

MAGNETICS KOOL M μ [®] E-CORES

Einführung

Kool M μ [®]-Pulverkerne bestehen aus einem Eisenlegierungspulver, das sich durch geringe Verluste bei erhöhten Temperaturen auszeichnet. Kool M μ E-Kerne besitzen einen verteilten Luftspalt, wodurch sie ideal für Schaltregler-Induktoren, Zeilenkipp-Transformatoren und Blindstromkompensations-Induktoren geeignet sind. Mit einem Sättigungsgrad von 10.500 Gauss besitzen Kool M μ -Kerne ein höheres Energiespeichervermögen als Ferrit-E-Kerne mit Spalt, wodurch sich kleinere Kerngrößen ergeben. Kool M μ -Kerne sind preislich mit Ferrit-E-Kernen mit Spalt wettbewerbsfähig. Darüber hinaus werden die bei Ferritkernen auftretenden Probleme mit Spaltverlusten durch den verteilten Luftspalt beseitigt. Im Vergleich zu E-Kernen aus Eisenpulver weisen Kool M μ -Kerne niedrigere Verluste und erheblich bessere Wärmeeigenschaften auf.

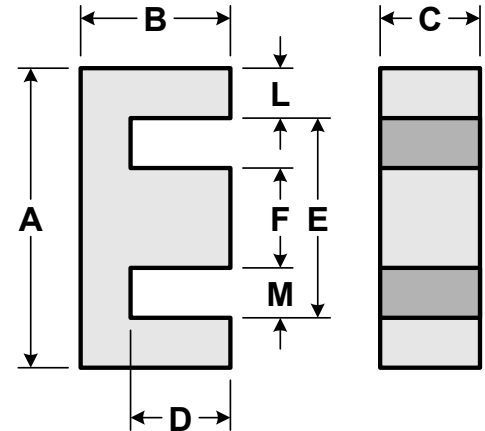


Abbildung 1

Tabelle 1

TEIL NR.		A	B	C	D (min)	E (min)	F	L (nom)	M (min)
00K1207E (EF 12.6)	in (mm)	0,500±,010 (12,7)	0,252±,004 (6,4)	0,140±,006 (3,6)	0,178 (4,4)	0,350 (8,9)	0,140±,005 (3,6)	0,070 (1,8)	0,104 (2,6)
00K1808E (EI-187)	in (mm)	0,760±,012 (19,3)	0,319±,007 (8,1)	0,188±,006 (4,8)	0,218 (5,5)	0,548 (13,9)	0,188±,005 (4,8)	0,094 (2,4)	0,183 (4,6)
00K2510E (E-2425)	in (mm)	1,000±,015 (25,4)	0,375±,007 (9,5)	0,250±,004 (6,5)	0,245 (6,2)	0,740 (18,8)	0,250±,005 (6,2)	0,125 (3,2)	0,246 (6,3)
00K3007-E (DIN 30/7)	in (mm)	1,185±,018 (30,1)	0,591±,009 (15)	0,278±,006 (7,1)	0,376 (9,7)	0,768 (19,5)	0,274±,008 (6,9)	0,201 (5,1)	0,254 (6,5)
00K3515E (EI-375)	in (mm)	1,360±,020 (34,5)	0,557±,009 (14,1)	0,368±,007 (9,4)	0,378 (9,6)	0,995 (25,3)	0,367±,008 (9,3)	0,175 (4,4)	0,310 (7,9)
00K4017E (EE 42/11)	in (mm)	1,687±,025 (42,8)	0,830±,013 (21,1)	0,424±,010 (10,8)	0,587 (15)	1,195 (30,4)	0,468±,010 (11,9)	0,234 (5,9)	0,365 (9,3)
00K4020E (DIN 42/15)	in (mm)	1,687±,025 (42,8)	0,830±,013 (21,1)	0,608±,010 (15,4)	0,587 (15)	1,195 (30,4)	0,468±,010 (11,9)	0,234 (5,9)	0,365 (9,3)
00K4022E (DIN 42/20)	in (mm)	1,687±,025 (42,8)	0,830±,013 (21,1)	0,788±,010 (20)	0,587 (15)	1,195 (30,4)	0,468±,010 (11,9)	0,234 (5,6)	0,365 (9,3)
00K4317E (EI-21)	in (mm)	1,609±,024 (40,9)	0,650±,011 (16,5)	0,493±,007 (12,5)	0,409 (10,4)	1,115 (28,3)	0,493±,008 (12,5)	0,238 (6)	0,310 (7,9)
00K5528E (DIN 55/21)	in (mm)	2,16±,032 (54,9)	1,085±,016 (27,6)	0,812±,015 (20,6)	0,729 (18,5)	1,476 (37,5)	0,660±,015 (16,8)	0,330 (8,4)	0,405 (10,3)
00K5530E (DIN 55/25)	in (mm)	2,16±,032 (54,9)	1,085±,016 (27,6)	0,969±,015 (24,6)	0,729 (18,5)	1,476 (37,5)	0,660±,015 (16,8)	0,330 (8,4)	0,405 (10,3)
00K6527E (Metrisch E65)	in (mm)	2,563±,050 (65,1)	1,279±,150 (32,5)	1,063±,016 (27)	0,874 (22,2)	1,740 (44,2)	0,775±,012 (19,7)	0,394 (10)	0,476 (12,1)
00K7228E (F11)	in (mm)	2,850±,043 (72,4)	1,100±,020 (27,9)	0,750±,015 (19,1)	,699 (17,8)	2,072 (52,6)	0,750±,015 (19,1)	0,375 (9,5)	0,665 (16,9)
00K8020E (Metrisch E80)	in (mm)	3,150±,047 (80)	1,500±,025 (38,1)	0,780±,015 (19,8)	1,103 (28,1)	2,334 (59,3)	0,780±,015 (19,8)	0,390 (9,9)	0,780 (19,8)

