

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

〈3〉トランス損失の徹底説明(その2)

森田 浩一 Kouichi Morita

スイッチング電源を高効率、低ノイズ、そしてコンパクトにする秘訣は、トランスの損失(ロス: loss)とトランスの巻き線技術をしっかり把握しておくことです。前回紹介したトランスの損失(表1)^注の解明と、現実的対応のキーとなるリッツ線について解説します。

⑥近接効果損(銅損)

● すぐ隣りを流れる電線からの影響

図1に、近接して高周波電流が流れている2本の導体(トランス巻き線に限らない)を示します。図1(a)は2本の導体があって、流れる電流の向きが同じときです。

(注) 鉄損(ヒステリシス損, 渦電流損, 残留損), 銅損(直流抵抗損, 表皮効果損)については2023年7月号で解説した。

表1 トランス損失のわけ

再掲。スイッチング周波数が100 kHzを超えるときや、LLC共振コンバータなどでは巻き線に関わる銅損…表皮効果損, 近接効果損, 漏れ磁束効果損, 巻き線ループ損(灰色部分)が増える

鉄損	ヒステリシス損	}	前回
	渦電流損		
	残留損		
銅損	直流抵抗損	}	今回
	表皮効果損		
	近接効果損		
	漏れ磁束効果損		
	巻き線ループ損		
漂遊負荷損			

例えば電線Aに電流が流れていると、電線Aを流れる電流で発生した磁束によって、もう一方の電線Bには渦電流が流れます。その結果、流れる電流の密度が片側に偏ってしまう現象が生じます。このことを近接効果と呼んでいます。コイルやトランスなどでは、電線Aと電線Bと同一のこともあります。例えば電線Aが1ターン目、電線Bが2ターン目ということがあります。

トランス巻き線における近接効果は、高周波が流れているとロスが増加します。これを近接効果損と呼びます。

図1(a)は高周波電流が同方向に流れている場合です。隣りの巻き線の電流によって発生した磁界で渦電流が発生し、隣りの巻き線に近い部分は渦電流で減算され電流密度が低くなり、隣りの巻き線に遠いところでは渦電流が加算されるので電流密度が高くなります。この電流密度の偏りによって損失が増えます。

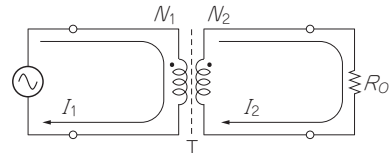
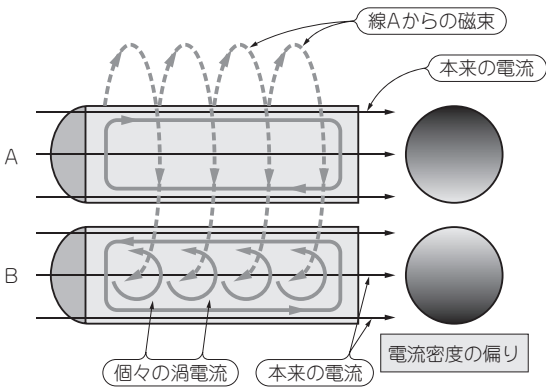
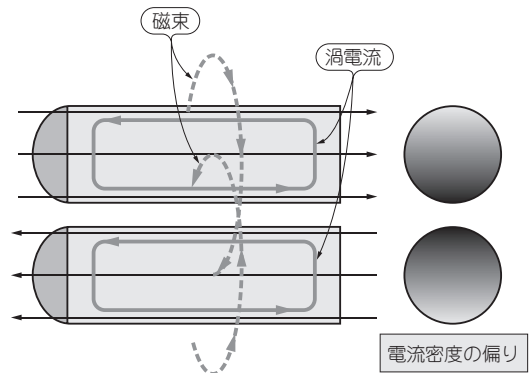


図2 トランスの1次側と2次側は等アンペア・ターンの法則で成り立っている



(a) 2本線の電流方向が同じとき



(b) 2本線の電流方向が逆のとき(トランス1次側と2次側の巻き線)

図1 隣りの線を通る電流の影響…近接効果