

鉄系メタルコンポジット鉄心リーケージトランスを用いた LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータの試作

佐藤鴻全, 南澤俊孝, 曾根原誠, 佐藤敏郎
(信州大学)

Fabrication of LLC-LC resonant DC-DC converter using Fe-based composite magnetic core leakage transformer

K.Sato, T.Minamisawa, M.Sonehara, T.Sato

(Shinshu University)

はじめに

近年, 高速スイッチング・低 ON 抵抗の特徴を有する SiC/GaN パワーデバイスが注目されており, スwitchング周波数を数 MHz 以上に高周波化することで高効率と小型軽量を両立する DC-DC コンバータの実現が期待されている. しかしながら, 数百 kHz で動作する DC-DC コンバータに使用されているダストコアや Mn-Zn フェライトなどの磁心材料を MHz 帯スイッチングで使用することは適しておらず, Ni-Zn フェライト以外に選択肢がないのが実情である. 筆者らは, 数 μm 級微細鉄系アモルファス合金粉と耐熱エポキシ樹脂からなる鉄系メタルコンポジット磁心に着目し⁽¹⁾, 数 MHz 以上の周波数帯域で動作する DC-DC コンバータの磁心材料に使用した. 鉄系メタルコンポジットは Ni-Zn フェライトに比べて, 1 MHz 以上の高周波において飽和磁束密度が 1 T 程度と高い飽和磁束密度値を有し, 鉄損も低いという利点を持っている.

LLC-LC 共振型 DC-DC コンバータの回路構成

前項で示したように鉄系メタルコンポジットには利点もあるが低透磁率であるためトランスに適用した際に一次と二次巻線間の漏れインダクタンスが大きくなってしまいうためリーケージトランスとして動作する. LLC 共振型コンバータに適用するには二次側漏れインダクタンスの影響を考慮する必要がある.

Fig. 1 に示す LLC-LC 共振型コンバータは一次側の漏れインダクタンスと共振キャパシタ, 二次側漏れインダクタンスと共振キャパシタのそれぞれの直列共振周波数を合わせることで, 二次側漏れインダクタンスによる共振回路の入出力電圧ゲイン

特性への影響を抑える構成となっている. 本研究では, 鉄系メタルコンポジット鉄心を用いたリーケージトランスの試作と LLC-LC 共振型コンバータへの実装を行った. Fig. 2 に LLC-LC 共振型コンバータと一次側のみに共振キャパシタを接続した LLC-L 共振型コンバータのトランスの結合係数と一次側自己インダクタンス L_p および一次・二次巻き数比 n の関係を示す. Fig. 2 から, LLC-LC 共振型コンバータでは結合係数が変化しても一次自己インダクタンス値および巻き数比がほぼ一定でトランスの設計が容易であるという利点がある.

測定結果

前項に示した特性を確認するため, 実際に LLC-LC 共振型コンバータの一次自己インダクタンスを同程度にし, 一次巻線の巻き方を変えることでトランスの結合係数 k を 0.77(Leakage transformer#1)と 0.64(Leakage transformer#2)と変えて実験を行った. Fig. 3 に 3 MHz LLC-LC 共振型コンバータにおいて, 定格出力電圧 380 V, 出力 48 V として負荷を 1~10 [A]と変化させた際の Leakage transformer#1 と Leakage transformer#2 の動作周波数を示す. この結果から, リークエージトランスの結合係数が異なっても一次自己インダクタンス値と巻き数比を同じであれば LLC-LC 共振型コンバータが適正に動作することがわかった. 学術講演会では Ni-Zn フェライトトランスを用いた場合との比較結果についても報告する.

参考文献

1) Naoki Yabu *et al.*, *NTERMAG*, Vol 54, No.11, 2801605(2018)

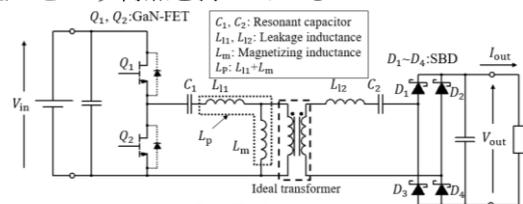


Fig. 1 LLC-LC resonant converter

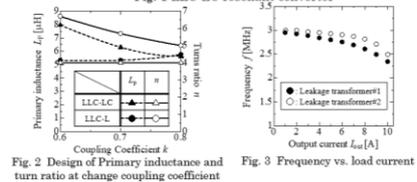


Fig. 2 Design of Primary inductance and turn ratio at change coupling coefficient

Fig. 3 Frequency vs. load current