

DC/DCコンバータに 最適なインダクタを選択する

蜷川 顕二

シニアFAE

MPSジャパン

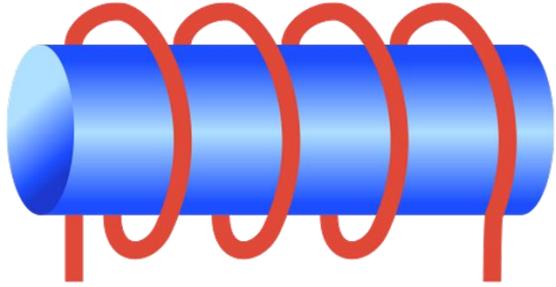
2025年9月



トピック

1. 磁気学の基礎
2. DC/DCコンバータ
3. 降圧型コンバータのトポロジー
4. インダクタンス、リップル電流、効率
5. 飽和電流
6. 定格電流
7. 効率比較
8. Q&A

インダクタとは



インダクタの主な役割

インダクタは、回路からの電流の変化に対比する。

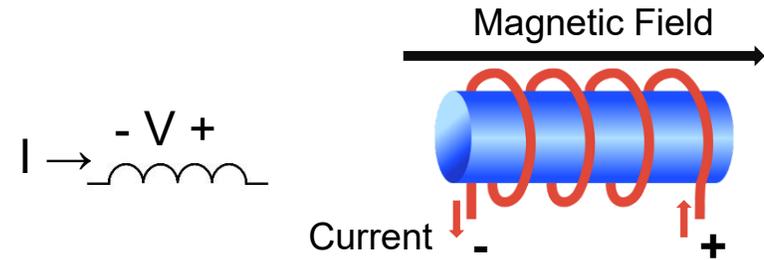
$$V = L \times \frac{di}{dt}$$

インダクタは、電流の変化がある場合、常に電圧が生じます。

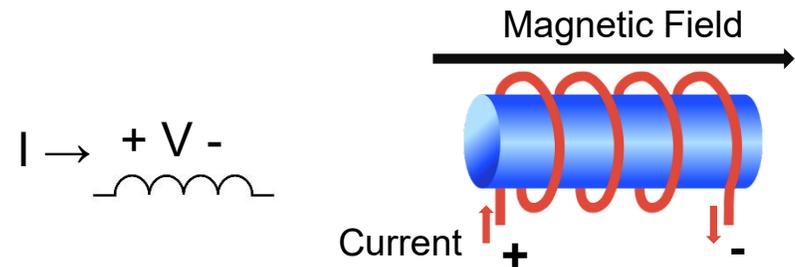
$$I = \text{constant} \quad V = 0$$

ワイヤは、コアの有無に関わらず、コイル形状に巻かれます。

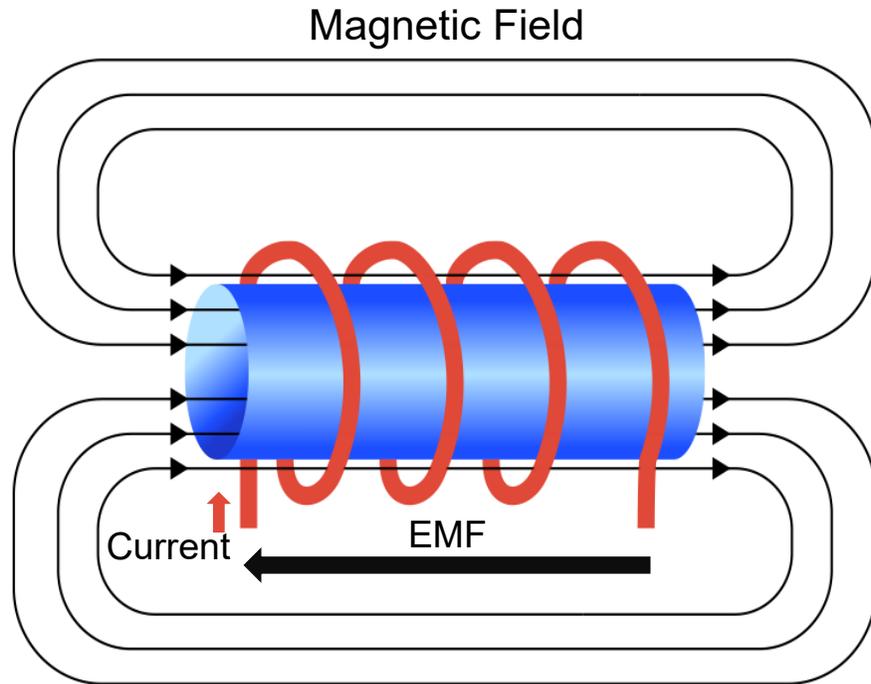
- 電流が増加している場合、インダクタは電流の増加を抑制しようとしています。



- 電流が減少している場合、インダクタは電流の減少を阻止しようとしています。



インダクタとは



- インダクタは、誘導された電気エネルギーを磁気エネルギーとして蓄積できます。
- 電流が時間とともに変化すると、誘導された磁気エネルギーが変化し、起電力が生じます。

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

e = 起電力 (EMF)

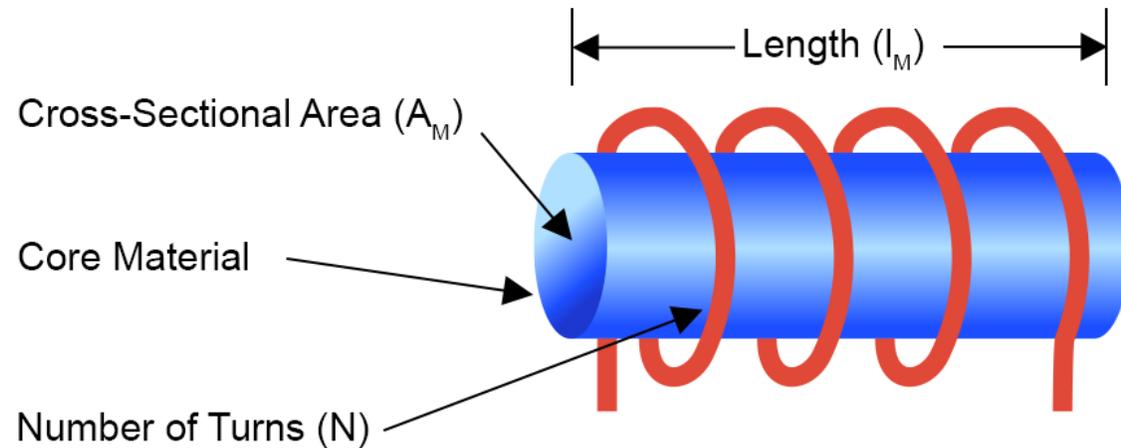
$\frac{d\phi}{dt}$ = 時間経過に伴う磁束の変化

$\frac{di}{dt}$ = 時間経過に伴う電流の変化

L = インダクタンス (単位：ヘンリー(H))

