

IH クッキングヒータ用 AC-AC 直接変換回路の提案 —100V 印加時による加熱特性の評価—

A Proposal of an AC-AC Direct Converter for IH Cooking Heater —Evaluation of heating characteristics at 100V Drive—

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 専攻科 生産システム工学専攻 産業応用研究室

キーワード : IH クッキングヒータ, AC-AC 直接変換回路, 双方向スイッチ

1. はじめに

IH クッキングヒータはガス調理器と比較して加熱効率が高く、調理後の清掃が容易である等の理由から、一般家庭に普及が進んでいる。IH クッキングヒータにおける鍋の加熱方法は、高周波誘導加熱(Induction Heating : IH)を利用したものである。高周波誘導加熱を行う際は、商用電源(100V-50Hz・60Hz)を高周波交流(ex.20kHz)へ変換する必要がある。一般に商用電源から高周波交流への電力変換は、商用電源を一旦直流へ順変換してから、高周波交流に逆変換する間接変換手法が使用されている。同手法は商用電源を間接的に高周波交流に変換しているため、変換回数が多くなる。商用電源から高周波交流への電力変換は間接変換手法の他に AC-AC 直接変換がある。AC-AC 直接変換は、商用電源を直流に順変換せずに直接、高周波交流に変換する手法である。同手法は、間接手法に比べ電力の変換回数が少ないとから、装置体積の小型化や損失の軽減等が期待できる。そのため、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][2]}。そこで、筆者らは卓上型 IH クッキングヒータを対象に損失低減を目指した AC-AC 直接変換回路の研究に着手した。

本稿では、逆耐圧耐性をもたせた MOS-FET で構成した双方向スイッチによる AC-AC 直接変換回路を提案する。また、三層ステンレス鋼鍋を加熱し、水の昇温特性を明らかにしたので報告する。

2. 逆耐圧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。この回路は、MOS-FET に逆耐圧特性をもたせるため、逆耐圧デバイスとしてダイオードを直列接続している。さらに、逆耐圧特性をもたせた MOS-FET-Diode ユニットを逆向きに並列接続することで双方向スイッチを構成する。加熱コイル L と並列に接続したコンデンサ C は、ZVS (Zero Voltage Switching) 用の共振コンデンサである。商用電源 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 によってスイッチングされる。商用電源 V_{AC} から出力された正弦波交流が負の時、MOS-FET₂ によってスイッチングされて IH 負荷に電力供給される。そのため、商用電源周波数から異なる高周波数へ直接変換することが可能である。この方式は電力変換回数が少ないので、変換損失の軽減に寄与すると考えられる。

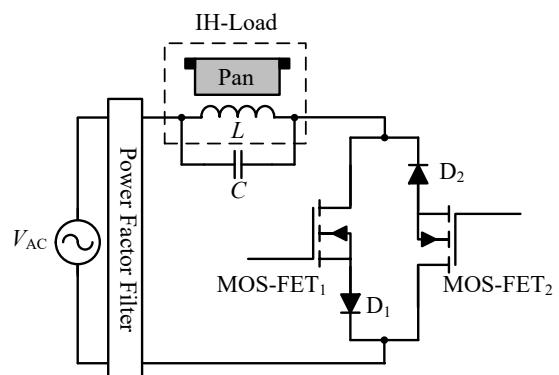


図 1 MOS-FET を用いた AC-AC 直接提案回路

3. 提案回路による鍋の加熱実験

本実験では、負荷金属に直径 200mm、なべ底の厚さ 2mm の三層ステンレス鋼鍋を使用し、約 20°C の水 1ℓを入れて蓋を閉じ、加熱を行った。電源電圧 V_{AC} の実効値は 100V とし、三層ステンレス鋼鍋に入れた水の温度は熱電対を使用して測定を行う。また、実験条件は、三層ステンレス鋼鍋と加熱コイルの距離を 10mm 離し、共振用コンデンサ $C = 0.3973\mu F$ を使用した。MOS-FET₁ と MOS-FET₂ は、 $V_{GS} = 10V$ -21kHz の方形波信号でスイッチングさせた。以上の実験条件で、双方向スイッチ両端の動作波形と三層ステンレス鋼鍋に入れた水の昇温特性を調べた。

