

Allgemeines

Dieser Katalog enthält unser Lager- und Standardprogramm in Transformatoren für die gebräuchlichsten Verwendungszwecke. Er umfasst den Leistungsbereich von 1 VA bis 10 kVA. Ferner fertigen wir Transformatoren in Spezialausführung, gegebenenfalls auch nach Kundenspezifikation.

Als Kernmaterial wird Dynamoblech DIN 46400 eingesetzt, gegebenenfalls auch kornorientiertes Material. Sämtliche Wicklungen sind aus Kupfer. Die verwendeten Spulenkörper bestehen aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Die Transformatoren werden unter Vakuum, mit Tränkharz, imprägniert und entsprechen der Temperaturbeständigkeitsklasse B, auf Wunsch auch Klasse Fund H.

Die Transformatoren werden nach den VDE-Bestimmungen gefertigt wie
VDE 0551 / EN 60742 Sicherheitstransformatoren

VDE 0570 / EN 61558 Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen

Es ist uns möglich, auch nach anderen Vorschriften wie UL, CSA, SEV, ÖVE, NEMKO, SEMKO, DEMKO usw. zu fertigen. Hierbei ist jedoch eine vorherige Vereinbarung erforderlich.

Leistung und Erwärmung

Die in den Katalogblättern angegebene Leistung bezieht sich auf die sekundärseitig abnehmbare Leistung in VA bzw. kVA, die als Nennleistung bezeichnet wird. Sie gilt bei Dauerbetrieb, Nenningangsspannung, Nennausgangsspannung, Nennfrequenz, $\cos \varphi = 1$, Umgebungstemperatur max. 40°C und einer Aufstellungshöhe bis 1000 mNN.

Werden die Transformatoren nicht dauernd mit der vollen Nennleistung betrieben, so sind diese nach folgender Tabelle kurzzeitig überlastbar:

vorausgegangene Dauerbelastung in % der Nennleistung	zulässige Dauer der Überlastung in % der Nennleistung				
	150 %	140 %	130 %	120 %	110 %
50	30 min	45 min	65 min	105 min	180 min
60	25 min	40 min	60 min	95 min	170 min
70	20 min	30 min	45 min	80 min	155 min
80	15 min	25 min	40 min	75 min	140 min
90	8 min	15 min	30 min	60 min	120 min

Spannung

Nenn-Eingangsspannung ist die auf den Transformatoren angegebene Netzspannung. Die Nenn-Ausgangsspannung wird für Nennlast und $\cos \varphi = 1$ angegeben. Die Ausgangsspannung eines unbelasteten Transformators bei Nenn-Eingangsspannung und Nennfrequenz heißt Leerlaufspannung. Bei Drehstromtransformatoren werden grundsätzlich die Außenleiterspannungen angegeben.

Betriebsarten

Dauerbetrieb (DB) oder aussetzender Betrieb (AB), für den aussetzenden Betrieb gilt:

Einschaltdauer ED = 100 x Belastungszeit / Spieldauer = %

Spieldauer = Belastungszeit + Pausenzeit

z.B.: Ein Transformator wird periodisch während einer Spieldauer von 10 Minuten 4 Min. voll belastet, dann ergibt sich eine Einschaltdauer von:

ED = 100 x 4/10 = 40 %

Bei Betriebsart AB kann die Typenleistung oftmals reduziert werden. Sie errechnet sich wie folgt:

$$S_T = S_N \times \sqrt{\frac{ED \text{ [in \%]}}{100}}$$

Frequenz

Die Transformatoren in diesem Katalog sind für eine Frequenz von 50 Hz ausgelegt, können jedoch ohne besondere Maßnahmen auch an Netzen mit 60 Hz betrieben werden. Selbstverständlich werden auf Wunsch auch Transformatoren mit Nennfrequenzen von 16 2/3 Hz . . . 400 Hz gefertigt.