インダクタ

$$L = \frac{\mu_0 \times \mu_r \times A}{l} \times N^2$$

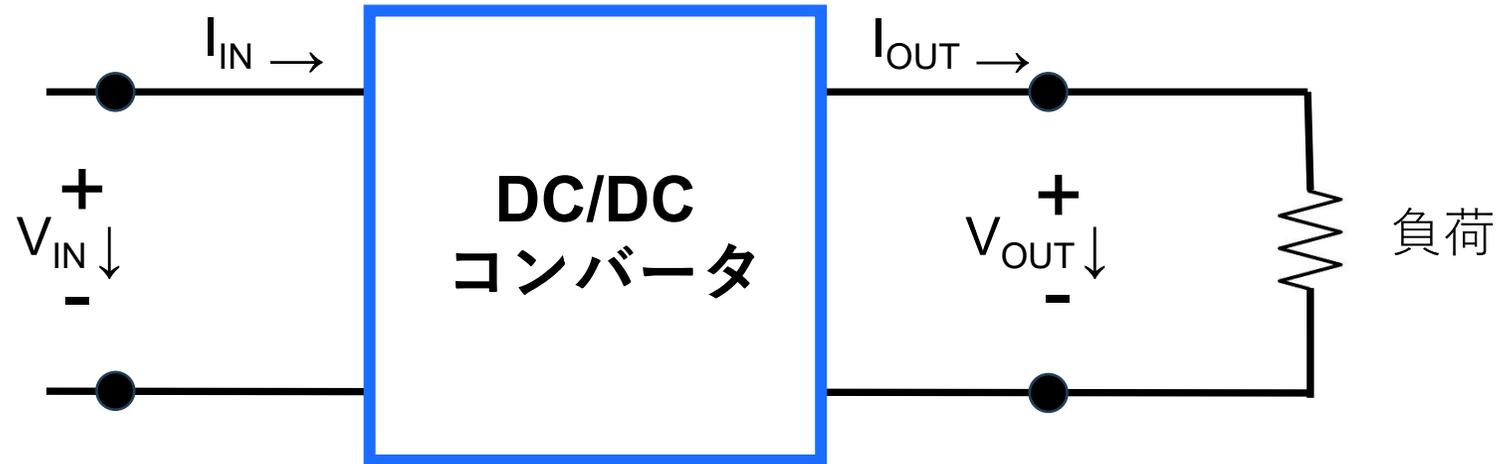


- L = インダクタンス (H)
- μ_0 = 自然定数 ($4\pi \times 10^{-7}$)
- μ_r = 相対透磁率
- A_M = コイルの面積
- l_M = コイルの長さ
- N = 巻数

$$L = \frac{\mu_0 \times \mu_r \times A}{l} \times N^2 \rightarrow L = A_L \times N^2$$

→ コア材料に関連するパラメータ

DC/DCコンバータ



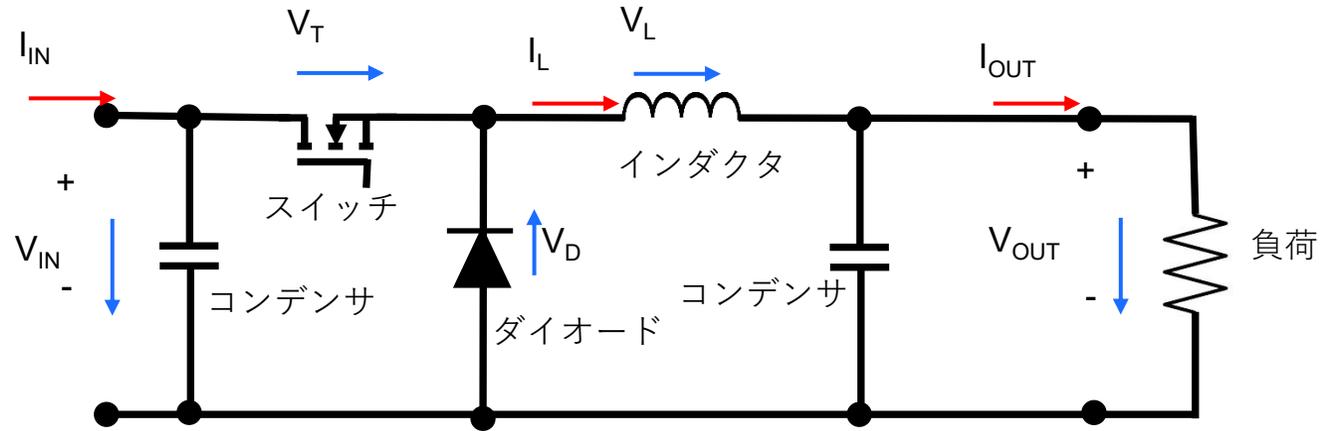
- 降圧型コンバータ:

- $V_{IN} > V_{OUT}$
- $I_{IN} < I_{OUT}$

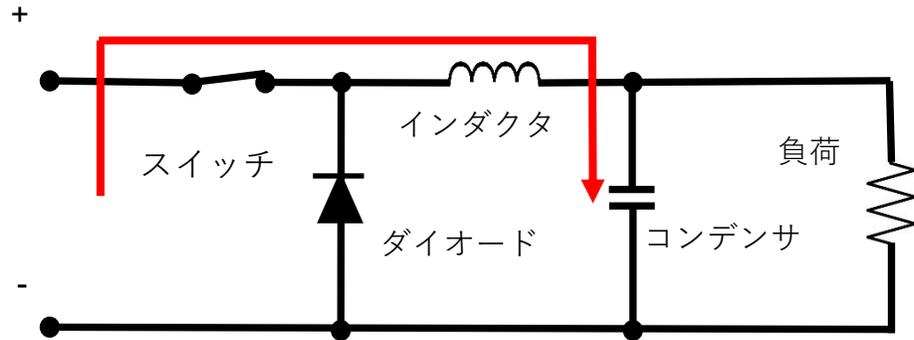
- 昇圧型コンバータ:

