

I NUCLEI AD E IN KOOL M_{μ} ® DELLA MAGNETICS

Introduzione

I nuclei in Kool M_{μ} ® sono costituiti da una lega ferrosa in polvere caratterizzata da perdite minime a temperature elevate. I nuclei ad E in Kool M_{μ} presentano un traferro distribuito che li rende ideali per utilizzi quali: induttori di regolazione switching, trasformatori flyback ed induttori per correzione del fattore di potenza (Power Factor Correction, PFC).

I nuclei ad E in Kool M_{μ} presentano un livello di saturazione pari a 10.500 gauss (1,05 Tesla) che permette una più elevata capacità di immagazzinamento di energia rispetto a quella di nuclei ad E in ferrite traferrati, e quindi dimensioni più ridotte. Rispetto ai nuclei ad E in ferrite traferrati i nuclei ad E in Kool M_{μ} hanno prezzi competitivi ed il traferro distribuito che elimina i problemi di perdite associate al flusso disperso dal traferro. Inoltre, i nuclei ad E in Kool M_{μ} presentano perdite significativamente inferiori e proprietà termiche notevolmente superiori rispetto a nuclei ad E in polveri di ferro.

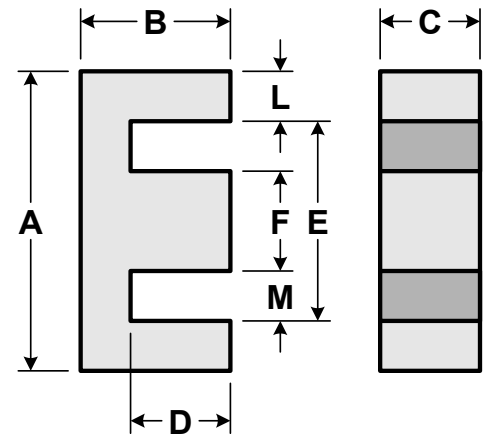


Figura 1

Tabella 1

CODICE ARTICOLO		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 (Metric 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 (Metric 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)

Materiali e polarizzazione in Corrente Continua

I nuclei ad E in Kool M μ sono disponibili in quattro permeabilità: 26 μ , 40 μ , 60 μ , e 90 μ . Nella tabella seguente sono riportati i dati magnetici per ciascun nucleo. Il parametro più critico di un materiale da usare in induttori di regolazione switching è la sua capacità di fornire alta induttanza (o permeabilità) in condizioni di polarizzazione CC. Nella Figura 2 è rappresentata la diminuzione di permeabilità in funzione della polarizzazione CC. Il traferro distribuito del Kool M μ genera una minore diminuzione dell' induttanza al crescere della polarizzazione CC. Nella quasi totalità delle applicazioni, questa variazione dell'induttanza è preferibile poiché migliora l'efficienza e crea le premesse per un più vasto ambito d'applicazione. Se è necessario assicurare una corrente fissa, la minore pendenza della curva d'induttanza, in funzione della polarizzazione CC, rappresenta un fattore di protezione aggiuntivo da possibili condizioni di sovraccarico. In Figura 2 la curva è rappresentata su scala semi-logaritmica per evidenziare le caratteristiche della polarizzazione CC a corrente elevata.

