

IH クッキングヒータにおける AC-AC 直接変換器の回路動作

Circuit Operation of an AC-AC Direct Converter for IH Cooking Heater

辻 涼太¹⁾

指導教員 米盛弘信¹⁾

1)サレジオ工業高等専門学校 産業応用研究室

キーワード：IH クッキングヒータ・AC-AC 直接変換・逆阻止耐性・双方向スイッチ

1. はじめに

現在、普及している IH (Induction Heating) クッキングヒータ (以下, IH 調理器) は, 内部で商用電源 100V-50Hz を高周波交流 (e.x. 20kHz) へ変換している。一般に商用電源から HF-AC (High Frequency AC) への電力変換は, 商用電源 100V-50Hz を一旦直流へ順変換してから, HF-AC に逆変換する間接変換手法が使用されている。しかし, 同方法は商用電源を直流に変換しているため, 部品点数が多くなる。そこで, 双方向スイッチを応用した AC-AC 直接変換による IH 調理器の研究が進められている^{[1]-[3]}。筆者らは, 先行研究^{[1]-[3]}より回路の構成部品を少なくし, 電力制御が容易な新方式の IH 調理器用 AC-AC 直接変換回路を考案した。

本稿では, 考案した IH 調理器用 AC-AC 直接変換回路の動作確認を行ったので報告する。

2. 逆阻止耐性をもたせた双方向スイッチによる

AC-AC 直接変換回路の提案

図 1 に提案する AC-AC 直接変換回路を示す。同回路は, MOS-FET に逆耐圧特性をもたせるため, 逆阻止デバイスとしてダイオードを直列接続している。そして, 逆阻止耐性をもたせた MOS-FET-Diode ユニットの逆並列接続することで双方向スイッチを構成する。ただし, 図 1 は力率調整やノイズ対策用の LC は割愛している。加熱コイル L と並列に接続したコンデンサ C は, 従来の一石型電圧共振インバータで採用されている ZVS (Zero

Voltage Switching) 用の共振用コンデンサである。

V_{AC} から出力された正弦波交流が正の時, IH 負荷を経由して MOS-FET₁ によって 20kHz でスイッチングされる。負の時は, MOS-FET₂ によって 20kHz でスイッチングされて IH 負荷に電力供給される。このとき, MOS-FET₁ は逆阻止デバイス D_1 によって OFF 状態となる。すなわち, 正弦波の正側は IH 負荷⇒MOS-FET₁⇒ D_1 , 負側は MOS-FET₂⇒ D_2 ⇒IH 負荷の順に電流が流れるため, 商用周波数 50Hz から異なる周波数の 20kHz へ直接変換することが可能である。以上の動作は従来法の一石インバータと比較して半導体スイッチング素子の個数が少ないため, 導通損失の軽減に寄与すると考える。

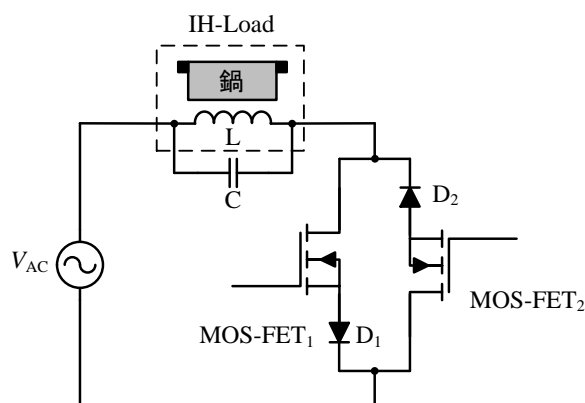


図 1 MOS-FET を用いた AC-AC コンバータ

先の報告^[4]では, 図 1 の LC 共振回路を負荷抵抗 $R=1k\Omega$ に換装し, 電源は低電圧の 10Vp-p -50Hz, MOS-FET₁ と MOS-FET₂ は, $V_{GS}=15V$ -20kHz の方

形波信号でスイッチングさせて動作確認を行っている。実験の結果、提案回路が 50Hz の正弦波を高周波交流 (20kHz) でスイッチングできることを明らかにした。