- $V_{IN} < V_{OUT}$
- $I_{IN} > I_{OUT}$

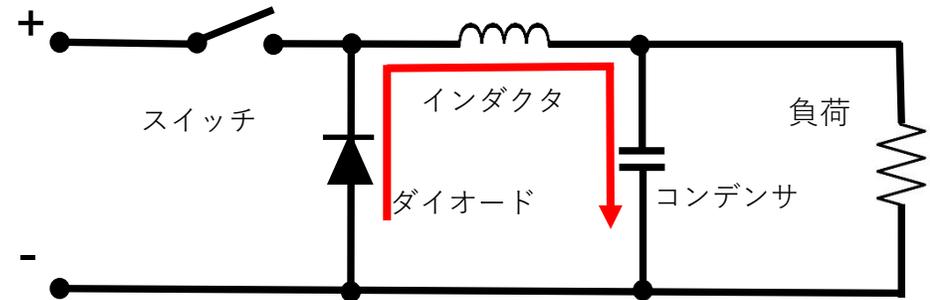
DC/DC降圧型コンバータ



スイッチ・オン



スイッチ・オフ



DC/DC降圧型コンバータ – 電流の定義

- I_{OUT} 出力電流
平均インダクタ電流

$$I_{OUT} = I_{AVG} = I_L = I_{DC} \approx I_{L\ RMS}$$

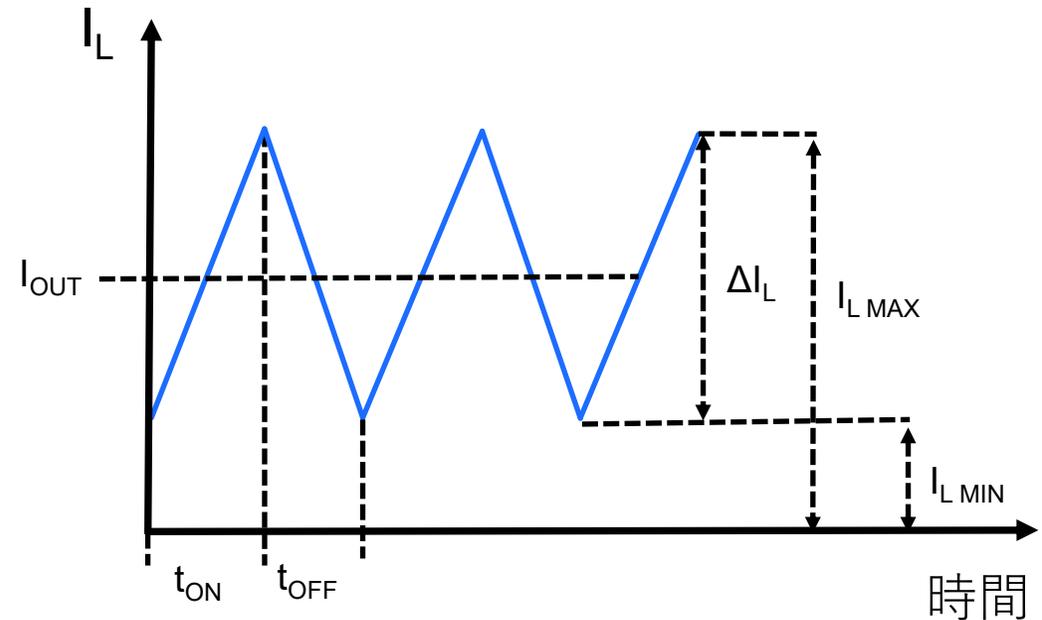
- $I_{L\ MAX}$ インダクタの最大電流
必要な飽和電流

$$I_{L\ MAX} = I_{L\ PEAK} = I_{SAT} = I_{OUT} + \frac{r \times I_{OUT}}{2}$$

- ΔI_L インダクタのリップル電流
電流リップル率 20% ~ 40%

$$\Delta I_L = r \times I_{OUT}$$

(r: リップル電流係数)



DC/DC降圧型コンバータ – インダクタンス



EVL2328-TL-00A: 同期整流降圧型コンバータ用評価ボード

コンバータのパラメータ:

- 入力電圧 (V_{IN}) = 24V
- 出力電圧 (V_{OUT}) = 5V
- 出力電流 (I_{OUT}) = 2A
- スイッチング周波数 (f_{SW}) = 430kHz
- リップル電流係数 (r) = 40%

$$DC = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{t_{ON}}{T} = 0.208$$

$$L = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{f_{SW} \times \Delta I_L \times I_{OUT}} \times DC = \mathbf{11.5\mu H}$$

$$I_{OUT} = \mathbf{2A}$$

$$I_{L\ MAX} = I_{OUT} + \frac{\Delta I_L}{2} = \mathbf{2.4A}$$

標準インダクタンス値:
8.2 μ H / 10 μ H / 12 μ H / 15 μ H

- 異なるインダクタ値を試験
- インダクタンス許容差

DC/DC降圧型コンバータ – リップル電流

EVL2328-TL-00A:

同期整流降圧型コンバータ評価ボード

入力電圧 (V_{IN}) = 24V

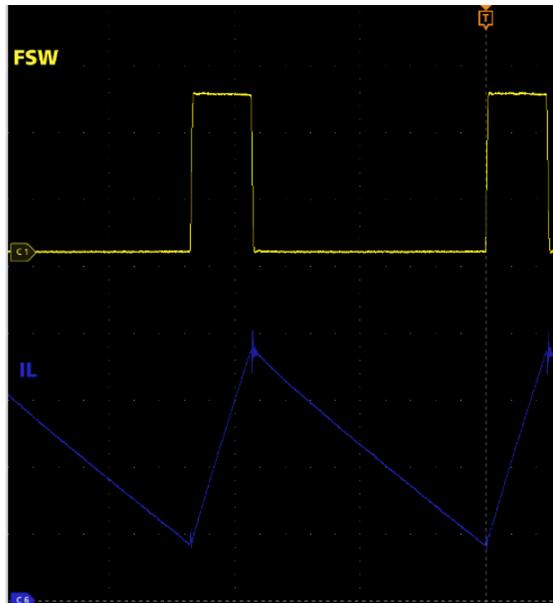
出力電圧 (V_{OUT}) = 5V

出力電流 (I_{OUT}) = 2A

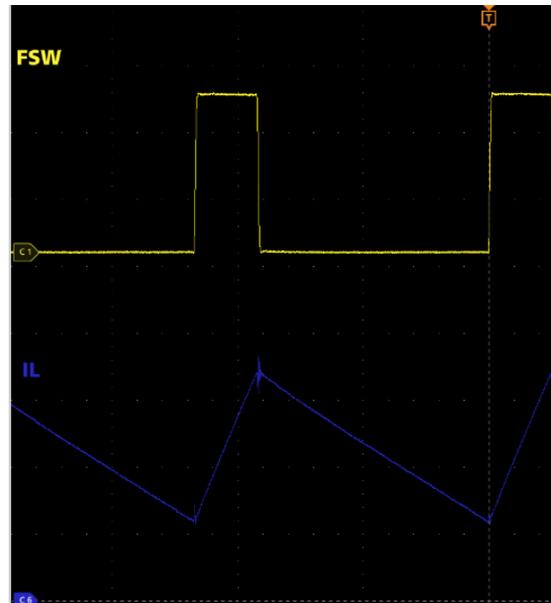
スイッチング周波数 (f_{SW}) = 430kHz

より高いインダクタンス = より少ないリップル電流

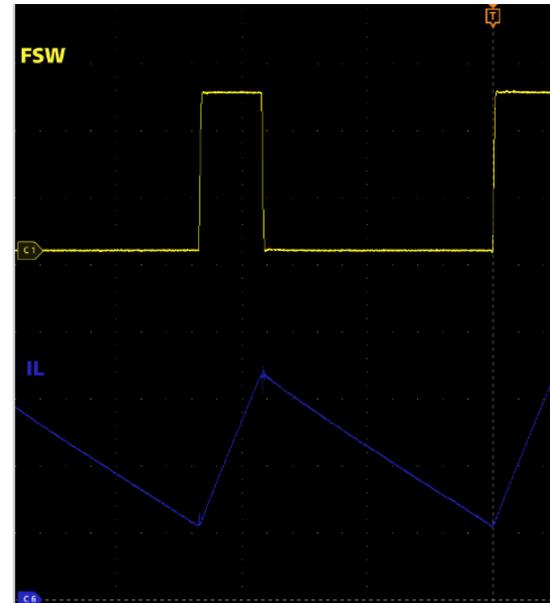
より低いインダクタンス = より高いリップル電流



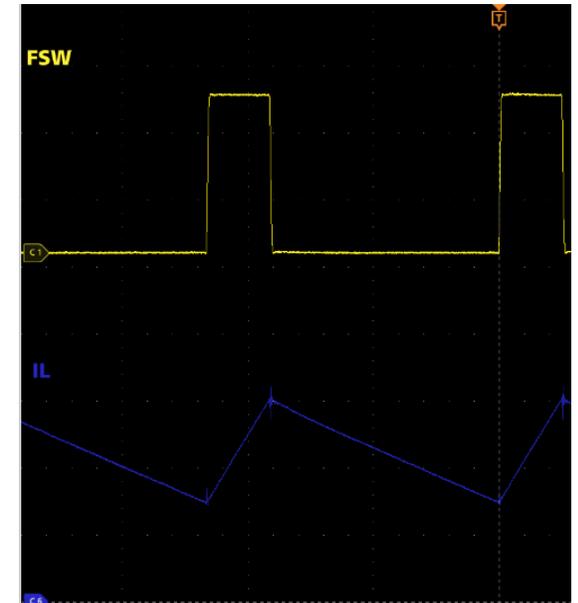
6.8 μ H
ピーク・ツー・ピーク =
1.62A



8.2 μ H
ピーク・ツー・ピーク =
1.26A



