



## 第8章 平滑用コイルの選び方と ノイズ対策用コイルの役割

# スイッチング電源のためのコイル

浅井 紳哉  
Shinya Asai

ここでは、スイッチング電源の中に使われているコイルについて説明します。コイルには次の二つの役割があります。

- 電源出力を平滑するコイル
- ノイズを除去するコイル



### 概要

矩形波電圧を平滑して平均値を得る目的で、スイッチング電源やインバータなどの出力に使用します。スイッチング電源の場合、平滑した結果が図1(a)のように直流電圧となります。インバータの場合は図1(b)のように交流電圧となるだけで、原理的には変わりません。

インバータの場合、平滑用コイルは、出力周波数におけるインピーダンスがスイッチング周波数におけるインピーダンスより十分小さい必要があります。そうすることによって図2のような平滑フィルタを構成します。

### 平滑用コイルの選び方

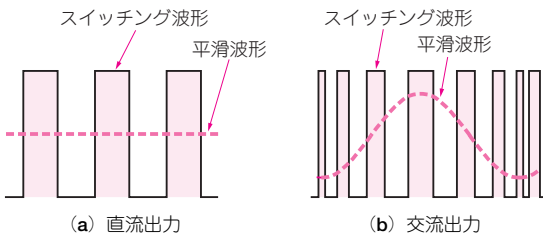
#### ● 平滑用コイルはエネルギーを出し入れする

スイッチング電源は、整流回路によって商用電源(交流 50/60 Hz)を直流に変換し、必要な電圧となるようにPWM変調を行います。PWM変調された矩形波電圧をLCフィルタで復調するために平滑用コイルを使います。

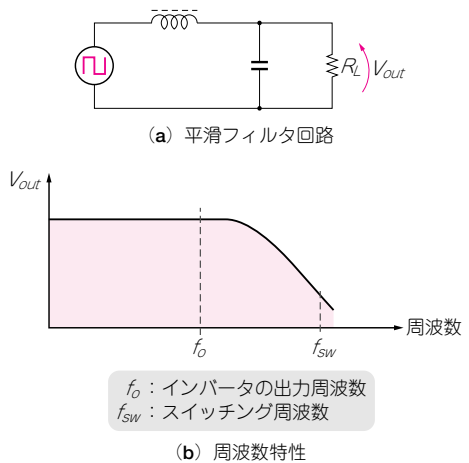
出力平滑コイルを選定するときに最初に決める項目はインダクタンス値です。コイルに図3のような矩形波電圧を加えると三角波電流が流れます。これに関しては第5章で触れました。

写真1は図4のフォワード回路の平滑コイル電流とトランス2次側電圧の波形です。高周波整流ダイオードD<sub>1</sub>には図5(a)のような電流が流れて、フライホイール・ダイオードD<sub>2</sub>には図5(b)のような電流が流れます。D<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>の合計した電流[図5(c)]が平滑コ

〈図1〉平滑用コイルはスイッチング電源やインバータの出力を平滑する



〈図2〉インバータ用出力平滑フィルタと周波数特性



### Keywords

平滑用コイル, EMC用コイル, RF用コイル, 珪素鋼板, アモルファス・コア, ダスト・コア, フェライト・コア, ノーマル・モード・ノイズ, コモン・モード・ノイズ, 磁気シールド.

ルに流れます。

● 許容できるリップル電圧からインダクタンスを決める  
 インダクタンス値が大きいと三角波電流のピーク値が小さくなり、インダクタンス値が小さいと三角波電流のピーク値が大きくなります。図6に示すように、この三角波電流のピーク値とコンデンサのESRで出力のリップル電圧が決まります。

したがって、インダクタンス値が大きいほど、出力リップル電圧が小さくなるのですが、コイルのインダクタンス値が大きいとコイルの形状が大きくなります。そこで、許容できる出力リップル電圧からインダクタンス値を決定します。簡易的にインダクタンス値を決定する場合、三角波のピーク電流を出力直流電流の10%~20%程度にすることが一般的です。コイルに流れる三角波ピーク電流 $I_{\ell}$ は次式から求められます。

$$I_{\ell} = \frac{tV}{L} \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 $I_{\ell}$ :三角波ピーク電流 [A<sub>p-p</sub>]、 $V$ :加える電圧 [V]、 $t$ :スイッチング・オン期間 [s]、 $L$ :インダクタンス値 [H]