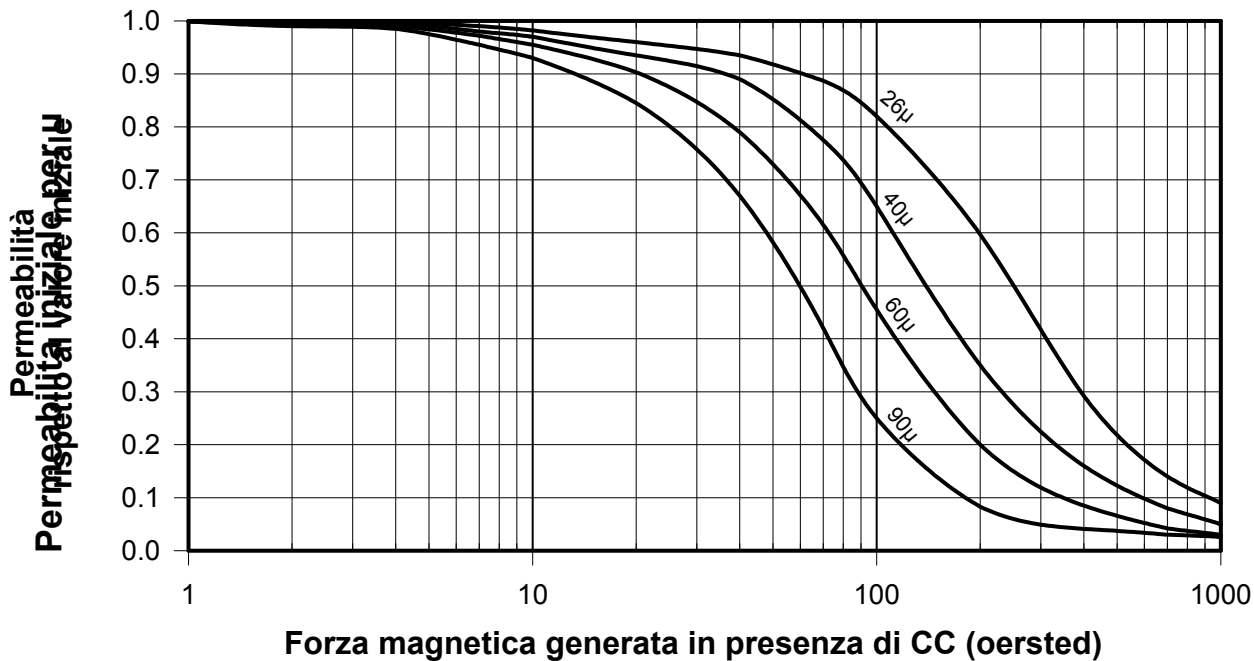


Figura 2

Tabella 2

CODICE ARTICOLO	A _L mH/1000 spire $\pm 8\%$				Lunghezza del percorso l _e (cm)	Sezione trasversale A _e (cm ²)	Volume 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	NA	12,3	3,5	43,1
00K5530E***	138	187	261	NA	12,3	4,17	51,4
00K6527E***	162	-	-	NA	14,7	5,4	79,4
00K7228E***	130	-	-	NA	13,7	3,68	50,3
00K8020E***	103	145	190	NA	18,5	3,89	72,1

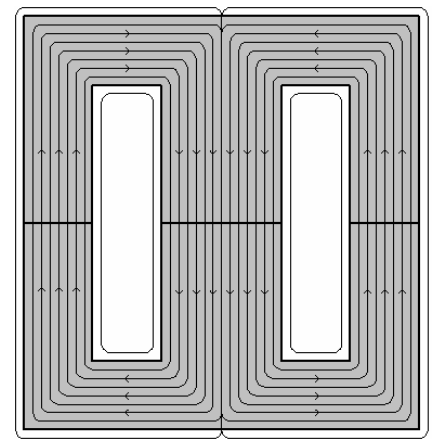
*** Aggiungere il valore di permeabilità al codice articolo, ad esempio il codice articolo completo per 60 μ è 00K1808 E060