Werkstoffe und Gleichstromvormagnetisierung

Kool M μ E-Kerne sind in den vier Permeabilitäten 26 μ , 40 μ , 60 μ und 90 μ verfügbar. Die unten stehende Tabelle enthält die magnetischen Daten aller Kerne. Der kritischste Parameter eines Werkstoffes für Schaltregler-Induktoren ist sein Induktivitäts- bzw. Permeabilitätsvermögen bei Gleichstromvormagnetisierung. Abbildung 2 zeigt die Abnahme der Permeabilität als Funktion der Gleichstromvormagnetisierung. Der verteilte Luftspalt von Kool M μ führt zu einer weichen Induktivitäts-Gleichstrommagnetisierungs-Kurve. Bei den meisten Anwendungen ist diese schwingende Induktivität erwünscht, da sie den Wirkungsgrad erhöht und einem breiten Betriebsbereich entgegenkommt. Wenn eine feste Stromstärke eingehalten werden muss, bietet die sanfte Induktivitäts-Gleichstromvormagnetisierungs-Kurve zusätzlichen Schutz vor Überlastungszuständen. Abbildung 2 zeigt mit einer halblogarithmischen Skala das Gleichstromvormagnetisierungsverhalten bei hoher Stromstärke.

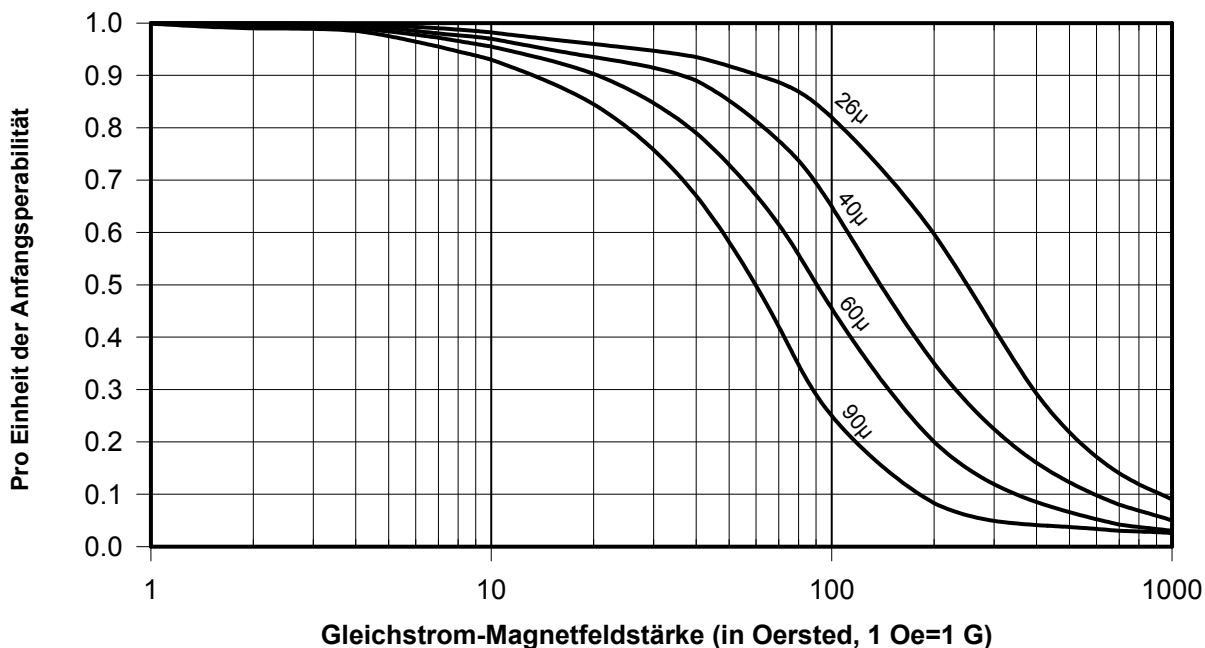


Abbildung 2

Tabelle 2

TEIL NR.	A _L mH/1000 dreht ±8 %				Pfadlänge l _e (cm)	Querschnitt A _e (cm ²)	Volumen V _e (cm ³)
	26 μ	40 μ	60 μ	90 μ			
00K1207E***	-	-	-	-	2,96	0,13	0,385
00K1808E***	26	35	48	69	4,01	0,228	0,914
00K2510E***	39	52	70	100	4,85	0,385	1,87
00K3007E***	33	46	71	92	6,56	0,601	3,94
00K3515E***	56	75	102	146	6,94	0,84	5,83
00K4017E***	56	76	105	151	9,84	1,28	12,6
00K4020E***	80	108	150	217	9,84	1,83	18
00K4022E***	104	140	194	281	9,84	2,37	23,3
00K4317E***	88	119	163	234	7,75	1,52	11,8
00K5528E***	116	157	219	entfällt	12,3	3,5	43,1
00K5530E***	138	187	261	entfällt	12,3	4,17	51,4
00K6527E***	162	-	-	entfällt	14,7	5,4	79,4
