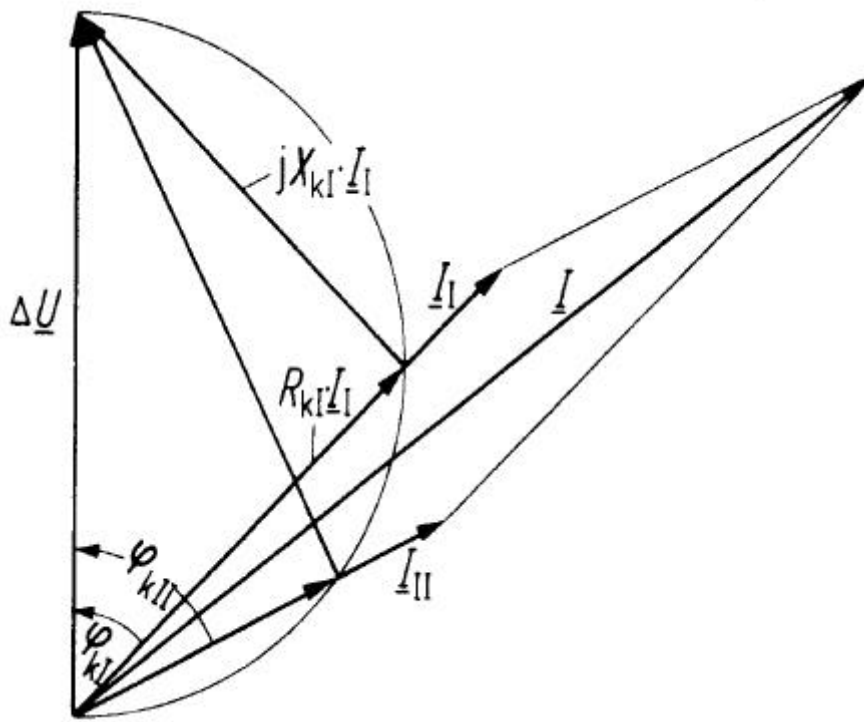


Bild 8.3-12: Ersatzschaltbild paralleler Transformatoren

Bild 8.3-13: Zeigerdiagramm paralleler Transformatoren bei ungleichem Verhältnis X_k/R_k