

電磁石シフトユニットのエネルギー評価制御

山本康 (いすゞ中央研究所)、長谷川真也*、押野谷康雄* (*東海大)

An electromagnet shift unit control using energy evaluation control

Y. Yamamoto (ISUZU Advanced Engineering Center Ltd.), S. Hasegawa*, Y. Oshinoya* (*Tokai Univ.)

はじめに

商用車の自動変速装置としては乗用車に用いられる AT よりも燃費性能に優れる AMT (Automated Manual Transmission) と呼ばれる自動変速装置が一般に採用されている。AMT はマニュアル変速機においてドライバーが行うクラッチ及びシフトレバの操作をアクチュエータで自動的に行う自動変速装置である。筆者らは AMT においてシフトレバ操作を自動化するためのシフトユニットを開発した¹⁾。同シフトユニットは電磁石で直接駆動する構造であるため、構造が簡単でかつ壊れにくくコストも安いという特徴があり、信頼性とコストが重要視される商用車に適している。しかしながら使用した電磁石のインダクタンスが大きくアクチュエータとしては応答性が劣るという問題がある²⁾。一方、筆者らは制御中のエネルギー状態を元に制御を行う方法 (EEC: Energy Evaluation Control) を考案した。本報告では EEC の概要を述べると共に、上記のシフトアクチュエータに対し EEC を適用し、その有用性を検証する。

制御対象とシミュレーション結果

Fig.1 に制御対象であるシフトユニットの構成を示す。シフトユニットにはシフトアクチュエータ用に最適化された電磁石 2 個を向かい合せに配置しており、これらの電磁石を交互に駆動することでギアイン、ギアアウトの動作を行う³⁾。またシフト操作では前後のギアイン位置と中央のニュートラル位置の 3 位置に位置決めする必要がある。

同シフトユニットに対し PDC と EEC を適用した制御結果を Fig.2 に示す。PDC ではギアイン位置 (同図 (a)) への制御時にオーバーシュートが大きく、制御の収束にも時間がかかるのに対し EEC ではオーバーシュートはあるものの、制御の収束は早かった。一方ニュートラル位置 (同図 (b)) への制御では共にオーバーシュートは発生しないものの、EEC は PDC よりも目標への到達、収束共に早かった。

まとめ

電磁石シフトユニットの制御には PDC よりも EEC の方がより適した制御則であることが分かった。

参考文献

- 1) 林暢彦, 山崎淳, 成田裕正, 江原達彦, 山本康, 自動車技術会論文集 Vol. 36, No. 6, (2005), pp. 175-180
- 2) 山本康, 長谷川真也, 押野谷康雄, 第 25 回電磁力関連のダイナミクス, (2013), pp.348-349
- 3) Y. Yamamoto, K. Terashima, S. Hasegawa and Y. Oshinoya, ICEE CD No. P-EM-38, (2012)

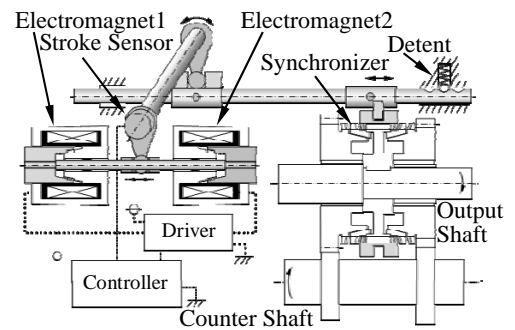
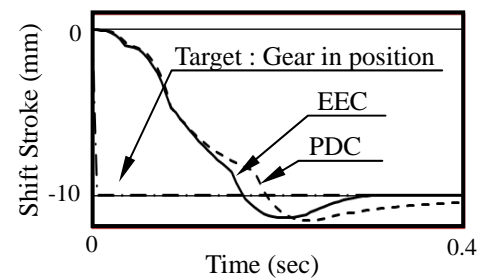
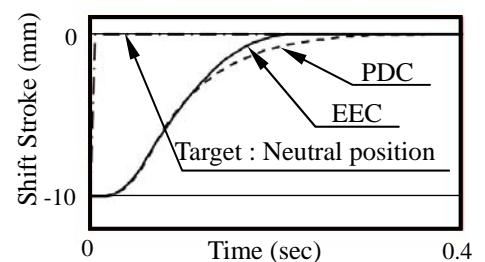