Confronto con nuclei ad E in ferrite trafermati

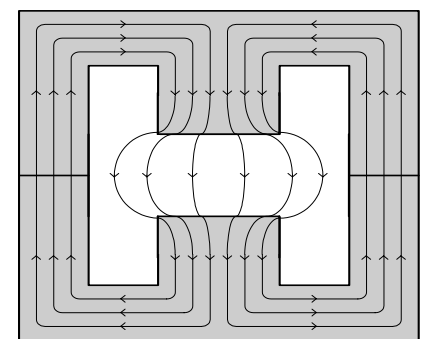
Sebbene i nuclei in ferrite di alto livello presentino perdite nel nucleo inferiori a quelle dei nuclei in Kool M μ , spesso le ferriti devono presentare una bassa permeabilità effettiva per evitare la saturazione ad alti livelli di corrente. Essendo esse caratterizzate da una permeabilità iniziale elevata, è necessario prevedere un traferro relativamente ampio per garantire una permeabilità efficace sufficientemente bassa. Questo ampio traferro genera delle perdite notevoli al suo interno, il che rappresenta un problema complesso che è spesso trascurato nel confronto delle curve di perdita dei materiali. In breve, la presenza del traferro aumenta sensibilmente le perdite a causa del flusso disperso attorno al traferro (Figura 3). Questo flusso attraversa gli avvolgimenti generando considerevoli perdite nel rame per correnti parassite.

Con una capacità di flusso più che doppia rispetto alla ferriti, il Kool M μ presenta caratteristiche di polarizzazione CC significativamente migliori (Figura 4). In condizioni tipiche di diminuzione della permeabilità in funzione della polarizzazione CC (pari al 50%) consente di ottenere una riduzione del 35% nelle dimensioni dei nuclei ed un design più solido che sfrutti le caratteristiche della curva di saturazione del Kool M μ . La differenza nella capacità di flusso è ancor più marcata alle alte temperature, poiché la capacità di flusso delle ferriti diminuisce con la temperatura mentre quella del Kool M μ si mantiene relativamente costante.

I nuclei in ferrite trafermati possono anche presentare dei vantaggi rispetto ai nuclei ad E in Kool M μ . Di norma hanno una tolleranza sull'induttanza pari a $\pm 3\%$ rispetto al $\pm 8\%$ del Kool M μ e sono disponibili in una varietà molto più ampia di misure e forme. Poiché le ferriti trafermate possono presentare una permeabilità effettiva superiore, sono più indicate per applicazioni caratterizzate da livelli di polarizzazione CC relativamente bassi, come ad esempio in trasformatori feed-forward ed induttori a bassa polarizzazione.



