

DIN EN 60740-1

ICS 29.100.10; 29.180

Ersatz für
DIN EN 60740-1:2006-02
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Kernbleche für Transformatoren und Drosseln –
Teil 1: Mechanische und elektrische Eigenschaften (IEC 60740-1:2005);
Deutsche Fassung EN 60740-1:2005**

Laminations for transformers and inductors –
Part 1: Mechanical and electrical characteristics (IEC 60740-1:2005);
German version EN 60740-1:2005

Tôles découpées pour transformateurs et inductances –
Partie 1: Caractéristiques électriques et mécaniques (CEI 60740-1:2005);
Version allemande EN 60740-1:2005

Gesamtumfang 60 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2005-08-01 angenommene EN 60740-1 gilt als DIN-Norm ab 2006-05-01.

Daneben dürfen DIN 41302-1:1986-05 und DIN 41302-2:1986-05 noch bis 2008-08-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN 41302:2000-09.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 625 „Magnetische Bauelemente und deren Komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 51 „Magnetic components and ferrite materials“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN 41302-1:1986-05 und DIN 41302-2:1986-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Bei den Typreihen Kernblechstreifen YS, YSUI 1, YSUI 2 und Kernbleche Typ YEE 2-...L aufgenommen;
- b) Typreihe YEI 1 nach oben erweitert;
- c) Typreihen YED 2, YEF 2, YEL 2, YES 2, Typ YM 1-5a, YM 1-7a gestrichen;
- d) nationale Bezeichnungen gestrichen;
- e) Eigenschaften für die Kernbleche festgelegt;
- f) mechanische Eigenschaften der Kernbleche aufgenommen;
- g) Löcher für Typreihen YEI 1, YUI 1, YUI 2 und YM 1 hinzugefügt;
- h) im Anhang A ist eine Umformung der Polarisierung $\hat{J}$ und der Feldstärke $\hat{H}$ in eine spezifische Scheinleistung angegeben. Für die Kennlinien der Blindleistung und der Ummagnetisierungsverluste sind Gleichungen und Konstanten angegeben.

Gegenüber DIN EN 60740-1:2006-02 wurden folgende Berichtigungen vorgenommen:

- Inhalt wurde komplett ausgetauscht.

Frühere Ausgaben

DIN 41302-1: 1986-05

DIN 41302-2: 1986-05

DIN EN 60740-1: 2006-02

Kernbleche für Transformatoren und Drosseln
Teil 1: Mechanische und elektrische Eigenschaften
(IEC 60740-1:2005)

Laminations for transformers and inductors
Part 1: Mechanical and electrical characteristics
(IEC 60740-1:2005)

Tôles découpées pour transformateurs et
inductances
Partie 1: Caractéristiques électriques et
mécaniques
(CEI 60740-1:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2005-08-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2005 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60740-1:2005 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 51/823/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60740-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 51 „Magnetic components and ferrite materials“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2005-08-01 als EN 60740-1 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2006-05-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2008-08-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60740-1:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 61797-1 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61797-1:1996 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
4 Werkstoffe und Kernblechdicken	9
4.1 Werkstoffe	9
4.2 Nenn-Kernblechdicke	10
4.3 Mindest-Füllfaktor	10
5 Bezeichnung von Kernblechen und Kernblechstreifen	11
5.1 Komplette Normschnitte	11
5.2 Kernblechstreifen für Normschnitte	11
5.3 Kernblechstreifen für nicht genormte Kernbleche	12
6 Verpackung und Kennzeichnung	12
7 Elektrische Prüfungen	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Kernkonstanten	13
7.3 Magnetische Eisenweglänge	13
7.4 Kernquerschnitt	13
8 Allgemeine Bedingungen für elektrische Messungen	14
8.1 Klima	14
8.2 Prüfspulen	14
8.3 Prüflinge	14
8.4 Oberwellengehalt der Spannung	15
9 Messungen bei hoher Feldstärke	15
9.1 Allgemeines	15
9.2 Messung der Ummagnetisierungsverluste	16
9.3 Messung der Scheinleistung	18
10 Messungen bei kleiner und mittlerer Feldstärke	18
10.1 Allgemeines	18
10.2 Messung der Amplitudenpermeabilität	19
11 Vorzugs-Typreihen von Kernblechen	21
12 Maße und Toleranzen	21
12.1 Maße	21
12.2 Toleranzen	21
12.3 Symmetrie-Toleranzen	22
13 Maße und Kernparameter	22
13.1 Allgemeines	22
13.2 Kernblechstreifen Typ YS	22
13.3 Kernbleche Typ YEI 1	23
13.4 Kernbleche Typ YUI 1	25
13.5 Kernbleche Typ YUI 2	27
13.6 Kernbleche Typ YEx 2, YEE 2 und YEI 2	30
13.7 Kernbleche Typ YEE 2-..L	31