Arten der Kurzschlussfestigkeit

1. Ein **unbedingt kurzschlussfester** Transformator ist ein kurzschlussfester Transformator ohne irgendeine Schutzvorrichtung. Bei Überlast oder im Kurzschlussfall wird die höchstzulässige Temperaturerhöhung nicht überschritten.
2. Ein **bedingt kurzschlussfester** Transformator ist ein Transformator, der eine Schutzvorrichtung enthält wie eine Sicherung oder einen Temperaturbegrenzer, die den Eingangs- oder Ausgangsstromkreis öffnet, wenn der Transformator überlastet oder kurzgeschlossen wird.
3. Ein **nicht kurzschlussfester** Transformator ist ein Transformator, der gegen übermäßige Temperaturerhöhung mittels einer Schutzeinrichtung in der Installation geschützt ist, z. B. G-Sicherung.

Schutzklassen

1. Transformatoren der **Schutzklasse I** haben mindestens Betriebsisolierung und sind mit einer Vorrichtung für den Anschluss des Schutzleiters versehen, z. B. Erdungsklemme.
2. Transformatoren, die für **Schutzklasse II** vorbereitet sind, haben keine Vorrichtung für den Anschluss des Schutzleiters. Sie müssen mit verstärkter oder doppelter Isolierung gebaut sein.
3. Transformatoren der **Schutzklasse III** werden mit Schutzkleinspannung (SELV) versorgt und in ihnen wird keine höhere Spannung als Schutzkleinspannung erzeugt.

Schutzarten

Die Angabe der Schutzart nach DIN 40050 beschreibt den Schutz von elektrischen Maschinen durch Gehäuse und Abdeckungen.
 Die Schutzarten werden durch ein Kurzzeichen angegeben, das sich aus den zwei stets gleich bleibenden Kennbuchstaben IP und zwei Kennziffern für den Schutzgrad zusammensetzt.
 Die erste Kennziffer beschreibt den Schutzgrad gegen Berühren und Eindringen vom Fremdkörpern, die zweite Kennziffer beschreibt den Schutzgrad gegen Eindringen von Wasser.

Temperaturerhöhung und Isolierstoffklassen

Isolierstoffklassen	Höchstzulässige Dauertemperatur bei Nennbetrieb gemäß IEC 85	Max. Temperaturerhöhung im bestimmungsgemäßen Gebrauch gemäß VDE 0551 Teil 1/09.89, EN 60742
A	105 °C	60 K
E	120 °C	75 K
B	130 °C	80 K
F	155 °C	100 K
H	180 °C	125 K

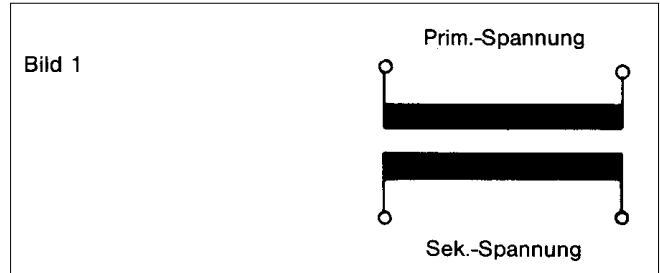
Für höhere Nennumgebungstemperaturen muss die Nennleistung entsprechend folgender Tabelle reduziert werden:

Nennumgebungstemperatur	(Ausgangs-) Nennleistung x Faktor = Kern – Leistung
45 °C	0,95
50 °C	0,85
55 °C	0,80
60 °C	0,75
65 °C	0,70
70 °C	0,60

Wicklungsarten

1. Getrennte Wicklungen (Bild 1)

Bei Transformatoren mit getrennten Wicklungen besteht keine leitende Verbindung zwischen der Primär- und der Sekundärwicklung, diese sind galvanisch getrennt. Die Typenleistung dieser Transformatoren entspricht der Nennleistung.



Die Primärwicklung ist die zum Anschluss an den Versorgungsstromkreis bestimmte Wicklung.

