

永久磁石ブラシレスモータの損失評価

Analysis of Motor Loss in Permanent Magnet Brushless Motors

戸田 広朗 TODA Hiroaki

ラシレスモータの損失解析を、有限要素法を用いて行った。無負荷時 6000回転での損失はステータ鉄心による鉄損0.35mm厚材と比べ

損はほぼ半減する。一方、磁石部渦電流損の低減には1極の磁石を周方向に分割することが効果的である。

Abstract:

This paper presents an analysis of the stator iron loss and the rotor eddy-current loss in 22-pole/24-slot modular and 24-pole/36-slot conventional permanent magnet brushless motors. The loss is evaluated by time-stepped finite element analysis. No-load loss at 6000rpm is mainly due to the stator iron loss, while at rated load the eddy-current loss which is induced in the magnets is a major component of the total motor loss. It is shown that the no-load idling loss in the modular motor is lower than that of the conventional motor because it has fewer poles. On the other hand, the rotor eddy-current loss in the modular motor is higher because the stator armature magneto-motive force has low order spatial harmonic components. It is shown that the idling loss in the stator can be reduced by about half by using 0.20mm thick laminations rather than 0.35mm laminations. It is also shown that the eddy-current loss can be reduced significantly by segmenting the magnets circumferentially.

1. 緒言

近年、地球温暖化や大気汚染などの環境問題、エネルギー問題などへの関心が世界的に高まりつつある。その中でも地球温暖化防止のためには、CO₂の排出削減とエネルギーの効率利用が必須である。このような背景から、自動車業界では電気自動車や燃料電池車、ハイブリッド自動車の

¹⁾。

しかし、誘導モータの場合と異なり、PMモータでは磁石による交差磁束による

タイプについては、 p をロータの磁極数で表す磁極数とスロット数の

と異なるモータ(以下、モジュラー型と記す。)が、実用に供されつつある^{2,3)}。このモジュラー型モータは、従来型モータよりも下記の点で優れている。

第一に、モジュラー型モータでは隣り合って連続する数相が同一相であるため、巻線状態での異相の重なりをなくすることができる。これはモータ製造の観点から有利であり^{4,5)}、巻線占積率が向上するためにモータ効率を高くすることができる。また、電流相間の干渉によるモータ故障の可能性を低減することができる。

第二に、上述した磁極数とスロット数の関係から分かるように、モジュラー型モータでは与えられた極数に対してスロット数を少なくすることができる。

を Fig 5 に示す。0.20mm 厚の電磁鋼板 (20JNEH1200) を用いることで、鉄損はほぼ半減する。また、ステータ部鉄損の変化は、高周波鉄損を代表する $W_{10V,400}^{12)}$ の変化とほぼ一致することが分かる。

4. ロータ磁石部・渦電流損の解析

4.1 ステータ起磁力波形の分布

ステータ起磁力波形は、Fig 1 に示した巻線配置を考慮し、ティース部に巻線されたコイルの起磁力分布を矩形波と仮定するとフーリエ級数の形で表現できる¹³⁾。すなわち、ステータ巻線を等価な電流シート

型の場合の方が多い。しかし、前述したように全鉄損は従来型に比べてモジュラー型の方が約 15% 小さい。この理由は、モジュラー型の方が従来型より極数が少ないためと考えられる。

次に、適用する電磁鋼板がステータ部鉄損に及ぼす影響