	Seite
13.8 Kernbleche Typ YEx 3, YEE 3, YEF 3, YEI 3, YEL 3	32
13.9 Kernbleche Typ YEx 4, YEE 4, YEF 4	33
13.10 Kernbleche Typ YM 1	35
14 Elektrische Eigenschaften für Werkstoffsorten	36
15 Spezifische Scheinleistung für Kernbleche	37
16 Spezifische Ummagnetisierungsverluste für Kernbleche	38
17 Mechanische Eigenschaften für Kernbleche	40
17.1 Allgemeines Aussehen und Zustand	40
17.2 Schnitt- und Stanzgrat	40
17.3 Hochwölbung	40
17.4 Verdrehung	40
17.5 Durchbiegung	41
17.6 Isolation	41
17.7 Schweißbarkeit	42
Anhang A (informativ) Umformung von Polarisierung und Feldstärke in spezifische Scheinleistung	43
A.1 Spezifische Scheinleistung aus Polarisierung und Feldstärke	43
A.2 Gleichungen für die Kennlinien der magnetischen Werkstoffe	46
A.3 Konstanten für nicht kornorientiertes Siliziumeisen C 21	48
A.4 Spezifische Blindleistung und spezifische Ummagnetisierungsverluste für nicht kornorientiertes Siliziumeisen C 21	50
A.5 Konstanten für kornorientiertes Siliziumeisen C 22	52
A.6 Spezifische Blindleistung und spezifische Ummagnetisierungsverluste für kornorientiertes Siliziumeisen C 22	54
A.7 Einfluss des Schnittes auf die elektrischen Eigenschaften bei kornorientiertem Siliziumeisen C 22	56
Literaturhinweise	57
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	58

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Eigenschaften von Kernblechen fest. Ihr bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Kerne für Transformatoren und Drosseln. Die Kernbleche werden aus Streifen und Tafeln aus magnetischen Werkstoffen hergestellt, wie sie in den Normen IEC 60404-8-4 und IEC 60404-8-7 spezifiziert sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-1:2000, *Magnetic materials – Part 1: Classification*

IEC 60404-8-4:1998, *Magnetic materials – Part 8-4: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-7:1998, *Magnetic materials – Part 8-7: Specifications for individual materials – Cold-rolled grain-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-11:1999, *Magnetic materials – Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip*

IEC 61021-1:1990, *Laminated core packages for transformers and inductors used in telecommunication and electronic equipment – Part 1: Dimensions*

IEC 61021-2:1995, *Laminated core packages for transformers and inductors used in telecommunication and electronic equipment – Part 2: Electrical characteristics for cores using YEE 2 laminations*

ISO 286-1:1988, *ISO System of limits and fits – Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits*

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die in IEC 60050-221 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Kernblech

hergestellt aus einer magnetischen Legierung, die üblicherweise aus einem oder mehreren Teilen bestehen, die eine vollständige Schicht eines lamellierten Kerns bildet

3.2

Kernblechstreifen

hergestellt aus einer magnetischen Legierung, die zusammengesetzt eine Lage eines Kernblechs bilden oder Pakete für Schenkel und Joche bilden

3.3

quadratischer Kern

ergibt sich, wenn die Pakethöhe h_p des Kerns gleich der Schenkelbreite d ist

3.4

spezifische Ummagnetisierungsverluste

sind die Verluste des Kerns in einem Wechselfeld mit spezifizierter Frequenz und sinusförmiger, spezifizierter Induktion dividiert durch die Masse des Kerns:

$$p_{\text{Fe}} = \frac{P_{\text{Fe}}}{m_{\text{Fe}}} \quad (1)$$

Dabei ist

p_{Fe} die spezifischen Ummagnetisierungsverluste, in W/kg;

P_{Fe} die Ummagnetisierungsverluste, in W;

m_{Fe} die Masse des Kerns, in kg.

ANMERKUNG 1 In den Ummagnetisierungsverlusten sind die Hysteres- und Wirbelstromverluste enthalten.

ANMERKUNG 2 Dies gilt für Kerne mit und ohne Luftspalt im magnetischen Kreis.

