

白石俊士*, 田中俊幸*, 石塚洋一*, 小嶺孝介*, 大久保幸哉*

(*長崎大学大学院 総合生産科学研究科)

1. はじめに

充電器や家電など多様な機器に使用されるスイッチング電源は、機器に効率よく電気を供給する装置である。近年はスイッチング素子の材料変更により、高周波の電磁ノイズが発生するため対策が必須となっている。先行研究では、スイッチング電源回路の電圧変換を担うトランス内部にシールド巻線を実装し電磁ノイズ低減に最適な巻数を調査した^[1]が、最適巻数に個体差があったため、一部の巻線をずらしその影響を調査した^[2]。その結果、巻線の位置ずれが周波数特性に大きく影響を及ぼすことが分かった。そこで本研究では解析ソフト (Ansys HFSS) を用いて各巻線の位置をずらし、ノイズ伝搬に影響を及ぼす巻線とその位置ずれ方向の特定を試みている。

2. トランス詳細

トランス巻線間のシールドリングにはシールド箔を用いる方法とシールド巻線を用いる方法があるが、対策コストの低さとカスタム性の高さからシールド巻線を用いた対策が望まれる。

図1に本論文で使用するシールド巻線付きトランスの巻線構造を示す。EERコアを使用し、巻線は一次巻線2層 (P1・P2)、二次巻線3層 (S1)、シールド巻線3層 (PSL)、一次補助巻線1層 (P3)、同期整流巻線1層 (S2) の10層で成り立っている。

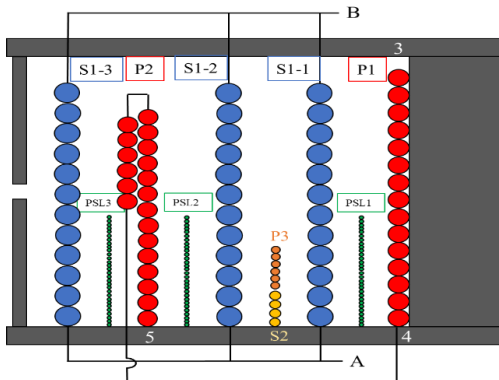


図1 トランスの巻線構造

3. 数値解析実験

図2に使用したトランスの3Dモデル、図3に S_{21} 周波数特性の評価回路を示す。

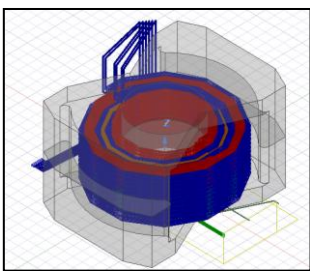


図2 トランス3Dモデル

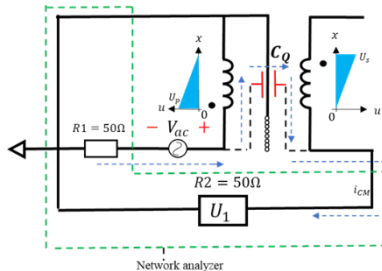


図3 トランス評価回路

本解析では、0.2mmずつ各巻線の定量位置ずらしを行い、 S_{21} 周波数特性の変化量を比較する。P1からS3の方向を正の方向と定義し、 $\pm 0.2\text{mm}$ の定量ずらしを行う。なお構造上、移動可能距離が0.2mm未満である巻線については、0.2mm未満での位置ずらしで比較を行う。

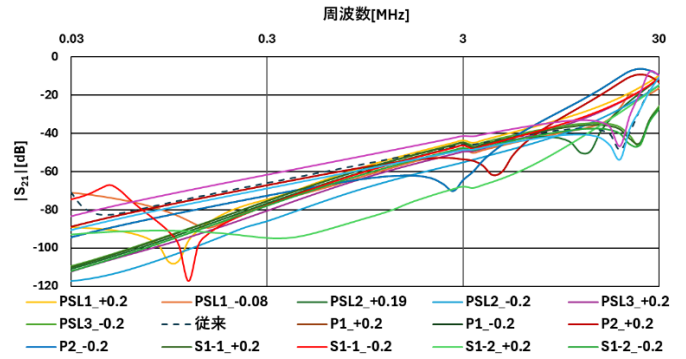


図4 解析結果

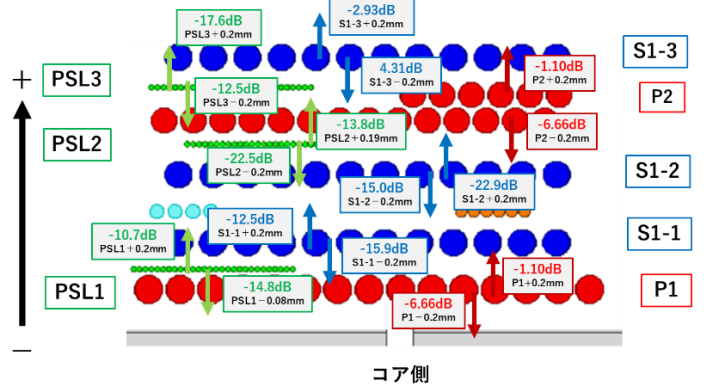


図5 定量ずらし S_{21} [dB]の変化量

図4に従来のトランスモデルと各巻線位置変更後のトランスモデルの S_{21} [dB]の解析結果を示す。また、図5にそれぞれ矢印方向に巻線をずらした際の S_{21} 周波数特性 [dB]の変化量を示す。ここで S_{21} 変化量の比較はスイッチング周波数の第3高調波 (195kHz)で行っている。図4より、S1-1を+0.2mmずらした時とPSL1を+0.2mmずらした時は共振周波数が大きく減少していることがわかる。また、P2を $\pm 0.2\text{mm}$ ずらした際も共振周波数が低周波側に移動している。よって、これらの巻線配置を組み合わせることで共振周波数を大きく減少させることができ、ノイズ低減効果をさらに向上させることができると考えられる。図5より、シールド巻線 (PSL1, 2, 3) と二次巻線 (S1-1, S1-2) をずらした際に大きな変化が確認できる。この結果より、トランスの製造誤差によるノイズ除去効果のばらつきに対しては、シールド巻線と二次巻線の位置ずれを抑えることが最も効果的であることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、解析ソフト (Ansys HFSS) を用いてトランス巻線の定量位置ずらしを行い、各巻線の位置ずれが周波数特性やノイズ低減効果に大きく影響することを明らかにした。今後は巻線位置の調整等により3Dモデルの再現性を高め、更なるノイズ低減効果向上を目指す予定である。

参考文献

[1]平島夏生, 他, 信学会九州支部学生会B37, 2024.
[2]平島夏生, 他, 電気関係学会九州支部11-2P-10, 2024.