

永磁无刷直流电动机的发展及展望

胡文静

(山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061)

摘 要: 主要介绍永磁无刷直流电动机的发展历史, 并分析了其目前主要研究方向及其在国际上最新研究动向和发展前景。

关键词: 永磁无刷直流电动机; 换向; 位置传感器

中图分类号: TM 351

文献标识码: A

文章编号: 1001- 6848(2002)04- 0037- 02

Developments and Prospects of Permanent Magnetic Brushless DC Motor

HU Wen-Jing

(School of Electrical Engineering Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The history of the PMBDCM is introduced first, then the present main research directions are analysed at last the newest international research trends and optimistic prospect are presented

Key words: permanent magnetic brushless DC motor; commutation; position sensor

1 引言

永磁无刷直流电动机(简称 PM BDCM)是近年随着电子技术的迅速发展而发展起来的一种新型电机, 它用一套电子换向装置代替了有刷直流电动机的机械换向装置, 保留了有刷直流电动机宽阔而平滑的优良调速性能。同时又克服了有刷直流电动机机械换向带来的一系列缺点, 因此在各个领域中得到广泛应用, 如: 计算机的软盘驱动装置, 人工智能机器人, CD 机、空调器、电动交通工具乃至航空、航天航海业等。除具有有刷直流机的优点外, 还具有高能量密度, 高转矩惯性化高效率等特点, 同时, 现代电力电子技术和永磁材料的发展又为其发展提供了便利条件, 因此 PMBDCM 具有很强的生命力和发展前途。

2 无刷直流电动机的发展历史

有刷直流电动机作为最早的电动机广泛应用于工农业生产的各个领域, 由于其宽阔而平滑的优良调速性能, 在需要调速的应用领域占有重要地位, 但机械换向装置的存在, 限制了其发展和应用范围。机械换向不良的后果是电刷下面产生危害性火花, 严重时可能产生环火, 使其在煤矿、油田等具有可燃性气体的场合受到限制, 同时, 换向火花能引起对无线电通讯及控制设备的电磁干扰, 转速也受到机械换

向的干扰限制而不能很高。这些缺点在很长时间内没有得到根本改善。

科学技术的飞速发展, 带来了半导体技术的飞跃, 开关型晶体管的研制成功为创造新型的无刷直流电动机带来生机, 1955 年, 美国人首次提出用晶体管换向线路代替机械换向装置, 经过反复实验, 人们终于找到了用位置传感器和电子换向线路来代替有刷直流电动机的机械换向装置, 出现了磁电耦合式、光电式及霍尔元件作为位置传感器的无刷直流电动机, 以后人们发现电量波形和转子磁场的位置存在着一定的对应关系, 因此又出现了观测电枢绕组中不同电量波形监测转子位置的无位置传感器的电动机^[1]。

3 无刷直流电动机的发展状况及研究方向

近几十年, 稀土永磁材料迅速发展, 其本征矫顽力高、抗去磁能力强, 且常规去磁曲线在大范围线性可逆等特点为永磁无刷直流电动机的设计开辟了广阔的前景。同时现代电力电子器件工艺日臻成熟, 出现了电力晶体管(GTR)门极可关断晶闸管(GTO), 功率场效应晶体管(VDMOS), 特别是绝缘门极晶体管(IGBT), MOS 可控晶闸管(MCT)的开发成功, 使 PMBDCM 的功率驱动电路的可靠性和稳定性得到保障, 因此 PMBDCM 成为国际国内研究的热门课题, 数 10 年经久不衰。

在国内, 我国的 PMBDCM 在小功率(几十瓦到

收稿日期: 2002- 06- 11

几百瓦)范围内,已从科研转向生产,如西安微电机研究所研制的 45ZW - 1, 55ZW - 1, 70ZW - 1 系列产品,上海交大研制的卫星上专用的 PMBDCM,上海微电机研究所的无刷直流力矩电动机等,但大功率低转速的无刷直流电动机的研究方面发展不快,还未形成系列产品。