3.5

spezifische Blindleistung

ist die Blindleistung des Kerns in einem Wechselfeld mit spezifizierter Frequenz und sinusförmiger, spezifizierter Induktion dividiert durch die Masse des Kerns:

$$p_{\text{BFe}} = \frac{P_{\text{BFe}}}{m_{\text{Fe}}} \quad (2)$$

Dabei ist

p_{BFe} die spezifische Blindleistung, in VA/kg;

P_{BFe} die Blindleistung des Kerns, in VA;

m_{Fe} die Masse des Kerns, in kg.

3.6

spezifische Blindleistung des Luftspalts

in einem Wechselfeld und sinusförmiger, spezifizierter Induktion, ist die effektive Blindleistung im Luftspalt dividiert durch die Masse des Kerns:

$$p_{\text{BL}} = 0,25 \cdot \frac{l_{\text{L}} \cdot f \cdot \hat{B}^2}{l_{\text{Fe}} \cdot \rho} \quad (3)$$

Dabei ist

p_{BL} die spezifische Blindleistung des Luftspalts, in VA/kg;

$\hat{B}$ die Induktionsamplitude, in T;

f die Frequenz, in Hz;

ρ die Dichte des Kerns, in kg/dm³;

l_{L} die Länge des Luftspalts, in µm;

l_{Fe} die Eisenweglänge, in cm.

3.7

spezifische Scheinleistung bei Kernen ohne Luftspalt

im magnetischen Kreis setzt sich zusammen aus der spezifischen Blindleistung und den spezifischen Ummagnetisierungsverlusten des Kerns und ist das Produkt aus der sinusförmigen Spannung und dem Effektivwert des Stromes dividiert durch die Masse des Kerns:

$$p_{\text{S}} = \sqrt{p_{\text{BFe}}^2 + p_{\text{Fe}}^2} \quad (4)$$

$$p_S \frac{U \cdot I}{m_{Fe}} = \frac{P_S}{m_{Fe}} \quad (5)$$

Dabei ist

- P_S die Scheinleistung, in VA;
- p_S die spezifische Scheinleistung, in VA/kg;
- p_{BFe} die spezifische Blindleistung, in VA/kg;
- p_{Fe} die spezifischen Ummagnetisierungsverluste, in W/kg;
- U die Spannung, in V;
- I der effektive Strom, in A;
- m_{Fe} die Masse des Kerns, in kg.

3.8

spezifische Scheinleistung bei Kernen mit Luftspalt

im magnetischen Kreis. Die spezifische Scheinleistung setzt sich zusammen aus der spezifischen Blindleistung des Kerns, der spezifischen Blindleistung des Luftspalts und den spezifischen Ummagnetisierungsverlusten:

$$p_S = \sqrt{(p_{BFe} + p_{BL})^2 + p_{Fe}^2} \quad (6)$$

Dabei ist

- p_S die spezifische Scheinleistung, in VA/kg;
- p_{BFe} die spezifische Blindleistung des Kerns, in VA/kg;
- p_{BL} die spezifische Blindleistung des Luftspalts, in VA/kg;
- p_{Fe} die spezifischen Ummagnetisierungsverluste, in W/kg.

3.9

magnetische Eisenweglänge

ist das arithmetische Mittel aus der längsten und der kürzesten magnetischen Feldlinienlänge des Kerns, wobei die Radien vernachlässigt werden

ANMERKUNG Zur genauen Berechnung für jeden Kern siehe 13.3 bis 13.10.

3.10

Symbole

- A_{Fe} Kernquerschnitt, in mm²;
- $\hat{B}$ Induktionsamplitude, in T;
- $\hat{B}_n$ Nennwert der Induktionsamplitude, in T;
- $\hat{B}_0$ Induktionsamplitude für die Kennlinie der spezifischen Blindleistung, in dT;
- C_1 Kernkonstante 1, in mm⁻¹;
- C_2 Kernkonstante 2, in mm⁻³;
- c_1, c_2 Konstanten für die Kennlinie der spezifischen Blindleistung;
- c_3, c_4 Konstanten für die Kennlinie der spezifischen Ummagnetisierungsverluste;
- d Schenkelbreite, in mm;
- f Frequenz, in Hz;