Kool M μ



Ferrite trafermata

Figura 3

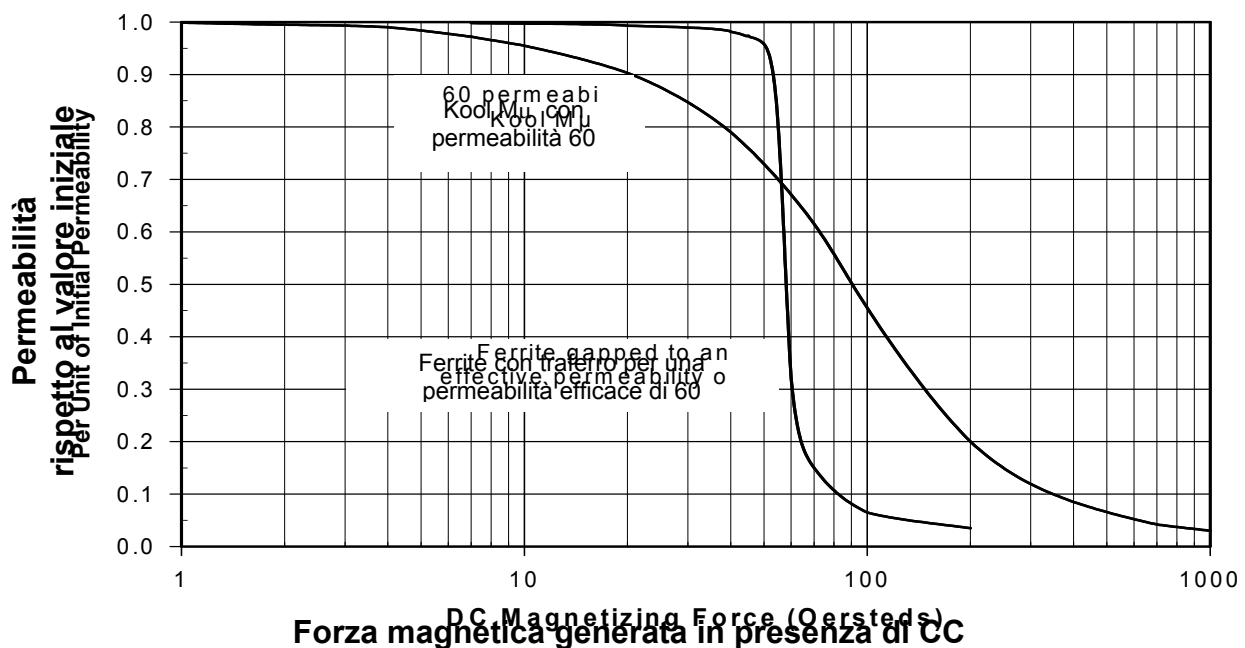


Figura 4

Confronto con le polveri di ferro

Il vantaggio principale del Kool M μ rispetto alle polveri di ferro è rappresentato dalle perdite nel nucleo più contenute (Figura 5). Inoltre, il Kool M μ (composto di Al, Si, Fe) presenta caratteristiche di polarizzazione CC simili a quelle delle polveri di ferro (composte di Fe puro) (Figura 6). Oltre alla polarizzazione CC, gli induttori di regolazione switching sono sottoposti anche a correnti CA, solitamente nell'intervallo 10 kHz – 300 kHz. Questa corrente CA genera un campo magnetico ad alta frequenza che determina delle perdite e provoca il riscaldamento del nucleo. Questo effetto è attenuato nel Kool M μ ; pertanto gli induttori presentano una maggiore efficienza e funzionano a temperature più basse. Inoltre, la magnetostrizione del Kool M μ è quasi pari a zero e consente di eliminare il rumore udibile associato ai nuclei in polveri di ferro, alle ferriti o ai lamierini in ferro silicio nella gamma 20 Hz – 20 kHz.