Fig. 1 Structure of the electromagnet shift unit



(a) Target is Gear in position



(b) Target is Neutral position

Fig. 2 Control result of EEC and PDC

熱音響発電機用ムービングコイル型リニア発電機の研究

佐藤一成、長谷川真也、木村英樹、押野谷康雄
(東海大学)

Study on moving coil-type linear generator for thermoacoustic electric generator

I. Sato, S. Hasegawa, H. Kimura, Y. Oshinoya
(Tokai University)

はじめに

近年開発された熱電変換システムとして熱音響発電機がある。これは熱音響機関とリニア発電機で構成されており、熱音響機関は熱流を音響パワーに変換し、リニア発電機にて音響パワーを電力に変換する。最初の進行波型熱音響発電機は2004年にS. Backhausらによって作成された。彼らの装置はムービングコイル型リニア発電機を用いて発電しており、最大出力58Wを達成した¹⁾。また、2013年D. M. Sunらの熱音響発電機は最大電力345Wを達成した²⁾。彼らの装置はムービングマグネット型リニア発電機を用いて発電しており、前者の装置より最大電力は高いが、可動子が重いという欠点を有する。熱音響発電機を構築する上で可動子質量は重要なパラメータである。可動子質量の増加は機械系共振周波数の低下を招き、且つ可動周波数域が制限される。その為、熱音響発電機の構成に制約を受ける。本研究では高い共振周波数で発電を行う為に、可動子の軽いムービングコイル型リニア発電機を作成した。また発電機の出力増加の為、磁気回路を最適化した。最適化に際して、磁場解析ソフトは(株)JSOL製JMAG-Designerを使用した。

計算モデルの基本構造

Fig. 1 に計算モデルを示す。円柱状コア(SUS304)に銅線コイル(0.2×0.3 mmの平角線)が2個取り付けられ、コイルが永久磁石(N36Z)の生む磁界中を往復運動する事で発電を行う。可動子は60 Hzで片側12 mm振幅する。また、ムービングコイル方式を採用している為、本質的に磁石の吸引力によるコギングが無い。さらに磁束の方向が一定である為、ヨーク(S10C)のヒステリシス損、渦電流損である鉄損が少ない。なお外部抵抗は内部抵抗の95%に設定した。

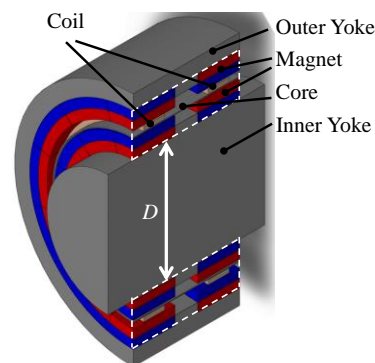


Fig. 1 Model of numerical simulation for moving coil-type linear generator

計算モデルの最適化

磁気回路の最適化は装置を設計する上で重要な課題の一つである³⁾。最適化条件として、外径を136 mmと固定し、Fig. 1の破線部の磁石、エアギャップおよびコイルの径方向の幅を保持する。その際、内側ヨークの径方向の幅D [mm]を変化させて出力への影響を調べた。

Fig. 2に可動子の単位質量当たりの出力P/M [W/kg]と出力P [W]の内側ヨーク幅依存性を示す。ここでM [kg]は可動子質量である。Dが68 mmの際、P/Mが最も高く、その際、外部抵抗から取り出せる出力は319 Wで、可動子質量は0.291 kgであることが分かった。