$\hat{H}$	Feldstärkeamplitude, in A/m;
h_p	Pakethöhe, in mm;
I	Strom, in A;
I_1, I_2, I_3	Ströme in den Phasen bei Dreiphasenkernen, in A;
$\hat{J}$	Polarisationsamplitude, in T;
l	magnetische Weglänge, in mm;
l_{Fe}	magnetische Eisenweglänge, in mm;
l_{Fe1}, l_{Fe2}	magnetische Eisenweglängen bei Dreiphasenkernen, in mm;
l_L	Länge des Luftspalts, in μm ;
l_q	magnetische Eisenweglänge quer zur Walzrichtung, in mm;
l_w	magnetische Eisenweglänge in Walzrichtung, in mm;
m_{Fe}	Masse des Kerns, in kg;
N	Windungszahl;
N_1	Windungszahl der Wicklung N_1 ;
N_2	Windungszahl der Wicklung N_2 ;
P_1, P_2, P_3	Ummagnetisierungsverluste in den Phasen bei Dreiphasenkernen, in W;
P_{BFe}	Blindleistung des Kerns, in VA;
P_{BL}	Blindleistung des Luftspalts, in VA;
P_{Fe}	Ummagnetisierungsverluste, in W;
P_m	Messwert der Ummagnetisierungsverluste, in W;
P_S	Scheinleistung, in VA;
p_B	spezifische Blindleistung, in VA/kg;
p_{BFe}	spezifische Blindleistung des Kerns, in VA/kg;
p_{BL}	spezifische Blindleistung des Luftspalts, in VA/kg;
p_{Fe}	spezifische Ummagnetisierungsverluste, in W/kg;
p_{Fe0}	Grundwert der spezifischen Ummagnetisierungsverluste, in W/kg;
p_S	spezifische Scheinleistung, in VA/kg;
p_{S0}	Grundwert der spezifischen Scheinleistung, in VA/kg;
$p_{S, \sin}$	spezifische Scheinleistung bei sinusförmigem Strom, in VA/kg;
R_1	Widerstand der Wicklung N_1 , in Ω ;
R_2	Widerstand der Wicklung N_2 , in Ω ;
R_n	Messwiderstand, in Ω ;
R_V	Widerstand des Spannungsmessers, in Ω ;
R_W	Widerstand des Spannungspfad des Leistungsmessgeräts, in Ω ;
U	Spannung, in V;
U_1	Spannung der Schaltung, in V;
$U_{2 \text{ r.m.s.}}$	Spannung an der Wicklung N_2 (Effektivwert), in V;
$U_{2 \text{ avg}}$	Spannung an der Wicklung N_2 (Mittelwert), in V;
$\hat{U}_n$	Spitzen Spannungswert am Messwiderstand R_n , in V;

V_{Fe}	Kernvolumen, in mm^3 ;
x	Toleranzfaktor ;
y	Hilfsgröße für die Kennlinien der spezifischen Blindleistung;
y_1, y_2	Konstanten für die Kennlinien der spezifischen Blindleistung;
y_3	Konstante für die Kennlinien der spezifischen Ummagnetisierungsverluste;
η	Füllfaktor;
μ_0	magnetische Feldkonstante, in H/cm ($4 \cdot \pi \cdot 10^{-9} \text{ H/cm}$);
μ_a	Amplitudenpermeabilität;
μ_i	Anfangspermeabilität;
π	in dieser Norm = 3,1416;
ρ	Dichte der Legierung des Kerns, in kg/dm^3 .

4 Werkstoffe und Kernblechdicken

4.1 Werkstoffe

Kernbleche werden aus einem der Werkstoffe hergestellt, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1 – Bevorzugte magnetische Stähle und Legierungen für Kernbleche

Werkstoff	Ungefähre Zusammensetzung neben Eisen	Dichte kg/dm^3	Werkstoffsorte, Bezeichnung	
			IEC 60404-1	IEC 60404-8-4 IEC 60404-8-7
Siliziumeisen nicht kornorientiert	1 % bis 3 % Silizium	7,65	C 21	M 270-35A 5 M 330-35A 5 M 330-50A 5
		7,7		M 400-50A 5 M 530-50A 5
		7,8		M 800-50A 5
Siliziumeisen kornorientiert	3,2 % Silizium	7,65	C 22	M 165-35S 5
Nickel-Eisen- Legierungen	72 % bis 83 % Nickel	8,7	E 1	—
	45 % bis 50 % Nickel (kornorientiert und nicht kornorientiert)	8,25	E 3	
	35 % bis 40 % Nickel	8,15	E 4	
Kobalt-Eisen- Legierungen	47 % bis 50 % Kobalt (isotrop)		F 1	

4.2 Nenn-Kernblechdicke

Die Kernblechdicke muss für die gebräuchlichen Werkstoffe einem der Werte der Tabelle 2 entsprechen.

