

熱磁気モータを利用したパラメトリック発振 の確立に関する検討

太田 勝*

論文要約

パラメトリック発振を利用した機器には、雑音ろ波機能、過負荷保護機能などの特長を有することになるが、磁気飽和を利用することで、材料や巻線で生じる損失が大きくなる欠点もあった。

コイルのインダクタンスは、磁性材料の透磁率、コイルの巻数、コイルの寸法によって決まるが、磁性材料を磁気飽和させることにより、材料の透磁率が周期的に変化させている。磁性材料には温度によって磁性を失うキュリー点があり、材料によってその温度は異なっている。キュリー点付近では、透磁率が大きく変化することから、キュリー温度付近で温度変化させて、インダクタンスの変化を得られないか検討を行なっている。

本研究では、この温度変化させる仕組みとして、熱磁気モータを利用し、インダクタンスを変化させることで、パラメトリック発振を生じさせることを目的とし、低キュリー点材料を使った熱磁気モータを試作し、評価検討を行なった。

キーワード：パラメトリック発振、熱磁気モータ

Investigation of Parametric Oscillation using Thermos-Magnetic Motor

Masaru OHTA *

ABSTRACT

Parametric oscillation has various desirable features that include voltage regulation, overload protection, and noise rejection. But, Efficiency of the device is deteriorated by utilizing magnetic saturation characteristics of the material. We are considering how to establish a parametric oscillation in a different way. We considered thermos-magnetic motor using low Curie point material.

Keywords: parametric oscillation, thermos-magnetic motor

平成 31 年 3 月 26 日

*八戸工業大学工学部機械工学科・准教授

1. 緒言

パラメトリック発振は LC 回路において、コイルのインダクタンスまたはコンデンサの容量を周期的に変化させることによって、生じる発振現象である。パラメトリック発振を利用した機器の多くは、磁気回路の一部を磁気飽和させることによって、コイルのインダクタンスを変化させ、交流電圧(パラメトリック発振)を生じさせている¹⁾。パラメトリック発振を利用した機器には、雑音ろ波機能、過負荷保護機能などの特長を有することになるが、磁気飽和を利用することで、材料や巻線で生じる損失が大きくなる欠点もあった。

コイルのインダクタンスは、磁性材料の透磁率、コイルの巻数、コイルの寸法によって決まるが、磁性材料を磁気飽和させることにより、材料の透磁率が周期的に変化させている。磁性材料には温度によって磁性を失うキュリー点があり、材料によってその温度は異なっている。キュリー点付近では、透磁率が大きく変化することから、キュリー温度付近で温度変化させて、インダクタンスの変化を得られないか検討を行なっている²⁾。

本研究では、この温度変化させる仕組みとして、熱磁気モータを利用して、コイルのインダクタンスを変化させることで、パラメトリック発振を生じさせること検討している。

本稿では、その前段階として低キュリー点材料を使用した熱磁気モータを試作し、その評価検討を行なった。

2. 熱磁気モータについて

電磁モータは、無限回転を可能とし常時回転トルクをあたえるために回転磁場を形成する。DC モータであれば磁石位置の検出による電流の切り替えで作成している。熱磁気モータでは、熱源により低キュリー点材料の磁性を消失させ、磁石の吸引力のみで無限に回転させている。この熱磁気モータは、他の電動機同様、固定子と回転子からなり、この他に材料の加熱冷却の装置が付加されている^{3), 4)}。

3. 熱磁気モータの試作

3.1 試作機 1 の作製⁵⁾

温度変化させる低キュリー点材料は縦 10mm×横 10mm×高さ 50mm を使用し、ネオジウム磁石は直径 30mm×厚さ 5mm のものを使用した。熱源はアルコールランプを使用している。

図 1 に試作した熱磁気モータを示す。回転子には、低キュリー点材料を 45 度の間隔に 8 つ設置、固定子部分としてネオジウム磁石を前後に移動できるようにしている。その他の材質は、アルミニウムを使用しており、シャフトはボールベアリングで固定されている。低キュリー点材料はアルミニウムの枠に挟まる形で中に入れ、それを上下でボルトとナットで締結した。

熱源を加えたところ、自動的な回転もせず、そのまま手で回してもわずかに回転が伸びる程度で動かなかった。これは、停止している状態での回転子と固定子の位置関係が悪く、磁性が消失しても次の磁性材料を吸引できていないためと考えられる。

加えたところ、自動的な回転もせず、そのまま手で回してもわずかに回転が伸びる程度で動かなかった。課題点としては、次の低キュリー点材料が引き寄せられない間隔になっていること、1つの低キュリー点材料にしか磁石の影響が伝わらない(磁石の位置)ことなどが挙げられる。

