

広い電圧利得を実現する単入力 2 出力 LLC コンバータの検討

◎木下 勇輝, 芳賀 仁 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

サーバー用電源や再生可能エネルギーシステムなど複数の出力を持つシステムに対して、絶縁型マルチ出力 DC-DC 変換器は広く検討されている。しかし、その出力は一定電圧で議論されるのが多く^[1]、負荷電圧が変動するシステムでの検討は少ない。本稿では、広い電圧範囲を想定した電力変換器として 1 次側に 2 つのトランス、2 次側にセミアクティブブリッジを有する回路を提案する。シミュレーションにより基本動作を確認したので報告する。

2. 提案回路構成および基本動作

Fig.1 に提案する単入力 2 出力変換器を示す。1 次側は、5 つの MOSFET で構成されており、2 つの共振トランス T_{r1} , T_{r2} がこれらスイッチに接続される。本検討において、2 つの共振トランスを構成する漏れインダクタ L_r 、共振コンデンサ C_r 、励磁インダクタ L_m および巻き数比 n はそれぞれ同一とする。Fig.2 に提案回路における各動作モードの 1 次側回路構成の一例を示す。提案回路において、1 次側 MOSFET のスイッチングパターンを変更することで、1 次側回路はハーフブリッジまたはフルブリッジ構成となる。Fig.3 に提案回路動作モード 3 のスイッチングパターンを示す。2 次側スイッチ S_{s1} , S_{s2} , S_{t1} , S_{t2} は常時 OFF 信号を与える。 ϕ_1 , ϕ_2 は 1 次側スイッチと 2 次側スイッチ間の位相シフト角である。位相シフトがある場合、トランスの 2 次巻き線は、2 次側スイッチによって短絡される。短絡期間中、漏れインダクタ電流は急激に変化し、漏れインダクタ L_r の充電を行う。短絡期間後、インダクタに蓄えられていたエネルギーを放出するため昇圧動作が実現される。提案回路において各スイッチは可変周波数制御が適応され、2 つの負荷はスイッチの駆動周波数、位相シフトおよび 1 次側回路の動作モードによって制御される。

3. シミュレーション結果

Fig.4 に動作モード 2, 3 における定常波形を示す。各回路パラメータは、 $L_r=101 \mu\text{H}$, $C_r=25\text{nF}$, $L_m=220 \mu\text{H}$, $n=1$ 、共振周波数 $f_r=100\text{kHz}$, $V_{in}=380\text{V}$ とする。また、各位相シフト角は動作モード 2 で $\phi_1=0$, $\phi_2=30$ 度、動作モード 3 で $\phi_1=0$, $\phi_2=50$ 度とする。動作モード 2 は、1 次側回路がハーフブリッジとなるため、駆動周波数 f_s が共振周波数 f_r と等しく、位相シフト角が 0 である場合、出力電圧は $V_o=V_{in}/2n$ となる。一方で、動作モード 3 は、1 次側回路がフルブリッジとなるため、出力電圧は $V_o=V_{in}/n$ となり、動作モード 2 の 2 倍の電圧が得られる。このため、Fig.4 に示す負荷電圧 V_{o1} は動作モード 2 で、電源電圧の半分、動作モード 3 で、電源電圧と等しい電圧が得られる。一方で、負荷電圧 V_{o2} は 1 次側スイッチと 2 次側スイッチ間の位相シフト角 ϕ_2 によって昇圧されるため、各動作モードで V_{o1} よりも高い電圧が得られる。Fig.4 より、1 次側回路構成と 1-2 次間位相シフトを用いることで、広い電圧範囲を実現することが可能である。

4. おわりに

本稿では、広い電圧利得を実現する DC-DC 変換器として、1 次側の回路構成の切り替えと位相シフト制御を有する変換器を提案した。1 次側回路構成の切り替えと、1-2 次間位相シフト角の制御を行うことで、2 つの負荷に対して広範囲の電圧利得を実現できる。

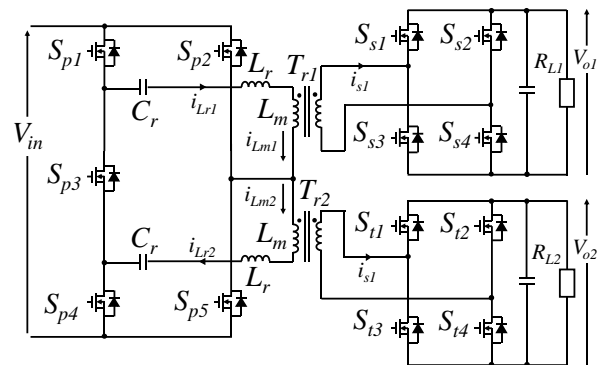


Fig.1 Proposed dual output LLC converter with two resonant tanks

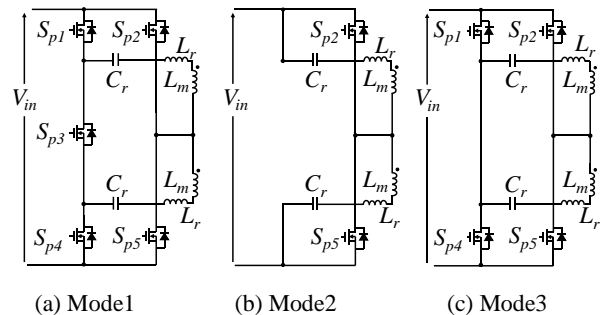


Fig.2 Example of operation modes of the proposed converter

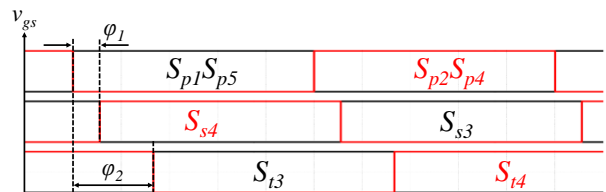


Fig.3 Driving signal pattern of mode3

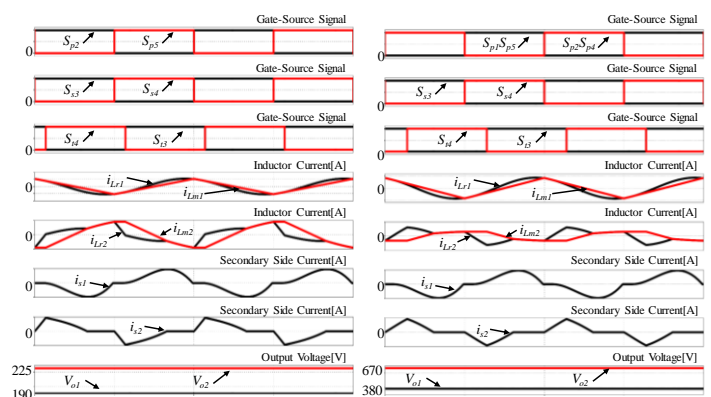


Fig.4 Steady-state waveforms in mode2 and mode3 of proposed LLC converter, $f_s=f_r$

参考文献

[1] G. Chen et al., "Topology derivation and analysis of integrated multiple output isolated DC-DC converters with stacked configuration for low cost applications," *IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers*, vol. 64, no. 8, pp. 2207-2218 (2017)