Tabelle 2 – Werkstoffe und Kernblechdicken

Werkstoffsorte	Blechdicke mm						
	0,5	0,38	0,35	0,3	0,2	0,1	0,05
C 21	o	–	o	–	–	–	–
C 22	–	–	o	–	–	–	–
E 1	–	x	x	o	o	o	x
E 3 nicht kornorientiert	–	x	x	o	o	o	x
E 3 kornorientiert	–	–	–	–	–	o	x
E 4	–	x	x	o	o	o	x
F 1	–	–	x	o	o	o	x
ANMERKUNG o: Vorzugswerte, x: gebräuchlich, –: nicht gebräuchlich							

Die zulässigen Toleranzen der Kernbleche nach Tabelle 3 entsprechen den Werten aus den Normen IEC 60404-8-4 und IEC 60404-8-7.

Tabelle 3 – Toleranzen der Kernblechdicken

Werkstoffsorte	Toleranz mm	
	Dicke 0,5 mm	Dicke 0,35 mm
C 21	± 0,04	± 0,028
C 22	–	± 0,03

4.3 Mindest-Füllfaktor

Der Mindest-Füllfaktor η für gebräuchliche Werkstoffe und Kernblechdicken darf nicht kleiner sein als die Werte der Tabelle 4. Die Werte gelten für gleichseitig geschichtete Kernblechstapel mit mindestens 10 mm Höhe, die einem gleichmäßigen Druck von 15 kN/m² senkrecht auf die Kernbleche ausgesetzt sind.

Tabelle 4 – Kernblechdicke und Füllfaktor

Kern- blech- dicke mm	Mindest-Füllfaktor η		
	Siliziumeisen nicht kornorientiert C 21	Siliziumeisen kornorientiert C 22	Nickel-Eisen-Legierungen und Kobalt-Eisen-Legierungen E, F
0,5	0,95	–	–
0,35	0,94	0,95	0,94
0,30	–	–	0,92
0,20	–	–	0,9
0,10	0,9	0,9	0,85
0,05	–	0,88	0,8

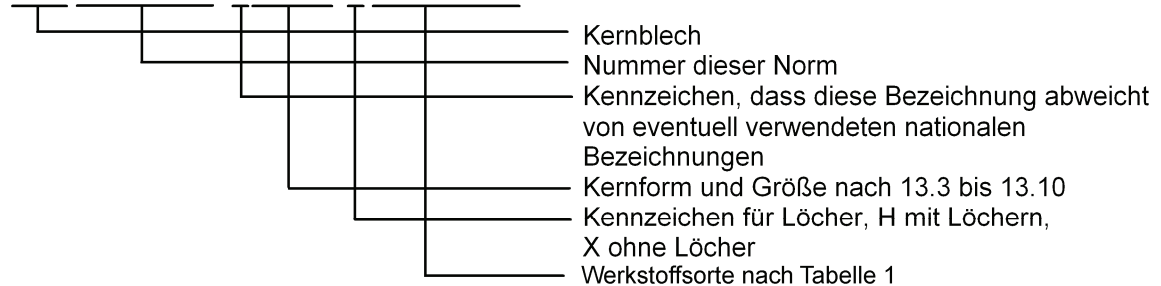
5 Bezeichnung von Kernblechen und Kernblechstreifen

Die Bezeichnung enthält alle Angaben, die nötig sind, um die Kernbleche ausreichend und unverwechselbar zu beschreiben.

