

The Eaton logo is displayed in a bold, white, sans-serif font. The letter 'A' is stylized with a triangle inside it, and the letter 'O' contains a solid black circle. The background of the entire page is a blurred, long-exposure photograph of a highway at night, with light trails from cars and overhead streetlights creating a sense of motion and depth. The color palette is dominated by cool blues and whites.

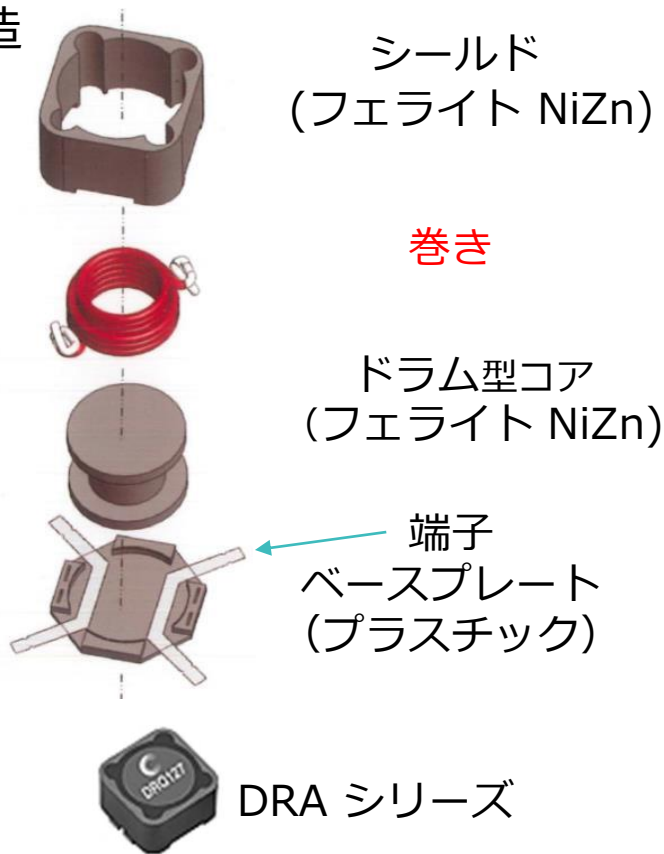
EATON

Powering Business Worldwide

パワーインダクタ 選択ガイド

フェライトコア

構造



パウダーコア

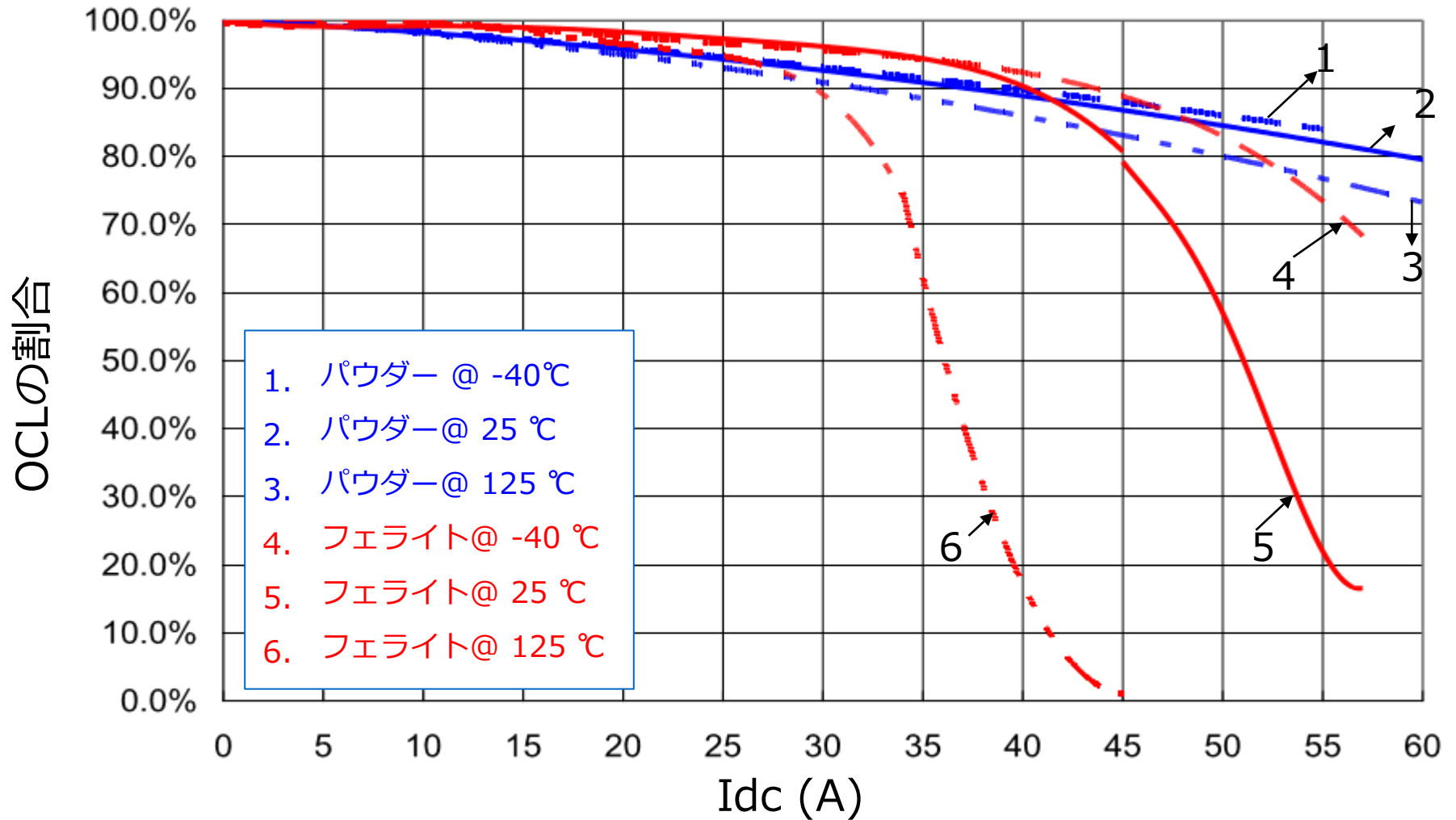


断面図



HCM A / HCM1A / MPIA シリーズ

フェライトとパウダーのインダクタンス変化



パウダーコアは周囲温度と電流に対して安定している



フェライトコア	パウダーコア
高効率	高い電力密度 高いIrmsとIsat
磁気飽和まではフラットロールオフ 低リップル電流	優れた温度安定性 優れたEMIシールド
20年以上利用されてきた 信頼性の高さ	緩やかなロールオフ 優れた過負荷能力
広いインダクタンス範囲 (0.33uH~1000uH) SEPICトポロジープッケージ内 デュアル・インダクタ	サイズ、性能、コストの最適化 (2.5x2.0, 4x4, 5x5, 7x7, 8x8, 10x10 ...)