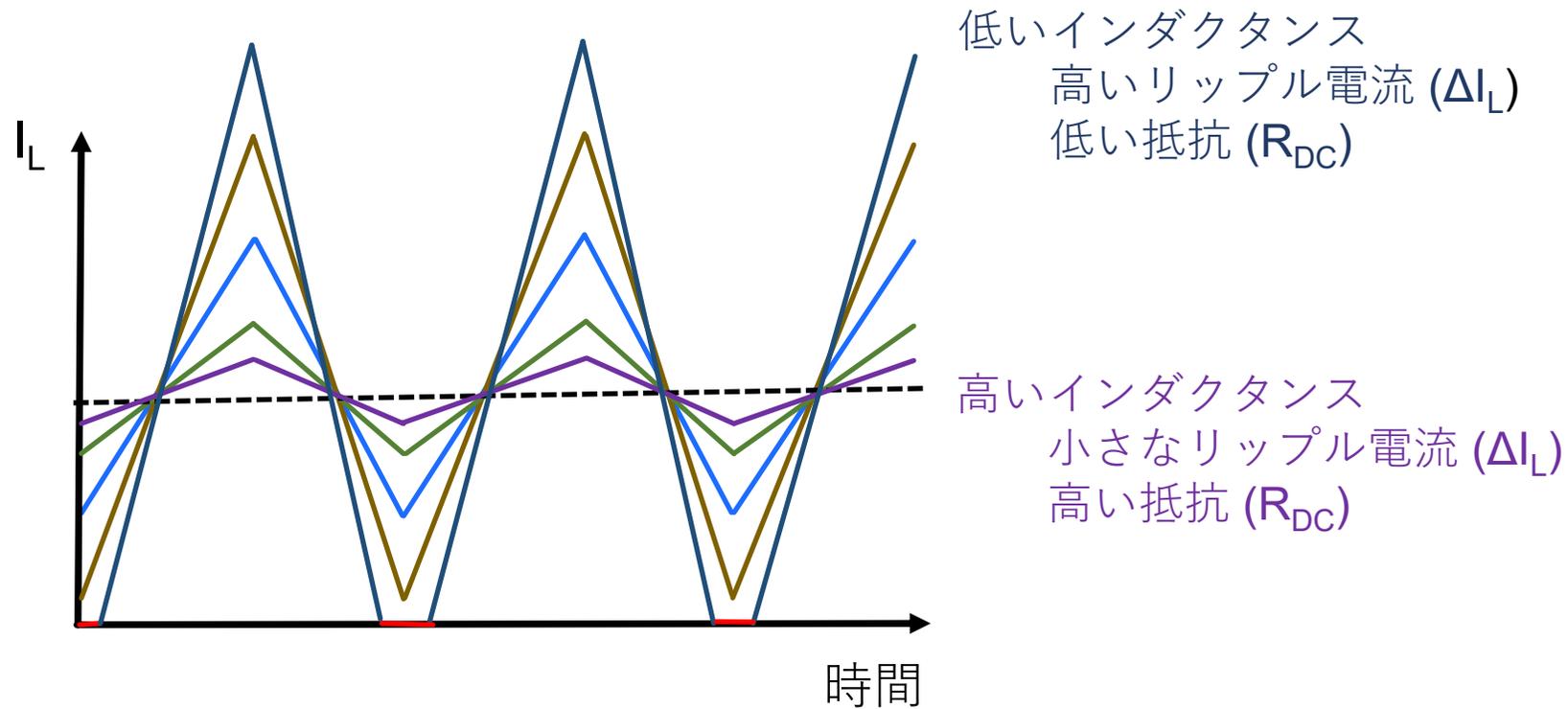
10 μ H
ピーク・ツー・ピーク =
1.18A



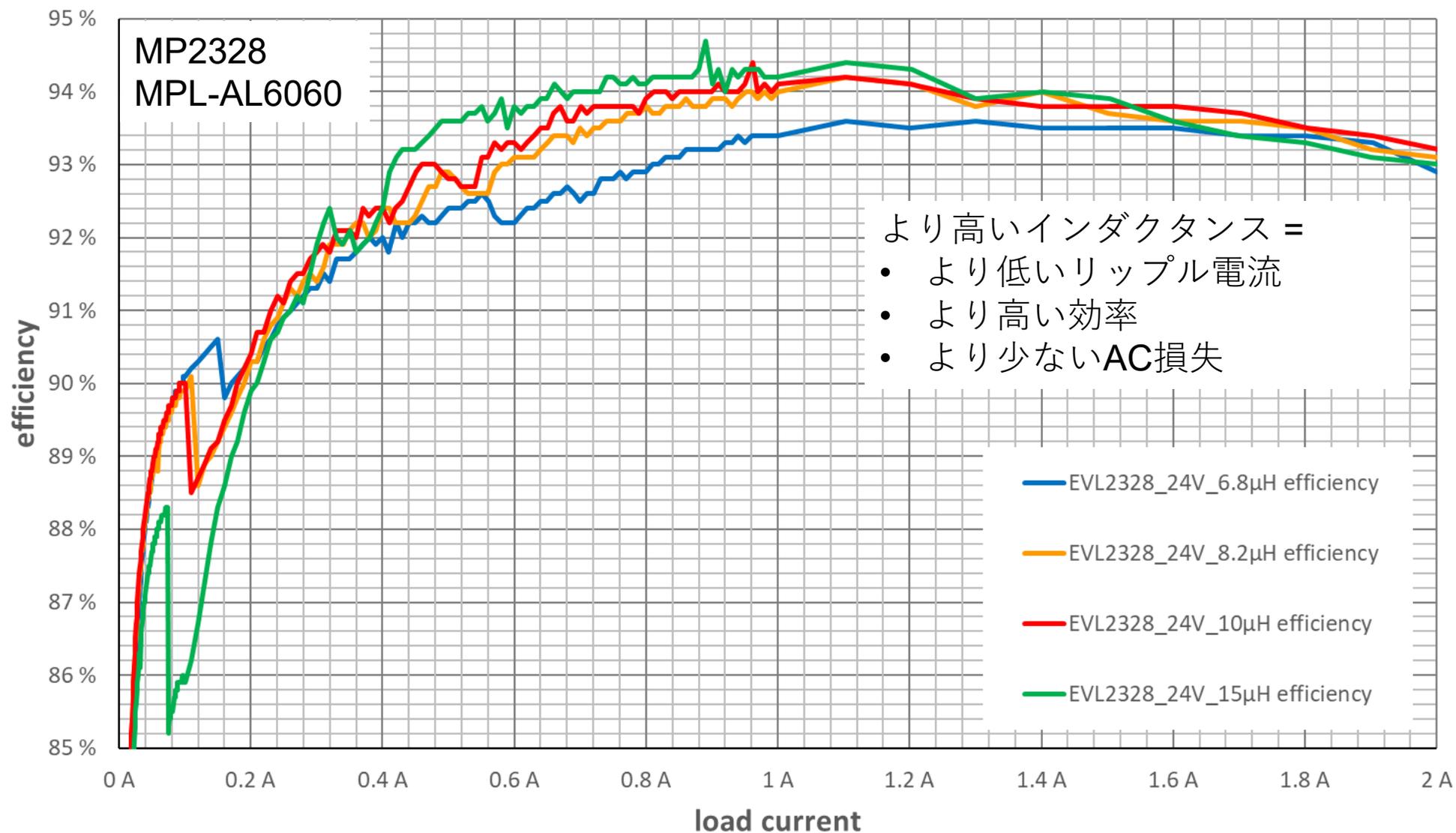
15 μ H
ピーク・ツー・ピーク =
0.89A

DC/DC降圧型コンバータ – リップル電流

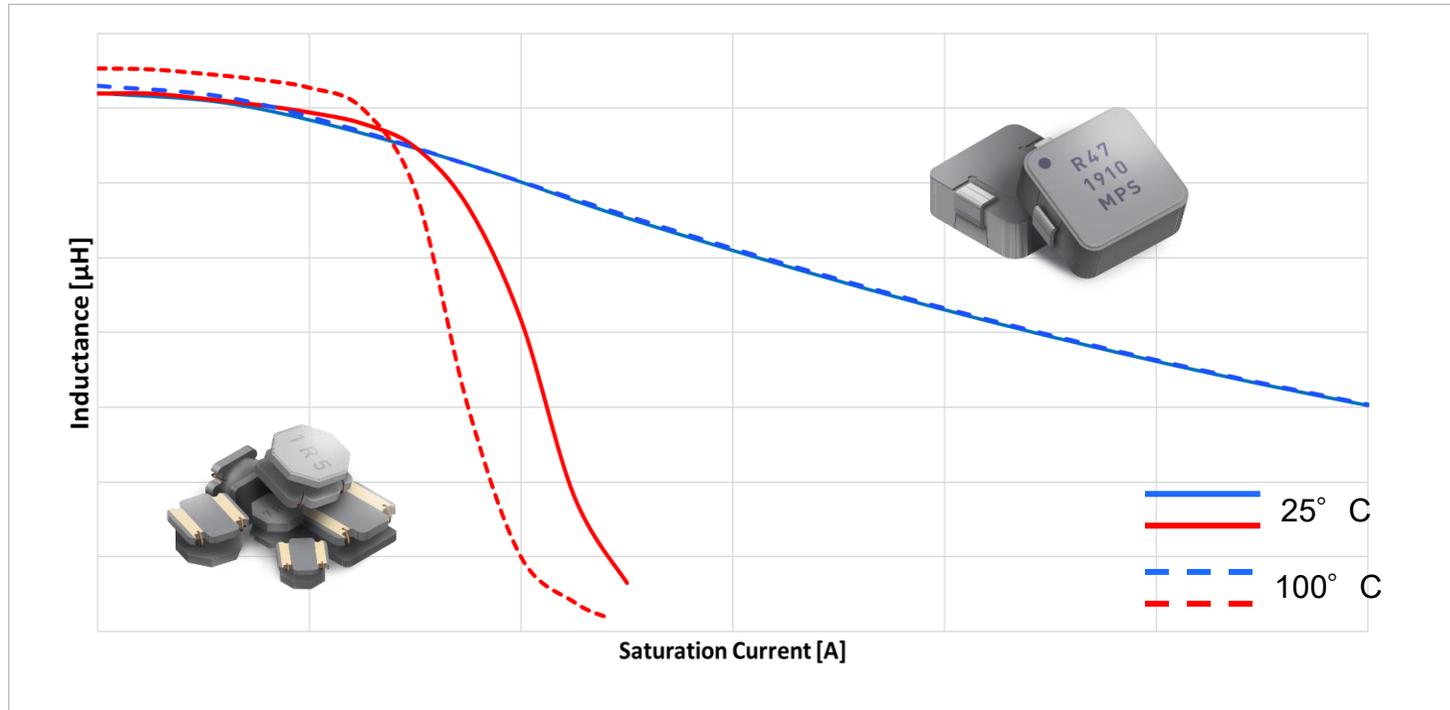
リップル電流が増加すると、交流損失が増加します。



DC/DC降圧型コンバータ – 効率



飽和電流



タイプ / 特長

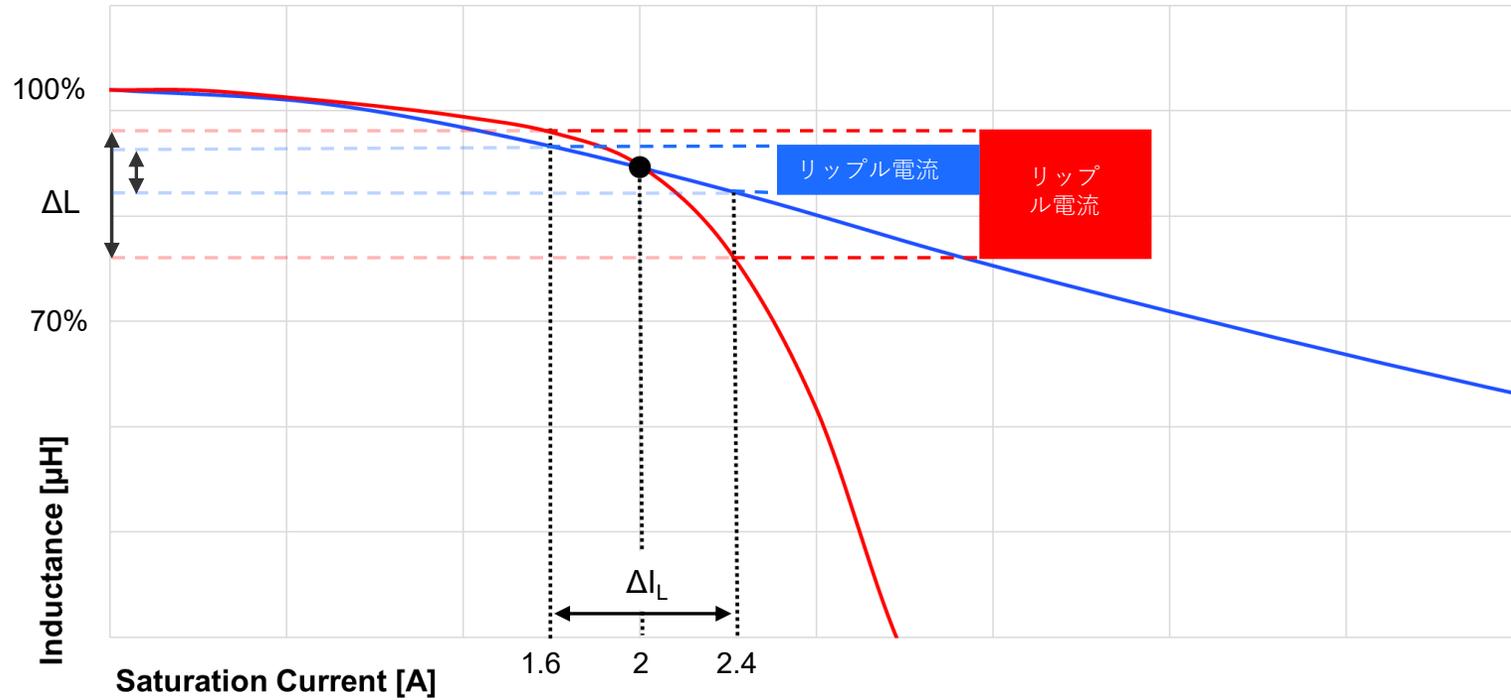
フェライトドラムコアインダクタ

- 高透磁率
- ハード飽和
- 温度依存

成形インダクタ

- 低透磁性
- ソフト飽和
- 温度範囲全体で安定