5.1 Komplette Normschnitte

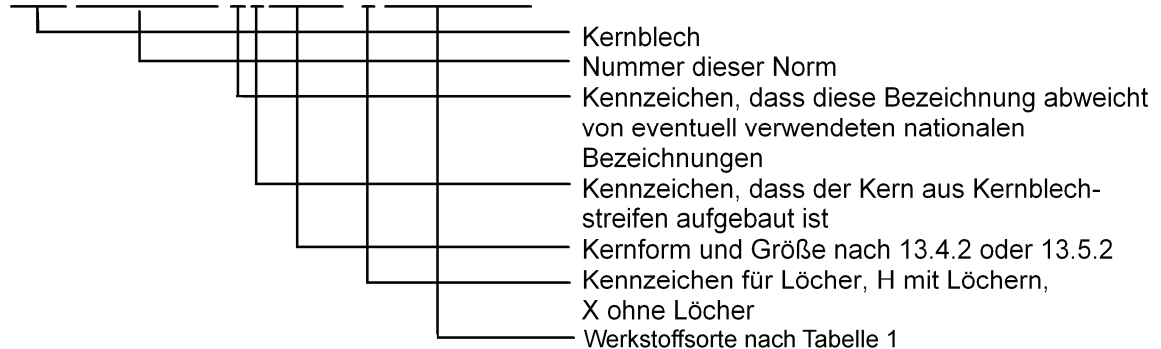
5.1.1 Konturenschnitt

LAM IEC 60740-1 YUI 1-50 H M 530-50A 5



5.1.2 Normschnitt mit Kernblechstreifen

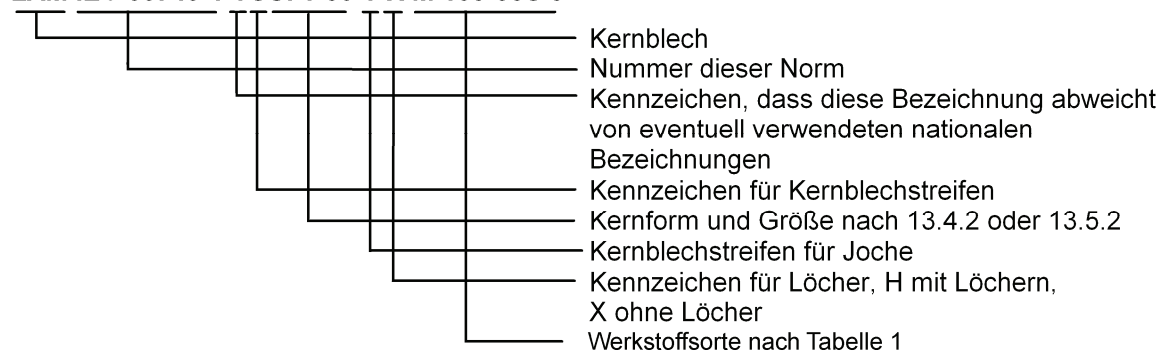
LAM IEC 60740-1 YSUI 1-50 X M 165-35S 5



5.2 Kernblechstreifen für Normschnitte

5.2.1 Kernblechstreifen für Joche

LAM IEC 60740-1 YSUI 1-50 Y X M 165-35S 5



5.2.2 Kernblechstreifen für Schenkel

LAM IEC 60740-1 YSUI 1-50 L X M 165-35S 5



5.3 Kernblechstreifen für nicht genormte Kernbleche

LAM IEC 60740-1 YS 100 x 500 X M 165-35S 5



6 Verpackung und Kennzeichnung

Die Kernbleche müssen für den Versand so verpackt sein, dass keinerlei Beschädigung auftreten kann. Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Teile mehrteiliger Kernbleche in einer Verpackungseinheit verpackt werden.

Alle Verpackungseinheiten müssen mit folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

- Bezeichnung der Kernbleche;
- Menge als Gewichtsangabe oder als Stückzahl;
- Loskennzeichnung des Herstellers oder Herstelldatum;
- Hersteller.

Kennzeichnungsbeispiel:

- Kernblech: LAM IEC 60740-1 YEI 1-40 H M 330-35A 5
- Menge:
- Herstelldatum:
- Hersteller:

7 Elektrische Prüfungen

7.1 Allgemeines

Die elektrischen Prüfungen für Kernblechpakete müssen für die in Tabelle 1 angegebenen Werkstoffsorten für die in den Tabellen 5, 6 und 7 spezifizierten Messgrößen durchgeführt werden. Magnetische Kenndaten siehe 7.2 bis 7.4.

7.2 Kernkonstanten

Bei Kernblechen werden die Kernkonstanten wie folgt definiert:

$$C_1 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}} \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}^2} \quad (8)$$

Dabei ist

C_1 die Kernkonstante 1, in mm^{-1} ;

C_2 die Kernkonstante 2, in mm^{-3} ;

l_{Fe} die magnetische Eisenweglänge, in mm, berechnet nach 7.3;

A_{Fe} der Kernquerschnitt, in mm^2 , unter Berücksichtigung des Füllfaktors η nach 7.4.

Weiter werden das Kernvolumen, in mm^3 , und die Masse des Kerns, in kg, wie folgt berechnet:

$$V_{Fe} = l_{Fe} \cdot A_{Fe} \quad (9)$$

$$m_{Fe} = V_{Fe} \cdot \rho \quad (10)$$

Dabei ist ρ die Dichte des Kerns, in kg/dm^3 .

Die Kernparameter von geschichteten Kernen mit quadratischem Kernquerschnitt und einem Füllfaktor von 0,95 sind in den Tabellen 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 und 27 aufgeführt. Für die Kernbleche in den Abschnitten 13.3, 13.4.1 und 13.5.1 sind die Gleichungen der Kernparameter im Anschluss an die zugehörigen Tabellen angegeben.

