

永久磁石レスモータドライブの高效率化に関する研究

Study on Efficiency Improvement of Permanent Magnet Free Motor Drive

大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 野口研究室

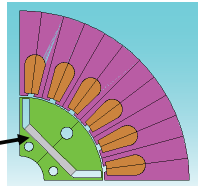
■ 磁気飽和と鉄損特性を考慮した同期リラクタンスモータの最大効率運転法

研究背景

モータ

- 永久磁石を使用したIPMSMが主流
- レアアース材料を使用
- モータの性能に大きく依存
- レアアース材料の価格高騰
- 資源の確保

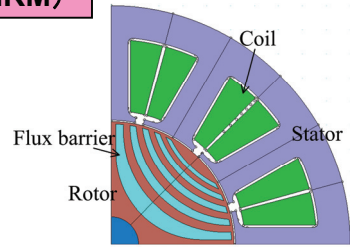
ネオジウム磁石



脱レアアース!

同期リラクタンスモータ(SynRM)

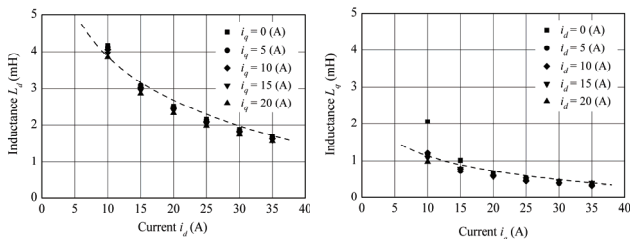
- 永久磁石不使用
- 鉄と銅で構成
- リラクタンストルク
- 励磁電流が必要



磁気飽和, 鉄損特性が運転特性に影響

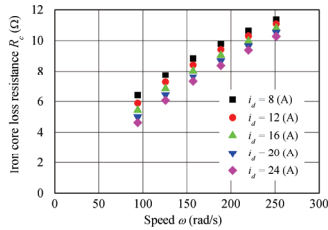
原理と実験結果

磁気飽和・鉄損特性の数学モデル化



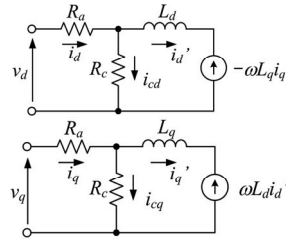
インダクタンス \rightarrow

$$\begin{cases} L_d = L_{d0} + k_{Ld} \ln(i_d) \\ L_q = L_{q0} + k_{Lq} \ln(i_q) \end{cases}$$

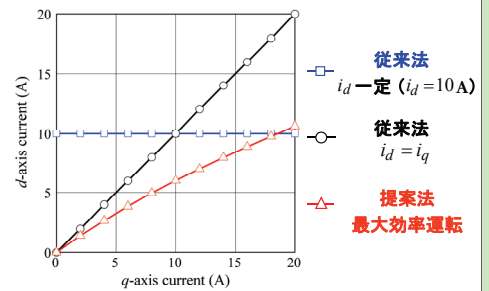


等価鉄損抵抗 \rightarrow $R_c = k_{\omega}\omega + k_{Rc} \ln(i_d) + R_{c0}$

励磁電流の導出



≪ SynRMの等価回路 ≫



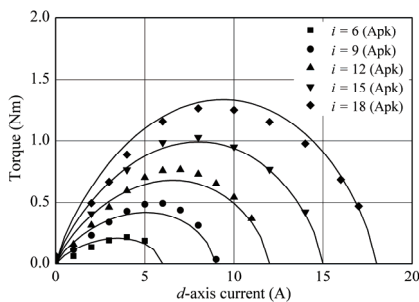
≪ 励磁電流特性 ≫

効率式 $\eta = \frac{\omega(L_d - L_q)i_d i_q}{R_a + \omega^2 L_d L_q \frac{R_a + R_c}{R_c^2} (i_d^2 + i_q^2) + \omega(L_d - L_q)i_d i_q}$

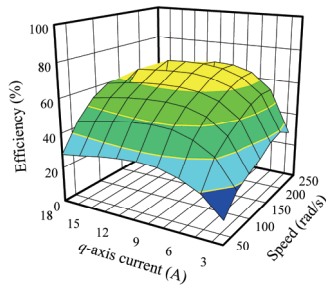
最大効率となる励磁条件 $\frac{\partial \eta}{\partial i_d} = 0$ となる i_d を導出

$$i_d = \pm \sqrt{\frac{(L_d - L_q + k_{Ld})(R_a + \omega^2 L_d L_q \frac{R_a + R_c}{R_c^2}) - \omega^2 L_q (L_d - L_q) \left(k_{Ld} \frac{R_a + R_c}{R_c^2} - k_{Ri} L_d \frac{2R_a + R_c}{R_c^3} \right)}{(L_d - L_q - k_{Ld})(R_a + \omega^2 L_d L_q \frac{R_a + R_c}{R_c^2}) + \omega^2 L_q (L_d - L_q) \left(k_{Ld} \frac{R_a + R_c}{R_c^2} - k_{Ri} L_d \frac{2R_a + R_c}{R_c^3} \right)}$$

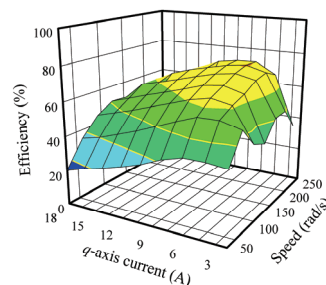
実験結果



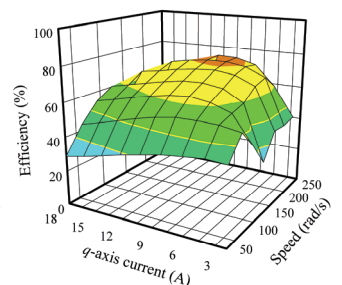
トルク特性



従来法 i_d 一定 ($i_d=10A$)



従来法 $i_d = i_q$
効率特性



提案法 最大効率励磁条件

まとめ

- ◆ 最大効率励磁条件の導出
- ◆ 平均効率: i_d 一定に対して7.3 pt 効率改善, $i_d = i_q$ に対して2.7 pt 効率改善