Die Sekundärwicklung ist die zum Anschluss eines elektrischen Betriebsmittels, eines Gerätes oder einer anderen Einrichtung bestimmte Wicklung.

Transformatoren können sowohl primär - als auch sekundärseitig mit Anzapfungen ausgeführt werden.

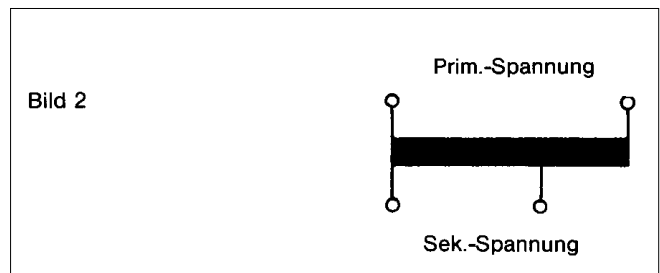
Anzapfungen der Primärwicklung dienen der Anpassung und Verwendung des Transformators an verschiedenen Netzspannungen. Durch den Mehrbedarf an Wickelraum kann eine Erhöhung der Baugröße (Kernleistung) erforderlich sein.

Beispiele:

Nenn-Eingangs-Spannung	(Ausgangs-)Nennleistung x Faktor = Kern - Leistung	
	I - Kammer	II - Kammer
230 + 400 V	1,21	1,42
230 + 440 V	1,25	1,50
230 + 500 V	1,28	1,56
230 + 400 + 500 V	1,33	1,66
230 + 400 + 440 + 550 V	1,34	1,68
400 + 440 V	1,07	1,14
400 + 440 + 500 V	1,13	1,26

2. Sparwicklung (Bild 2)

Bei Transformatoren mit Sparwicklung besteht eine leitende Verbindung zwischen der Primär- und Sekundärwicklung. Sie besitzen eine durchgehende Wicklung, die mit einem Abgriff versehen ist. Bei Sparwicklungen können je nach Übersetzungsverhältnis beachtliche Materialeinsparungen auftreten. Die erforderliche Typenleistung ist kleiner als die Nennleistung. Sie errechnet sich wie folgt:



$$\text{Typenleistung} = \text{Nennleistung} \times \left(1 - \frac{\text{Unterspannung}}{\text{Oberspannung}}\right)$$

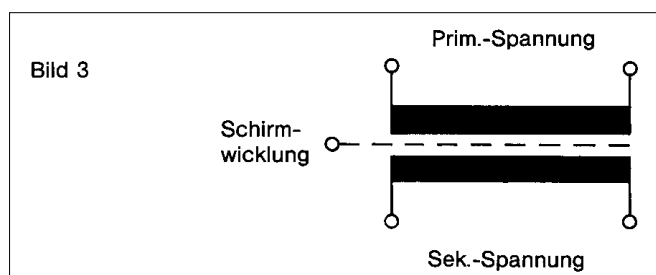
z. B. Transformator $S_N = 1000 \text{ VA}$
 Unterspannung $U_U = 220 \text{ V}$
 Oberspannung $U_O = 440 \text{ V}$
 Typenleistung $S_T = 1000 \text{ VA} \times \left(1 - \frac{220 \text{ V}}{440 \text{ V}}\right)$

Anstelle eines Transformators der Baugröße 1000 VA wird nur einer der Baugröße 500 VA benötigt. Gewählt: EI150 N/49

3. Schirmwicklung (Bild 3)

Bei Transformatoren mit getrennten Wicklungen besteht die Möglichkeit der Verwendung einer Schirmwicklung.

Die Schirmwicklung verhindert, dass netzseitige Störungen kapazitiv auf den Ausgang übertragen werden.