00K7228E***	130	-	-	entfällt	13,7	3,68	50,3
00K8020E***	103	145	190	entfällt	18,5	3,89	72,1

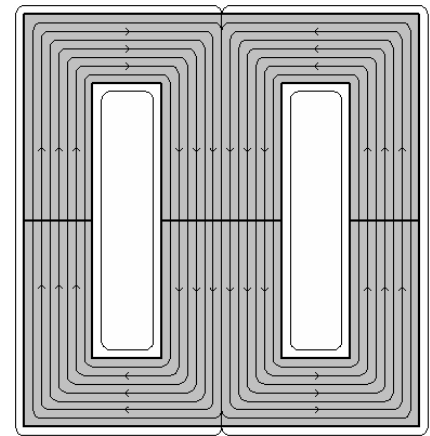
*** Permeabilitätskennzahl muss zur Teilenummer hinzugefügt werden. Beispiel: Die vollständige Teilenummer für 60 μ lautet 00K1808E060.

Vergleich zu Ferritkern mit Spalt

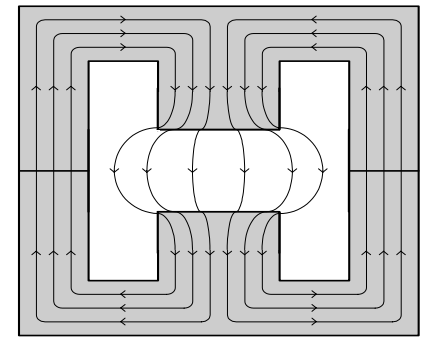
Obwohl die Verluste bei hochwertigen Ferritkernen geringer als bei Kool M μ -Kernen sind, ist bei Ferritkernen oft eine niedrige Wirkpermeabilität erforderlich, damit bei hohen Strompegeln keine Sättigung eintritt. Aufgrund ihrer hohen Anfangspermeabilität benötigen Ferritkerne einen relativ großen Luftspalt, um eine niedrige Wirkpermeabilität zu erzielen. Dieser große Luftspalt führt zu Spaltverlusten, was ein komplexes Problem darstellt, das beim Vergleich der Werkstoff-Verlust-Kurven oft übersehen wird. Der Spaltverlust kann, einfach ausgedrückt, die Verluste durch Randfluss um den Luftspalt herum drastisch erhöhen (Abbildung 3). Der Randfluss kreuzt sich mit den Kupferwicklungen und erzeugt im Draht übermäßige Wirbelströme.

Kool M μ -Kerne bieten mit ihrer mehr als doppelt so hohen Flusskapazität im Vergleich zu Ferritkernen ein wesentlich besseres Gleichstromvormagnetisierungsverhalten (siehe Abbildung 4). Bei einer typischen Dämpfung von 50 % kann dies eine Verringerung der Kerngröße um 35 % und eine widerstandsfähigere Gestaltung ermöglichen, bei der die sanfte Sättigungskurve von Kool M μ -Kernen ausgenutzt wird. Bei hohen Temperaturen ist der Unterschied bezüglich der Flusskapazität noch weitaus größer, da die Flusskapazität von Ferritkernen mit zunehmender Temperatur abnimmt, während sie bei Kool M μ -Kernen relativ konstant bleibt.