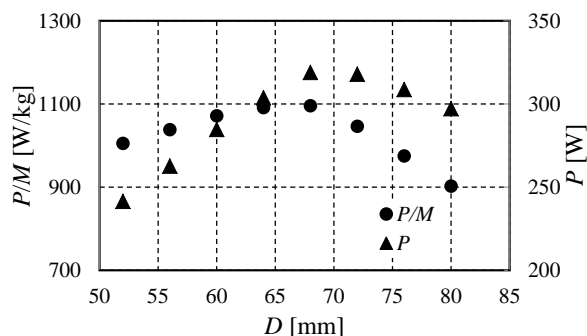


Fig. 2 Electric Power-to-mass ratio, and Electric Power vs Yoke Inner diameter

参考文献

- 1) S. Backhaus, E. Tward and M. Petach: Applied Physics. Lett., 85, pp. 1085-1087(2004).
- 2) D.M. Sun, K. Wang, X.J. Zhang, Y.N. Guo, Y. Xu, L.M. Qiu: Applied Energy. 106, pp. 377-382(2013).
- 3) I. Fazal, M. N. Karsiti, S. A. Zulkifli, T. Ibrahim, K.S. R. Rao: IEEE. pp. 1-5 (2010).

インホイール型磁気ギアードモータの基礎特性

中村健二, 秋本一輝, 竹前俊明, 一ノ倉理
(東北大学)

Basic Characteristics of In-Wheel Magnetic-Gearing Motor
Kenji Nakamura, Kazuki Akimoto, Toshiaki Takemae, Osamu Ichinokura
(Tohoku University)

1. はじめに

近年、低背・高出力なモータとして、アキシヤルギャップ型永久磁石 (PM) モータが注目されている。先に筆者らは、アキシヤルギャップ型 PM モータの大トルク化を目的として、モータと磁気ギアを組み合わせた磁気ギアードモータについて検討し、同体格のモータと比較して、2倍以上のトルクが得られることを明らかにした¹⁾。

そこで本稿では、磁気ギアードモータについて、移動支援機用のインホイールモータへの適用可能性を検討したので報告する。

2. 磁気ギアードモータのトルク特性

Fig. 1 に、アキシヤルギャップ型磁気ギアードモータの基本構成を示す。モータ部は、3相12スロット集中巻の固定子と PM rotor (4極対) で構成され、固定子鉄心の材質は無方向性ケイ素鋼板、磁石材料は Nd-Fe-B 焼結磁石である。ギア部は、PM rotor (4極対)、PM stator (19極対)、ポールピースロータ (PP rotor: 23極) で構成され、ポールピースの材質は圧粉磁心、磁石材料は Nd-Fe-B 焼結磁石である。同図に示すように、PM rotor がモータ部とギア部で共有されることで、動力が伝達される。

上述の構成で、固定子巻線に3相交流電流を入力すると、回転磁界に同期して PM rotor が回転し、これがギア部で $1/5.75$ に減速されて、PP rotor から機械出力が得られる。Table 1 に、アキシヤルギャップ型磁気ギアードモータの諸元を示す。体格や回転数などは、適用を想定している移動支援機の要求仕様から決定した。目標トルクは巻線電流密度が 5 A/mm^2 時に $0.93 \text{ N}\cdot\text{m}$ 以上である。

Fig. 2 に、3次元有限要素法 (3D-FEM) を用いて算定した、 5 A/mm^2 時のアキシヤルギャップ型磁気ギアードモータのトルク波形を示す。この図を見ると、電気入力により生じる入力トルクの平均値は $0.444 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、PP rotor から得られる出力トルクは $2.546 \text{ N}\cdot\text{m}$ であり、ほぼギア比通りのトルクが得られ、かつ目標トルクを上回ることが了解される。今後は、実機の試作と実証実験を行う予定である。