Drehstromtransformatoren

Die Dreiphasentransformatoren oder Drehstromtransformatoren, wie sie allgemein genannt werden, nehmen in der Versorgung mit elektrischer Energie eine zentrale Stellung ein. Wie bei Drehstromgeräten üblich, werden die 3 Wicklungen eines Transformators in Stern oder in Dreieck geschaltet. Hinzu kommt bei kleineren Leistungen die Zickzackschaltung, die wie die Sternschaltung auch einen Sternpunkt hat. Unverschaltete Wicklungen bezeichnet man als "offene" Wicklungen.

Hieraus ergibt sich für die Schaltarten folgendes Schema:

Schaltart	Stern	Dreieck	Zickzack	offen	Sternpunkt
Abkürzung, primär	Y	D	---	III	N
Abkürzung, sekundär	y	d	z	iii	n

Diese Schaltarten sind miteinander kombinierbar, z.B. Yy0 oder Dyn5 oder Ynz5, und werden als Schaltgruppen bezeichnet. Die Phasenlage der Sekundärspannung gegenüber der Primärspannung gibt man mit einer Kennzahl an, die man mit dem Faktor 30 multiplizieren muss, um den Phasenwinkel zwischen beiden Spannungen zu erhalten.

Die vorhandenen 3 Wicklungsgruppen werden mit den Großbuchstaben U, V, W bezeichnet; die Primär- und Sekundärseite wird durch eine vorgesetzte 1 oder 2, Wicklungsanfang und Wicklungsende durch eine nachgesetzte 1 oder 2 gekennzeichnet.

Schaltgruppen

Die am häufigsten verwendeten Schaltgruppen sind in Bild 4 zusammengefasst.

Bezeichnung	Zeigerbild		Schaltungsbild		Sternpunkt sekundär
	Kennzahl	Schaltgruppe	OS	US	
0	0	Yan0	Dd0	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Nicht vorhanden
			Yy0	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Mit ca. 10% belastbar
			Dz0	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar
5	0	Zan0	Dy5	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar
			Yd5	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Nicht vorhanden
			Yz5	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar
6	0	Zan0	Dd6	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Nicht vorhanden
			Yy6	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Mit ca. 10% belastbar
			Dz6	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar
11	0	Zan0	Dy11	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar
			Yd11	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	Nicht vorhanden
			Yz11	1U 1W, 2U 2W, 3U 3W	100% belastbar

Bei herausgeführtem Sternpunkt ist hinter dem Schaltungszeichen der Wicklung N bzw. n zu ergänzen. Bei den Wicklungen ist gleicher Wickelsinn vorausgesetzt; räumlich gesehen sind in den Schaltungsbildern die Wicklungen nach unten geklappt zu denken. Herausgeführte Sternpunkte werden mit 1N bzw. 2N bezeichnet.

Berechnungsgrundlagen für Gleichrichterschaltungen

Bild 5 enthält für die häufigsten Schaltungsarten bei Stromversorgungen Berechnungsgrundlagen für Widerstandsbelastung, induktive Belastung und Belastung mit Gegenspannung, wie sie z. B. auftritt an Siebkondensatoren, Akkus und Gleichstrommotoren.

Die Werte für Widerstandsbelastung und induktive Belastung sind im Allgemeinen gleich, nur bei Abweichungen sind die Werte für induktive Belastung in Klammern gesetzt.

Die Tabelle ist so aufgebaut, dass für die Berechnung einer Gleichrichterschaltung, von den geforderten Werten (Gleichspannung, Gleichstrom, Brummspannung) ausgehend, alle wichtigen Daten bestimmt werden können.

Die bei Industriernetzen übliche Überspannung von bis zu 10% ist in den Tabellenwerten bereits berücksichtigt.