Ferritkerne mit Spalt haben natürlich auch Vorteile gegenüber Kool M μ -E-Kernen. Ferritkerne mit Spalt besitzen typischerweise eine Toleranz von ± 3 % bei der Induktivität, verglichen mit den ± 8 % von Kool M μ -Kernen. Außerdem sind sie in einer weitaus größeren Auswahl von Größen und Formen verfügbar. Da Ferritwerkstoff eine höhere mit einem Luftspalt versehene Wirkpermeabilität besitzt, ist er für Anwendungen mit relativ niedriger Vormagnetisierung gut geeignet, wie zum Beispiel für Feedforward-Transformatoren und Induktoren für niedrige Vormagnetisierung.



Kool M μ



Ferritkern mit Spalt

Abbildung 3

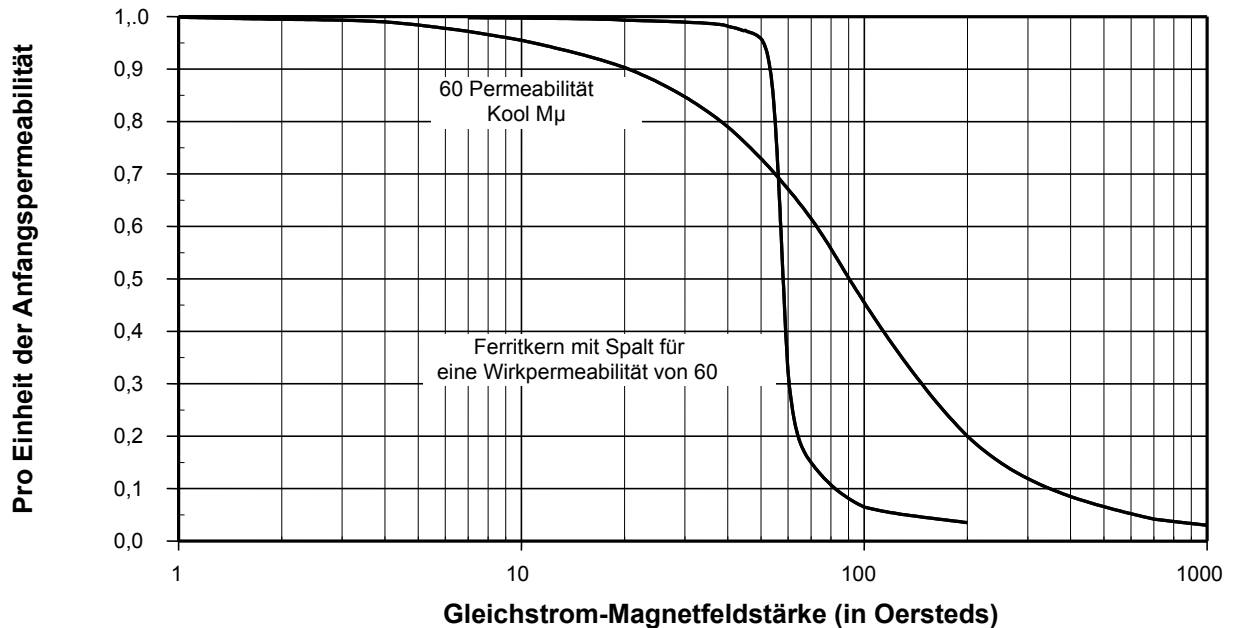


Abbildung 4

Vergleich mit Eisenpulverkern

Der Hauptvorteil des Kool M μ -Werkstoffes gegenüber Eisenpulver liegt in seinen geringeren Kernverlusten (siehe Abb. 5). Der Kool M μ -Werkstoff (eine Mischung aus Aluminium, Silizium und Eisen) bietet auch ein ähnliches Gleichstromvormagnetisierungsverhalten wie Eisenpulver (siehe Abb. 6). Zusätzlich zur Belastung durch Gleichstromvormagnetisierung werden Schaltregler-Induktoren auch durch einen Wechselstrom – üblicherweise zwischen 10 kHz und 300 kHz – belastet. Dieser Wechselstrom induziert ein hochfrequentes Magnetfeld, durch das Kernverluste entstehen und der Kern sich erwärmt. Mit Kool M μ wird dieser Effekt verringert, wodurch Induktoren effizienter arbeiten und kühler bleiben. Außerdem hat Kool M μ eine verschwindend geringe Magnetostriktion, weshalb es zu keinen Arbeitsgeräuschen kommt, wie sie bei Eisenpulverkernen, Ferrit oder Siliziumeisenschichten im Frequenzbereich zwischen 20 Hz und 20 kHz auftreten.