なお、本研究の一部は、科研費挑戦的萌芽 (26630103) の交付を得て行った。

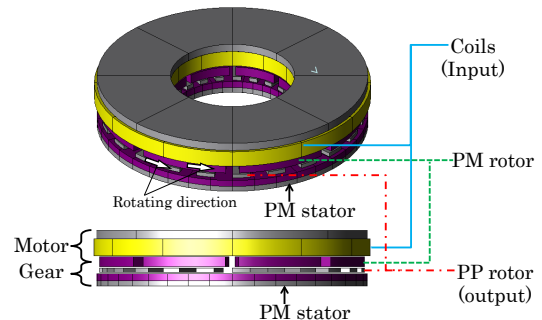


Fig. 1 Basic configuration of an axial-gap magnetic-gearing motor.

Table 1 Specifications of the axial-gap magnetic-gearing motor.

Diameter	100 mm
Axial length	20 mm
PM rotor	690 rpm
PP rotor	120 rpm
Number of turns/pole	67 turns/pole
PM rotor magnet pole pairs	4
PM stator magnet pole pairs	19
PP rotor number of poles	23
Gear ratio	5.75
Gap length	$0.5 \text{ mm} \times 3$
Material of magnet	Sintered Nd-Fe-B
Material of PP	Soft magnetic composite
Material of yoke and stator	Non-oriented Si steel

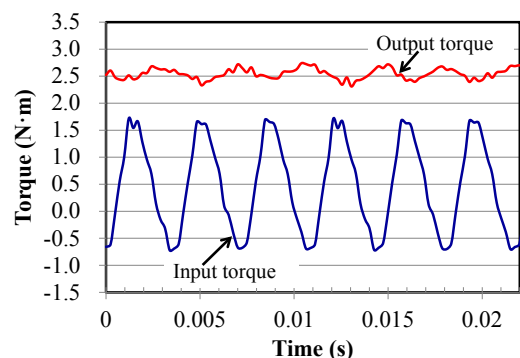


Fig. 2 Calculated torque waveforms of the axial-gap magnetic-gearing motor at 5 A/mm^2 .

参考文献

1) 竹前俊明, 中村健二, 一ノ倉理, 電気学会回転機研究会資料, RM-13-140 (2013)

外部磁界で駆動するマイクロインピーダンスポンプの開発

中島 翼、本田 崇
(九工大)

Development of micro impedance pump driven by external magnetic field

T. Nakashima, T. Honda
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

インピーダンスポンプとは、弾性管を周期的に圧迫することで管内の流体を流したり、流量を調整したりすることのできるポンプのことである。バルブレス構造で小型化に適しており、高い耐久性と信頼性が期待できる。本研究では、外部磁界で駆動可能なマイクロインピーダンスポンプを作製し、圧迫箇所を変更することで双方向の送液を確認したので報告する。

素子構成と動作原理

インピーダンスポンプは、軟質チューブの両端に硬質チューブを接続し構成される。軟質チューブの中心からずれた位置を周期的に圧迫すると、波の干渉による圧力の勾配が生じ、流れが生じる。Fig. 1に作製したインピーダンスポンプの素子構成を示す。本実験で用いた軟質チューブは、厚さ 0.05mm の極薄シリコンゴムフィルムを 2 枚のスライドガラスで挟み込んで内径 2mm、長さ 30mm のチューブ状に加工したものである。本加工法は基板上にチューブを構成できるため、 μ -TAS との一体化も期待される。両端の硬質チューブにはアルミニウム管(外径 2mm、肉厚 0.2mm)を使用した。

軟質チューブを圧迫するアクチュエータには、永久磁石を有するシーソー型機構を採用した。厚さ 75 μ m、長さ 10mm の PI フィルムを、2 つの NdFeB 磁石 ($\phi 3 \times 3$ mm) で挟み込み、その両端をアルミニウム管に固定した。動作原理図を Fig. 2 に示す。磁石の磁化は水平方向であり、鉛直方向に交流磁界を印加すると、磁気トルクによってアクチュエータが回転振動を行う。ここで、正方向に直流バイアス磁界を印加すると、Fig. 2(a)のように回転が偏り片方だけを周期的に圧迫することができる。逆に負方向に直流バイアス磁界を印加すると、Fig. 2(b)のように逆側だけを圧迫することができる。直流バイアスにより圧迫位置を変化させることで、双方向への送液が行われる。