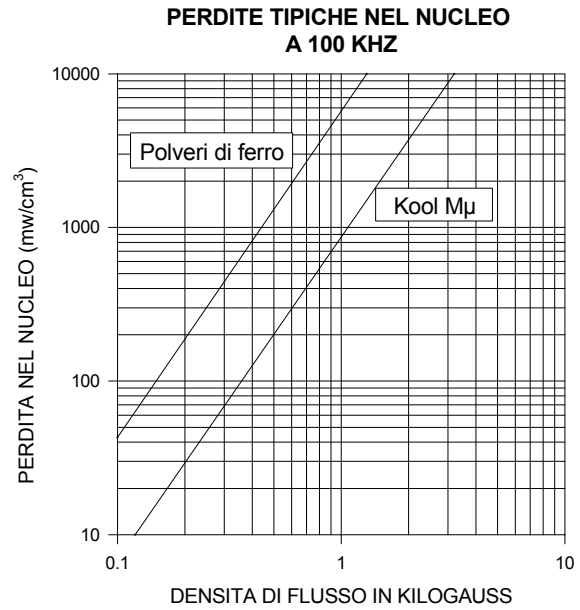


Figura 5

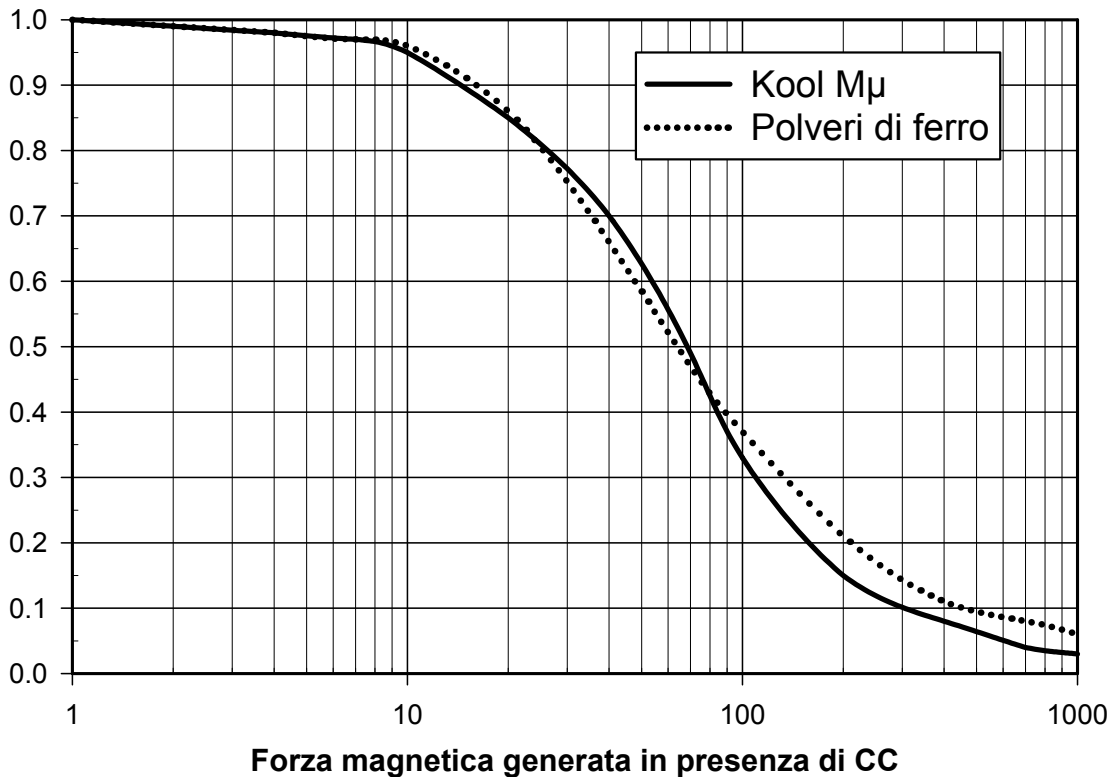


Figura 6

Prestazioni rispetto alla temperatura

Con una temperatura di Curie di circa 500°C e una capacità di funzionamento continuativo a temperature comprese tra -65°C e +200°C, il Kool M μ offre prestazioni eccellenti in un intervallo molto ampio di temperature. A differenza delle polveri di ferro il Kool M μ è prodotto senza utilizzare legante organici, e pertanto non è interessato da nessuna delle problematiche di invecchiamento termico associate ai nuclei in polveri di ferro. Il Kool M μ è anche caratterizzato da un'induttanza relativamente stabile rispetto alla temperatura (vd. Figura 7). A differenza di alcuni materiali a base di ferriti, non presenta perdite superiori al crescere della temperatura. Inoltre, non presenta una diminuzione della densità del flusso di saturazione a temperature elevate, caratteristica che nelle ferriti riduce la capacità di gestione della polarizzazione CC.

