

空間高調波を界磁エネルギー源とする自励式巻線界 磁形同期モータに関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2015-12-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 青山, 真大 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00009286

(課程博士・様式7) (Doctoral qualification by coursework, Form 7)

学位論文要旨

Abstract of Doctoral Thesis

専攻：環境・エネルギーシステム専攻

氏名：青山 真大

Course : Environment and Energy System

Name : Aoyama Masahiro

論文題目：空間高調波を界磁エネルギー源とする自励式巻線界磁形同期モータに関する研究

Title of Thesis : Study on Self-Excited Wound-Field Synchronous Motor Utilizing Space Harmonics for Field Magnetization Power

論文要旨：

今日、ハイブリッド車 (HEV) 用モータとして小型、高効率化の観点から埋め込み永久磁石同期モータ (IPMSM) が不動の座を築いている。しかし、耐熱性を高めるために添加する Dy や Tb といった重希土類は産地が偏在しており枯渇の懸念があり、国際状況によってコストが大幅に変動する懸念もある。さらに車載用途の場合、大トルクで広い可変速特性が求められるため、固定界磁の IPMSM において永久磁石磁束に起因する鉄損割合が大きい領域 (低負荷且つ、中回転速度以上) や電圧制限領域 (弱め界磁が必要な高回転領域) では効率低下を免れない。これらの課題に対して、永久磁石の磁力そのものを可変にする磁石磁力可変モータや巻線切替を行い誘導起電力の調整を行うモータなど可変磁力モータが様々研究されている。しかし、既存の可変界磁モータは永久磁石を着減磁するためのパルス電流を生成するためにモータ出力容量に対して電力容量の大きなインバータが必要になることや、巻線切替用の制御回路が追加で必要になるなど技術的な課題がある。

本論文では磁石フリーモータの可能性として、ダイオード整流形自己励磁式巻線界磁モータに着目している。自励式巻線界磁技術は過去古くから様々な方式が検討されてきているが、基本原理として故意にギャップ中に非同期回転磁界を発生させ、ロータコイルの誘導起電力をダイオード整流することで自己励磁している。しかし、従来技術はステータ側に補助巻線が必要であったり、リラクタンストルクの利用が困難、ロータに内包する銅割合が多く多極化が困難などの課題があった。そこで近年、集中巻ステータにより発生する第 2 次空間高調波を界磁エネルギー源に活用した簡素な構造の自励式巻線界磁形同期モータが提案されている。従来の可変界磁モータのようなアクティブな可変界磁機能ではなく、電機子起磁力に対してパッシブな可変界磁機能を有するモータとすることで追加の制御回路など必要なく、従来のベクトル制御で駆動することができる。この種のモータは相互インダクタンスを介した電磁誘導現象を利用して界磁をつくとともにトルクを出力するた

め、ステータとロータ間の結合係数を如何に向上させるかが重要である。

本論文は近年提案されている空間高調波を界磁エネルギー源に活用した自励式巻線界磁形同期モータ（ベンチマーク）と基本原理を同じくし、突極間に補極を配置してロータ巻線結線回路構成を変更することで d 軸高調波磁束と q 軸高調波磁束を界磁エネルギー源に活用可能なモータを提案し、自励式電磁石トルクの向上を実現するものである。全 5 章で構成されており、序論、空間高調波による自己励磁技術、HEV 駆動用モータを想定したラジアルギャップ形巻線界磁モータ、パンケーキアキシャルギャップ形巻線界磁モータ、結論の順に述べていく。

まず第 1 章は本論文の諸言であり、本県急の背景、目的と位置付けを述べている。

第 2 章では磁石式のモータと同じロータ起磁力を巻線界磁で得るための考え方を述べた上で本研究の独自性を示すとともに、電磁界解析と数理的に集中巻ステータ構造に起因して発生する第 2 次空間高調波の発生メカニズムについて述べている。

第 3 章は第 2 章で述べた集中巻ステータ構造に起因して不可避に発生する空間高調波を効率的に界磁エネルギー源として活用するために突極間に補極を設けてロータ巻線回路構成を工夫することで、運転特性を大幅に向上できることを数理的アプローチと電磁界解析により示した。また、車載用駆動モータのサイズで実機構造検討を行い、原理検証機の試作をした。実機評価結果から補極によるトルクや効率などの運転特性改善効果を確認できたほか、同じコアサイズの分布巻埋込み永久磁石同期モータ（IPMSM）と実機運転特性を比較することで中速度以上の運転領域でトルクと効率が比肩することなどを確認した。さらに極低負荷領域において、IPMSM の場合、磁石磁束による鉄損割合が高いが、提案モータの場合、電機子起磁力に対してパッシブな可変界磁機能を有するため電磁石磁束による鉄損を低減でき効率改善が可能であることについて実験的に明らかにしている。

第 4 章では自励式巻線界磁形同期モータのトルク密度向上を目的に、界磁エネルギー源となる空間高調波をステータの両面で効率的にロータに鎖交できるようにバックヨークレス構造のステータを用いて両面を巻線界磁ロータで挟み込んだパンケーキアキシャルギャップ構造のモータを提案した。シングルステータでダブルロータを有するパンケーキアキシャルギャップ構造の優位性について述べ、電磁界解析により性能を明らかにした。また、原理検証機の構造設計を行い、試作した。実機検証で基礎運転特性の測定を行い、提案する構造で自励駆動できることを確認した。

以上のように本論文は、集中巻ステータ構造に起因して不可避に発生する第 2 次空間高調波を界磁エネルギー源とする自励式巻線界磁形同期モータについて、補極を設けることやパンケーキアキシャルギャップ形構造にすることで運転特性の改善が可能であることを示した。また、それらの新規技術に関連する周辺技術についても新たな知見を得ることができた。