

二層コイルを用いた飲料缶用誘導加熱装置の動作検証

Operation Verification of Induction Heating Device for Beverage Cans using a Double-Layer Coil

菅原春菜

指導教員 米盛弘信

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：誘導加熱装置，二層コイル，飲料缶

1. 緒言

近年，化石燃料の枯渇や環境問題が懸念されており，リサイクルや省エネルギー化が求められている．しかし，コンビニエンスストアや自動販売機では，ホットドリンクを提供するためにヒータ等で缶飲料の常時加熱が行われており，結果として膨大なエネルギーが消費されている．先の報告では，急速加熱が可能な誘導加熱(Induction Heating : IH)による飲料缶の誘導加熱装置が研究されている[1][2]．一方，昨今の IH 炊飯器は複数の加熱コイルを用いることで釜内に対流を起こし，ご飯をおいしく炊く技術が採用されている．本研究は，飲料缶用誘導加熱装置においても複数の加熱コイルを用いて缶内部の飲料に対流を起こし，飲料を均一に加熱することができないか模索する．そして，市販時のホットドリンクと同じ 55°C 程度の温度まで可能な限り速く加熱することを目指す．

本稿では，試作した 2 つの加熱コイルを用いた二層コイル駆動型飲料缶誘導加熱装置によって缶を誘導加熱し，目標温度である 55°C まで昇温させた際の実験結果を報告する．

2. 提案する二層コイル駆動型飲料缶用加熱装置

本研究では，缶内部の飲料に対流を起こして均一加熱することを目的とした二層コイル駆動型飲料缶用誘導加熱装置を提案する．なお，本研究では飲料缶側面にある加熱コイルをメインコイル，底面にあるコイルをボトムコイルと称する．先行実験では，メインコイルとボトムコイルの間を 30mm

以上離すことでコイル間に生じる相互インダクタンスの影響が小さくできるという結果が得られた [3]．そのため，メインコイルとボトムコイルの距離は 30mm に固定する．

図 1 に供試装置の回路構成を示す．駆動信号は，In1 と In2 へ入力する．このとき，In1 と In2 は位相が 180° 反転したパルス波形とする．信号はフォトカプラで絶縁した後，IGBT をスイッチング動作させる．負荷側は，各加熱コイルとコンデンサを並列に接続することで共振を発生させる．各コイルから発生した磁束は，缶へ鎖交することで缶に渦電流が誘導され自己発熱する．このとき，メインコイルとボトムコイルによって誘導された渦電流は，位相が 180° 反転しているため，缶内部の飲料に対流が生じやすくなると考えている．

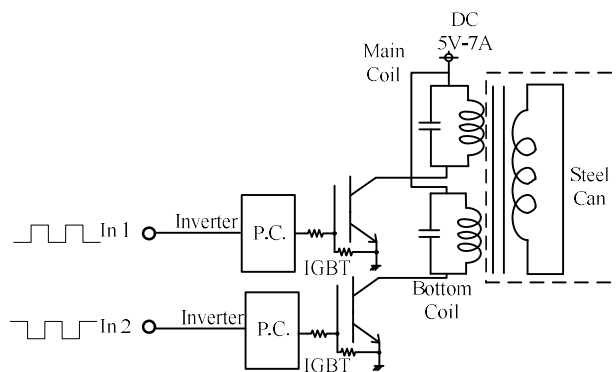


図 1 回路構成

3. 実験方法

図 2 に製作した二層コイル駆動型飲料缶用誘導加熱装置を示す．同実験装置の負荷には，一般的な

スチール缶（高さ 90mm，50mmφ）を使用する。各加熱コイルは、素線径 0.5mmφ を 30 本撚ったリッツ線を使用し、缶のサイズに合わせて製作した。製作したメインコイルの自己インダクタンスは 5.38μH，ボトムコイルは 2.37μH となった。加熱コイル側を約 23kHz で共振させたいので、メインコイルには 9.9μF，ボトムコイルには 22μF のコンデンサを並列接続した。回路電源は、5V-7A とした。