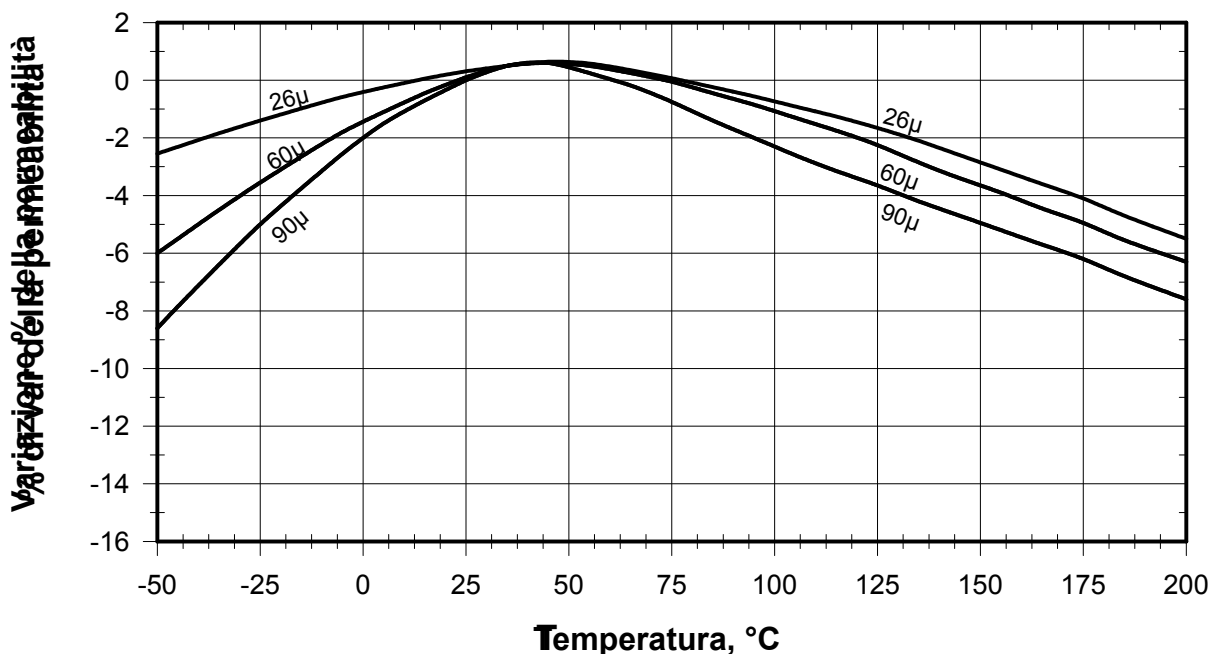


Figura 7

Flusso disperso

Il flusso disperso si verifica quando parte del campo magnetico risulta esterno alla struttura del nucleo. Qualsiasi trasformatore o induttore presenta un certo quantitativo di flusso disperso, che è maggiore nei materiali a bassa permeabilità rispetto a quelli ad alta permeabilità. La ferrite ad alta permeabilità è solitamente dotata di traferro per evitare la saturazione. Normalmente si utilizza un singolo traferro. Pertanto in questa configurazione il flusso disperso risulta concentrato attorno al singolo unico traferro. Un materiale a bassa permeabilità come il Kool M μ presenta un traferro distribuito; ne consegue che il flusso disperso risulta invece distribuito lungo tutta la struttura del nucleo.

Il flusso disperso determina un aumento della sezione effettiva e una diminuzione della lunghezza effettiva del percorso magnetico nel nucleo. Di conseguenza, in un nucleo a bassa permeabilità l'induttanza rilevata è sempre superiore a quella calcolata. Si veda l'equazione seguente:

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

dove:

L = induttanza in Henry

μ = permeabilità del flusso

N = numero di giri

A_e = sezione trasversale effettiva in cm²

l_e = lunghezza del percorso magnetico del nucleo in cm

Anche le dimensioni del nucleo influiscono sul flusso disperso. Nel caso dei nuclei a E, un nucleo con una lunghezza di avvolgimento maggiore presenterà una dispersione inferiore rispetto a un nucleo con una lunghezza di avvolgimento ridotta. Inoltre, un nucleo con un spessore di avvolgimento maggiore presenterà una dispersione più marcata rispetto a un nucleo con un spessore di avvolgimento inferiore.

Campo di dispersione esterno

La forma del nucleo influisce sul campo di dispersione esterno. La forma dei nuclei a E, nei quali la quasi totalità del nucleo circonda l'avvolgimento, presenta campo di dispersione esterno più ampio rispetto alla forma toroidale, nei quali l'avvolgimento circonda il nucleo. Nell'utilizzo dei nuclei ad E in Kool M μ è necessario tenere in considerazione il campo di dispersione esterno di tale forma del nucleo. I nuclei ad E in Kool M μ non devono essere assemblati con clip metalliche per evitare che il flusso di dispersione si concentri nelle clip determinando un aumento delle perdite totali. Nella disposizione della scheda di circuito è necessario tenere in conto tale campo disperso. I componenti sensibili a campi magnetici parassiti devono essere disposti a debita distanza dal nucleo ad E in Kool M μ analogamente a quanto accade per le ferriti traferrate. Per ulteriori informazioni, contattare il gruppo Applications Engineering di Magnetics per richiedere una copia del documento "Leakage Flux Considerations on Kool M μ E-Cores".