7.3 Magnetische Eisenweglänge

Die magnetische Eisenweglänge l_{Fe} ist das arithmetische Mittel aus der längsten und der kürzesten magnetischen Feldlinienlänge des Kerns, wobei die Radien vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Zur genauen Berechnung für jeden Kern siehe die Abschnitte 13.3, 13.4.1 und 13.5.1.

7.4 Kernquerschnitt

Der Kernquerschnitt ist das Produkt aus (Mittel-)Schenkelbreite, Pakethöhe und Füllfaktor:

$$A_{Fe} = d \cdot h_p \cdot \eta \quad (11)$$

Dabei ist

A_{Fe} der Kernquerschnitt, in mm^2 ;

d die Schenkelbreite, in mm;

h_p die Pakethöhe, in mm;

η der Füllfaktor.

Für Kerne mit quadratischem Kernquerschnitt ($h_p = d$) nach den Tabellen 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 und 27 mit $\eta = 0,95$ ist der Kernquerschnitt:

$$A_{Fe} = 0,95 \cdot d^2 \quad (12)$$

Für andere Schichthöhen und Füllfaktoren abweichend von Tabelle 4 müssen die Tabellenwerte für A_{Fe} und C_1 korrigiert werden durch die folgenden Faktoren:

Der Faktor für A_{Fe} ist:

$$\frac{h_p \cdot \eta}{d \cdot 0,95}$$

Der Faktor für C_1 ist:

$$\frac{d \cdot 0,95}{h_p \cdot \eta}$$

ANMERKUNG Bei einer gegebenen Pakethöhe kann der Kernquerschnitt wie folgt bestimmt werden:

Für YEI, YEx, YUI und YM:

$$A_{Fe} = \frac{m_{Fe}}{l_{Fe} \cdot \rho} \quad (13)$$

8 Allgemeine Bedingungen für elektrische Messungen

8.1 Klima

Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen bei Raumtemperatur durchgeführt werden.

8.2 Prüfspulen

Die elektrischen Messungen nach den Abschnitten 15 und 16 gelten für den quadratischen Kern. Die Pakethöhe der Prüfspule und des Kerns darf geändert werden, wenn sich dadurch die Messwerte nicht ändern. Die Prüfspulen müssen jedoch für die zu prüfenden Kernblechpakete geeignet sein. Die Wicklung N_2 für die Spannung muss die innere Wicklung sein, um so nah wie möglich am Kern zu liegen; und ihr Widerstand R_2 muss klein sein gegen den Lastwiderstand.

Der Widerstand im Stromversorgungskreis einschließlich des Spulenwiderstands R_1 und des Widerstandes des Strommessgerätes (Strommesser, Stromverstärker oder Messwiderstand) muss klein genug sein, um keine merkliche Spannungsverzerrung zu bewirken.

8.3 Prüflinge

Die Kernbleche müssen mechanisch mit den Festlegungen der Abschnitte 4 und 13 übereinstimmen und müssen als Stichprobe unter denjenigen ausgewählt werden, die zur Lieferung fertig gestellt sind. Sie müssen als Stapel geschichtet sein und bei mehrteiligen Kernblechen alle Teile in gleicher Anzahl enthalten.

ANMERKUNG Die Kernbleche dürfen bei kornorientiertem und nicht kornorientiertem Siliziumeisen gleichseitig geschichtet sein. Nur im Schiedsfall ist wechselseitig eins zu eins zu schichten.

Prüflinge für Kernblechstreifen sind zwischen Anwender und Hersteller zu vereinbaren.

8.4 Oberwellengehalt der Spannung

Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, muss bei annähernd sinusförmiger Induktion gemessen werden. Während der Messung darf der Oberwellengehalt 6 % nicht überschreiten. Zwei Spannungsmesser V_1 und V_2 in Bild 1a werden parallel zur Wicklung N_2 geschaltet, der erste misst den Effektivwert und der zweite den arithmetischen Mittelwert. Der Formfaktor muss aus dem Verhältnis von Effektivwert zum arithmetischen Mittelwert bestimmt werden. Wenn dieser Formfaktor zwischen 1,10 und 1,12 liegt und gleichzeitig die Kurvenform, die auf dem Oszilloskop beobachtet wird, keine sichtbare Abweichung zeigt, so ist der Oberwellengehalt der Spannung und der Induktion an der Wicklung N_2 niedrig genug.

