

直列型双方向スイッチを用いた IH 調理器用 AC-AC 直接変換回路の回路動作

Circuit Operation of AC-AC Direct Conversion Circuit for IH Cooker Using a Series Type Bidirectional Switch

阿部灯竜¹⁾

指導教員 米盛弘信¹⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 産業応用研究室

キーワード： IH 調理器， AC-AC 直接変換， 双方向スイッチ， 逆導通デバイス

1. はじめに

IH 調理器は、高周波誘導加熱（IH:Induction Heating）を応用した調理器である。一般的な IH 調理器は、商用電源 100V、50Hz/60Hz を直流へ順変換してから、高周波交流に逆変換することで高周波誘導加熱を行う。したがって、従来の一石型 IH 調理器は、半導体スイッチング素子の部品数に比例した導通損失が発生する。そこで、素子数を減らすことで損失の低減を目指す。筆者らは素子数を減らすために、直流への変換回路を省くことができる。AC-AC 直接変換に着目した。文献によれば、200V タイプの IH 調理器を対象とした AC-AC 直接変換回路が提案されている^{[1]-[3]}。本研究では、先行研究として MOS-FET を逆並列接続した、並列型双方向スイッチによる AC-AC 直接変換を行っている^[4]。双方向スイッチには、並列型の他に直列型があり、本研究では、MOS-FET を直列接続した直列型双方向スイッチによる AC-AC 直接変換回路を提案する。そして、高周波交流への変換時における半導体スイッチング素子の導通損失低減を試みる。

本稿では、直列型双方向スイッチを用いた AC-AC 直接変換回路を提案し、回路動作の確認を行ったので報告する。

2. 直列型双方向スイッチを用いた

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。本

回路は、MOS-FET にダイオードを並列接続し、MOS-FET-Diode ユニットにすることで逆導通デバイスを形成した。さらに、このユニットを直列に接続することにより、双方向スイッチを構成した。図 1 では IH 負荷を抵抗 R で表しており、ソフトスイッチングのための共振回路や力率調整回路は割愛している。また、図 2 に回路のブロック図を示す。FET の制御は、 V_{AC} から出力された正弦波交流を ZC(Zero Cross)検出回路で検出し、SW 制御回路によって FET を制御する。

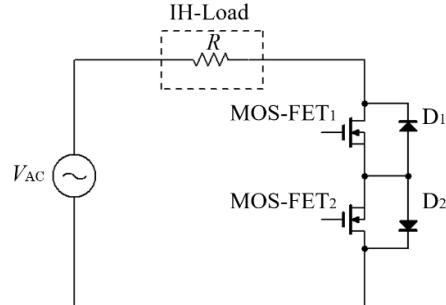


図 1 MOS-FET を用いた AC-AC 直接変換回路

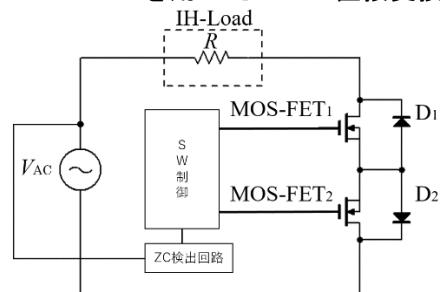
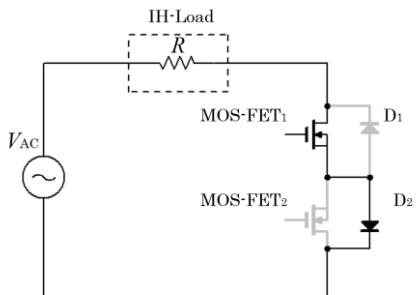


図 2 ブロック図

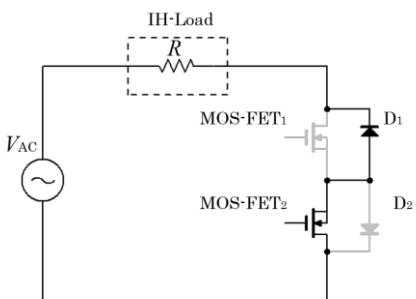
3. 提案回路の動作

図 3 に提案回路の動作モードを示す。図 3(a)は

正弦波が正の時の動作である。商用電源 V_{AC} から出力された正弦波交流は、IH 負荷を経由して MOS-FET₁ によって 22kHz でスイッチングされ、ダイオード D₂ を通る。図 3(b)は正弦波が負の時の動作である。商用電源 V_{AC} から出力された交流は、MOS-FET₂ によって 22kHz でスイッチングされてダイオード D₁ を経由して IH 負荷に電力を供給する。正弦波の正側は $R \rightarrow \text{MOS-FET}_1 \rightarrow D_2$ 、負側は $\text{MOS-FET}_2 \rightarrow D_1 \rightarrow R$ の経路をたどって電流が流れる。そのため、商用電源周波数 50Hz から異なる周波数である 22kHz へ直接変換することが可能である。本動作は、従来法である市販の卓上型 IH 調理器と比較して、半導体スイッチング素子の使用個数が少ないため、導通損失の軽減が可能になると考えられる。



(a) モード I



(b) モード II

図 3 回路の動作モード

4. 提案回路の動作確認

図 1 に示した提案回路の動作を確認するために実験を行った。回路の動作を確認するために商用電源 100V-50Hz を使用せず 25V-50Hz での確認を行った。本実験では、共振を伴う IH 負荷ではなく負荷抵抗 500Ω を使用した。MOS-FET は $V_{GS}=12V$ -22kHz の PFM 信号でスイッチングを行った。以上

の測定条件で双方向スイッチ部の両端にオシロスコープを接続して高周波交流が生成されているかを確認する。

図 4 に電圧波形を示す。図 1 の回路はソフトスイッチング用の LC 共振回路を有していないハーフスイッチング状態であるが、商用電源周波数 50Hz の正弦波交流を 22kHz でスイッチングしており、実際の IH 調理器に適用が可能と考えられる。

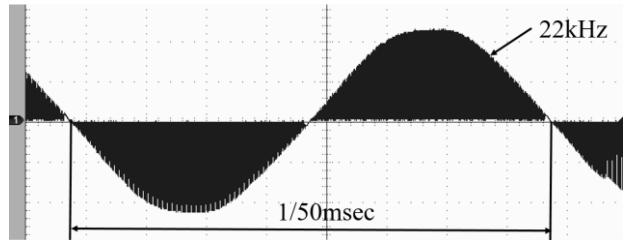


図 4 電圧波形 (5V/div, 2.5ms/div)

5. まとめ

本稿では、直列型双方向スイッチを用いた直列型 AC-AC 直接回路を提案し、回路動作の確認を行った。その結果、実際の IH 調理器への適用が可能であることを示した。

今後は、共振回路を組み込んだ回路の動作確認とソフトスイッチング動作の確認を行う。

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,Khairy 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シップ部分共振 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 クッキングヒータ用 AC-AC 直接変換回路の提案」,第 30 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム,pp.458-461 (2018)