Componentistica

Per la maggior parte delle dimensioni dei nuclei ad E in Kool M μ è disponibile la necessaria componentistica (vd. tabella 3). In particolare sono disponibili rocchetti semplici, piani o senza pin. Per informazioni dettagliate, vedere il manuale Powder Core Design di Magnetics (pag. 5.5). I nuclei sono disponibili in misure industriali standard adatte per bobine standard commercializzate da vari produttori. È possibile assemblare i nuclei affacciando le superfici corrispondenti e nastrandolo lungo il perimetro.

Tabella 3

Codice del nucleo	Codice della bobina	Numero di pin	Area di avvolgimento (in ²)	Area di avvolgimento (cm ²)	Lunghezza per giro (piedi)	Lunghezza per giro (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 (Metric E80)	00B802001	-	1,25	8,06	0,542	16,52

Sviluppi futuri

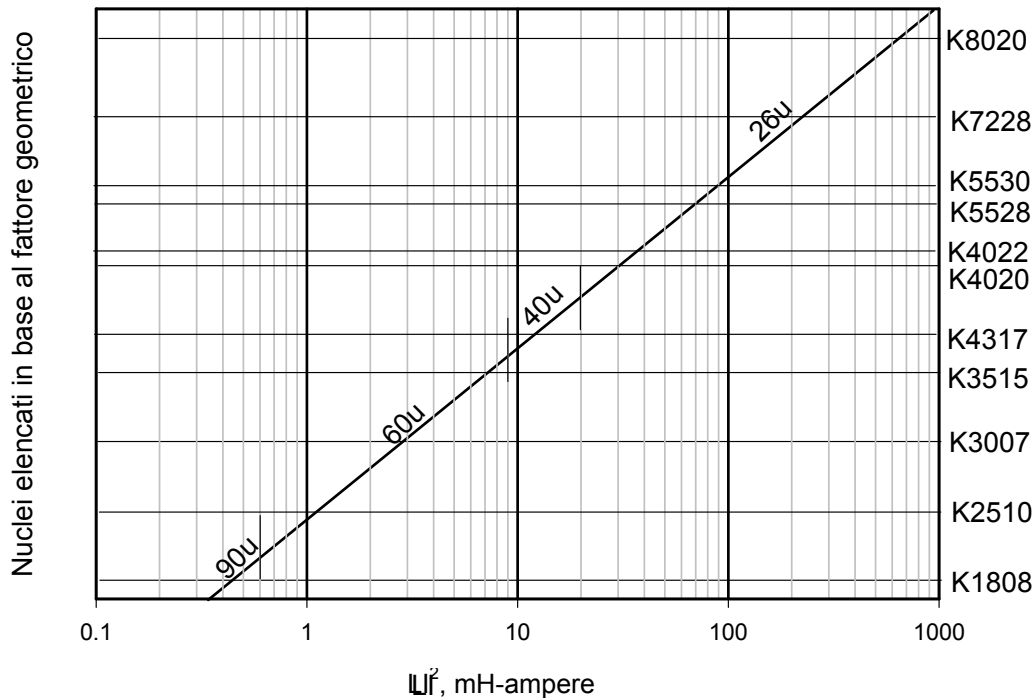
È possibile prevedere una prossima (futura) espansione delle dimensioni dei nuclei ad E in Kool M μ con nuclei ancora più grandi di quelli presenti attualmente a catalogo. Ove possibile, la componentistica sarà fornita a corredo dei nuclei. Inoltre, saranno disponibili i blocchi e i nuclei a U (alcune misure sono già disponibili). Per informazioni aggiornate sul lancio di futuri prodotti, contattare il reparto Applications Engineering di Magnetics o visitare il sito web aziendale.