9 Messungen bei hoher Feldstärke

9.1 Allgemeines

Eine der Schaltungen nach Bild 1a, Bild 1b oder Bild 2 muss verwendet werden. Die Messbedingungen müssen den Werten der Tabelle 5 entsprechen. Prüfprotokolle für Lieferlose werden nur nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller geliefert.

Tabelle 5 – Messbedingungen für die Werkstoffe C 21, C 22 und F 1 für Ummagnetisierungsverluste und Scheinleistungen

Werkstoffsorte	Dicke mm	Frequenz Hz	Induktion T
Siliziumeisen, nicht kornorientiert, C 21	0,35 und 0,5	50 oder 60	1,5
	0,1	400	1,0
Siliziumeisen, kornorientiert, C 22	0,35	50 oder 60	1,7
	0,1 und 0,15	400	1,0
Kobalt-Eisen-Legierungen, F 1	0,2 und 0,35	50 oder 60	2,0
	0,1	400	1,7

Für die nachfolgenden Gleichungen werden folgende Symbole verwendet:

U_2	Spannung an der Wicklung N_2 , in V;
f	Frequenz, in Hz;
$\hat{B}$	Induktionsamplitude, in T;
A_{Fe}	Kernquerschnitt, in mm^2 , (siehe 7.4);
I	Strom, in A;
I_1, I_2, I_3	Ströme in den Phasen bei Dreiphasenkernen, in A;
m_{Fe}	Masse des Kerns, in kg;
N_1	Windungszahl der Wicklung N_1 ;
N_2	Windungszahl der Wicklung N_2 ;
P_{Fe}	Ummagnetisierungsverluste, in W;
P_m	Messwert der Ummagnetisierungsverluste, in W;
P_S	Scheinleistung, in VA;
P_1, P_2, P_3	Ummagnetisierungsverluste in den Phasen von Dreiphasenkernen, in W;
R_2	Widerstand der Wicklung N_2 , in Ω ;

R_V Widerstand des Spannungsmessers, in Ω ;

R_W Widerstand des Spannungspfads des Leistungsmessgeräts, in Ω .

9.2 Messung der Ummagnetisierungsverluste

9.2.1 Ummagnetisierungsverluste für Einphasenkerne

Wenn die Schaltung nach Bild 1a verwendet wird, müssen zur Bestimmung des Formfaktors die beiden Schalter geschlossen sein (siehe 8.4). Die Primärspannung U_1 wird bei geöffnetem Schalter S_1 so eingestellt, dass die abgelesene Sekundärspannung U_2 auf dem Mittelwert-Spannungsmesser V_2 mit dem errechneten Wert der folgenden Gleichung übereinstimmt:

$$U_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \cdot \frac{1}{1 + R_2 \cdot \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right)} \quad (14)$$

Bei geöffnetem Schalter S_1 und geschlossenem Schalter S_2 wird das Leistungsmessgerät abgelesen. Unter Vernachlässigung der Kupferverluste in der Wicklung N_1 und im Strommesser wird der Ummagnetisierungsverlust P_{Fe} aus der gemessenen Leistung P_m durch die folgende Gleichung errechnet:

$$P_{Fe} = \left[P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} - U_2^2 \cdot \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \right] \cdot \left[1 + R_2 \cdot \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \right] \quad (15)$$

ANMERKUNG 1 Das Ergebnis der Messung ist häufig als spezifische Ummagnetisierungsverluste $p_{Fe} = \frac{P_{Fe}}{m_{Fe}}$, in W/kg angegeben.

Wenn Messgeräte mit linearen Verstärkern (siehe Bild 1b) oder ähnliche Instrumente mit sehr hohen Eingangsimpedanzen für die Spannungsmessungen mit direkter Anzeige der Spannungs- und Leistungswerte verwendet werden, vereinfachen sich diese Gleichungen:

$$U_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\sqrt{2}} \cdot A_{Fe} \cdot \hat{B} \cdot N_2 \quad (16)$$

$$P_{Fe} = P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (17)$$

ANMERKUNG 2 Sind diese Impedanzen nicht extrem hoch, jedoch sehr viel höher als R_2 , kann die nachfolgende vereinfachte Gleichung angewendet werden:

$$P_{Fe} = P_m \cdot \frac{N_1}{N_2} - U_2^2 \cdot \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right) \quad (18)$$

Wenn eine direkte Anzeige nicht möglich ist, z. B. wenn äußere Vorverstärker angewendet werden, so muss der Verstärkungsgrad dieser Verstärker berücksichtigt werden.