3. 提案回路の動作確認

図 1 に示す提案回路の動作確認を行う。本実験では、鍋を置くトッププレートの厚みを考慮して鍋と加熱コイルの距離を 6mm とした。加熱コイル L と鍋は、二次側に負荷抵抗が接続された変圧器と等価に考えられるため、相互インダクタンスを有する回路となる。したがって、ZVS を実現するには、一次側の加熱コイル L と二次側の鍋、および相互インダクタンスを含めた値と共振させる必要がある。しかし、鍋のインダクタンスや加熱コイル-鍋間の相互インダクタンスが直接的に測定できないため、共振用コンデンサが計算で求められない。そこで、双方向スイッチの両端波形を観測しながら共振コンデンサ C の値を模索した。その結果、 $C=0.3973\mu\text{F}$ を採用した。実験条件は、先の報告^[4]と同じく、電源電圧：10Vp-p -50Hz、MOS-FET₁ と MOS-FET₂： $V_{GS}=15\text{V}$ -20kHz の方形波信号でスイッチングさせた。

4. 実験結果

図 2 に双方向スイッチ部の動作波形を示す。図 2(a)より、50Hz の正弦波が 20kHz でスイッチングされていることを確認した。図 2(b)より、電圧がゼロのときに電流が立ち上がり始めているため

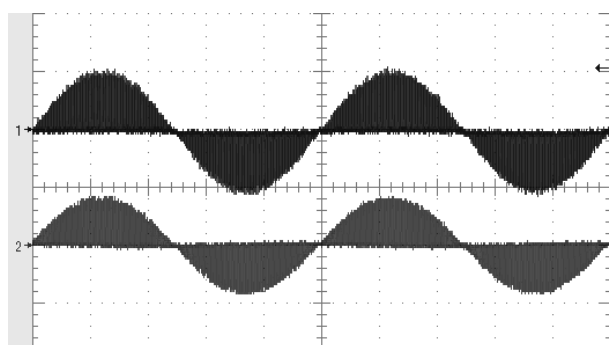
ZVS 動作が実現できていることがわかる。しかし、ターンオフ時はテール電流に起因してスイッチング損失が発生しており、完全な ZVS 動作になっておらず、改善する必要がある。

5. まとめ

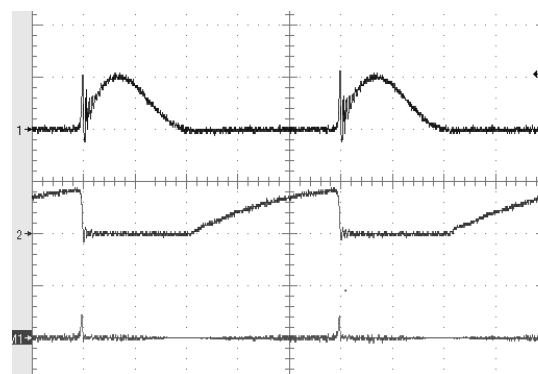
本稿では、部品点数の少ない AC-AC 直接変換回路を提案し、回路動作を確認した。その結果、ダイオードで逆阻止耐性をもたせた MOS-FET を逆並列構成した双方向スイッチにより、50Hz を直接 20kHz へ変換できることを示した。また、共振コンデンサを導入して ZVS 動作を試みたが、テール電流の影響でターンオフ損失が発生したため改善する必要がある。

参考文献

- [1] 杉村央生, Ahmad Mohamad Eid, Hyun-Woo Lee, 中岡陸雄:「1 チップ逆阻止 IGBT 逆並列構成双方向スイッチを用いた高周波複共振形 PWM 電力周波数変換器」, 信学技報, EE2005-25, pp.73-78, (2005)
- [2] 松井光生, 平田英治, 田中俊彦, 岡本昌幸:「単相高周波 AC-AC ダイレクトコンバータの最適設定法」, 信学技報, EE2012-4, pp.41-46, (2012)
- [3] 杉村央生, Khiry Fathey, Hyun-Woo Lee, 中岡陸雄:「双方向スイッチを用いたアクティブクランプ部分共振 PWM 高周波電力変換器」, 信学技報, EE2005-34, pp.13-18, (2005)
- [4] 辻涼太, 米盛弘信:「IH クッキングヒータにおける AC-AC 直接変換回路の一提案」平成 29 年度電気設備学会全国大会講演論文集, pp.446-447, (2017)



(a) 50V/div, 5A/div, 4ms/div
(上：電圧，下：電流)



(b) 50V/div, 5A/div, 200W/div, 10μs/div
(上：電圧，中：電流，下：電力)

図 2 双方向スイッチの動作波形