TYPISCHE KERNVERLUSTE

100 KhZ

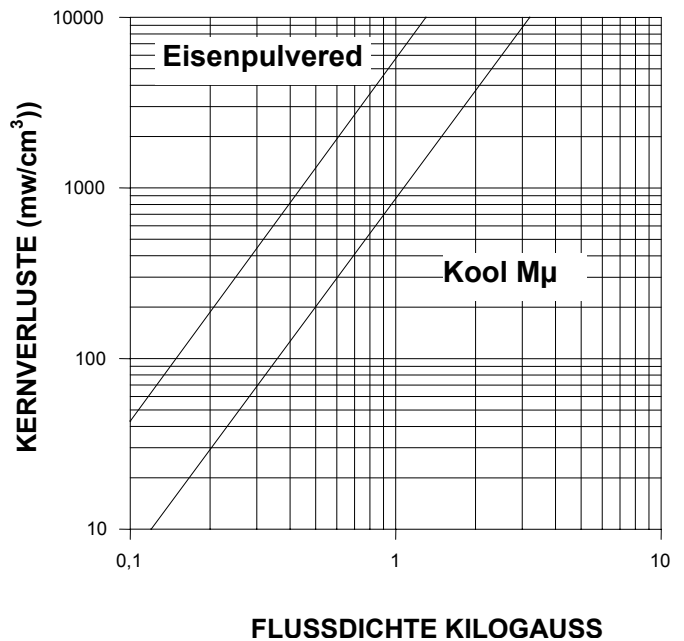


Abbildung 5

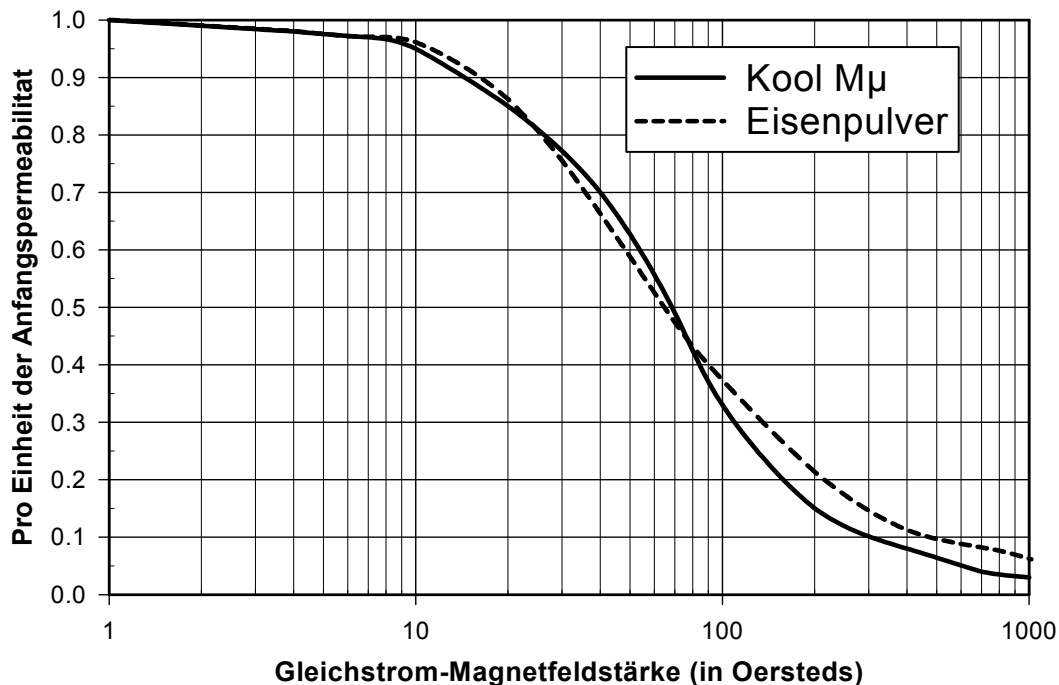


Abbildung 6

Einfluss der Temperatur auf die Leistung

Mit einer Curietemperatur von ca. 500 °C und ausgelegt für einen Dauerbetrieb zwischen -65 °C und +200 °C bietet Kool M μ eine ausgezeichnete Leistung bezüglich der Temperatur. Im Gegensatz zu Eisenpulver wird Kool M μ ohne Zusatz eines organischen Bindemittels hergestellt. Deshalb hat Kool M μ auch keine thermischen Alterungsprobleme wie Pulvereisenkerne. Kool M μ besitzt auch eine relativ stabile Induktivität gegenüber der Temperatur (siehe Abb. 7). Anders als bei einigen Ferritwerkstoffen steigen die Verluste bei Kool M μ nicht mit zunehmender Temperatur an. Darüber hinaus nimmt die Sättigungsflussdichte bei Kool M μ bei hohen Temperaturen nicht erheblich ab – ein Verhalten, das den Umgang mit der Gleichstromvormagnetisierung von Ferritwerkstoffen einschränkt.

