

IH クッキングヒータ用 AC-AC 直接変換回路の提案 —温度変化時による消費電力の評価—

A Proposal of an AC-AC Direct Converter for IH Cooking Heater —Evaluation of Power Consumption by Temperature Change—

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

IH クッキングヒータは、一般に内部で商用電源 100V-50Hz を直流へ順変換してから、高周波交流(ex.20kHz)に逆変換する方法が使用されている。同方法は商用電源を直流に変換しているため、変換損失が発生してしまう。そこで、本稿では卓上型 IH クッキングヒータを対象に損失低減を目指した IH 調理器用 AC-AC 直接変換回路を提案する。また、PDM 制御を使用して温度制御を行った際の消費電力を示す。

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

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様々な利点がユーザに受け入れられている。IH クッキングヒータを使用した鍋の加熱方法は、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、一般に内部で商用電源 100V-50Hz を直流へ順変換してから、高周波交流(ex.20kHz)に逆変換する方法が使用されている。同方法は商用電源を直流に変換しているため、変換損失が発生してしまう。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 クッキングヒータの研究が進められている。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 IH 調理器用 AC-AC 直接変換回路を提案する。

本稿では、卓上型 IH クッキングヒータを対象とした AC-AC 直接変換回路をパルス密度変調(PDM: Pulse Density Modulation)制御を使用して、PDM 通流率 D の値を変えた際の消費電力を示す。

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、逆耐圧特性をもたせた 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。 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 によりスイッチングされる。このとき、MOS-FET₂ は D₂ によって OFF 状態となる。負の時は、MOS-FET₂ により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^[1]と比較して、電力変換回数が少ないため、変換損失の軽減に寄与すると考える。

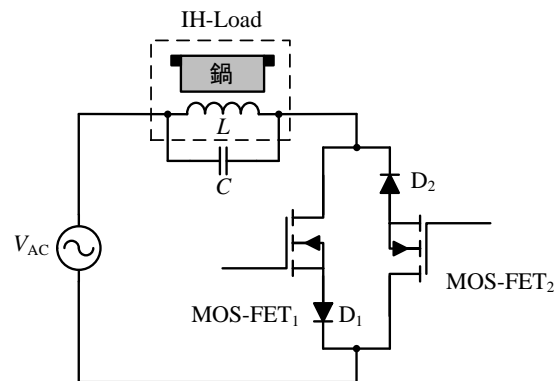


図 1 MOS-FET を用いた AC-AC コンバータ

4. 温度制御^[2]

図1の提案回路にPDM制御を使用して金属負荷の温度制御を行う。PDM制御は、ある一定の周期 T を信号入力期間 T_{ON} と信号非入力期間 T_{OFF} へ分割し、 T_{ON} と T_{OFF} の比を変化させて制御する方式である。PDM通流率 D を式(1)と定義する。

$$D = \frac{T_{ON}}{T} \cdot \cdot \cdot (1)$$

PDM通流率 D を1.0, 0.8, 0.6, 0.4と0.2ずつ減らしていきMOS-FETの V_{GS} へ駆動信号を入力する。そして、PDM通流率 D を変化させたときの金属負荷の温度を測定した。金属負荷には、直径200mm, 厚さ0.5mmのステンレス鋼板(SUS304)を使用した。ステンレス鋼板の温度測定は、サーモグラフィを使用した。電源電圧 V_{AC} を25V-50Hzとし、MOS-FET₁とMOS-FET₂は、 $V_{GS}=10V$ -35kHzの方形波信号(PDM信号)でスイッチングさせた。また、ステンレス鋼板と加熱コイルの距離を6mm離し、共振用コンデンサは $C=0.3973\mu F$ を使用した。そして、金属負荷はサーモグラフィで正確に温度測定ができるように表面を黒色耐熱塗料で塗布した。以上の実験条件でPDM通流率 D を変化させ、ステンレス鋼板の表面平均温度を測定した。

図2にPDM通流率 D を変化させた場合の加熱時間に対する金属負荷の表面温度変化を示す。加熱開始から600秒経過時におけるステンレス鋼板の平均温度は、PDM通流率 D が1.0の時に74.01°C, 0.8の時に60.91°C, 0.6の時に48.69°C, 0.4の時に34.26°C上昇した。つまり、PDM通流率 D が0.2変わると金属負荷の表面温度は約13.25°C変化したことがわかる。

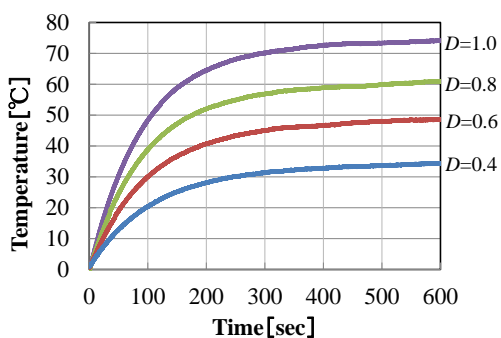


図2 PDM通流率 D に対する温度変化

5. 消費電力

提案回路を使用して金属負荷の加熱を行っている際の消費電力の測定を行う。実験条件は、温度制御実験と同じ条件でPDM通流率 D を変化させ、金属負荷の温度に対する消費電力を測定した。

図3にPDM通流率 D を変化させた場合の加熱時間に対する提案回路の消費電力を示す。加熱開始から600秒経過時に消費電力は、PDM通流率 D が1.0の時に74.09W, 0.8の時に59.795W, 0.6の時に47.354W, 0.4の時に32.154Wとなった。また、負荷金属の温度が上がるに連れ消費電力が低下した。これは、負荷金属の温度が上がることによりIH負荷の等価抵抗が変化したためと考えられる。

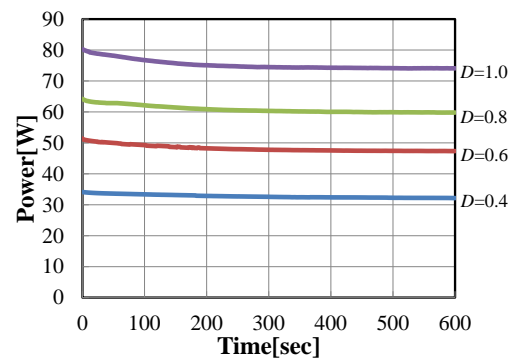


図3 PDM通流率 D に対する消費電力

6. まとめ

卓上型IHクッキングヒータを対象としたAC-AC直接変換回路による金属負荷の温度に対する消費電力を明らかにした。その結果、負荷金属の温度が上がると消費電力が低下することを示した。

今後は、急速加熱が可能な回路の製作を行う。改善の内容として耐久性の高い素子の選定やスイッチング損失の改善を行う予定である。

参考文献

- [1] 山村晶, 大野栄一:「パワーエレクトロニクス入門」, オーム社, pp.224-247, (1997)
- [2] 辻涼太, 米盛弘信:「IHクッキングヒータ用AC-AC直接変換回路の温度制御」, 平成30年度電気設備学会全国大会講演論文集, pp.458-461, (2018)