● 許容できる電流からコイルを選ぶ

コイルに流す電流を大きくしていくとコアの磁束密度が大きくなり、やがて飽和磁束密度を越えてしまい

ます。コアが飽和磁束密度を越えると、急速にインダクタンス値が低下し、図7のようにスイッチング電流が急増してスイッチング素子を破壊してしまいます。

ですから直流電流だけではなく、三角波ピーク電流を含めた最大電流で、飽和しないコイルを選ぶようにします。定格電流と飽和電流を分けて記載してあるカタログもあります。

## ■ 平滑用コイルの設計

市販の平滑コイルが使用できない、大電力用などの場合は、コイルを設計する必要があります。

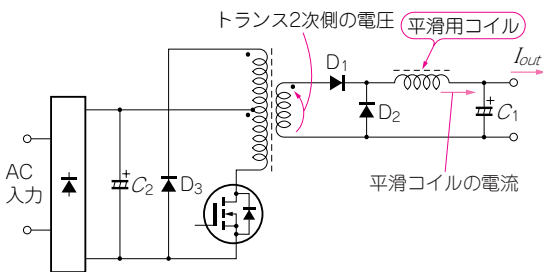
● インダクタンスを求める

コア材のカタログに記載されているギャップ長によって求まる $A_L$ 値(図8)と巻き線の巻き数から、次式でインダクタンスが求まります。

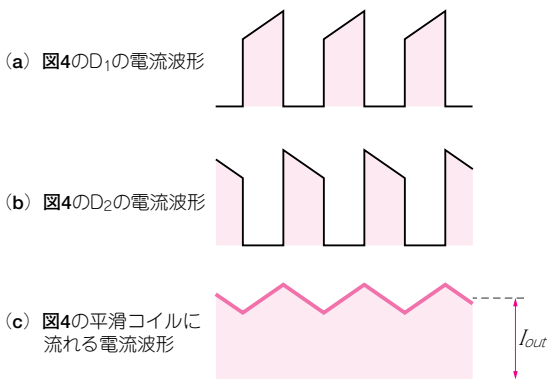
$$L = A_L N^2 \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 $L$ :インダクタンス値 [H]、 $A_L$ :インダクション係数、 $N$ :巻き数 [回]

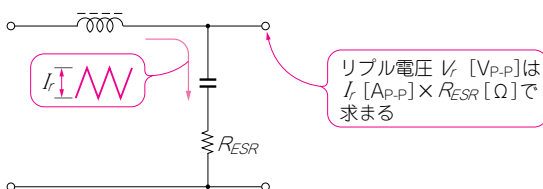
〈図4〉 フォワード・タイプのスイッチング電源回路



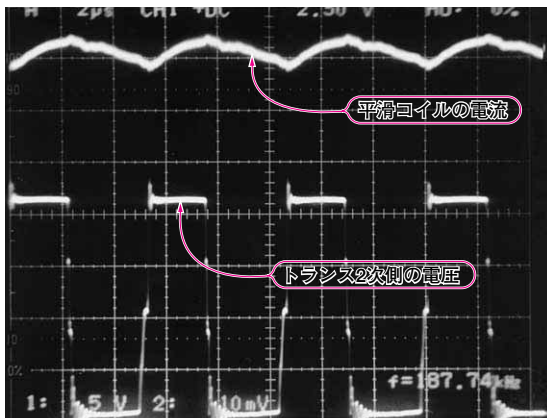
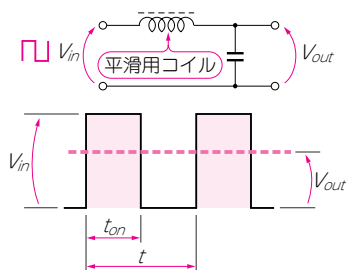
〈図5〉 図4各部の波形



〈図6〉 出力リップル電圧の求め方



〈図3〉 コイルに矩形波電圧を加える



〈写真1〉 図6のフォワード回路での平滑コイル電流とトランス2次側電圧の波形(上: 1 A/div., 下: 50 V/div., 2 μs/div.)