

IHクッキングヒータのオールメタル加熱に関する研究

A Study on an IH Cooking Heater Corresponding to All-Metals

学籍番号 08604 鈴木秀実

指導教員主査 仁田周一
副査 米盛弘信

概要

本論文では、IHクッキングヒータのオールメタル加熱を実現する1加熱方式を提案している。IHクッキングヒータのオールメタル加熱対応法には、駆動周波数を高周波化する手法がある。しかし、高周波化により加熱効率の低下やスイッチング素子であるIGBTの発熱が増大するなどの問題がある。そこで、IGBTの発熱低減を期待できる方式として、並列スイッチング方式IHクッキングヒータを提案した。本研究では、提案方式に対して以下の3つの実験を行い有用性を明らかにした。

- ①動作確認と加熱特性の測定
- ②提案方式と高周波駆動させた従来方式の特性測定と比較
- ③PDM(Pulse Density Modulation)制御を応用した温度制御方式を適応したときにおける加熱特性の測定

その結果、提案方式はオールメタル加熱が可能な方式であることを実証した。また、提案方式は従来方式よりもIGBTの発熱を低減可能であることがわかった。さらに、従来方式より入力電力が少なくなることが明らかになった。そして、PDM制御を応用した温度制御を提案方式に適用したところ、PDM通流率に対する上昇温度が線形になり、線形予測が可能な温度制御方式であることがわかった。

以上のことから、本研究では入力電力が少なくIGBTの発熱を低減したオールメタル加熱を実現できる並列スイッチング方式IHクッキングヒータとPDM制御を応用した温度制御方式を提案した。

1. はじめに

近年、オール電化の普及などによりIHクッキングヒータの需要が急増している。このような社会的背景の中で、IHクッキングヒータの高効率なオールメタル加熱が技術的課題となっている^[1]。そこで、本研究ではオールメタル加熱を実現する手法の1つとして、並列スイッチング方式IHクッキングヒータを提案した。そして、提案方式に対して加熱特性、IGBTの表面温度、入力電力および温度制御法としてPDM制御を適応したときの加熱特性を解明した。その結果、提案方式は従来方式よりも入力電力が少なく、IGBTの発熱を低減可能なオールメタル加熱方式であることが判明した。また、PDM制御を適応することで線形予測による温度制御が可能であることを明らかにした。

2. 並列スイッチング方式IHクッキングヒータ

IHクッキングヒータのオールメタル加熱対応法として、鍋に誘導する渦電流を高周波化する手法がある^{[2]-[3]}。しかし、高周波化によってIGBT発熱が増大するため放熱装置の規模が大きくなってしま^[4]。また、スイッチング損失が増加して効率が低下する^[4]。そこで、IGBTを並列に接続して交互に駆動することで、IGBTの発熱を低減させる。

図1に並列スイッチング方式IHクッキングヒータの構成モデルを示す。提案方式は図1のように1つの加熱コイルに2つのIGBTを接続して交互に駆動することで、スイッチング周波数の2倍の高周波渦電流を誘導し、オールメタル加熱を実現するものである。また、入力信号Signal1およびSignal2はDuty比25%、位相差180度でそれぞれの周波数は20kHzである。

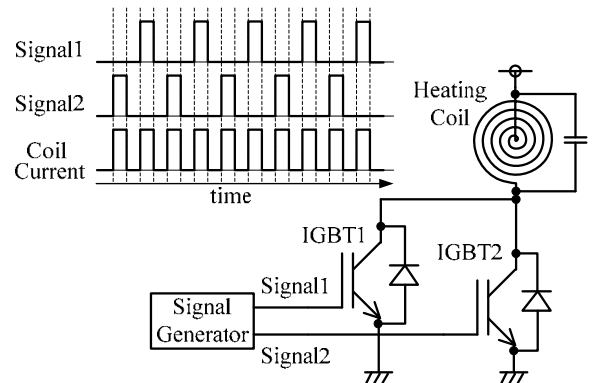


図1 並列スイッチング方式IHクッキングヒータ

3. 実験方法

3.1. 提案方式の動作確認と加熱特性の解明

コイル電流周波数が駆動周波数の2倍であることを確認するために、駆動時の波形を測定して提案方式の動作を確認する。また、提案方式がオールメタル加熱に対応していることを実証するために、金属負荷を加熱したときの加熱特性を解明する。