インダクタのデータシートの読み方

Description

- Halogen Free
- 125°C maximum total temperature operation ?
- 7.4 x 7.0 x 3.0mm maximum surface mount package
- Powder iron core material ?
- Magnetically shielded, low EMI ?
- High current carrying capacity, Low core losses ?
- Inductance range from 0.15μH to 10.0μH
- Current range from 3.2 to 52 Amps
- Frequency range up to 5MHz
- RoHS compliant

Environmental Data

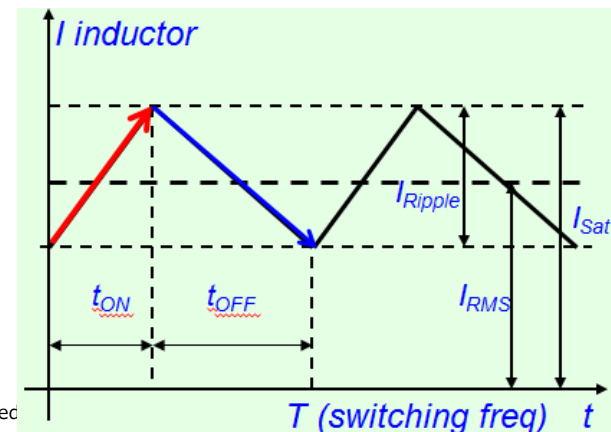
- Storage temperature range: -55°C to +125 °C
- Operating temperature range: -55°C to +125°C (ambient plus self-temperature rise)
- Solder reflow temperature: J-STD-020D compliant

Packaging

- Supplied in tape and reel packaging, 1,500 parts per 13" diameter reel

Product Specifications							
Part Number ⁶	OCL ¹ (μH) ±20%	FLL min, ² (μH) ?	I _{rms} ³ (Amps)	I _{sat} ⁴ @ 25°C (Amps)	DCR (mΩ) @ 20°C (Typical)	DCR (mΩ) @ 20°C (Maximum)	K-factor ⁵ ?
HCM0703-R15-R	0.15	0.09	26.0	52.0	1.90	2.50	1610.3

- FLL minとは何か？
- K-factorとは何でどのように使用するか？
- Maximum total temperature operationとはどういう意味か？





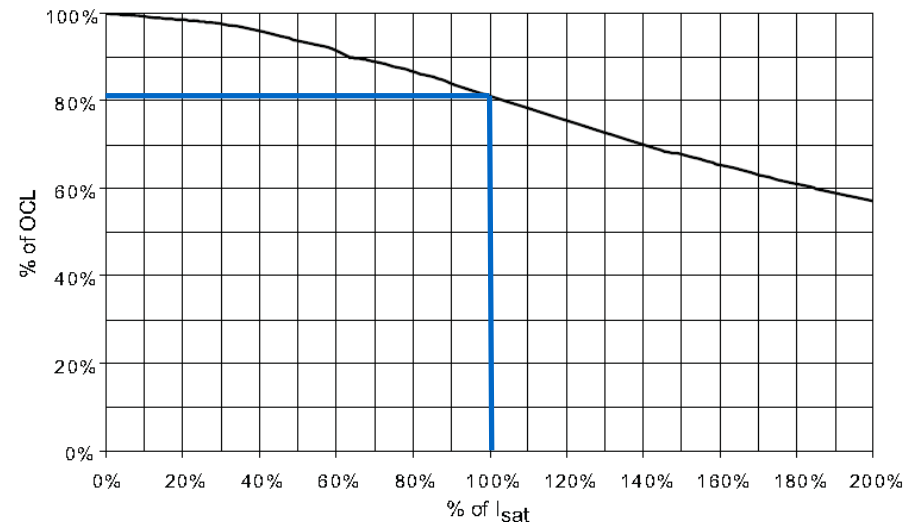
FLL minとは？

- オープン回路インダクタンス (OCL) : ゼロ負荷時の公称インダクタンス
試験パラメータ : 100kHz、0.25Vrms、0.0Adc、@+25° C.
- 全負荷インダクタンス (FLL) : 全負荷時の実際のインダクタンス。
試験パラメータ : 100kHz, 0.25Vrms, Isat @ +25° C.
インダクタンス値は負荷 (A) に依存する。

- HCM0703-R15-Rの場合の場合、最小インダクタンスは $0.15\mu\text{H} - 20\% = 0.12\mu\text{H}$
- 最悪その部品を可能な限り大きな電流で使用した場合、インダクタンスは可能な最小インダクタンス $= 0.12\mu\text{H} \times 0.8 = 0.096\mu\text{H}$ の80%まで低下する可能性がある。
- 動作中にインダクタンスが減少する場合は、イリプルが大きくなり効率が低下する⇒回路設計で考慮する必要がある。