Die Ladekondensatoren lassen sich aus folgenden Formeln berechnen:

für Einwegschaltungen $C = 250 \cdot \frac{I_{gl}}{U_{Br} \cdot f_{Br}}$

für Einphasen-Zweiwegschaltungen $C = 200 \cdot \frac{I_{gl}}{U_{Br} \cdot f_{Br}}$

für Dreiphasen-Dreiwegschaltungen $C = 60 \cdot \frac{I_{gl}}{U_{Br} \cdot f_{Br}}$

Darin ist C die Kapazität des Ladekondensators in Mikrofarad, I_{gl} der Gleichstrom in Milliampere, U_{Br} der Effektivwert der überlagerten Wechselspannung (Brummspannung) in Volt und f_{Br} die Frequenz der überlagerten Wechselspannung in Hertz.

Bild 5

Prinzipschaltbild	Einwegschaltung	Brückenschaltung	Drehstrombrückenschaltung	
Widerstandslast				
Erforderliche Kennwerte der einzelnen Diode:				
$U_{RRM} >$	$3,45 \cdot U_{gl}$	$1,73 \cdot U_{gl}$	$1,15 \cdot U_{gl}$	$1,15 \cdot U_{gl}$
$U_{RRM} >$	$1,56 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$
$I_{FAV} >$	$1,0 \cdot I_{gl}$	$0,5 \cdot I_{gl}$	$0,33 \cdot I_{gl}$	$0,33 \cdot I_{gl}$
Charakteristische Werte der Schaltung:				
U_{ieff}	$2,22 \cdot U_{gl}$	$1,11 \cdot U_{gl}$	$0,74 \cdot U_{gl}$	$0,74 \cdot U_{gl}$
I_{ieff}	$1,57 \cdot I_{gl}$	$1,11 (1,0) \cdot I_{gl}$	$0,82 \cdot I_{gl}$	$0,82 \cdot I_{gl}$
$P_t >$	$3,1 \cdot P_{gl}$	$1,24 (1,11) \cdot P_{gl}$	$1,05 \cdot P_{gl}$	$1,05 \cdot P_{gl}$
U_{BR}	$1,21 \cdot U_{gl}$	$0,48 \cdot U_{gl}$	$0,042 \cdot U_{gl}$	$0,042 \cdot U_{gl}$
f_{BR}	$1 \cdot f_i$	$2 \cdot f_i$	$6 \cdot f_i$	$6 \cdot f_i$
Gegenspannung				
Erforderliche Kennwerte der einzelnen Diode:				
$U_{RRM} >$	$2,65 \cdot U_{gl}$	$1,25 \cdot U_{gl}$	$1,15 \cdot U_{gl}$	$1,15 \cdot U_{gl}$
$U_{RRM} >$	$3,12 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$	$1,56 \cdot U_{ieff}$
Charakteristische Werte der Schaltung:				
U_{ieff}	$0,85 \cdot U_{gl}$	$0,8 \cdot U_{gl}$	$0,74 \cdot U_{gl}$	$0,74 \cdot U_{gl}$
I_{ieff}	$2,1 \cdot I_{gl}$	$1,57 \cdot I_{gl}$	$0,82 \cdot I_{gl}$	$0,82 \cdot I_{gl}$
$P_t >$	$1,73 \cdot P_{gl}$	$1,24 \cdot P_{gl}$	$1,05 \cdot P_{gl}$	$1,05 \cdot P_{gl}$
U_{BR}	bis $0,05 \cdot U_{gl}$	bis $0,05 \cdot U_{gl}$	$< 0,042 \cdot U_{gl}$	$< 0,042 \cdot U_{gl}$
f_{BR}	$1 \cdot f_i$	$2 \cdot f_i$	$6 \cdot f_i$	$6 \cdot f_i$
Werte in Klammern gelten bei Widerstandslast mit großer Glättungsdrossel				
f_{BR}	Frequenz der überlagerten Wechselspannung		P_t	Typenleistung des Transformators
f_{in}	Frequenz der Speisewechselspannung		U_{BR}	Effektivwert der überlagerten Wechselspannung
I_{FAV}	Durchlaßstrom (Mittelwert), Richtstrom		U_{RRM}	Periodische Spitzenspannung