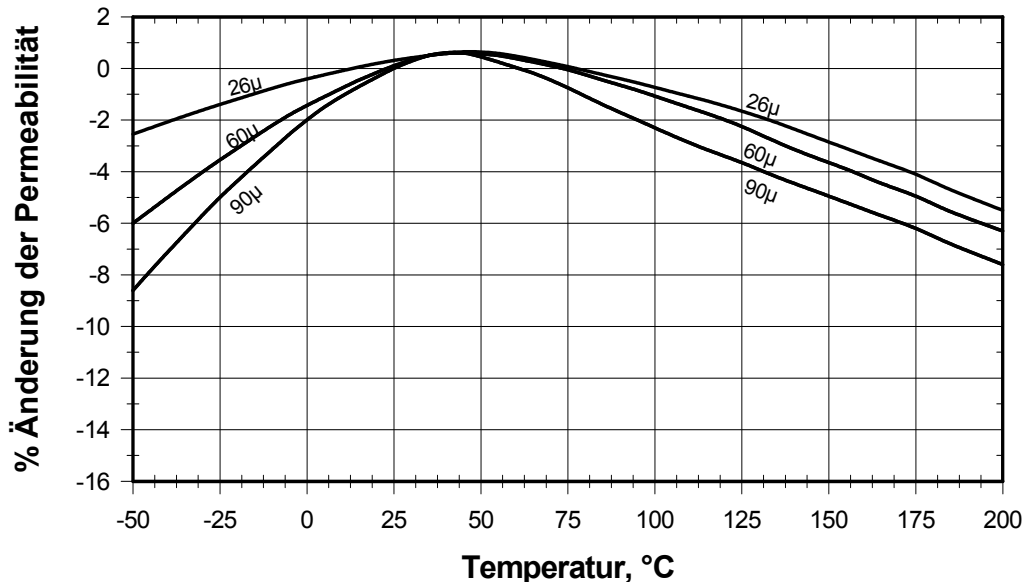


Abbildung 7

Magnetischer Streufluss

Magnetischer Streufluss tritt auf, wenn sich ein Teil des Magnetfeldes außerhalb der Kernstruktur befindet. Bei allen Transformatoren und Induktoren liegt ein magnetischer Streufluss in bestimmter Höhe vor, wobei Werkstoffe mit einer niedrigen Permeabilität einen größeren Streufluss als Werkstoffe mit einer hohen Permeabilität haben. Ferritwerkstoffe mit einer hohen Permeabilität werden üblicherweise mit einem Spalt versehen, um eine Sättigung zu verhindern. Dazu wird meist ein einzelner Spalt angebracht. Dadurch wird der magnetische Streufluss in dieser Struktur um den einzelnen Luftspalt herum konzentriert. Ein Werkstoff mit einer niedrigen Permeabilität wie Kool M μ hat einen verteilten Luftspalt, wodurch der Streufluss um die Kernstruktur herum verteilt wird.

Der magnetische Streufluss vergrößert die Wirkfläche und verringert die effektive Weglänge eines Magnetkerns. Somit ist bei einem Kern mit einer niedrigen Permeabilität die gemessene Induktivität immer höher als die berechnete Induktivität, gemäß der folgenden Gleichung:

$$L = .4 \pi \mu N^2 A_e 10^{-8} / l_e$$

wobei:

L = Induktivität in Henries

μ = Kernpermeabilität

N = Anzahl der Windungen

A_e = effektiver Querschnitt in cm²

l_e = magnetische Weglänge im Kern in cm

Auch die Abmessungen des Kerns wirken sich auf den magnetischen Streufluss aus. Bei einem E-förmigen Kern tritt bei Kernen mit einer längeren Wicklungslänge ein geringerer magnetischer Streufluss auf als bei Kernen mit einer kürzeren Wicklungslänge. Außerdem weist ein Kern mit einer größeren Wicklung auch einen größeren Streufluss als ein Kern mit weniger Wicklung auf.

Äußeres Streufeld

Die Kernform wirkt sich auf das äußere Streufeld aus. E-förmige Kerne, bei denen der größte Teil des Kerns die Wicklung umgibt, haben ein größeres äußeres Streufeld als ringförmige Kerne, bei denen der Kern von der Wicklung umschlossen wird. Bei der Verwendung von Kool M μ E-Kernen muss das äußere Streufeld von E-förmigen Kernen berücksichtigt werden. Kool M μ E-Kerne sollten nicht mit Metallklammern montiert werden, da sich dann das magnetische Streufeld in diesen Klammern konzentriert und sich die Gesamtverluste erhöhen. Das Streufeld muss ferner bei der Platinengestaltung berücksichtigt werden. Komponenten, die für magnetische Streufelder anfällig sind, sollten, wie dies bei Ferritkernen mit Spalt üblich ist, mit einem gewissen Abstand vom Kool M μ E-Kern platziert werden. Wenn Sie weitere Informationen zu diesem Thema benötigen, wenden Sie sich bitte an die Magnetics -Anwendungstechnik-Gruppe. Sie erhalten dann ein Whitepaper mit "Betrachtungen zum magnetischen Streufluss bei Kool μ -Kernen".