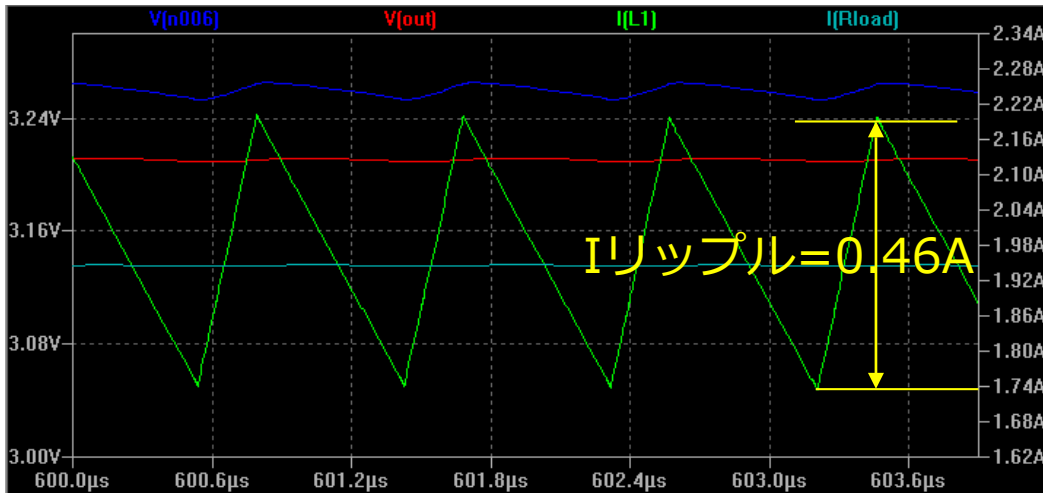
Inductance Characteristics

% of OCL vs % of Isat

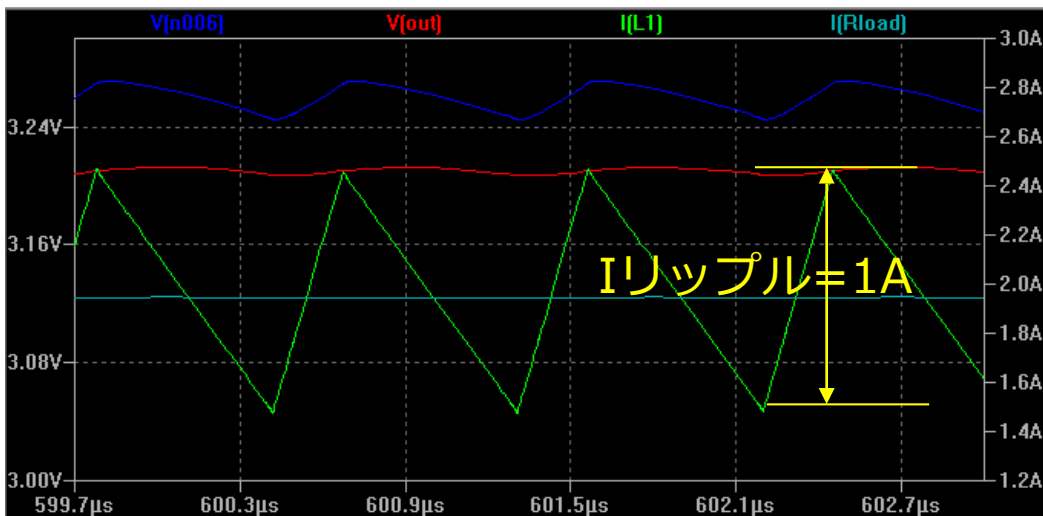




FLL min – 回路設計による影響



$L_o = 0.15\mu\text{H}$ - SPICEでシミュレーション
リップル電流 : 0.46A



$L_o = 0.09\mu\text{H}$

- リップル電流 : 1A
- Voutリップルの方が大きい=> 出力コンデンササイズの考慮が必要



アプリケーションの参照: POL (12VDCから3.3VDCへの電圧変換、最大出力 8 W)

1. インダクタンス値または OCL (uH) = 4.7uH
2. 定格電流または Irms (A) = 2A
3. 飽和電流 Isat (A) = 2.3A => Iripple = 0.6A (30% of Iout)
4. 最大サイズ(mm) = 可能な限り小さく、最大高さ4mm
5. 動作温度範囲(C) = -40/+125C
6. SMTまたはTHT = SMT
7. スイッチング周波数(Hz) = 1MHz
8. EMIシールド(必要または不要) = 必須
9. パワーコンバータ IC: LTC8611

前述の要求に基づいた4種類のインダクタ：



1. SD7030-5R0-R (7x7x3mm フェライト)



2. DRA73-4R7-R (7.6x7.6x3.6mm フェライト)



3. HCM0503-4R7-R (5x5x3mm 鉄粉)



4. HCMA0703-4R7-R (7x7x3mm 鉄粉)

4つのインダクターのうち、今回は125℃周囲環境に最適な車載グレード品をフェライトとパウダーから選択して比較します。



効率 / 温度上昇 - DRA73-4R7

製品番号	OCL ¹ ±20% (μH)	I _{rms} ² (A)	I _{sat} ¹³ (A)	I _{sat} ²⁴ (A)	DCR (Ω) @ +25 °C 基本	DCR (Ω) @ +25 °C 最大	K-Factor ⁵
DRA73-R33-R	0.29	8.42	14.8	11.8	0.0040	0.0048	636.5
DRA73-1R0-R	0.91	6.50	8.22	6.58	0.0067	0.0080	353.6
DRA73-1R5-R	1.36	5.39	6.73	5.38	0.0097	0.0117	289.3
DRA73-2R2-R	2.52	4.18	4.93	3.95	0.016	0.019	212.2
DRA73-3R3-R	3.18	3.59	4.35	3.48	0.022	0.026	187.2
DRA73-4R7-R	4.86	2.92	3.52	2.82	0.033	0.040	151.6

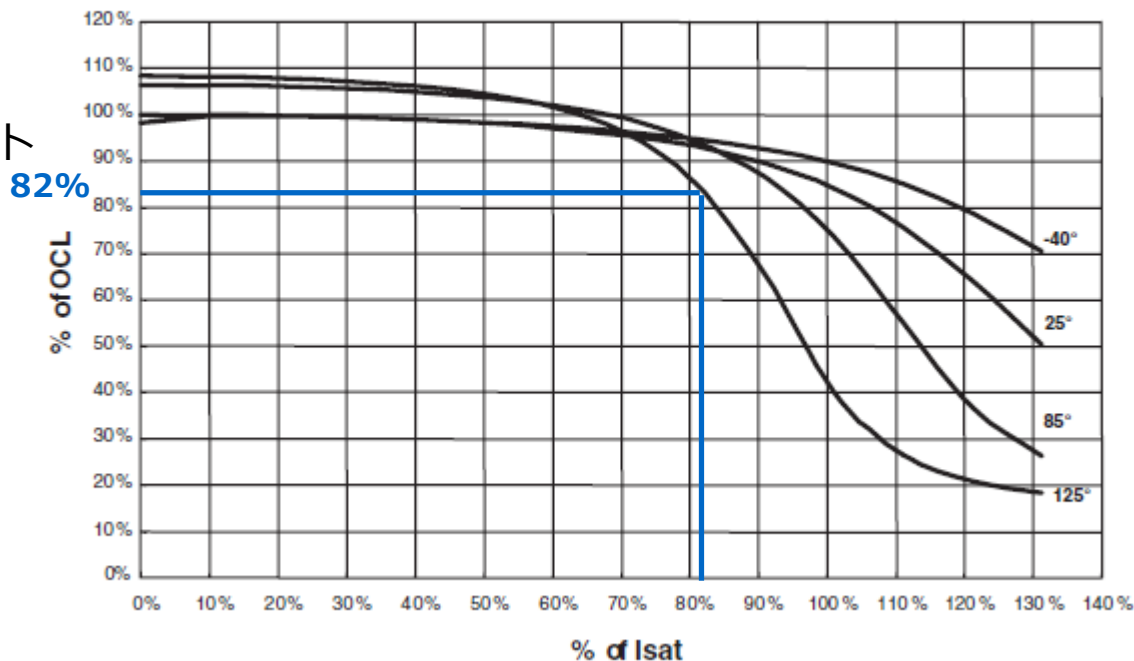
推定 I_{peak} = 2.3A

% of I_{sat} = 100 x (2.3/2.82)
= 82%

T_{amb max} = 125C - フェライト
インダクタンスは周辺温度に
大きく依存する

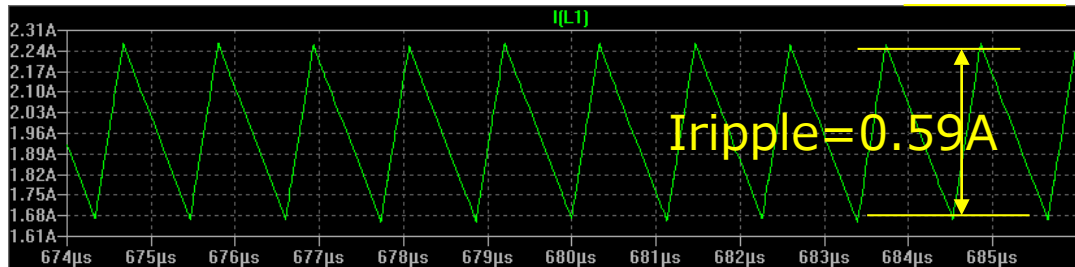
L_{min} = OCL_{min} x 82% =
4.86 x 0.8 x 0.82 = 3.2uH

