

リーケージトランスを用いた LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータの基礎検討

傳田 隆之, 佐藤 鴻全, 佐幸 孝昭, 南澤 俊孝, 佐藤 敏郎, 曾根原 誠
(信州大学)

Basic investigation of LLC-LC resonant DC-DC converter using a leakage transformer

T.Denda, K.Sato, T.Sako, T.Minamisawa, T.Sato, M.Sonehara
(Shinshu University)

はじめに

近年, SiC/GaN パワー半導体の登場により, スイッチング周波数の高周波化が可能となり, 高効率かつ小型軽量の電源の開発が期待されているが, 高周波化に伴い, 磁気部品における損失の増加が顕在化している. 筆者らは, 1 MHz 以上の高周波でも低損失な材料である鉄心材料として鉄系メタルコンポジットに着目した¹⁾. しかし比透磁率が低く, トランスに用いた際, 大きな漏れインダクタンスを有するリーケージトランスとして動作する. 漏れインダクタンスを一次側共振インダクタとして利用する LLC 共振型 DC-DC コンバータへの適用に適用する場合, 二次側の漏れインダクタンスのコンバータに及ぼす影響を考慮する必要がある. そこで筆者らは, 二次側漏れインダクタンスを補償するため, 直列に二次側共振キャパシタを接続する LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータを検討した.

LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータ

Fig.1 に LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータの回路図を示す. このコンバータは一次側直列回路と二次側直列回路の共振周波数を合わせることで, 共振周波数近傍において二次側漏れインダクタンスの影響を抑える構成となっている. 本稿では, LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータと, 二次側に共振キャパシタを持たない LLC-L 共振型 DC-DC コンバータの解析結果を報告する.

解析条件

HVDC(High Voltage Direct Current)のシステムへの応用を考え, 電源仕様を入力 380V, 出力 48V・10A, トランスの結合係数を 0.8, 共振周波数を 3MHz とし, LLC-L, LLC-LC 共振コンバータのリーケージトランスを含む共振系を設計した. ハーフブリッジインバータ回路には GaN-FET, フルブリッジ整流回路には SBD のデバイスモデルを用いて LT-SPICE で解析をした.

解析結果

Fig.2 に FET での損失の出力電流特性, Fig.3 にドレイン電流の実効値の出力電流特性を示す. Fig.2 より LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータの方が全出力電流において, FET での損失が低減していることがわかる. これは負荷電流の共振周波数が両コンバータ同じ場合, 共振キャパシタを一次側と二次側に分けることで, 一次側共振キャパシタの容量が増大し励磁電流の共振周波数が低くなるため, 動作周波数における励磁電流の実効値が小さくなり, Fig.3 に示したドレイン電流が低下することで導通損が低減したためと考えられる.

参考文献

- 1) Naoki Yabu et al., INTERMAG, Vol. 54, No.11, 2801605(2018)

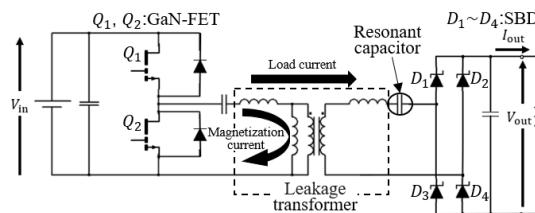


Fig. 1 LLC-LC resonant DC-DC converter

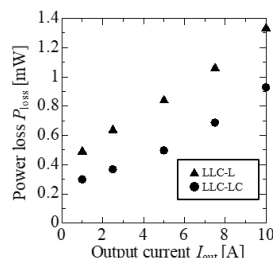


Fig. 2 Power loss of FET vs Output current

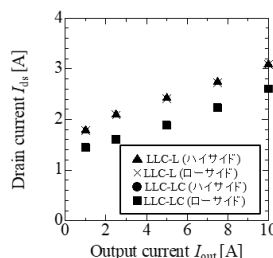


Fig. 3 Drain current vs Output current