飽和電流

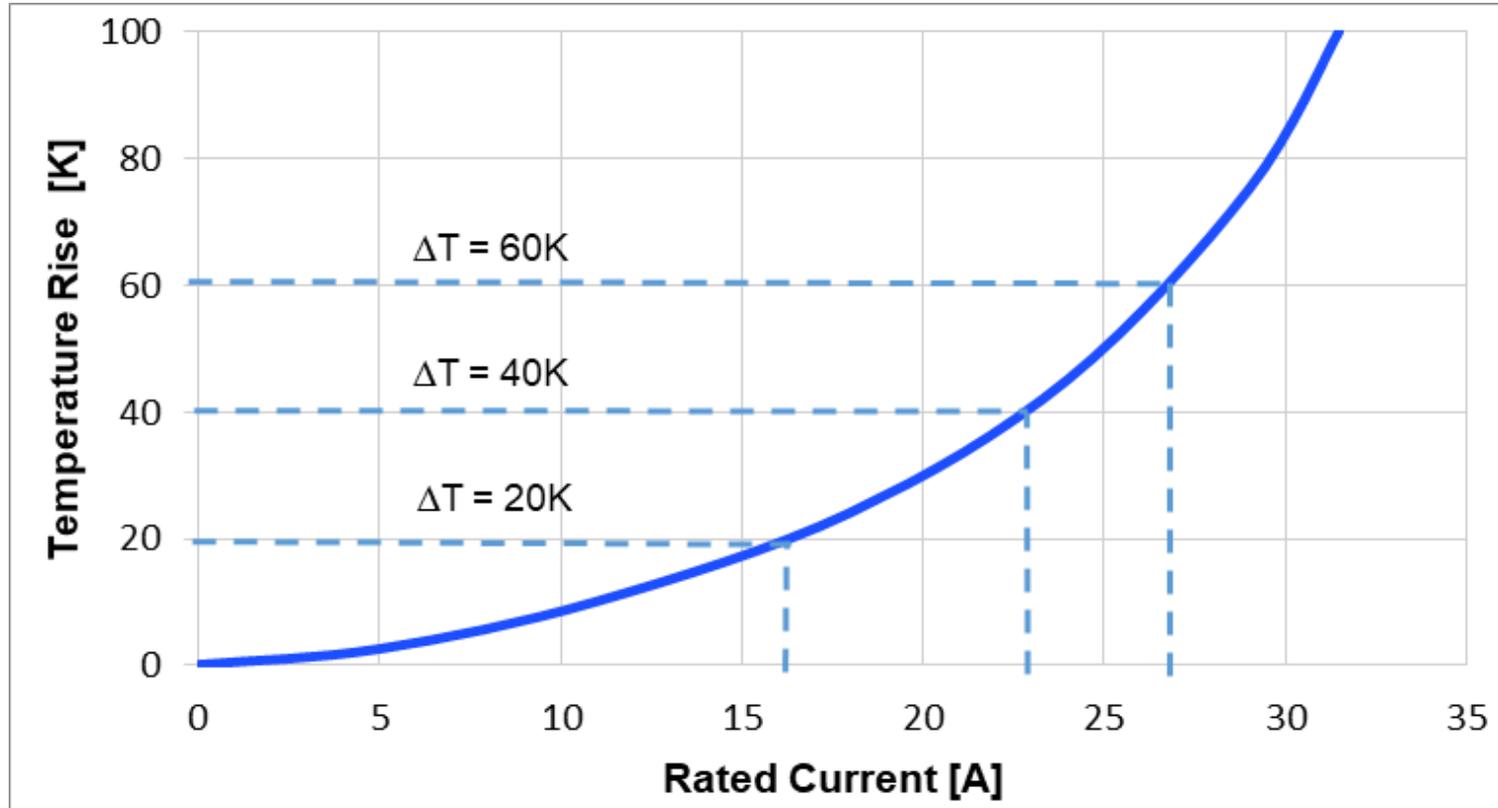


$$I_{\text{OUT}} = 2\text{A}$$

$$I_{\text{L MAX}} = I_{\text{OUT}} + \frac{\Delta I_L}{2} = 2.4\text{A}$$

- 安全な使用範囲
- インダクタンス値が変化
- 成形型インダクタは、より大きな柔軟性と動作範囲を提供
- フェライトドラムコアインダクタは、ドロップニーポイントまで安定。このポイントを超えると、機能が低下

定格電流



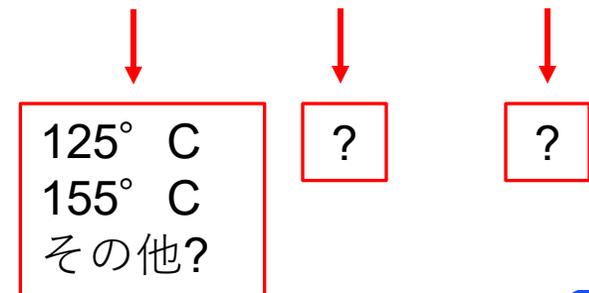
最大動作温度を超えないでください

部品の自己発熱は、導線の直流抵抗(R_{DC})によるものです。

温度上昇は標準ではなく、メーカーによって異なります。