OCL vs Isat/DRA 73 series

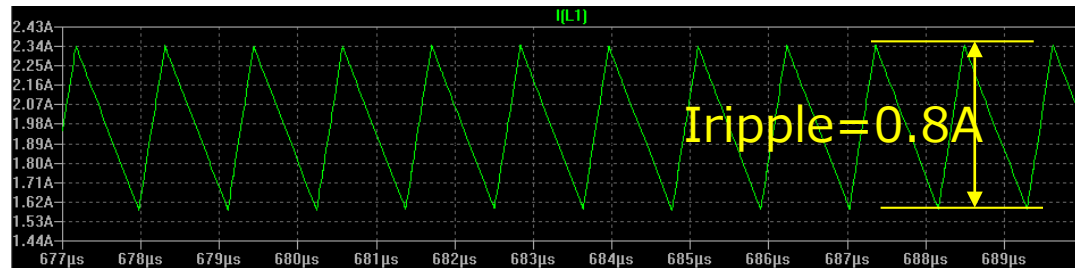




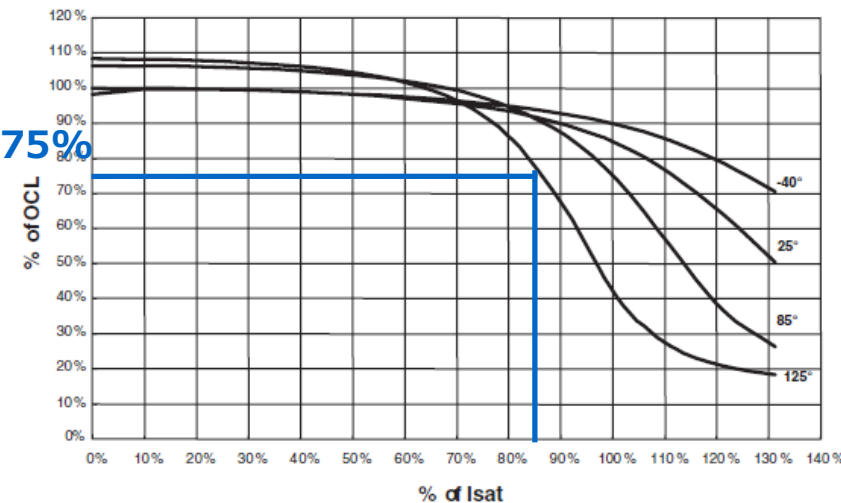
Lmin – 回路設計における影響



$L_o = 4.7\mu H$ – SPICEでシミュレーション
リップル電流 = 0.59A



$L_{min} = 3.2\mu H$
リップル電流 = 0.8A
 $I_{peak} = 2.4A$



実際の $I_{peak} = 2.4A$
 $Isat$ 率 = $100 \times (2.4/2.82) = 85\%$
 $T_{amb\ max} = 125C$

$L_{min} = OCL_{min} \times 98\% = 4.86 \times 0.8 \times 0.75 = 2.9\mu H$

**DRA73-4R7-Rの
インダクタンスは実際2.9µH程度**



効率と温度上昇 - HCMA0703-4R7-R

製品番号	OCL ¹ (μH) ± 20%	FLL ² (μH) minimum	I _{rms} ³ (A)	I _{sat} ⁴ (A)	DCR (mΩ) @ 基本 +20 °C	DCR (mΩ) @ 最大 +20 °C	K-factor ⁵
HCMA0703-R15-R	0.15	0.09	26	52	1.9	2.5	1044
HCMA0703-R22-R	0.22	0.13	23	40	2.5	2.8	986
HCMA0703-R47-R	0.47	0.28	17.5	26	4.0	4.2	580
HCMA0703-R68-R	0.68	0.41	15.5	25	5.0	5.5	455
HCMA0703-R82-R	0.82	0.49	13	24	6.7	8.0	439
HCMA0703-1R0-R	1.0	0.60	11	22	9.0	10	374
HCMA0703-1R5-R	1.5	0.90	9.0	18	14	15	366
HCMA0703-2R2-R	2.2	1.32	8.0	14	18	20	281
HCMA0703-3R3-R	3.3	1.98	6.0	13.5	28	30	252
HCMA0703-4R7-R	4.7	2.82	5.5	10	37	40	210