在国外: PMBDCM 的生产和应用取得很大进展,如日本仓毛电器公司研究出的 KRK 系列产品,西德西门子公司推出的 AD 系列产品。在大功率无刷直流电机方面,工业级的无刷直流电动机及驱动系统已达到 735~ 91 875W 的功率范围,特别是在美国,一些公司的 PMBDCM 产品已占据了不同的应用领域,例如 FUNK、USA 的产品主要应用于工厂自动化领域,PA PST 的产品主要应用于仪器设备领域,KOLLNORG 的产品主要应用于国防和航天领域^[2]。

在技术上研究方向主要分为电机本体和电子线路两方面。在本体方面: 转子永磁磁钢材料尺寸及磁钢的排列方式的选择应该合理,在满足各项性能指标的前提下,使电机的成本尽量低,存在一个优化问题,另外永磁电机的漏磁场情况比较复杂对电机性能也有一定影响,所以研究永磁电机的漏磁场分布一直是一个研究方向。

转矩波动是 PMBDCM 存在的突出问题,特别是在低转速、高精度、调速范围广的情况下,更要求尽量减少转矩波动,目前国际国内的研究人员正通过各种途径来解决这个问题,因此减少转矩波动是又一主要研究方向。

在电子线路方面,用观测电量的方法替代位置传感器的作用是一个必然趋势,如何对电势或电流进行采样,通过控制线路进行适当处理,使电机按正常的逻辑运行,都是目前课题的研究任务,向更高一步发展,可以利用计算机发展数字信号,控制电机的运行,使电机的控制人工智能化,也是研究的主导方向。

4 国际上无刷直流电动机的最新研究动向

自上世纪末起,逐渐形成 PMBDM 的研究热潮,针对其存在的问题,各国研究人员纷纷推出自己最新科研成果,其中美国的 Ahmed Rubaaj 博士及

其同事共同研制出一种新型的 PMBDCM,其转子跟普通的 PMBDCM 一样,而其定子却和普通的有刷直流机的转子极为相似,并能以转子位置传感器及逻辑开关电路,使定子绕组依次换向。其优点为,大大减少了转矩波动,可在较大范围内自然换向,充分提高了电机体积的利用率。再如:美国的 J. Y. Hung 博士等人,利用定子电流谐波的最优权重的设计方法,通过电流调节器等装置有效减少了电磁转矩及齿槽引起的转矩波动。还有英国的 Y. S. Cen, Z. O. Zhu 及 David Hower 博士研制成功了无齿槽的 PMBDCM,其主要作用也是减少转矩波动,提高电机效率^[3]。

针对位置传感器的改善,美国的 Keith A Corzine 博士等人最近研制出一种混合观测装置,通过固定于定子上的霍尔元件获得信号监测转子位置,以此代替价格不菲的光学编码器,大大降低了电机成本,且提高了监测精度,可谓物美价廉。另外,台湾的 H. G Chen 及 C. M. Lian 博士,通过智能换向调节装置实现了无位置传感器的控制,其主要原理是,监测电机端电压,通过开关信号发生器对换向位置作粗略估计。然后给出最佳转矩产生特性通过智能自调系统对换向瞬间进行微调。实验结果表明样机不论稳态还是瞬态均运行良好^[4]。

相信随着国际、国内对 PMBDCM 的研制和开发工作的日臻成熟和完善, PMBDCM 会愈发显示出其独特的经济价值和实用价值。

参考文献:

- [1] 叶金虎. 无刷直流电动机[M]. 科学出版社, 1982
- [2] 胡鸿祥. 美国无刷直流电动机市场和技术发展动向[J]. 微电机, 1991(4).
- [3] Y. S. Chen, Z. Q. Zhu, D. Howe. Slotless Brushless Permanent Magnet Machines: Influence of Design Parameter [J], IEEE Transactions on Energy Conversion, 1999, 14(3), 686—691.
- [4] H. C Chen, C. M Lian. Sensorless Control via Intelligent Commutation Tuning for Brushless DC Motor [J] IEE Proc. Electr. Power Appl, 1999, 146(6), 678 - 684

作者简介: 胡文静(1968—), 女, 讲师, 硕士, 主要研究方向为永磁电机, 电工新技术。