Spulen

Für die meisten Kool M μ E-Kerngrößen sind Spulen verfügbar (siehe Tabelle 3). Blanke Spulen ohne Pins sind ebenfalls für die meisten Größen erhältlich. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch zur Gestaltung von Magnetics-Pulverkernen auf Seite 5.5. Die Kerne liegen in den standardmäßigen Industriegrößen passend für frei erhältliche Standardspulen vor. Kernteile lassen sich zusammensetzen, indem die elektrischen Kontaktflächen verbunden werden und die Kernumfassung umwickelt wird.

Tabelle 3

Kern-Nr.	Spulen-Nr.	Anzahl der Pins	Wickelfläche (in ²)	Wickelfläche (cm ²)	Länge pro Windung (ft)	Länge pro Windung (cm)
00K1808E (EI-187)	PCB180881	8	0,049	0,316	0,133	4,05
00K2510E (E-2425)	PCB2510T1	10	0,063	0,406	0,178	5,42
00K3007E (DIN 30/7)	PCB3007T1	10	0,129	0,833	0,180	5,48
00K3515E (EI-375)	PCB3515L1	12	0,147	0,948	0,241	7,34
00K4020E (DIN 42/15)	PCB4020L1	12	0,300	1,94	0,300	9,14
00K4022E (DIN 42/20)	PCB4022L1	12	0,300	1,94	0,335	10,21
00K4317E (EI-21)	PCB4317L1	12	0,156	1,01	0,281	8,56
00K5528E (DIN 55/21)	PCB5528WA	20	0,468	3,02	0,352	10,73
00K5530E (DIN 55/25)	PCB5530FA	14	0,448	2,89	0,439	13,38
00K7228E (F11)	00B722801	-	0,632	4,08	0,49	14,94
00K8020E (Metrisch E80)	00B802001	-	1,25	8,06	0,542	16,52

Sortimenterweiterung

Für die Zukunft sind noch weitere Größen von Kool M μ E-Kernen geplant. Zusammen mit den Kernen werden auch andere jeweils passende Baugruppen angeboten werden. Darüber hinaus werden auch U-förmige Kerne und Blöcke angeboten (einige Größen sind bereits jetzt erhältlich). Halten Sie den Kontakt mit der Abteilung für Anwendungstechnik von Magnetics aufrecht oder informieren Sie sich auf unserer Website über zukünftige Produktankündigungen.

Auswählen eines Kerns

Um einen Kern auszuwählen, müssen Sie lediglich zwei Parameter für die beabsichtigte Anwendung kennen: die erforderliche Induktivität bei Gleichstromvormagnetisierung und die Gleichstrom-Stromstärke. Die Größe des Kerns und die Anzahl der Wicklungen können Sie folgendermaßen ermitteln:

1. Berechnen Sie das Produkt von LI^2 , wobei gilt:

L = erforderliche Induktivität mit Gleichstromvormagnetisierung (in mH)

I = Gleichstrom-Stromstärke (in Ampere)

2. Suchen Sie den Wert von LI^2 im Diagramm für die Kernauswahl (Seite 8). Folgen Sie dieser Koordinate bis zum Schnittpunkt mit der ersten Kerngröße, die oberhalb der diagonalen Permeabilitätslinie liegt (kleine Kerngrößen befinden sich unten, große Kerngrößen oben). Dies ist die kleinste Kerngröße, die verwendet werden kann.

3. Die Permeabilitätslinie ist in handelsübliche Kernpermeabilitäten eingeteilt. Durch Auswahl der angegebenen Permeabilität erhalten Sie den kleinsten verwendbaren Kern. Es können höhere oder niedrigere Permeabilitäten verwendet werden, die sich ergebende Kerngröße wird aber größer sein.

4. Sie kennen nun die Induktivität, die Kerngröße und die Permeabilität. Die Anzahl der Wicklungen berechnen Sie folgendermaßen:

a) Die Nenninduktivität für den Kern (A_L in mH / 1000 Wicklungen) erhalten Sie aus dem Datenblatt des Kerns. Ermitteln Sie die Mindestnenninduktivität unter Verwendung der negativen Toleranz für den schlechtesten Fall (-8 %). Berechnen Sie mit dieser Information die Anzahl der Wicklungen, die für die benötigte Induktivität (in mH) erforderlich ist, folgendermaßen: $N = (L \times 10^6 / A_L)^{1/2}$

b) Berechnen Sie die Vormagnetisierung (in Oerstedt) mit der folgenden Formel: $H = 0.4\pi NI / l_e$ (mit l_e in cm)