本実験では、製作した回路が所望の動作をしているか確認する。そして、缶に水温 23°C・200mL の水を入れ、常に割り箸で攪拌した状態で水温が 55°C に達するまでの時間を記録する。

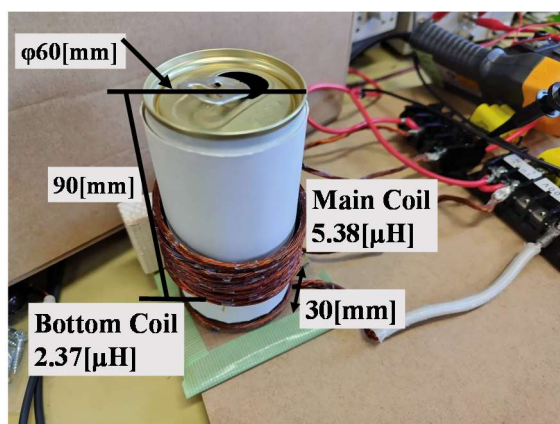


図 2 製作した実験装置

4. 実験結果

図 3 はメインコイルとボトムコイルが接続された各 IGBT のコレクタ電流波形である。この波形を見ると想定通りに 180°位相が反転して動作していることがわかる。本回路では、共振によるソフトスイッチング動作を目指しているが、現状では適切な共振状態ではなくハードスイッチングになっている。

図 4 に缶内部の水温を示す。グラフを見ると約 47 分で 23°C から目標値である 55°C に達している。現状では、回路の電力が小さいため、加熱に時間がかかっているが、回路電力を上げれば昇温速度は十分改善できると考えている。

5. 結言

本稿では、筆者らが提案している二層コイル駆動型飲料缶用誘導加熱装置の回路動作を確認し、スチール缶の加熱実験の結果を述べた。その結果、回路の電源を 5V-7A で駆動した場合は、水温 23°C

から 55°C に達するまでに約 47 分かかることがわかった。また、2 つの加熱コイルは交互に動作していることを確認した。

今後は、回路のソフトスイッチング化を進めて加熱効率を明らかにし、さらに缶内部の飲料に対流が生じるかを確認する。また、本実験では、電源を 5V-7A としたが、電力を増大させた際の動作実験を行う。その際、高電力化と共にノイズも大きくなることが予想される。そのため、コンデンサ等によるノイズ対策も進める必要があると考えている。

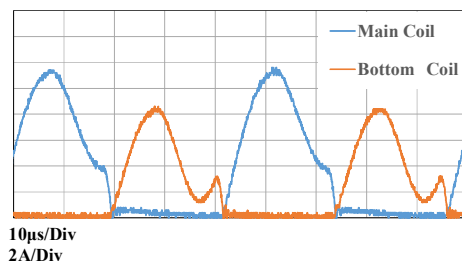


図 3 二層コイルにおける電流波形

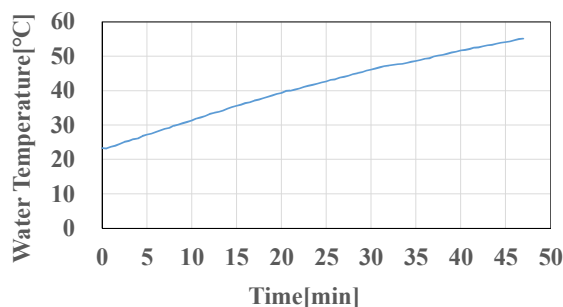


図 4 水温の測定結果

参考文献

- [1] 飴井賢治, 山本智大, 大路貴久, 他: 「高周波誘導加熱方法の缶飲料加熱装置に発生する加熱ムラの抑制と高効率化に関する検討」, 電気学会論文 D, Vol.133No.1, pp.43-49(2013)
- [2] 土屋樹生, 米盛弘信: 「二重コイル駆動型オールメタル対応缶飲料加熱装置の基礎検討」, 第 27 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム講演論文集, pp.149-150 (2015)
- [3] 菅原春菜, 米盛弘信: 「二層コイルを用いた飲料缶用誘導加熱装置の検討」, 2023 年(第 41 回) 電気設備学会全国大会講演論文集, p.14, (2023)