3.2 試作機 2 の作製

改良したモータ外観を図 2, 3 に示す。低キュリー点材料を 30 度の間隔で 12 個設置した。また、磁石と低キュリー点材料を支えている部分を分離し、自由に磁石の角度を変えるようにしている。これにより、試作機 1 では低キュリー点材料の中心軸と磁石の中心軸が一致していたが、図 3 に示すように 65° 程度位置をずらして、回転しやすくしている。

試作機 2 に熱源を加えると自動的に回転動作を始めた。しかし、連続的な回転ではなく、次の低キュリー点材料

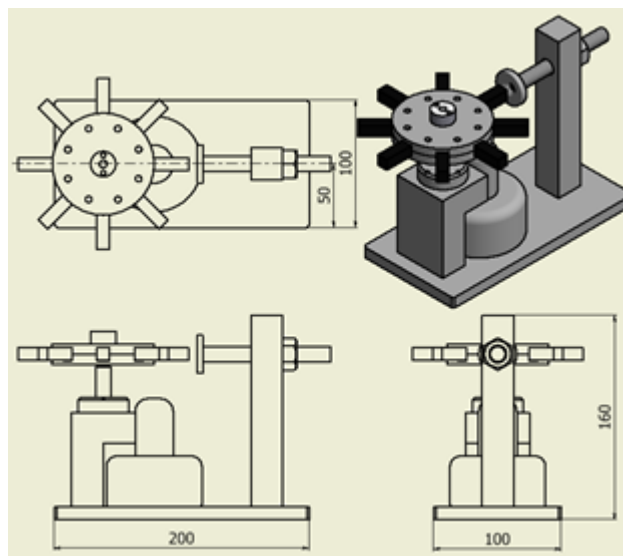


図 1 試作機 1 の概要



図 2 試作機 2 の概要

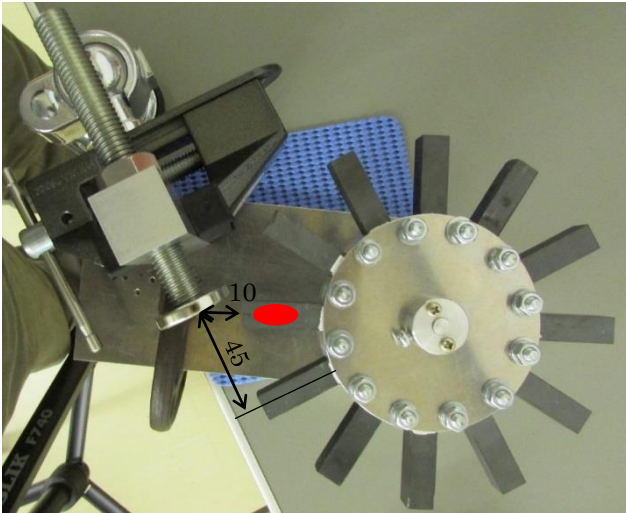


図3 試作機2の上部概観(赤い部分が加熱部)

を吸引後一時停止し、数秒程度してからまた動くという断続的な動きをしている。また、事前に余熱をしておくことによって停止している時間は短くなるが、ある程度時間が経過すると、モータ全体が過熱されてしまうため、完全に停止する。

低キュリー点材料が1本ずつ磁石に吸引されて回転が持続することを予想していたが、実際は1つ飛ばしや2つ飛ばしで吸引されて回転した。これは、熱源に使用したアルコールランプの芯が太いため、次の材料も加熱されているためと考えられる。

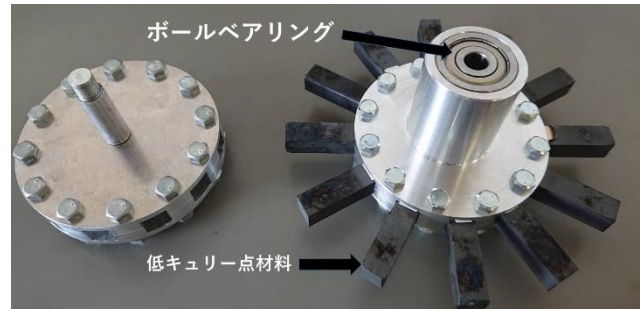
4. 断熱のための固定子改良と効果

4.1 試作機3(断熱なし)、4(断熱有)の作製⁶⁾

回転子は低キュリー点材料をアルミ板で挟む形となっているが、2つの材料の間には断熱を施していないため、アルミ板まで加熱されている。この影響を検討するため、新たに試作機を作製した。図4に示すように、試作機1,2は回転軸をベアリング1つで支持していたため、回転時にがたつきがあり、これを改善するためベアリング2つで支持する構造とした。また、断熱には厚さ1mmのシリコンゴムを使用するため、図5に示すように回転子の板を加工している。さらに、吸引力が強すぎるため、低キュリー点材料と磁石の間隔についても変更をおこなっている。

