

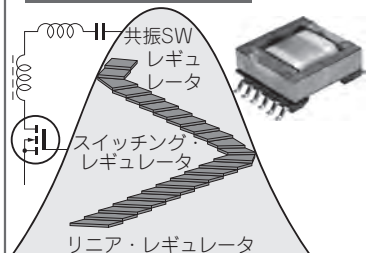
電源工房

電源回路でネックになりやすい重要パーツ

スイッチング電源のトランス設計法

〈5〉 効率を悪化させる漏れインダクタンス

森田 浩一 Kouichi Morita



スイッチング電源の効率を上げるときに^{かなめ}の要であるトランス設計のさまざまな課題について解説していますが、今月はトランス巻き線においてどうしても避けられない「漏れインダクタンス」について考察します。

トランスの理想と現実

● 理想のトランスがあるなら

トランスを理解するうえで、まず理想トランスのことを想定してみます。理想トランスとは図1において透磁率 μ が十分に大きく、1次側に加えられた交流 V_{AC} によって巻き線で発生した磁束がコアを通り、2次側巻き線のコイルの中をすべて通り、かつ、巻き線抵抗が0でロスのないトランスのことです。したがって理想トランスにおける2次側起電圧は巻き数に比例し、電流は巻き数に逆比例します。つまり、

- ① 鉄損(コア・ロス)が0
- ② 巻き線抵抗が0(銅損が0)
- ③ 漏れ磁束がない(1次側巻き線で発生した磁束がすべて2次側巻き線の中を通る)
- ④ 励磁電流が0
- ⑤ 磁気飽和がない

というものです。結果、図1のように1次側と絶縁して、2次側から巻き数によって決まる電圧を自由に取り出

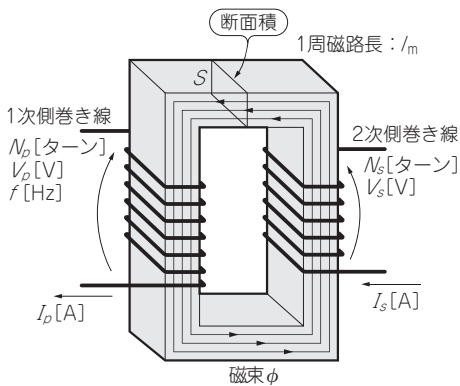


図1 電源トランスの原理
1次側巻き線と2次側巻き線による基本構成を示している

すことができます。

このような理想トランスで考えると、巻き線電圧は巻き数に完全に比例して $V_p/V_s=N_1/N_2=n$ となり、巻き線電流は、 $I_s/I_p=N_1/N_2$ になります。ロスが生じないので入力電力と出力電力は同じになります。

● 現実のトランスの等価回路

ところが現実のトランスは図2に示す等価回路のようになります。Tが理想トランスで、 R_p はコア・ロスを模した抵抗、 R_1 は1次側巻き線抵抗、 $R_{2\#}$ は2次側の巻き線抵抗です。 $\#$ がないときは1次側換算値です。

L_{s1} は1次側漏れインダクタンス、 $L_{s2\#}$ は2次側の漏れインダクタンスで、 C_s は巻き線で生じる寄生容量です。ただし、スイッチング電源トランスにおける寄生容量 C_s は、周波数が100 kHz以上などと高い場合や共振型コンバータ以外ではほとんどの場合は無視できます。

● トランスの自己インダクタンス L_{op}

2次側巻き線を開放したときの1次側巻き線インダクタンスは、単に自己インダクタンスとか1次側巻き線インダクタンスとか、1次側インダクタンスとも呼ばれています。1次側巻き線の自己インダクタンス L_{op} は $L=N \cdot \phi / I$ の基本式で計算されます。

図3にトランスにおける(本来の)磁束と漏れ磁束とを示します。磁束線のうち実線で示すのが本来の磁束、破線で示すのが漏れ磁束です。

図3(b)において、例えば実線の磁束を10 mWb、破線の漏れ磁束を1 mWbとし、1次側の巻き線電流 I

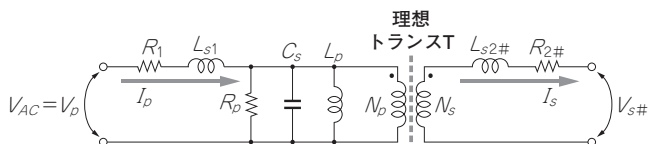


図2 スwitchング電源でよく使われるトランスの等価回路(巻き数比 $n = N_p/N_s$)
等価回路にはいくつかの表し方があるが、ここではスイッチング電源においてよく使用される例を示している。 $\#$ は2次側での値で、 $\#$ なしは1次側換算値になる

- (1) トランスの原理とよく使うフェライト・コアの話(2023年6月号)
- (2) トランスの損失を徹底説明(その1)(2023年7月号)
- (3) トランスの損失を徹底説明(その2)(2023年8月号)