実験結果

Fig. 3 に作動流体を水としたときの流量の周波数特性を示す。駆動磁界強度は 300e、直流バイアス磁界は ± 16.60 e とし、開回路における圧力差 0 時の結果である。ここで、正の直流バイアスを印加したときの圧迫部側への流れを正方向、逆の流れを負方向への流れと定義した。対称性はよいとは言えないが、直流バイアスの符号によって双方向への送液を確認することができた。

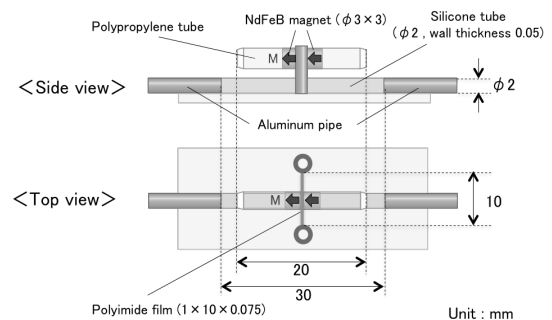


Fig.1 Structure of micro impedance pump

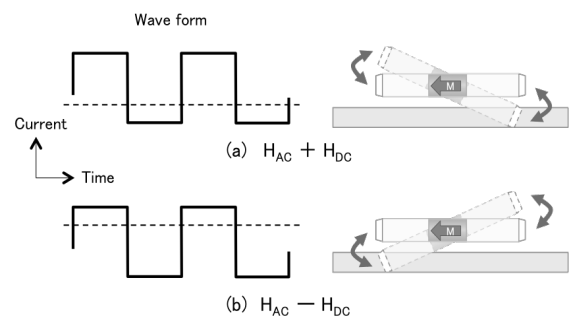


Fig.2 Actuation principle of pumping actuator

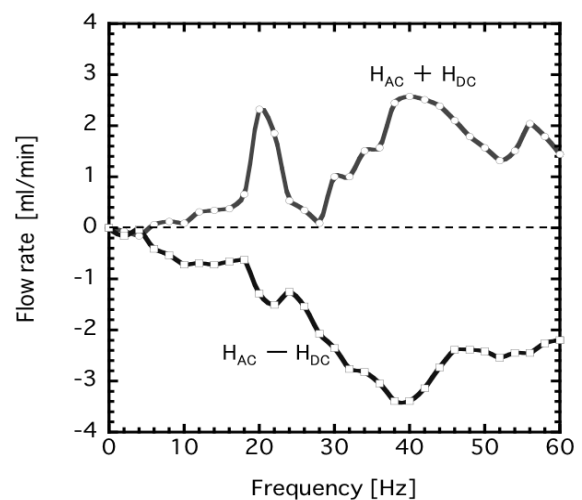


Fig.3 Frequency dependence of flow rate of impedance pump

弾性フィルムの振動を利用した 液冷システム用磁気駆動マイクロポンプの基礎特性

溝口 菜月、本田 崇
(九工大)

Basic properties of magnetic drive micropumps for liquid-cooling system using oscillating elastic films

N. Mizoguchi, T. Honda
(Kyushu Inst. of Tech.)

はじめに

著者らは、ノート PC 等に内蔵する小型液冷システムへの応用を目指し、配管内にポンプ可動子を構成できる磁気駆動マイクロポンプの開発を進めている。本報告では、外径 4mm のポンプを複数個直列配置した場合の基礎特性を評価したので報告する。