鉄粉素材 =>
温度範囲に渡って
安定したインダクタンス

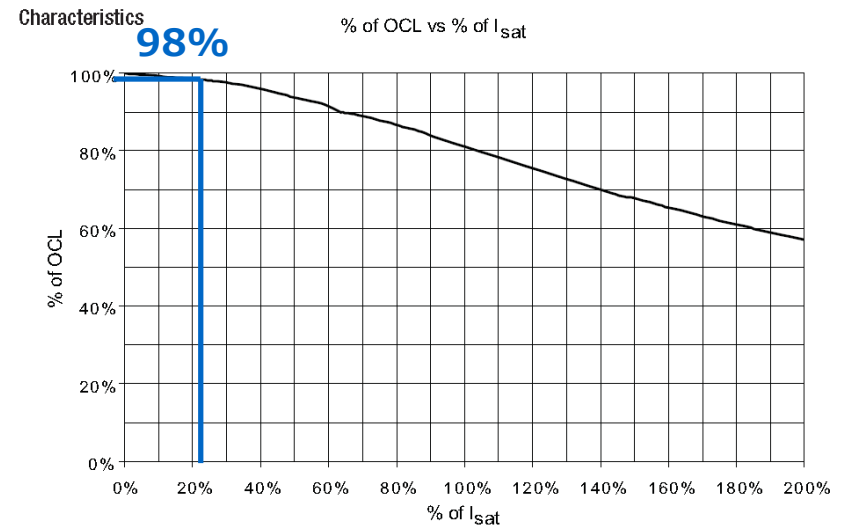
推定 I_{peak} = 2.3A

I_{sat}率 = 100 × (2.3/10) = 23%

T_{amb max} = 125C - パウダーコア

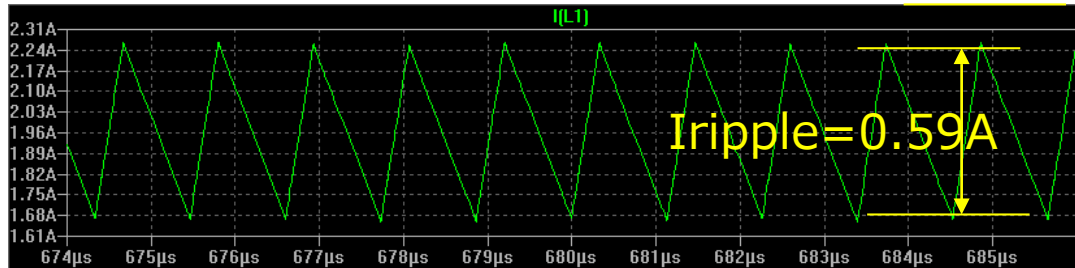
パウダーコアは周囲温度に関わらず安定したインダクタンス値を維持

L_{min} = OCL_{min} × 98% = 4.7 × 0.8 × 0.98 = 3.68uH

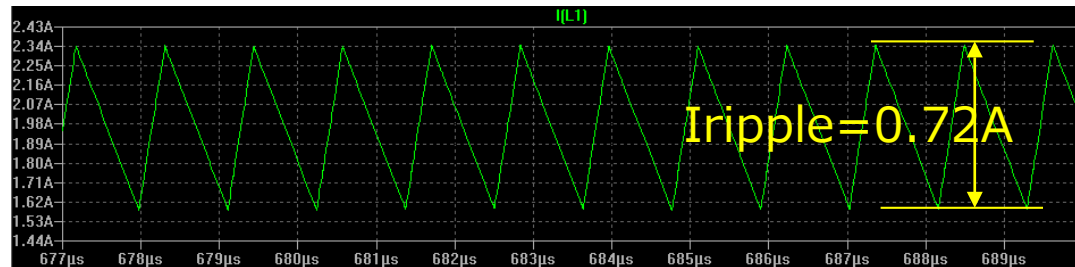




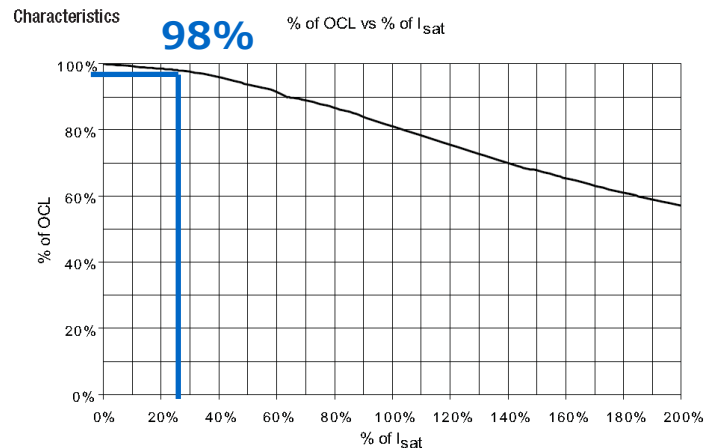
Lmin - 回路設計における影響



$L_o = 4.7\mu H$ - SPICEでシミュレーション
リップル電流 = 0.59A



$L_{min} = 3.68\mu H$
リップル電流 = 0.72A
 $I_{peak} = 2.34A$



現実的な $I_{peak} = 2.34A$
 I_{sat} 率 = $100 \times (2.34/10) = 23.4\%$
 $T_{amb\ max} = 125C$

$L_{min} = OCL_{min} \times 98\% = 4.7 \times 0.8 \times 0.98 = 3.68\mu H$

HCM0703-4R7-Rの方が
DRA73-4R7-Rよりもディレーティングが少ない

製品番号	素材	サイズ	インダクタンス (uH)	I _{rms} (A)	I _{sat} (A)	DCR (mΩ)
DRA73-2R2-R	フェライト	7.6 x 7.6 3.55(H)	2.2	4.18	4.93	19
HCM1A 0703-2R2-R	パウダー	7.1 x 6.8 3.0(H)	2.2	5.7	10.0	20
HCM1A 0703V2-2R2-R	パウダー	7.1 x 6.8 3.0(H)	2.2	5.0	10.0	18



同じ電流 / インダクタンス / 寸法ならパウダーの方が利点が多い

1. I_{rms} 20% 高い
2. I_{sat} 50% 高い

フェライトコア

DRA

グレード - 1

165°C

シールドドラム

幅広い
インダクタンス

高効率
パフォーマンス



DRAQ

グレード- 1

165°C

シールドドラム

カップンリング
インダクタ

昇降圧
コンバーター



パウダーコア

New

HCMA

グレード- 3

125°C

防錆コーティング

高効率
パフォーマンス



HCM1A

グレード- 1

155°C

防錆コーティング

高温環境対応



HCM1A-V2

グレード- 1/0

155°C/180°C

高温環境対応

低いDCR

高コスト
パフォーマンス



MPIA-V2

グレード- 3

125°C

熱成形

薄型

小型

高コスト
パフォーマンス





AEC-Q200に準拠したインダクター製品



部品群	部品サイズ	インダクタンス範囲 (uH)	AEC-Q グレード
DRA73	7 x 7 x 4	0.33 - 1000	1 - 165C
DRA74	7 x 7 x 5	0.33 - 1000	1 - 165C
DRA124	12 x 12 x 5	1 - 1000	1 - 165C
DRA125	12 x 12 x 6	1.5 - 1000	1 - 165C
DRA127	12 x 12 x 8	2.2 - 1000	1 - 165C
DRAQ75	7 x 7 x 5	4.7 - 220	1 - 165C
DRAQ127	12 x 12 x 8	10 - 47	1 - 165C
HCMA0503	5 x 5 x 3	0.1 - 22	3 - 125C
HCMA0703	7 x 7 x 3	0.15 - 33	3 - 125C
HCMA1104	11 x 10 x 4	0.2 - 10	3 - 125C
HCMA1305	13 x 13 x 5	0.1 - 33	3 - 125C
HCMA1707	17 x 17 x 7	1.5 - 68	3 - 125C



