

第46回

システム制御情報学会  
研究発表講演会講演要録

Proceedings of the 46th Annual Conference of  
the Institute of Systems, Control and Information Engineers

1997年11月27-29日 東京

1997

SCIE

システム制御情報学会

Sponsored by

The Institute of Systems, Control and Information Engineers

# 6042 整流コイルを持つロータを用いたベアリングレスモータの 浮上可能性における考察

## Feasibility Study of Bearingless Motor Using Rotor with Rectifier Circuit Coil

高知工科大学 岡 宏一

K. Oka

Koichi University of Technology

**Abstract** A new type of a bearingless motor is proposed in this paper. The proposed bearingless motor has a rotor with rectifier circuits. The rectifier circuits makes the rotor to be magnetized in the fixed direction. Then the rotor may be considered as that permanent magnets are installed to the rotor. A motor can be made as the same structure as a PM type motor. As this report is the first step of a new type of a bearingless motor, we discuss the feasibility of the proposed bearingless motor.

### 1 はじめに

ベアリングレスモータとは、磁気軸受機構などにより非接触支持され、回転力あるいは推進力を得て駆動される非接触アクチュエータのことである。非接触である特徴を利用して、近年人工心臓などの特殊な用途に利用することが試されている。このようなベアリングモータは種々の形式のものがあるが、本研究では、ロータに整流回路を有するコイルを用いた新しい形式のベアリングレスモータを提案する。

本研究の最終目標は、提案したベアリングモータが非接触浮上し回転が行えること、およびそのモータの浮上、回転性能を明らかにすることであることである。今回の発表では、提案するベアリングモータの構造を紹介すると共に、その第一段階の基礎的な検討として、ロータの磁化の特性と加える電圧との関係について浮上可能性を考察した。

### 2 整流コイルを持つロータを用いたベアリングレスモータ

提案するモータの基本的な構成図を図1に示す。I型のロータの回りに4極の磁極を配置する形となっている。ロータは通常の鉄心であり磁化されていない。このロータの周囲にはコイルが巻かれておりそのコイルにはダイオードが取付けてある。このダイオードはコイルを流れる電流を整流する働きをする。

今、ロータの回りの磁極を励磁するコイルに周波数の高い交流電圧を加えるとロータのコイルには相互誘導によって電流が流れるが、ダイオードによって整流されるため電流は一方方向にしか流れない。このことによりロー

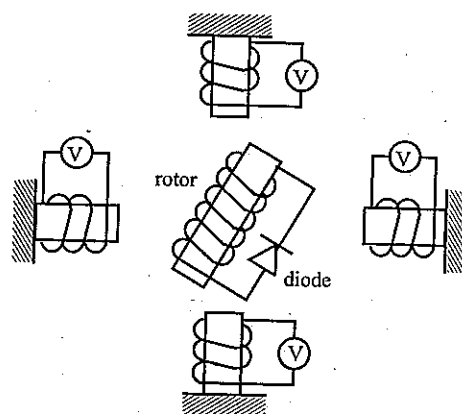


図1: 整流コイルをロータに持ったベアリングレスモータの基本構造

タはある決まった方向に磁化されると考えられる。

このように考えると図1に示すモータは、PM型ステッピングモータの構造と同じであると考えることができる。よってそのモータとしての駆動力は、ステッピングモータと同様に与えることができる。また浮上力はロータが磁化されていると考えれば、周囲の磁極の磁化の強さを調整してやることにより、得ることができると考えられる。

### 3 モデル化

今回は図2に示すように、ロータが向かい合う磁極に対向している場合の考察を行う。上下の磁極のコイルは定電圧電源により周波数  $f_c$  [Hz], 最大振幅  $A_m$  [V] で励磁することによりロータを磁化するものとする。浮上

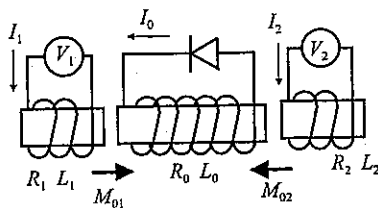


図 2: 浮上システムのモデル

および回転のための磁極の励磁の変化はこの周波数より十分低いものと考え無視できるものとする。

図 2 における左部の電気回路の抵抗を  $R_1$ 、右部の電気回路のを  $R_2$ 、コイルの自己インダクタンスをそれぞれ  $L_1$ 、 $L_2$ 、とする。また浮上体のコイルの電気抵抗を  $R_0$ 、自己インダクタンスを  $L_0$  とする。各コイル間の相互インダクタンスを  $M_{10}$ 、 $M_{20}$ 、 $M_{12}$  で表す。ダイオードは理想的な働きをすると考え、順方向には抵抗や電圧降下はなく、逆方向には電流は流さないものとする。