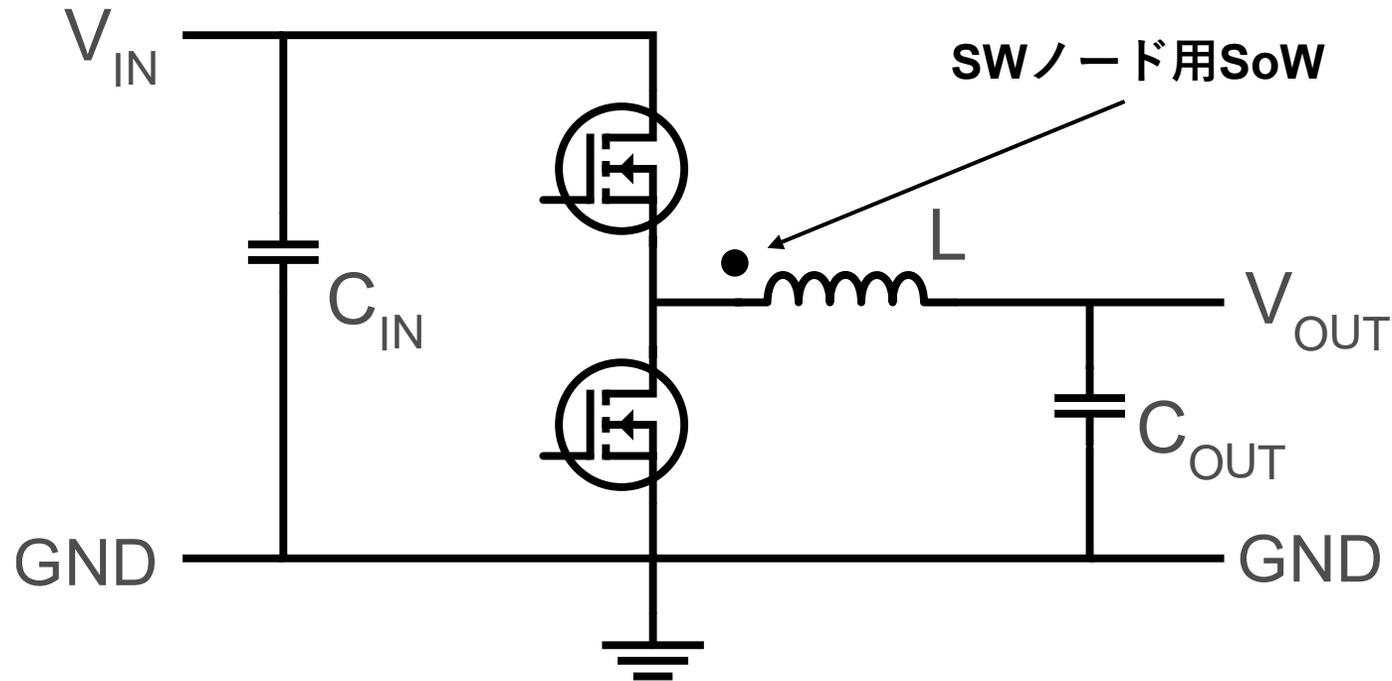
最大動作温度条件と周囲温度を考慮してください。

$$T_{OPERATING} = T_{AMBIENT} + \Delta T_{SELF-HEATING}$$



巻線始め

コンバータのスイッチノードは、巻線側の始点に近い位置にあります。



- 高調波による可聴ノイズを回避
- インダクタによるエミッションを低減

インダクタの選定に関する考慮事項

インダクタ

- 必要なインダクタンスを計算する (L)
- インダクタに流れる最大電流を計算する。
 - I_{OUT}
 - I_{LMAX}
- 計算されたインダクタンスに近いインダクタを選択し、電流が最大計算電流以上になることを確認してください。
- アプリケーションの周波数
- EMI
- 巻線始め

