

非接触給電を用いた簡易磁気浮上システムの開発

制御工学・メカトロニクス研究室 田中 雅子

1. 緒言

磁気浮上システムは非接触で物体を支持できる機構であり、機械的な接触がないため、摩擦、潤滑、塵埃等の問題を解決できる可能性がある。このために、磁気浮上搬送装置や磁気浮上列車、真空中やクリーンルーム等の特殊環境でよく利用されている。磁気浮上による浮上力の発生原理は様々な方法があるが、今回はローレンツ力を利用することにより電力伝送機能を兼ね備えた浮上機構を考案する。また特殊環境下での使用を考慮し、ローレンツ力の供給方法を非接触給電を用いることで塵埃等の問題の低減を望む。

2. 開発した磁気浮上システムの概要

試作した磁気浮上システムを Fig.1 に示す。非接触給電の受電部で電力供給を行い、整流回路で直流電流に変換し、浮上コイルに直流電流を流す。浮上コイルの左右に置かれた永久磁石と電磁石間ではローレンツ力が発生し、浮上コイルの重力とつりあう浮上力を得るものとする。浮上コイルの左右上下方向の浮上位置の安定化させるために、電磁石を Fig.2 のように用い、制御を行う。

3. シミュレーションと解析結果

浮上コイルを浮上させるためには、全体で 1.763[N]以上のローレンツ力が必要であり、永久磁石の1つの組み合わせでは z 軸方向に+0.22[N]以上のローレンツ力が必要である。浮上可能かどうか JMAG を用い FEM 解析を行った。解析では浮上コイルに直流電流 1[A]流した。結果は Fig.3 に示す。直流電流 1[A]で永久磁石間に十分な浮上力があることがわかった。

4. 非接触給電と実現可能性の検討、実験

Fig.3 の結果をもとに、必要な電源電圧の検討を行った。Fig.4 は磁気浮上システムを含めた非接触給電の回路を示す。送電側受電側の添え字をそれぞれ a,b を用いて表す。ともに抵抗、コンデンサ、コイルから成り立つ。送電部と受電部の間の距離を distance=3mm,4mm,5mm、共振周波数を 10kHz とする。共振コンデンサは  $\omega C = 1/\omega L$  から計算をし、市販品から最も近い 2.22[μF] とする。浮上コイルの抵抗  $R_L = 6.0[\Omega]$  とし、(1),(2)式を用いて計算をした。計算に必要な受電側および送電側のコイルを LCR メータで測定した値を Table.1 に示す。また相互インダクタンス M[H]と結合係数 k は計算より Table.2 のようになった。計算より<sup>(1)</sup>、実際に試作した磁気浮上システムを含めた各諸元を Table.3 に示す。実際に浮上の検証を行い、浮上コイルの浮上が確認できた。

$$NOP = \frac{R_L k^2 \omega^2 L_a L_b}{\left\{ (R_o + R_a)(R_L + R_b) + k^2 \omega^2 L_a L_b \right\}^2} \quad (1)$$

$$E = \sqrt{W_{RL} / NOP} \quad (2)$$

5. 結言

今回の研究では磁気浮上システムの提案および実現可能性、浮上の検討を行った。今後は、試作した磁気浮上システムを使い、安定した浮上を行えるよう試みる予定である。

6. 文献

<sup>(1)</sup>萩原述史 電磁結合による非接触電力伝送の原理について 電気学会論文誌 D(産業応用部門誌)Vol.131.No5 pp703-713

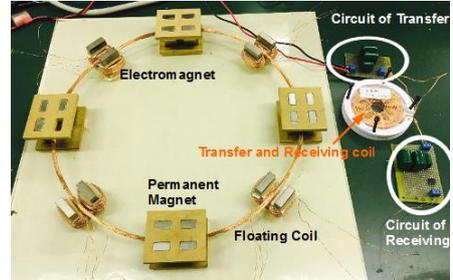


Fig.1 Structure of Magnetic Levitation

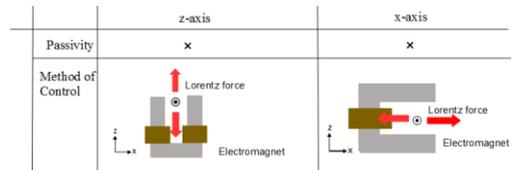


Fig.2 Method of control

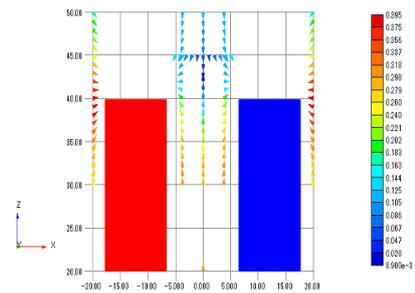


Fig.3 Vector of Lorentz force

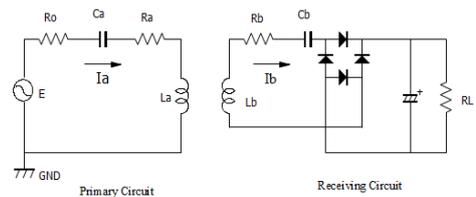


Fig.4 System of Wireless transfer organization

Table.1 Coil characteristics

|                | Ls(μH) | Cs(μF) | Rs(Ω) | DCR(Ω) |
|----------------|--------|--------|-------|--------|
| Primary coil   | 113.3  | 223    | 0.30  | 0.31   |
| Secondary coil | 113.3  | 223    | 0.29  | 0.31   |

Table.2 Mutual Inductance and Connective coefficient

| d[mm] | M[H]                  | k     |
|-------|-----------------------|-------|
| 3     | $8.09 \times 10^{-5}$ | 0.714 |
| 4     | $8.02 \times 10^{-5}$ | 0.707 |
| 5     | $7.91 \times 10^{-5}$ | 0.701 |

Table.3 Consideration of Wireless power transfer