素子構成と動作原理

Fig.1 にマイクロポンプの構成を示す。可動子は、厚さ $50\mu\text{m}$ のポリイミドフィルム(長さ 4mm、幅 2.5mm)を、高さ方向に着磁された 2 個の円柱状 NdFeB 磁石 ($\phi 3\text{mm} \times 1\text{mm}$) の間に挟んだものである。これを PP 製円筒(内径 3mm、外径 4mm)の固定子内に挿入し、ポンプを構成する。可動子と固定子の固定にはアラミド繊維(外径 0.25mm)を用い、磁石間に挟んだアラミド繊維の両端を固定子に取り付けた。固定子のパイプの中に可動子の回転軸を挿入し取り付けた従来型に比べ、静音化と小型化が期待できる。

Fig.2 に動作原理を示す。管長手方向に交流磁界を印加すると、磁石は磁気トルクによって回転軸を中心に首振り運動する。それに伴い、弾性板が揺動することで流体を押し出し、ポンプとして機能する。配管にソレノイドコイル巻くことで駆動できるため、励磁部の小型化も可能である。

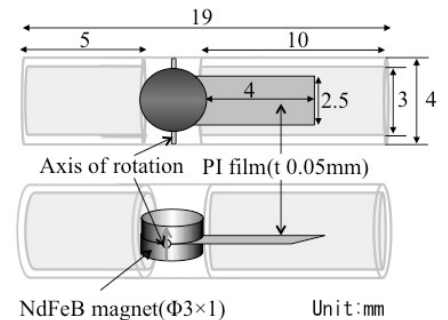


Fig. 1 Schematic view

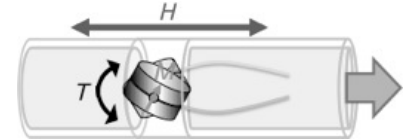


Fig. 2 Principle of actuation

実験方法と実験結果

作動流体には不凍液 (60%ナイブライン) を使用し、ソレノイドコイルによる駆動で無負荷流量と最大吐出圧力の周波数特性を測定した。ポンプは単体、及び 7 個まで直列接続した場合について評価を行った。

Fig.3 と Fig.4 に 50Oe(4kA/m)印加時における無負荷流量と最大吐出圧力の周波数特性をそれぞれ示す。流量、圧力とも 250Hz 付近で最大値を示した。単体の流量の最大値は 27ml/min、圧力の最大値は 0.37kPa であったが、ポンプの接続数を増やしていくと流量・圧力ともに増加した。その際、流量は頭打ち傾向になったのに対し、吐出圧力は接続数に対しほぼ比例して増加する傾向が見られた。

この結果を受け、今後 CPU 用水冷ジャケットと放熱用配管に本ポンプを組み込んだ小型液冷システムの構築を行い、液冷システムの設計と冷却性能についての検証を行う予定である。

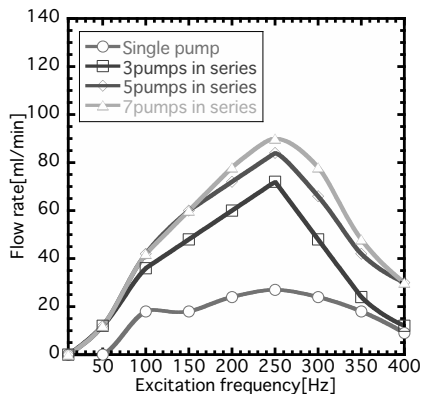


Fig. 3 Relation between flow rate and excitation frequency for serially connected micropumps.

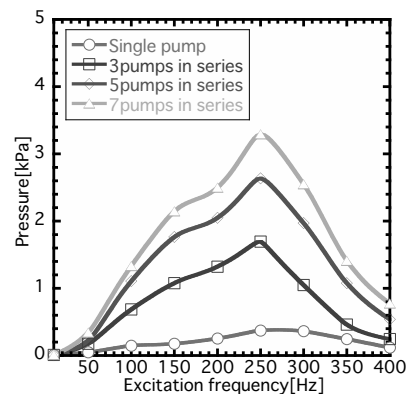


Fig. 4 Relation between pressure and excitation frequency for serially connected micropumps.