

纯电动车电机驱动控制系统现状与发展趋势

李斌花¹, 王地川², 钟 勇¹

(1. 湖南大学 机械与汽车工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 上海拖拉机内燃机公司, 上海 200433)

摘要: 介绍电动车对驱动系统的要求和电机驱动系统的构成, 进而对比现代电动车用电机的类型及相应的控制系统和控制策略, 介绍现代控制技术在电动车上的应用以及电动车驱动系统的发展趋势。

关键词: 纯电动车; 交流感应电机; 控制技术

Abstract: This paper introduces the requirements on driving system of PEV (pure electric vehicle), and its structure. It further compares the different types for PEV to use motors and their control stratagem. At last, it introduces the current situation and the development tendency of the PEV controlling system and driving system.

Key words: Purely electric vehicle; AC induction motor; Control technology

中图分类号: U 464

文献标识码: A

文章编号: 1006-3331(2005)01-0005-02

电动车是以电力作为能源, 由电动机驱动的车辆。本文只讨论纯电动车, 即仅以自身携带的电源为驱动能源的公路运输工具。

纯电动车是典型的零排放车。它不燃烧燃料, 没有燃烧产生的废气, 也没有冷却剂、机油等污染物。在空气污染日益严重, 而传统燃油汽车废气排放问题无法彻底解决的情况下, 电动车日益受到人们的重视。

1 电动车的电机驱动系统

电机驱动系统是电动车中最关键的系统, 电动车运行性能主要决定于电机驱动系统的类型和性能。电动车驱动系统一般由牵引电机、控制系统(包括电动机驱动器、控制器及各种传感器)、机械减速及传动装置、车轮等构成。

电动车与其它电力驱动系统相比较, 有其自身的特点。它对驱动系统有其相应的特殊要求^[1]:

(1) 能够频繁地起动、停车, 加减速, 对转矩控制的动态性能要求高。

(2) 电动车驱动的速度、转矩变化范围大, 既要工作在恒转矩区, 又要运行在恒功率区, 同时还要求保持较高的运行效率。

(3) 能在恶劣工作环境下可靠地工作。在确定了电动车的目标性能后, 对与之相匹配的电机驱动系统的性能可提出如下要求:

电机的转矩、速度特性能满足电动车对驱动性能的要求。

能实现对输出功率和转矩的迅速、平滑的控制。

系统整体效率高, 功率密度大。

能够在恶劣的工作环境下可靠地工作。

成本低, 易维修。

基于环保的思想, 利用电动机的可逆工作特性, 还可以实现制动能量回收, 即在电动车制动时, 驱动电机的工作状况由电动机状态转为发电机状态, 并将这些能量送回电池, 储存起来。

2 电动车驱动系统的组合形式

目前电动车驱动系统的组合形式主要有机械驱动系统、机电集成化驱动系统(它又分为平行轴式机电集成化驱动系统和同轴式机电集成化驱动系统两类)、机电一体化驱动系统和轮毂电机驱动几种^[2], 详见表1。

表1 电动车驱动系统组合形式

组合形式	特 点
机械驱动系统	(1) 用电机驱动系统取代内燃机驱动系统。 (2) 传动系统中选用或保留了内燃机汽车的变速器、传动轴、后桥和半轴等传动部件。
机电集成化驱动系统	取消齿轮变速器, 只采用一部分机械传动的齿轮、差速器、半轴等零部件来传递动力, 节省空间。
机电一体化驱动系统	(1) 左右车轮由两个双联式电动机分别驱动, 在双联式电机间用电子控制差速器来代替机械式差速器。 (2) 整车采用电子集中控制, 并将逐步实现网络化和自动化。
轮毂电机驱动	电机装在车轮轮毂中, 直接驱动车轮, 提高传动效率, 节省空间, 减少悬挂质量。

现代电动车电机驱动系统的发展方向是机电一体化驱动和轮毂电机驱动。它们使电动车摆脱了机械传动系统的约束, 使电气化集成控制成为可能, 从而有可能充分实现电动车的优势。