図2に動作確認の実験回路と加熱特性の測定図を示す。提案方式を駆動させたときの入力信号Signal1およびSignal2、IGBTのコレクター-エミッタ間電圧 V_{CE} 、コイル電流 I_L をデジタルオシロスコープで観測する。加熱特性の測定方法は、提案方式で金属負荷を加熱して金属負荷の表面温度をサーモグラフで観測して熱画像を保存する。そして、熱画像解析ソフト“PE Professional 3.12”を用いて温度解析を行う。実験条件は、駆動電流DC4A一定、駆動時間300秒、観測間隔5秒である。加熱する金属負荷はアルミニウム(A1015)、銅(C1100)、非磁性ステンレス鋼(SUS304)を使用し、形状は厚さ0.5mm、直径200mmの円板である。また、加熱コイルの熱が金属負荷に伝導するのを防ぐため加熱コイルと金属負荷の間は2mmの距離を空けてある。

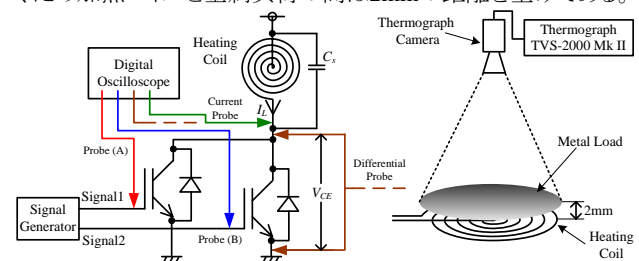


図2 提案方式の動作確認と加熱特性の測定

3.2. 提案方式と高周波駆動させた従来方式の特性比較

並列スイッチング方式と従来方式を高周波駆動させた場合の違いを把握するために加熱特性とIGBT表面温度および入力電力を測定し、特性を比較する。

駆動時のIGBT表面温度と入力電力は、K型熱電対と日置社製メモリーハイログャー“8430”および横河電機社製パワーアナライザ“WT500”で測定する。また、金属負荷の表面温度はサーモグラフで測定する。実験条件は駆動電圧DC35V一定、駆動時間300秒、渦電流周波数は40kHzである。

3.3. 提案方式の温度制御

IHクッキングヒータは、温度制御が必要である。そこで、本実験では温度制御法としてPDM制御を応用した温度制御方式を適応し、PDM通流率を60%、80%、100%と変化させたときの加熱特性を解明する。加熱特性の測定方法は3.1.節および3.2.節と同様である。

4. 実験結果

4.1. 提案方式の動作確認と加熱特性の解明

図3に測定した駆動波形を示す。図3を見るとSignal1とSignal2で各IGBTがスイッチングされるとコレクター-エミッタ間電圧 V_{CE} が零になり、コイル電流 I_L が流れていることがわかる。このことからコイル電流周波数はスイッチング周波数の2倍であることが確認できる。

図4に測定した加熱特性を示す。図4をみると銅とアルミニウムを加熱することができている。これらのことから、提案方式は、オールメタル加熱を実現する1方式であることが実証できた。

4.2. 提案方式と高周波駆動させた従来方式の特性比較

図5に測定した加熱特性を示す。図5をみるとどちらの方式でもオールメタル加熱が実現できており、加熱特性はほぼ同等である。これは、金属負荷に誘導する渦電流周波数が同一なため加熱特性が同等になったと考えられる。

図6にIGBTの表面温度を示す。図6をみると銅とアルミニウムにおいて従来方式のIGBT表面温度は高く、並列スイッチング方式はそれよりも 30°C ほど低いことがわかる。また、ステンレス鋼の場合は両方式ともに発熱が少ないことがわかる。

表1に平均入力電力を示す。表1をみるとすべての金属において並列スイッチング方式は従来方式よりも入力電力が少ないことがわかる。このことから単一のIGBTで高周波化するよりも複数のIGBTを用いて高周波化した方が低い入力電力で駆動できる結果が得られた。

4.3. 提案方式の温度制御

図7に各通流率における300秒加熱後の温度を示す。図7をみるとすべての金属においてPDM通流率に対して上昇温度が線形になっていることがわかる。このことからPDM制御は線形予測による制御が可能であるといえる。よって、PDM制御は並列スイッチング方式IHクッキングヒータにおいて有効な温度制御方式である。

5. まとめ

本研究では、IHクッキングヒータのオールメタル加熱対応法の1つとして並列スイッチング方式を提案し、加熱特性などの測定を行った。その結果、提案方式は入力電力が少なく、IGBTの発熱を低減したオールメタル加熱を実現できることが判明した。また、提案方式に適應できる温度制御方式を提案した。

