

# 磁気変調形モータのベクトル制御実機検証

本橋 勇人\*, 野口 季彦 (静岡大学), 青山 真大 (スズキ)

Experimental Verification of Vector-Controlled Magnetic-Modulated Motor

Yuto Motohashi, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University), Masahiro Aoyama (SUZUKI Motor Corporation)

## 1. まえがき

パワースプリット式 HEV システムの集積化に向けて研究されている磁気変調形モータは、変調子を有するため通常の同期モータと異なり制御則が確立していない<sup>(1)</sup>。そのため筆者らは原理検証機を用いて変調子固定の条件下で実験を行い、電圧方程式との整合性を確認したので報告する。

## 2. 原理検証機と実験システム

Fig. 1 に実験に使用する磁気変調形モータの構造断面図を示す。ステータ極対数が 4、インナーロータ極対数が 8、変調子コア数が 12 であり、ステータ外形は 120 mm である。また、インナーロータは表面磁石構造である。

Fig. 2 に実験システムを示す。2 つの負荷モータはそれぞれ変調子とインナーロータにトルク計を介して直結されており、独立に速度制御されている。これに対し磁気変調形モータはインバータを用いてベクトル制御を行いトルクを制御する。

## 3. 実機検証

Fig. 3(a)に 480 r/min,  $i_d = 0$  における入力電力と銅損のグラフを示す。(2)式より機械出力は入力電力と銅損の差である。図(a)中の理論値は(2)式右辺から求めたものであり、計算値は  $q$  軸電圧の実測値を用いて計算した。

Fig. 3(b)にトルクと  $q$  軸電流のグラフを示す。トルク理論値は(3)式右辺から求めたものであり、計算値は(2)式の機械出力の項から算出した。実測値はトルク計の読み値である。このとき計算値及び実測値共に理論通りの特性になることが確認できた。

Fig. 4 に 480 r/min におけるトルク-電流位相特性を示す。電流ベクトルの大きさ  $I_a = 50$  A, 80 A で実験を行い、それぞれ(3)式の理論通りの特性になることが確認できた。

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + pL_d & -\omega L_q \\ \omega L_d & R + pL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \Psi_a \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$v_d i_d + v_q i_q = R(i_d^2 + i_q^2) + \omega \Psi_a i_q \quad (2)$$

$$\tau_{pm} = P_{pm} \Psi_a i_q \quad (3)$$

$$\therefore \Psi_a = \sqrt{3} \Psi_{rms} = 3.8 \text{ mWb}, \quad R = 33.3 \text{ m}\Omega, \quad L_d = L_q = 0.27 \text{ mH}$$

## 4. まとめ

本稿では、変調子固定の条件下で磁気変調形モータを通常の同期モータと同様にベクトル制御できることを示した。今後は変調子を駆動して同様にベクトル制御を行うことが可能か検証を進める。

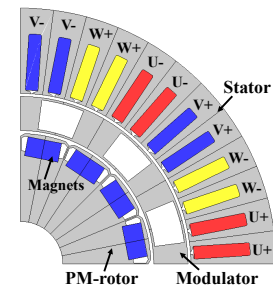


Fig. 1. Cross section of magnetic-modulated motor.

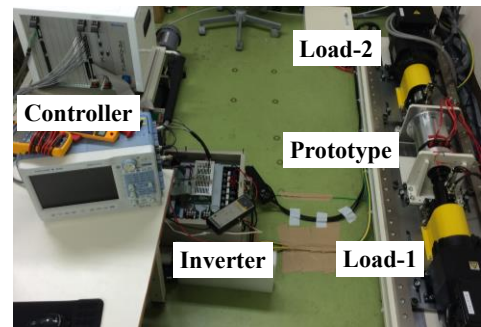
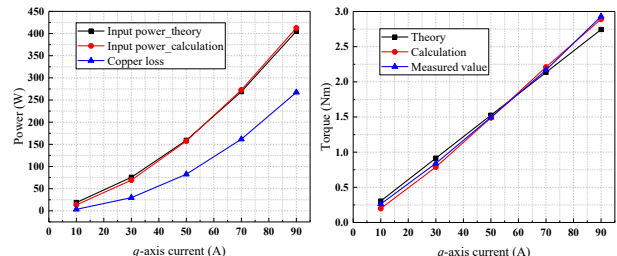


Fig. 2. Experimental system.



(a) Input power and copper loss. (b) Torque.  
Fig. 3.  $q$ -axis current characteristics at 480 r/min.

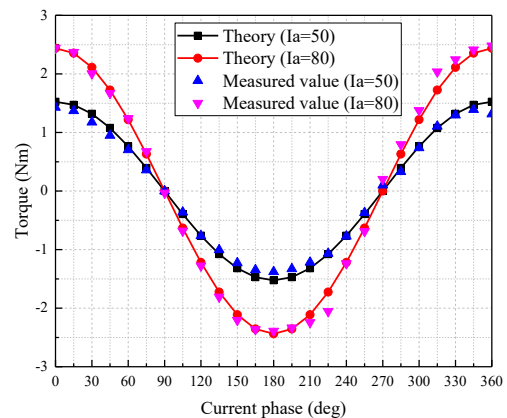


Fig. 4. Current phase-torque characteristics at 480 r/min.

文献

(1) 本橋・野口・青山：電気学会全国大会，4-052，2016