4.2 断熱の効果

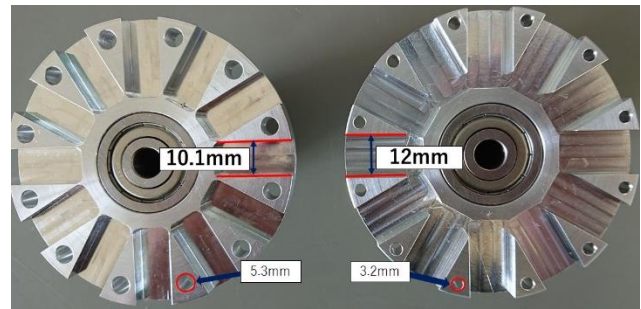
試作機3のモータ(断熱なし)が加熱により回転が完全に停止する約4分30秒を基準として、試作機3,4の回転子軸付近の温度を計測したところ、試作機3で7.6度、試作機4で3.9度の温度上昇が見られた。また、回転後の一時停止から始動までの時間を計測したところ、試作機3で17秒、試作機4で13秒となっていた。断熱により若干の改善は見られるが、断熱のみではなめらか



試作機3

試作機4

図4 各回転子の概要



試作機2

試作機4

図5 回転子部品の概観

な回転にはならなかった。

5. 冷却の効果

継続的な回転を維持するため、モータの一部を冷却し、その動作について検討を行なった。図6のように、コンプレッサーより水を噴霧し、低キュリー点材料の冷却を行なった。水の噴霧がモータの回転に影響を与えないようにするため、高さ170mm位置から噴霧している。また、図7に示すように、モータの加熱部から180度の位置を冷却し、モータが可動時に冷却を行なっている。

実験の結果、断続的な回転には変化がなかったが、過熱によりモータ自体が停止することがなくなった。また、常時冷却は回転速度の低下につながるため、間欠的な冷却で十分であることが明らかになった。

4. 結言

低キュリー点材料を使った熱磁気モータを試作した結果、断続的に回転しか得られなかった。熱源の種類や配置位置により改善が可能ではあるが、より早く、持続した回転を得るためには冷却が必要であることがわかった。

しかし、なめらかな回転が持続しないことから、パラメトリック発振を生じさせるために必要なインダクタン



図 6 冷却実験の概観

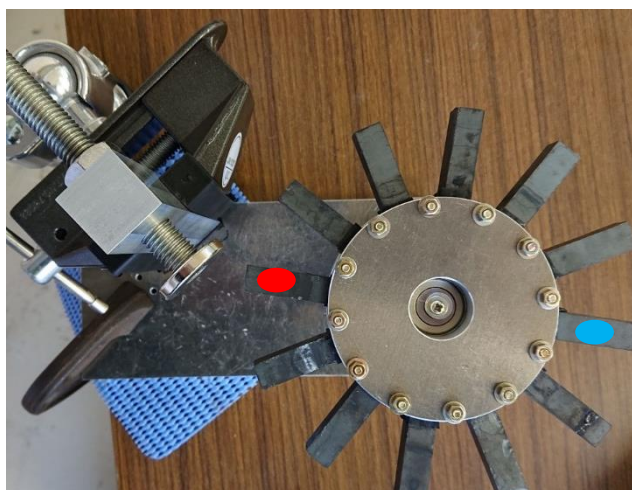


図 7 冷却実験の上部概観

(赤い部分が加熱部, 青い部分が冷却部)

スの変化を得るためには、今回の結果は不十分であった。最終的には、低キュリー点材料部分にパラメトリック発振を生じさせる回路を付加し、発振した電力を取る必要があるが、今回のような構成ではそれが難しいため、構成も含めた検討が必要となることがわかった。

参考文献

- 1) 太田, 坂本: 平面磁路形パラメトリック変圧器における巻線配置と変圧器特性の関係, 日本応用磁気学会誌 Vol. 25 (2001) No. 4_2 P 1027-1030.
- 2) 太田: 温度変化を利用したパラメトリック発振確立に関する検討, 日本機械学会東北支部第 53 期秋季講演会講演論文集 209(2017)

- 3) 村上, 松木: 感温磁気応用工学, 培風館(1993)
- 4) 高山, 白神, 花里, 越本: 熱磁気モータ, 日本応用磁気学会学術講演概要集(2003)
- 5) 秋元, 小湊, 古川: 熱磁気モータの製作, 平成 29 年度八戸工業大学機械情報技術学科卒業論文, 2018
- 6) 小原, 田名部, 松村: 熱磁気モータの回転持続に関する検討, 平成 30 年度八戸工業大学機械工学科卒業論文, 2019