

电动车驱动用 IPM 永磁同步电动机控制方法综述

陈丹亚¹, 贾要勤², 杨仲庆³

(1. 空军工程大学, 陕西西安 710051; 2. 西安交通大学, 陕西西安 710049; 3. 日本 Myway 技研株式会社, 日本横滨市 222 - 0033)

摘要: 内置式永磁同步电动机能量密度高、效率高、体积小、惯性低、响应快, 适合用作电动汽车等高效率、高密度、宽调速牵引驱动。对此, 至今已提出了多种各有特点的控制方法, 阐述和比较了研究较多的几种控制算法及其实现方法。

关键词: 内置式永磁同步电动机; 驱动控制; 电动汽车

中图分类号: TM341 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 7018(2010)02 - 0044 - 05

IPM Synchronous Motor Used in Electrical Vehicles: An Overview of Drive Control

CHEN Dan - ya¹, JIA Yao - qin², YANG Zhong - qing³

(1. Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China;

2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 3. Myway Labs Co., Ltd., Yokohama 222 - 0033, Japan)

Abstract: While the design of an IPM motor for extended speed operation poses several technical challenges, the success of the complete drive system depends on the availability of an appropriate control algorithm that can extract the full performance capabilities from the machine. This paper expounded and compared some kinds of control algorithms designed to IPM.

Key words: IPM; drive control; electrical vehicle

0 引言

电气驱动系统是电动汽车的心脏, 其核心由电动机、功率变换器和控制器构成。对电动汽车驱动电动机及控制系统的最基本要求是: 起动转矩大, 具有较宽的调速范围, 满足起动、爬坡等要求; 有较强的过载能力、快速的动态响应以及良好的起动加速性能, 适应电动汽车频繁起动和功率变化大的使用要求; 在整个运行区域具有高效率、高功率密度和转矩密度。

目前, 电动汽车驱动系统主要包括开关磁阻电动机系统、感应电动机系统、无刷直流电动机系统及永磁同步电动机系统。永磁同步电动机具有高功率密度、高效率、高转矩密度、良好的转矩平稳性、低振动噪声以及体积小、惯性低、响应快的特点^[1], 被广泛应用于电动车驱动系统。目前应用于电动车驱动的永磁同步电动机以内置式为主^[2]。

本文针对电动汽车的运行特点, 阐述和比较了研究较多的几种控制算法及其实现方法。

1 IPM 电动机的结构和数学模型

1.1 IPM 电动机的结构

永磁同步电动机 (以下简称 IPMSM) 的定子同三

相交流电动机的定子相同, 转子则根据永磁体的放置方式不同, 分为表贴式 (SPM) 或内置式 (IPM) 两种。表贴式永磁同步电动机制造工艺简单、成本低, 应用较为广泛, 但因转子表面无法安装起动绕组, 无异步能力, 不能用于异步起动永磁同步电动机^[1-2]。

内置式 IPMSM 也称为混合式永磁磁阻电动机。该电动机在永磁转矩的基础上迭加了磁阻转矩, 磁阻转矩的存在有助于提高电动机的过载能力和功率密度, 而且易于弱磁调速, 扩大恒功率范围运行。

1.2 IPM 电动机的数学模型^[1]

IPM 电动机在 d, q 坐标系下的模型描述如下:

电压方程:

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & -L_d \\ L_d & R_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \psi_f \end{bmatrix} \quad (1)$$

磁链方程:

$$\begin{bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \psi_f \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

电磁转矩方程:

$$T_{em} = \frac{3}{2} p i_q [\psi_f + (L_d - L_q) i_d] \quad (3)$$

电磁功率方程:

$$P_{em} = \frac{3}{2} [\psi_f i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (4)$$

式中: $u_d, u_q, i_d, i_q, L_d, L_q, \psi_f$ 为 d, q 轴电压、电流、电感、磁链; ψ_f 为永磁体磁链; R_a 为定子电阻; p