今後の課題は、実際に調理可能な加熱を実現できる大電力投入に耐えうる駆動回路を製作し、このときの加熱特性を解明することである。

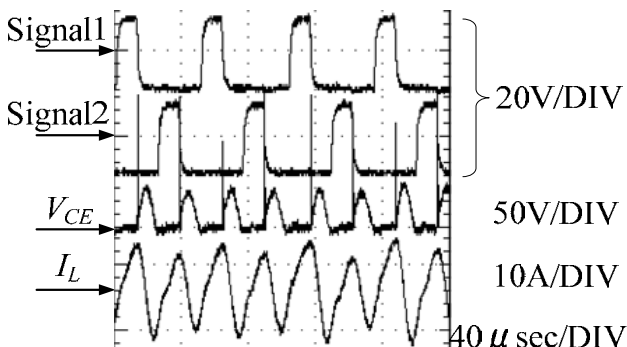


図3 提案方式の駆動波形

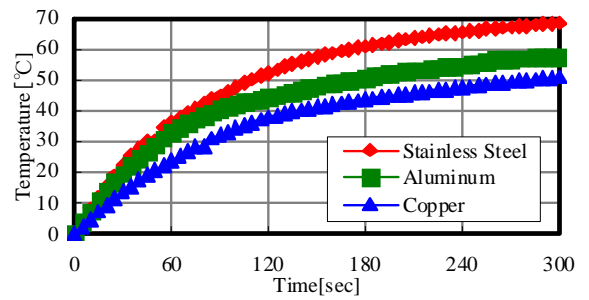


図4 提案方式の加熱特性

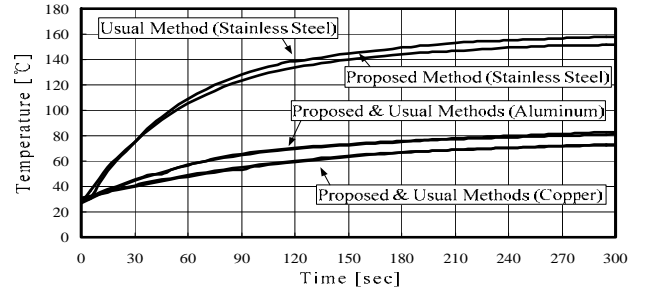


図5 両方式の加熱特性

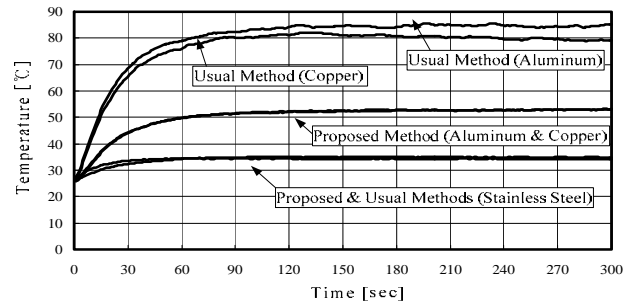


図6 IGBTの表面温度

表1 平均入力電力

	Average Input Power [W]		
	Aluminum	Copper	Stainless Steel
Usual Method	145.65	141.44	169.81
Proposed Method	142.59	136.76	160.94

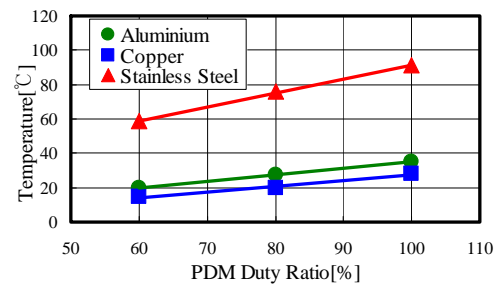


図7 各通流率における300秒加熱後の温度

参考文献

- [1] 小佐野義博・鈴木浪平：“IHクッキングヒータの技術動向”，電気学会誌，Vol.125，No.4，pp.221-224，(2005)
- [2] 岩井利明：“家庭用オールメタル対応IHクッキングヒータ”，日本エネルギー学会誌，Vol.82，No.9，pp.688-669 (2003)
- [3] 弘田泉生・藤田篤志・片岡 章・相原勝行・藤井裕二・宮内貴宏・楨尾信芳：“オールメタル対応IHクッキングヒータの開発と商品化”，独創性を拓く先端技術大賞，第17回優秀論文 産経新聞社賞(2003)
- [4] 宮内貴宏・藤田篤志：“オールメタル対応IH クッキングヒータの開発”，日本電機工業会 機関紙「電機」，6月号，pp.55-57，(2004)