

# 空間高調波を界磁エネルギー源とする自励式巻線界磁モータ

青山 真大\* (静岡大学, スズキ株式会社) 野口 季彦(静岡大学)

Self-Magnetized Wound-Field Motor with Field Poles Excited by Space Harmonics

Masahiro Aoyama (Shizuoka University, Suzuki Motor Corporation), Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

## 1. まえがき

HEV, EV 用の主機 PMSM モータには高価かつ資源供給面で懸念のあるネオジウム磁石が用いられる。このため、近年これを電磁石に置き換えた巻線界磁モータが提案されている<sup>(1)</sup>。しかし、他励式のため界磁用チョップが必要になることや、界磁銅損の課題を有している。本稿では界磁用回路が不要で、従来損失となっていた空間高調波を界磁エネルギー源として活用する自励式巻線界磁モータを検討したので報告する。

## 2. モータ構造と駆動特性

Fig. 1 に提案するモータの断面図を示す。本モータは空間高調波から有効な界磁エネルギーを得ることができるようエネルギー回収用の補極 (I-pole) と、空間高調波が I-pole に鎖交することで発生する誘導電流を整流して電磁石を形成する界磁極 (E-pole) の 2 つの極を有している。Fig. 2 に提案モータのロータ巻線結線図を示す。同図の括弧内は各極の番号を表しており、 $p$  は極数を意味している。回路はダイオードの素子数を低減するため全直列結線されており、I-pole を  $d$  軸、E-pole を  $q$  軸と定義する。なお、突極比が下がることでトルクが低下することを防止するため、I-pole と E-pole は磁氣的に遮蔽されており、I-pole はトルク発生に寄与しない。Fig. 3 に I-pole の誘導電流と全波整流されて E-pole に流れる界磁電流特性を示す。同図より、空間高調波を界磁エネルギー源として自己励磁式の電磁石を形成できることがわかる。

Fig. 4 に 1000 r/min 固定で負荷に対する電流位相-トルク特性を示し、Fig. 5 に電機子電流  $273A_{pk}$  (最大負荷) 固定で回転速度を変化させたときの電流位相-トルク特性を示す。なお、電流位相基準は  $q$  軸である。Fig. 4 より自励式電磁石トルクは電機子電流とともに増加していき、近似的に  $\sin(\beta+\pi/2)$  関数のような特性をもつことがわかる。Fig. 5 よりリラクタンストルクは周波数に対して不変であるが、自励式電磁石トルクはファラデーの法則に基づき回転速度の変化とともに増減する。加えて回転速度の増加とともに自励式電磁石トルクが増加するため、リラクタンストルクとの比率が変わり、MTPA 動作点の電流位相  $\beta$  が進角することがわかる。

## 3. まとめ

本稿では、空間高調波を界磁エネルギー源とするモータを提案し、電磁界解析により駆動特性を明らかにした。

### 文献

(1) 桑原・小坂・鎌田・梶浦・松井: 「HEV 駆動用巻線界磁形フラックススイッチングモータの運転性能評価」 電学研究会, VT-13-023 (2013).

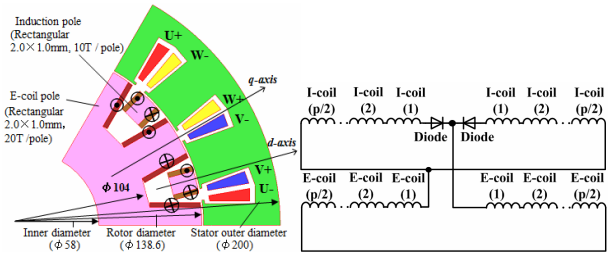


Fig. 1. Cross section diagram of proposed motor.

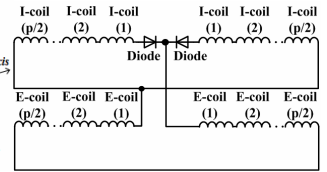


Fig. 2. Rotor winding connection diagram.

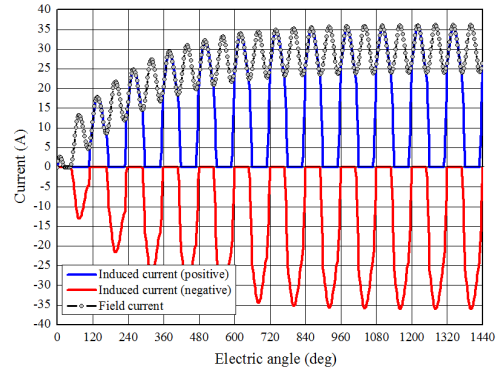


Fig. 3. Induced current and field current characteristics.

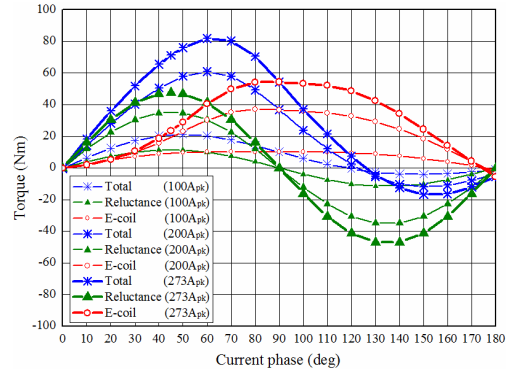


Fig. 4. Current phase-torque characteristics at 1000 r/min.

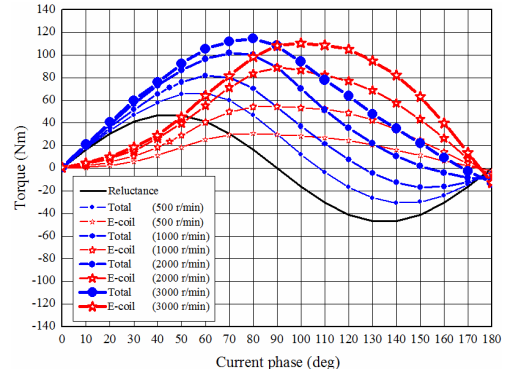


Fig. 5. Current phase-torque characteristics at  $273A_{pk}$ .