4. 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、電圧の P-P 値は 1.12kVpp であり、電流の P-P 値は 80.0App であることがわかった。図 2(b)は、図 2(a)を拡大した波形である。図 2(b)より、電圧 V_{DS} がゼロのときに電流 I_D 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、ターンオフ時にスイッチング損失が発生しているため完全な ZVS 動作になっておらず、損失の低減に対して向上の余地がある。図 3 に加熱時間に対する水の温度変化を示す。図 3 より、約 520 秒で水の温度が 100°C に達した。

5.まとめ

卓上型 IH クッキングヒータを対象とした AC-AC 直接変換回路を提案し、三層ステンレス鋼鍋を使用した加熱実験を行った。その結果、電源電圧 100V で加熱を行ったところ、電圧の P-P 値は 1.12kVpp であり、電流の P-P 値は 80.0App であった。また、鍋に入れた水は、約 520 秒で 100°C に達した。

6. 今後の展望

今後の展望として、本提案回路の優位性を示していく。そのために、回路の加熱効率を求める。また、回路全体の変換効率を明らかにして、既存の卓上型 IH クッキングヒータの回路との比較を行う予定である。

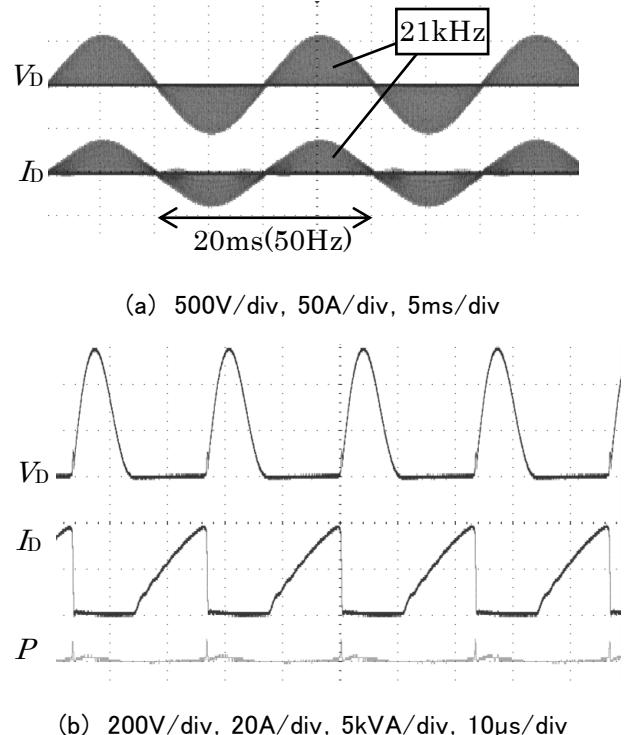


図 2 双方向スイッチ部の動作波形

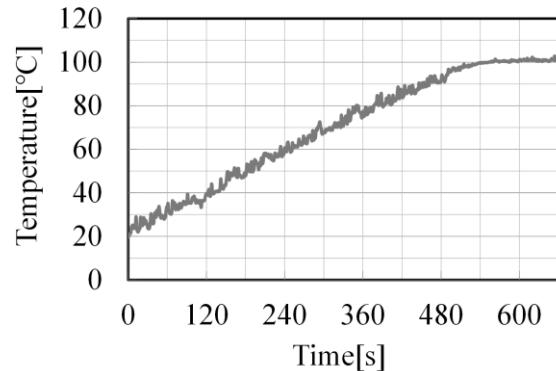


図 3 時間にに対する温度変化

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, 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)