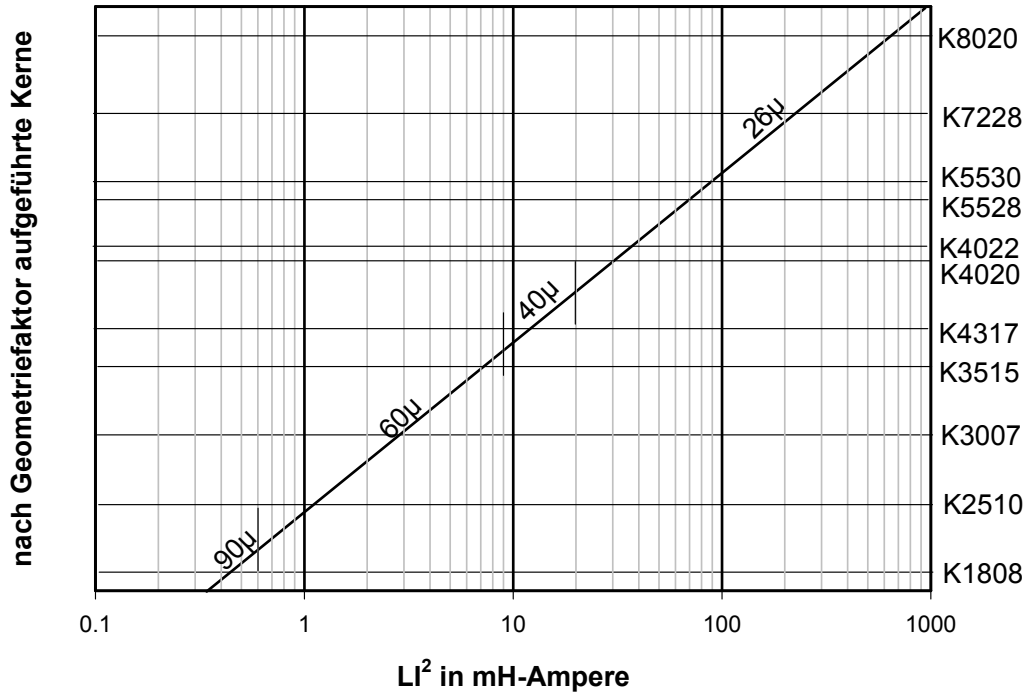
c) Ermitteln Sie aus der Permeabilitäts-Gleichstromvormagnetisierungskurve die Dämpfung pro Einheit der Anfangspermeabilität für die bereits errechnete Vormagnetisierung.

d) Erhöhen Sie die Wicklungszahl, indem Sie die Anfangszahl der Wicklungen (aus Schritt 4) durch den normierten Wert der Anfangspermeabilität dividieren. Das ergibt eine Induktivität, die nahe am erforderlichen Wert liegt. Wird eine ganz bestimmte Induktivität benötigt, so kann eine letzte Anpassung der Wicklungen erforderlich werden.

5. Wählen Sie aus der Tabelle „Drähte“ die korrekte Drahtdicke aus. Bei Arbeitszyklen unterhalb von 100 % können Drahtdicke und Wicklungsfaktor kleiner ausfallen; die Kerngrößen dürfen Sie allerdings nicht verringern.

6. Die Induktivität des gewählten Kerns wird gleich oder größer als der Wert sein, der bei Vormagnetisierung mit der angegebenen Gleichstrom-Stromstärke erforderlich ist. Der sich ergebende Wicklungsfaktor wird zwischen 50 % und 80 % liegen.

Kernauswahldiagramm



Mit dem oben abgebildeten Diagramm können die optimale Permeabilität und die kleinste Kerngröße für Gleichstromvormagnetisierungsanwendungen schnell bestimmt werden. Das Diagramm basiert auf den folgenden Parametern: die Permeabilität verringert sich bei Gleichstromvormagnetisierung um nicht mehr als 20 %, die üblichen Wicklungsfaktoren liegen zwischen 50 % und 80 % der Spule, und die Wechselstrom-Stromstärke ist im Vergleich zur Gleichstrom-Stromstärke relativ klein. Außerdem bezieht sich das Diagramm auf die Mindestinduktivitätstoleranz der gewählten Kerngröße und Permeabilität.

Wenn Sie einen Kern auswählen möchten, der bei einer relativ großen Wechselstrom-Stromstärke (verglichen mit der Gleichstrom-Stromstärke) verwendet werden soll, müssen Sie die Kerngröße eine Nummer größer als im Diagramm angezeigt wählen. Das hilft, die Betriebsflussdichte des Wechselstroms zu reduzieren, der zu Kernverlusten führt.

MAGNETICS
P.O. Box 11422
Pittsburgh, PA 15238
FAX: 412-696-0333
Telefon: 412-696-1300
1-800-245-3984
www.mag-inc.com
E-Mail: magnetics@spang.com