

リラクタンスネットワーク解析に基づく 巻線界磁型クローポールモータの特性算定

市川優太, 中村健二,*鄭 浙化,*栗本直規

(東北大学,*^(株)デンソー)

Performance Calculation of Field-Winding type Claw-Pole Motor based on Reluctance Network Analysis

Y. Ichikawa, K. Nakamura, *S. Jung, *N. Kurimoto

(Tohoku University, *DENSO CORPORATION)

はじめに

近年, モータの小型高出力化の要求に対し, 構造を3次元化することで, 鉄心と巻線の空間利用率を高め, トルクを向上させるアイデアがいくつか報告されている^{1),2)}。その中の一つである, 界磁巻線型クローポールモータは, 爪状の極を上下でかみ合わせた特殊な構造の回転子鉄心の中に同心円状に巻いた界磁巻線を収めることができるため, 巻線占有率を大幅に高めることができる。また, 界磁電流を調整することで, 一般的な永久磁石界磁型のモータよりも広範囲な速度制御性を有する。しかしながら, 本モータの特性算定には, 3次元解析が必須であること, また電機子電流に加え, 界磁電流も制御パラメータとなるため, 諸特性を算定するためには, 駆動回路も含めた高速・高精度な解析が必要不可欠である。そこで本稿では, リラクタンスネットワーク解析 (RNA) に基づくクローポールモータの特性算定について検討を行ったので報告する。

RNA によるクローポールモータの解析設計

Fig. 1 に, クローポールモータの基本構成を示す。磁気的な対称性を勘案して, Fig. 2(a)に示すように解析には 1/8 モデルを用いた。また同図(b)に示すように, RNA モデルの導出に際しては, 斜めになっている爪状の極を階段状に近似した。Fig. 3(a)に, RNA に基づくクローポールモータの分割図, および分割数を示す。同図に示すように, モータを複数の要素に分割し, 各々の要素を同図(b)に示すような3次元の単位磁気回路で表す。ここで, 図中の磁気抵抗は分割要素の寸法と材料の $B-H$ 曲線から求めることができる。なお, ここでは回転子鉄心については磁気特性の非線形性を考慮し, 固定子鉄心については無視している。

導出したクローポールモータの RNA モデルの妥当性について評価するため, 有限要素法 (FEM) の結果と比較検討を行った。なお, FEM の解析形状は, Fig. 2(b)に示した RNA モデルと同一とした。Fig. 4 に界磁電流 3A, 回転数 450 rpm で駆動させた場合の電機子電流対トルク特性の結果を示す。この図を見ると両者はよく一致しており, RNA の妥当性が了解される。また, 両手法の計算時間は FEM がおよそ 21 時間であったのに対し, RNA は 10 分程度であり, 99%以上の計算時間の短縮が図れた。

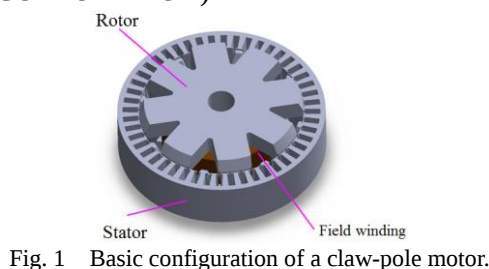


Fig. 1 Basic configuration of a claw-pole motor.

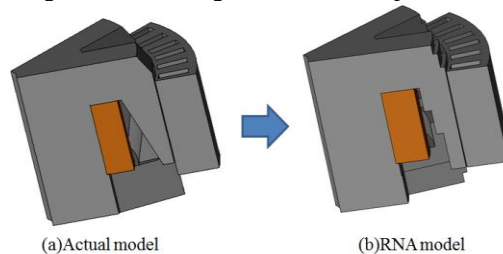
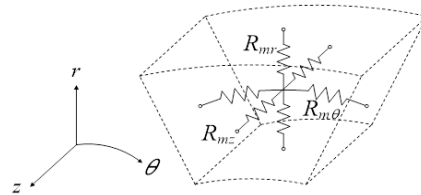


Fig. 2 RNA model of the claw-pole motor.

Number of division	r	θ	Z
Stator	4	60	1
Gap	1	60	5
Rotor	4	15~60	5
Field side	12		

(a)The motor division based on RNA



(b)Three-dimensional unit magnetic circuit

Fig. 3 Motor division and unit magnetic circuit based on RNA.

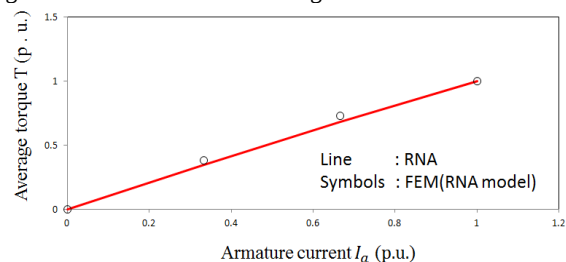


Fig. 4 Armature current versus torque characteristics.

参考文献

- 1) 榎本裕治, 床井博洋, 小林金也, 天野寿人, 石原千生, 安部恵輔, 電学論 D, **129**, 1004 (2009).
- 2) 井上正哉, モータ技術シンポジウム, **30**, C5-3-1 (2010).