AEC-Q200に準拠したインダクター製品

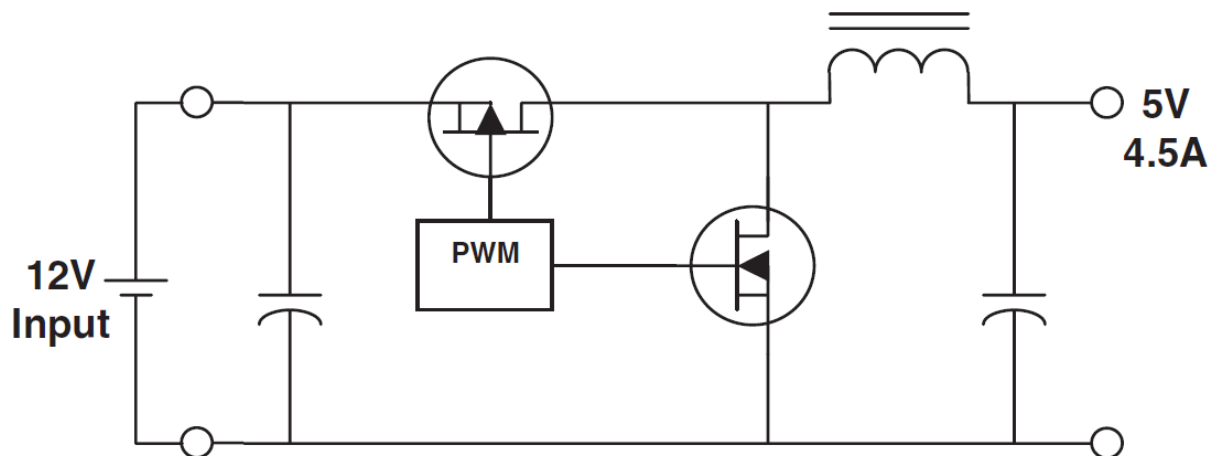


部品群	部品サイズ	インダクタンス範囲 (uH)	AEC-Q グレード
HCM1A4020V2	4 x 4 x 2	0.1 – 10	1 – 155C
HCM1A0503/V2	5 x 5 x 3	0.1 – 10	1 – 155C
HCM1A0703 /V2	7 x 7 x 3	0.15 – 33	1 – 155C
HCM1A0805 /V2	8 x 8 x 5	1.5 – 100	1 – 155C
HCM1A1104 /V2	10 x 10 x 4	1 – 47	1 – 155C
HCM1A1305 /V2	13 x 13 x 5	0.1 – 33	1 – 155C
HCM1A1307 /V2	13 x 13 x 7	0.47 – 56	1 – 155C
HCM1A1707 /V2	17 x 17 x 7	1.5 – 68	1 – 155C
HCM1A2213 /V2	22 x 22 x 13	1.5 – 68	1 – 155C
MPIA40-V2	4 x 4 x 1.2-2	0.1 – 22	3 – 125C
MPIA25-V2	2.5 x 2.0 x 1-1.2	0.33 - 4.7	3 – 125C



DC/DC アプリケーション例

Cooper Busmannの高電流パワーインダクタのThe Eaton Coiltronics®ブランドは、高温パウダーコア素材を使用しており高電流密度、中電流アプリケーションのために設計されています。そのため従来のパウダーコアに見られるような熱による劣化問題を起こしません。実際、FP3パウダーコアは200°Cでも定格を維持します(FP3シリーズは定格動作温度が155°C)以下の計算により、この耐高温度を活かすことが可能になります。



顧客の仕様

1. 高いインダクタンス
2. 低い電力損失
3. 低い温度上昇

この例では、入力12Vを4.5A/5V出力に変換するために降圧コンバーターを使用します。動作周波数は600 kHzでフィルター部品のサイズを小型化しつつも高効率を実現する回路を仮定します。コンバータは20%のリプル電流を持ち、スイッチング電源で一般的な、比較的低いESR出力フィルタ・キャパシタに使用されます。



インダクタンスとBp-pの計算

$V_{in} = 12V$
 $V_{out} = 5V$
 $I_{out} = 4.5A$
 Freq = 600KHz
 $\Delta I = 20\%$

まず、必要なインダクタンス値を計算する

$V_L = L * \Delta I / dT$ where:

* 降圧(バックコンバーター)

- $V_L = V_{in} - V_{out}$ (インダクタにかかる電圧)
- $dT = (V_{out} / V_{in}) * (1 / SW-Freq[Hz])$

* 昇圧(ブーストコンバーター)

- $V_L = V_{in(max)}$ (インダクタにかかる電圧)
- $dT = [1 - (V_{in} / V_{out})] * (1 / SW-Freq[Hz])$

$\Delta I =$ 上記で20%とする

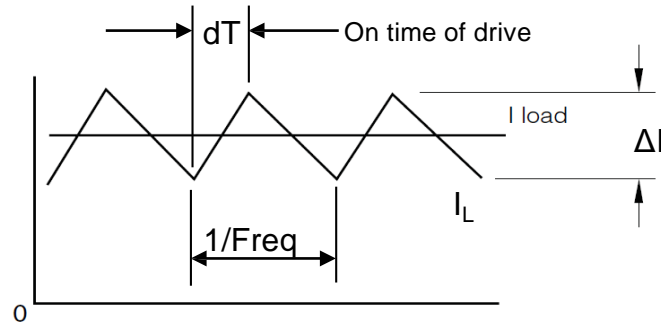
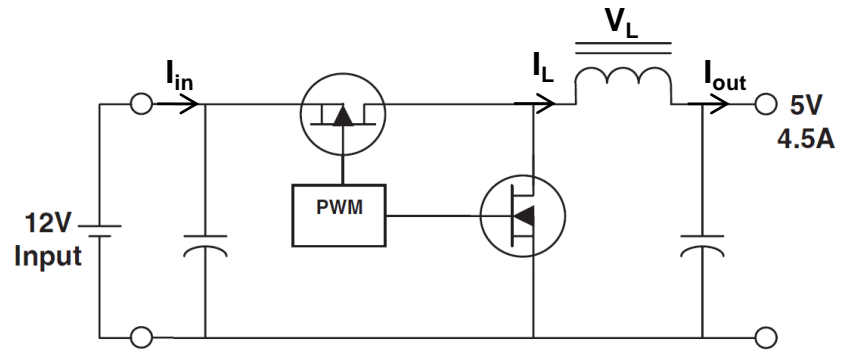
必要なインダクタンス値を計算する:

$$L = V_L * dT / \Delta I = (12-5) * (5/12/600K) / (4.5 * 20\%)$$

$$L = 5.4 \mu H$$

最も近い標準値として 4.7 μH , を選択

4.7 μH を使用して23% のリップル電流を再計算する



Part Number ⁶	DCR (Ω) @ +25 °C	DCR (Ω) @ +25 °C	K-Factor ⁵
	Typical	Maximum	
DRA124-R47-R	0.0024	0.0028	196.9
DRA124-1R0-R	0.0031	0.0038	140.7
DRA124-1R5-R	0.0049	0.0058	109.4
DRA124-2R2-R	0.0070	0.0090	89.5
DRA124-3R3-R	0.0090	0.011	75.7
DRA124-4R7-R	0.014	0.017	57.9



インダクタの全電力損失の計算 - フェライト

次に、ピーク・ツー・ピーク磁束密度 B_{p-p} を測定する

$B_{p-p} = K * L * \Delta I$ where:

- K: 隣の表のKファクター
- L: インダクタンス μH
- ΔI : ピーク・ツー・ピークリップル電流(Amps)