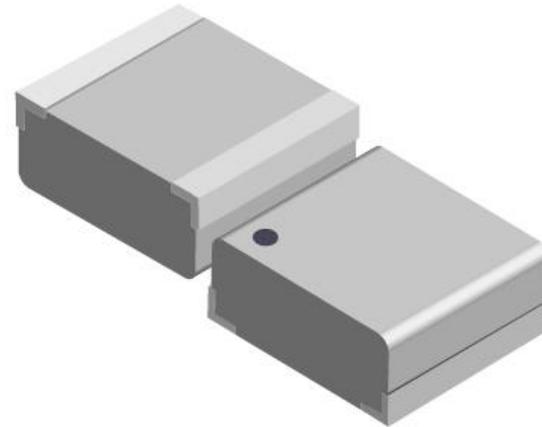
電流

- 飽和電流
 - ソフトまたはハード飽和
 - ピーク電流
 - 最大リップル電流
 - より低いインダクタンス = より高いリップル電流
 - より高いインダクタンス = より低いリップル電流
- 定格電流
 - アプリケーションの周囲温度
 - 動作温度制限
 - より低いDC損失(より高い I_{DC})を実現するための低い R_{DC}

MPL-ATシリーズ

MPL-AT (小型モールドインダクタ)

- 巻線開始表示
- 低プロファイルのインダクタ
- 低DCR
- 高飽和電流
- ソフト飽和
- 温度範囲全体で安定
- 最大動作温度: 125 ° C
- サイズ: 2010 / 2512



MPL-AYシリーズ

MPL-AY (モールドインダクタ)

- 巻線開始表示
- 低DCR
- 高飽和電流
- ソフト飽和
- 温度範囲全体で安定
- 最大動作温度: 125° C / 155° C
- サイズ: 3020 / 4020 / 1050 / 1265



MPL-ALシリーズ

MPL-AL (低抵抗モールドインダクタ)

- 巻線開始表示
- フラットワイヤ構造
- 最小のDCR
- 高性能
- 高飽和電流
- ソフト飽和
- 温度範囲全体で安定
- 最大動作温度: 155° C
- サイズ: 4020 / 5030 / 5050 / 6050 / 6060



フラットワイヤ、低DCR、高効率

MPL-SEシリーズ

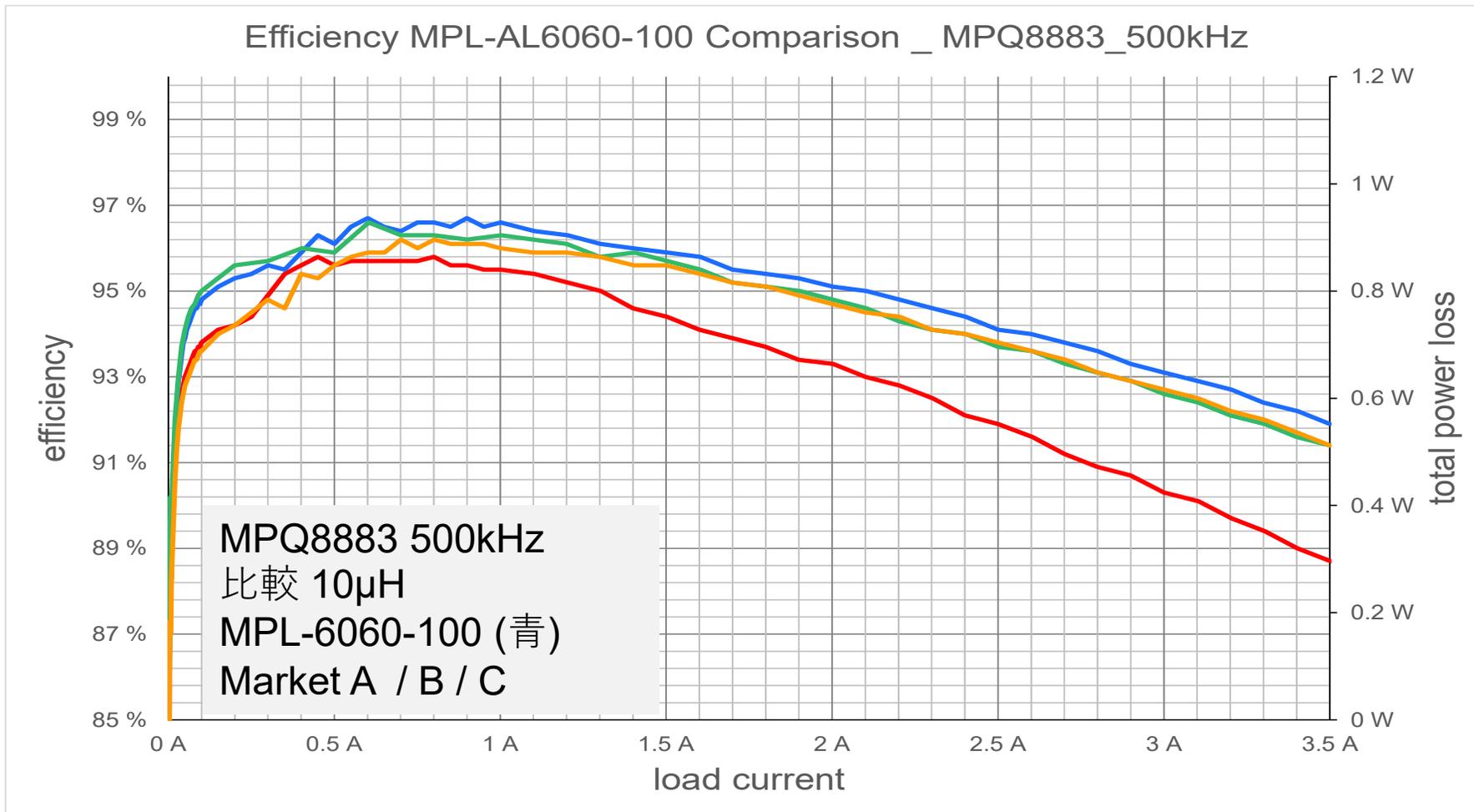
MPL-SE (セミシールドインダクタ)

- 磁気特性の向上のための外部エポキシ樹脂
- 磁気シールド
- 低DCR
- 高電流
- 最大動作温度: 125° C
- サイズ: 2512 / 4030 / 5040 / 6040



MPSのインダクタ - 効率

製品型番	L	R _{DC}	I _{DC}	I _{SAT}
MPL-AL6060-100	10 μ H	24m Ω	6.9A	6.6A



問い合わせ

PowerMagnetics@monolithicpower.com

パワーインダクタのページとインダクタ選択ツール

<https://www.monolithicpower.com/jp/products/inductor.html>

パワーインダクタのカタログ

<https://www.monolithicpower.com/jp/support/product-literature.html>

ウェビナー「パワーインダクタの第一歩 - 基本パラメータを理解する」

<https://www.monolithicpower.com/jp/support/videos/webinar-on-demand-understanding-power-inductor-parameters.html>