Procedura per la selezione dei nuclei

È necessario conoscere solo due parametri della progettazione: l'induttanza necessaria in condizioni di polarizzazione CC e la corrente CC. Per determinare la misura del nucleo e il numero di giri, procedere come segue.

1. Calcolare il prodotto LI^2 , dove:
 L = induttanza necessaria in condizioni di polarizzazione CC (mH)
 I = corrente CC (Ampere)
2. Individuare il valore di LI^2 sull'asse delle ascisse nel diagramma di selezione dei nuclei (pag. 8). Seguire questa coordinata fino all'intersezione con le dimensioni del primo nucleo che giace al di sopra della linea di permeabilità diagonale (le misure piccole si trovano in basso, quelle grandi in alto). Questa è la misura minima che è possibile utilizzare.
3. La linea di permeabilità è suddivisa nei valori standard disponibili di permeabilità dei nuclei. Selezionando la permeabilità indicata si otterrà la misura minima del nucleo che è possibile usare. È possibile usare permeabilità inferiori o superiori ma le dimensioni del nucleo varieranno di conseguenza.
4. Ora sono noti i valori di induttanza e permeabilità e la misura del nucleo. Per calcolare il numero di giri, procedere come segue.
 - a) Consultare la scheda tecnica del nucleo per ottenere il valore di induttanza nominale (A_L in mH / 1000 giri). Determinare l'induttanza nominale minima applicando la tolleranza negativa del peggior caso ipotizzabile (-8%). Utilizzare queste informazioni per calcolare il numero di spire necessario a ottenere l'induttanza in mH come segue: $N = (L \times 10^6 / A_L)^{1/2}$.
 - b) Calcolare il valore della polarizzazione in Oersted a partire da: $H = 0.4\pi NI / l_e$ (l_e in cm).
 - c) In base alle curve di permeabilità in funzione della polarizzazione CC, determinare la diminuzione di permeabilità rispetto al valore iniziale per il livello di polarizzazione calcolato precedentemente.
 - d) Aumentare il numero delle spire dividendo il numero iniziale delle spire (dal punto 4a) per il valore della permeabilità rispetto a quella iniziale. In tal modo si ottiene un valore di induttanza prossimo a quello necessario. Per ottenere un valore specifico, potrebbe essere necessario un aggiustamento finale del numero delle spire.
5. Scegliere la sezione di filo corretta dalla tabella Fili. Duty cycles al di sotto del 100% consentono di scegliere misure di filo e fattori di avvolgimento inferiori, ma non misure di nucleo più ridotte.
6. Il nucleo selezionato avrà un'induttanza pari o superiore a quella necessaria in presenza di polarizzazione con la corrente CC specifica. Il fattore di avvolgimento così ottenuto sarà compreso tra il 50% e l'80%.

Diagramma di selezione dei nuclei



Questo diagramma consente di derivare rapidamente i valori di permeabilità ottimali e le dimensioni del nucleo minime necessarie per applicazioni in condizioni di polarizzazione CC. Il diagramma si basa su una riduzione della permeabilità non superiore al 20% in condizioni di polarizzazione CC, fattori tipici di avvolgimento della bobina compresi tra il 50% e l'80% e una corrente CA ridotta rispetto alla corrente CC. Si basa inoltre sui valori di tolleranza minima dell'induttanza per la permeabilità e le dimensioni selezionate del nucleo.

Per nuclei da utilizzare con corrente CA maggiore rispetto a qualsiasi corrente CC (ad esempio, un induttore flyback) selezionare una misura superiore rispetto a quella indicata nel diagramma precedente. In tal modo è possibile ridurre la densità del flusso di esercizio della corrente CA che causa le perdite nel nucleo.

MAGNETICS
P.O. Box 11422
Pittsburgh, PA 15238
FAX: 412.696.0333
PHONE: 412.696.1300
1.800.245.3984
website: www.mag-inc.com
e-mail: magnetics@spang.com