$B_{p-p} = (57.9) * (4.7) * (4.5 * 20\%)$
 • 245 Gauss

Part Number ⁶	DCR (Ω) @ +25 °C Typical	DCR (Ω) @ +25 °C Maximum	K-Factor ⁵
DRA124-R47-R	0.0024	0.0028	196.9
DRA124-1R0-R	0.0031	0.0038	140.7
DRA124-1R5-R	0.0049	0.0058	109.4
DRA124-2R2-R	0.0070	0.0090	89.5
DRA124-3R3-R	0.0090	0.011	75.7
DRA124-4R7-R	0.014	0.017	57.9

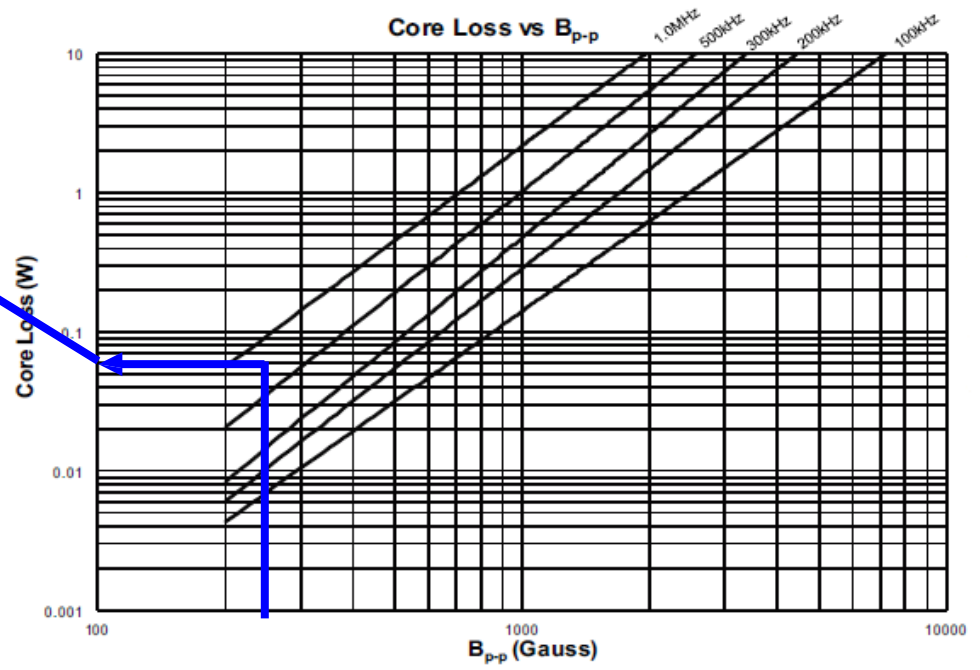
次にインダクタの全電力損失を求める

全損失 = AC 損失 + DC 損失

245 の B_{p-p} での表からのAC損失 = 0.06 W

DC損失 = $I^2 * DCR = 4.5^2 * 0.017 = 0.34 W$

全損失 = AC損失 + DC損失 = 0.4W





温度上昇の計算 - フェライト

最後に温度上昇を求める

全損失 = 0.4W, 表を使用し、

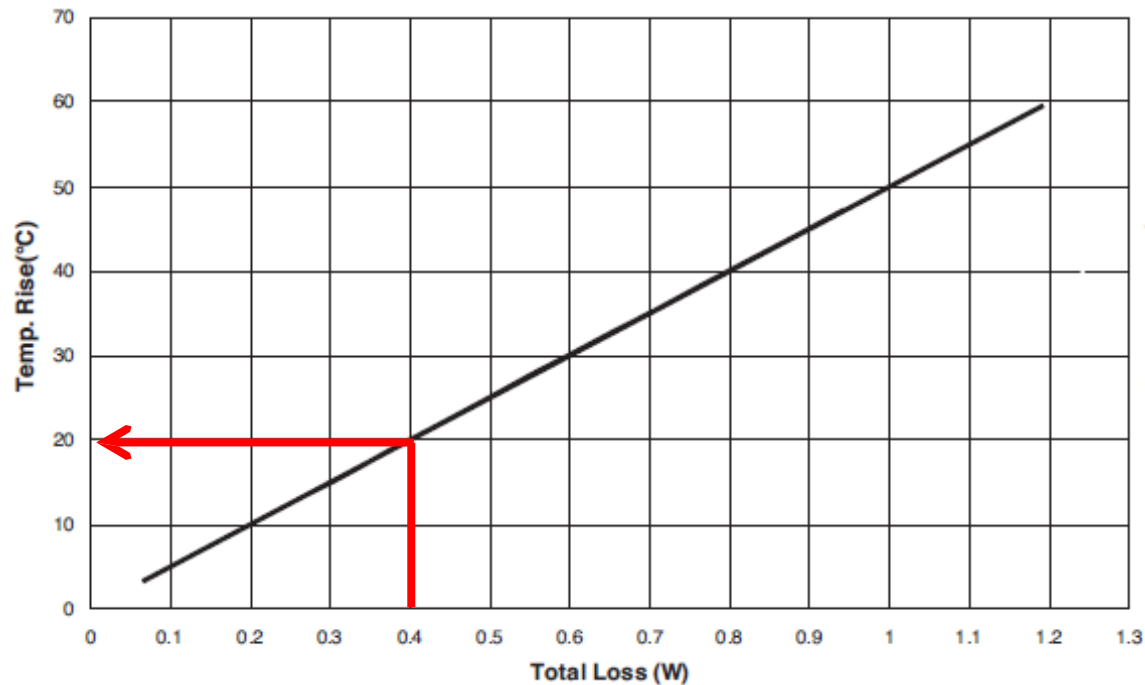
温度上昇は 20°C

周囲温度を70°Cと仮定した場合、

インダクタの温度は

$$T = 20^{\circ}\text{C} + 70^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{C}$$

*DRA124 Size : 12.5*12.5*4.5



インダクタの全損失の計算 - パウダーコア

次に、ピーク・ツー・ピーク磁束密度 B_{p-p} を測定する

$B_{p-p} = K * L * \Delta I$ where:

K: 隣の表のKファクター

L: インダクタンス μH

ΔI : ピーク・ツー・ピークリップル電流(Amps)

$B_{p-p} = (175) * (4.7) * (4.5 * 20\%) \cdot 740 \text{ Gauss}$

Part Number ⁷	DCR (m Ω) typical @ +20 °C	DCR (m Ω) maximum @ +20 °C	K-factor ⁶
HCMA1104-3R3-R	10.8	11.8	220
HCMA1104-4R7-R	17	20	175
HCMA1104-100-R	27	30	116