このとき、左右のコイルの回路方程式は

$$V_1 = R_1 I_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} - k^2 M_{12} \frac{dI_2}{dt} - k M_{10} \frac{dI_0}{dt} \quad (1)$$

$$V_2 = R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_2}{dt} - k^2 M_{12} \frac{dI_1}{dt} - k M_{20} \frac{dI_0}{dt} \quad (2)$$

となる。ただし  $k$  は、ギャップの影響の大きさを表す定数であり、 $0 < k \leq 1$  である。また  $V_1$ 、 $V_2$  は磁極のコイルに加える電圧であり、 $I_1$ 、 $I_2$  はそれぞれ左右のコイル電流、 $I_0$  は浮上体コイルを流れる電流である。浮上体側の回路方程式は

$$0 = R_0 I_0 + L_0 \frac{dI_0}{dt} - k M_{10} \frac{dI_1}{dt} - k M_{20} \frac{dI_2}{dt} \quad \text{if } I_0 > 0$$

$$I_0 = 0, \quad \text{otherwise} \quad (3)$$

となる。

#### 4 数値シミュレーション

モデルに基づいて数値シミュレーションを行った。各パラメータは、 $L_0 = 0.1$ 、 $L_1 = L_2 = 0.05$ 、 $R_0 = 3$ 、 $R_1 = R_2 = 2$ 、 $k = 1$ 、 $M_{01} = M_{02} = 0.001$ 、 $M_{12} = 0.00005$ 、 $A_m = 30$ 、 $F_r = 100$  とした。また、今回は浮上体であるロータは静止しているものとして考えた。

シミュレーション結果を図 3 に示す。上の図は図 2 における左の磁極のコイル電流  $I_1$  を示しており、下の図は真ん中のロータのコイル電流  $I_0$  を表している。0.1 秒後には定常状態になっており、 $I_1$  は、約 1[A] の振幅で、 $I_0$  は 0 から 0.035[A] までの正方向の電流だけが流れていることがわかる。

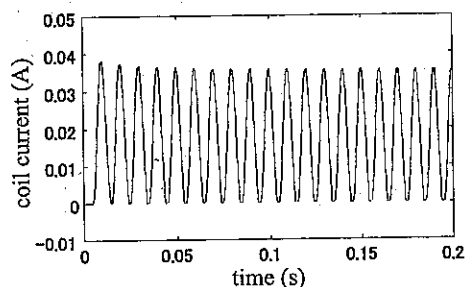
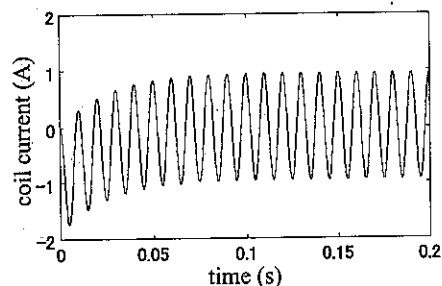


図 3: シミュレーション結果

ロータが積層されている場合には、この  $I_0$  がロータを通過する磁束と比例すると考えられるため、磁束が大きく変化することになる。この問題を回避するため、提案するシステムでは、ロータに塊の材料を使用するものとする。このことによりロータ内を磁束が変化する時に渦電流が発生し、電流の変化から磁束の変化に遅れが生じる。このよう対策によりロータの磁束の変化は図 3 の結果ほど激しく振動しないものと考えられる。

#### 5 おわりに

ロータに整流回路を持つベアリングレスを提案した。このモータの特徴は、永久磁石を持たずに PM 形モータと同じ原理で回転することである。このために高温などの特殊な環境で使用できる可能性がある。

また、このベアリングレスモータの可能性を調べるために、電気回路から解析を行い、シミュレーションによって浮上の第 1 段階の可能性を示したと言える。

提案したモータの浮上可能性を確認するためには、渦電流などの不確定要素が多いため実験による検証は不可欠である。今後の課題として、簡単な実験装置を用いた磁気力の測定を行い、有限要素法を用いたより正確なシミュレーションと比較検討し、数値シミュレーションにより装置の可能性を検証していくこと予定である。