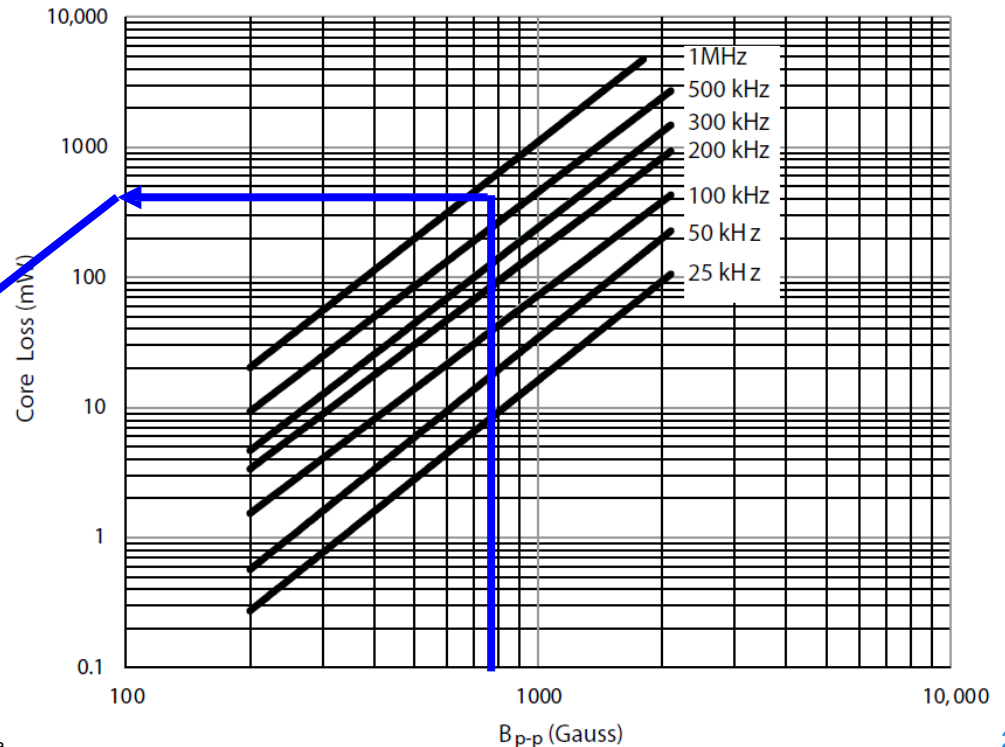
次にインダクタの全電力損失を求める

全損失 = AC 損失 + DC 損失

740の B_{p-p} での表からのAC損失 = 0.4 W

DC損失 = $I^2 * DCR = 4.5^2 * 0.02 = 0.40 \text{ W}$

全損失 = AC損失 + DC損失 = 0.8W





最後に温度上昇を求める

Total loss = 0.8W, 表を使用し、

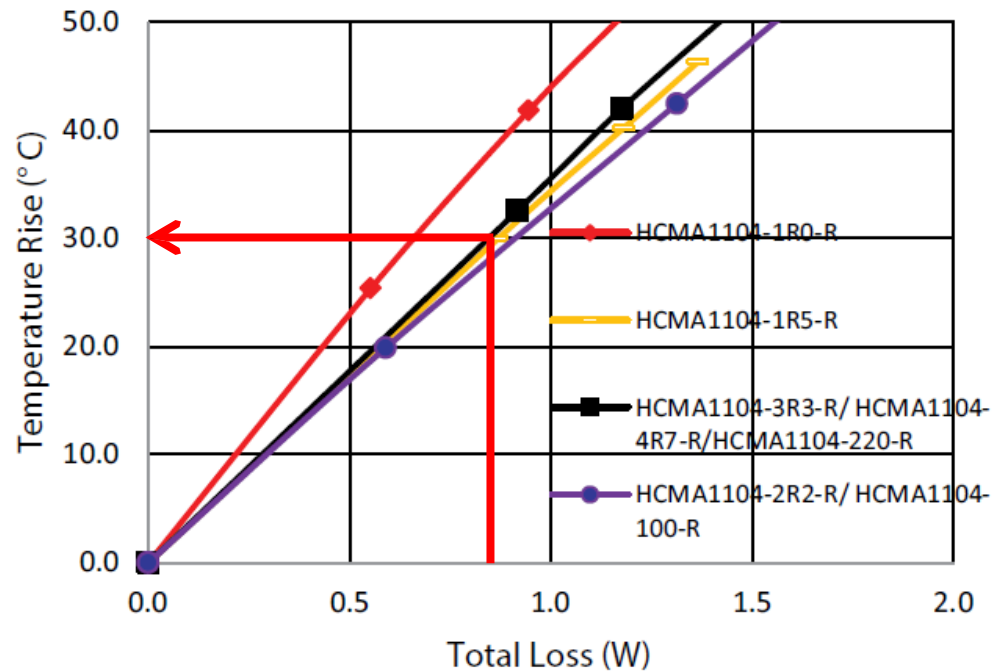
温度上昇は 30°C

周囲温度を70°Cと仮定した場合、

インダクタの温度は

$$T = 30^{\circ}\text{C} + 70^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

*HCMA 1104 Size : 11.5*10.3*4.0





Parametric Search Tool

Circuit Protection
Supercapacitors
Magnetics

Eaton Part Number
Partial Part Number is ok

OCL (uH) *

Isat (amps)

Irms (amps)

DCR (mohms)

Length (mm)

Width (mm)

Height (mm)

SEARCH







<https://www.eaton.com/us/en-us/products/electronic-components/parametric-search.html>

IC Matching Tool

1 Select IC Manufacturer 2 Select an IC / Demo Board / Evaluation Board

TEXAS INSTRUMENTS LM5005 **FIND**

Search results: ☰

Category	Eaton Part Number	Datasheet	Order Samples	SPICE Model	Application Primary	Application Secondary	OCL uH	Isat amp
Magnetics	DR125-330-R		sample	 	-	-	33	3.84
Magnetics	DR127-330-R		sample	 	High Voltage 2.5 Amp Buck Regulator	Integrated 75V, 2.5A N-Channel Buck Switch	33	6.22

<https://www.eaton.com/us/en-us/products/electronic-components/ic-matching.html>



Cross Reference Tool

Use this tool to find a cross to a competitor product or an alternative to an Eaton product.

Search results:



Category	Manufacturer	Manufacturer Part Number	Eaton Part Number	Datasheet	SPICE Model	Order Samples	OCL uH
Magnetics	Vishay	IHLP-4040DZ-ER-470-M-11	HC8-470-R			sample	47.28
Magnetics	Vishay	IHLP-2020CZ-ER-R47-M-01	HCM0503-R47-R			sample	0.47
Magnetics	Vishay	IHLP-2020CZ-ER-1R5-M-11	HCM0503-1R5-R			sample	1.5
Magnetics	Vishay	IHLP-2020CZ-ER-2R2-M-11	HCM0503-2R2-R			sample	2.2
Magnetics	Vishay	IHLP-2020CZ-ER-3R3-M-11	HCM0503-3R3-R			sample	3.3
Magnetics	Vishay	IHLP-2020CZ-ER-4R7-M-11	HCM0503-4R7-R			sample	4.7

<https://www.eaton.com/us/en-us/products/electronic-components/cross-reference.html>

ありがとうございました



Powering Business Worldwide