3 电机驱动系统的电机及其控制器

要有直流电动机、感应电动机、永磁同步电动机、开关磁阻电动机四类^[3-5]。详见表2。

目前正在应用或开发的电动车选用的电动机主

表2 电动车用电机驱动系统中选用的电机

电机类型		优点	缺点	应用前景
直流电机	串励直流电机	结构简单, 具有优良的电磁转矩控制特性。	(1) 有刷, 易产生电火花, 引起电磁干扰, 维护困难; (2) 价格高, 体积和重量大。	相比于其它驱动系统, 已处于劣势, 处于被淘汰地位。
	它励直流电机			
交流感应电动机		(1) 价格低; (2) 易维护; (3) 体积小。	控制装置较复杂。	已成为目前多数交流驱动电动车的首选。
永磁同步电动机	无刷直流电动机 (BLDCM)	(1) 控制器较简单; (2) 效率高, 能量密度大。	价格较贵。	随着稀土永磁材料的出现, 这类电机有望与交流感应电机争夺市场。
	无刷交流电动机 (BLACM)			
开关磁阻电动机 (SRM)		(1) 简单可靠, 可调范围宽, 效率高; (2) 控制灵活; (3) 成本低。	(1) 转矩波动大; (2) 噪声大; (3) 需要位置检测器; (4) 系统具有非线性特性。	目前应用还受到限制。

直流电机用斩波器作为其功率变换器。目前电动汽车上应用较广泛的是晶闸管斩波。它通过均匀地改变电动机的端电压来控制通过电动机的电流, 实现电动机的无级调速。随着电力电子技术的发展, 其他电力晶体管 (如 GTO、MOSFET、BTR 及 IGBT 等) 斩波调速装置也逐渐投入使用, 并有取代晶闸管斩波器的趋势。

交流电机一般采用直流斩波器加逆变器和 PWM (脉冲宽度调制) 逆变器两种方式。最近出现了谐振直流环节变换器和高频谐振交流环节变换器。对于交流电机来说, 由于电动车的电源 (蓄电池) 电压低, 采用直流斩波器加逆变器方式, 传输能量环节过多, 会降低整个系统的效率。而采用 PWM 电压型逆变器, 则线路简单、环节少、效率高。PWM 逆变器又分电压控制 PWM 和电流控制 PWM。

4 电动车驱动方案

现在使用较多的电动车用驱动电机中, 交流异步电机采用的控制方案有矢量控制和直接转矩控制两种; 永磁同步电机驱动因为控制系统比较复杂, 为达到最佳控制效果, 常常将两种或几种控制方案结合运用, 如采用最大转矩控制和弱磁控制原理以实现电机的效率最佳化和宽范围的调速方案, 集转矩控制和 PWM 控制于一身的控制方案等^[6]。

近来在电动车驱动系统中又出现了效率最优控制、无速度传感器交流调速控制系统和高频交流脉冲密度调制技术等几种新技术^[7]。随着交流电机在电动车驱动系统中的应用, 常规线性控制算法, 如 PI 和 PD 调节方法已不能再满足性能的控制要求。现

在各种现代控制技术开始应用在电动车电机驱动控制系统中, 如模糊控制、自适应控制、神经网络和专家系统等。

5 结束语

通过对电动车用电机的比较可见, 交流电机仍将是未来电动车电机驱动系统的首选, 其控制系统将随着电力电子技术的发展不断优化, 交流电机控制装置与控制技术将得到不断发展。随着现代控制理论的发展, 现在各种现代控制技术和微处理器已经在电动车驱动控制系统中发挥着重要的作用。电动车驱动控制系统必将向着各学科交叉、融合的方向发展, 成为一个机电集成的智能化系统。

参考文献

- [1] 陈清泉, 詹宜巨. 21 世纪的绿色交通工具——电动车 (第一版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 101-103
- [2] 宋慧. 电动汽车的驱动系统. 客车学术论文集 (C). 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [3] 孙立志, 赵辉, 陆永平, 等. 电动汽车中的电机驱动系统 [J]. 电工电能新技术, 1997, (4): 14-19
- [4] 王颖, 王婧. 电动汽车电子驱动系统综述 [J]. 电工技术, 1998, (4): 8-12
- [5] 苏彦民, 李宏. 交流调速系统的控制策略 (第一版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998: 103-107
- [6] 游琳娟, 吴汉光, 雷德森. 电动车电机及其控制技术的发展 [J]. 中小型电机, 2001, 28(1): 35-38
- [7] 马宪民. 电动汽车电气驱动系统的新技术. 公路交通科技 [J], 2002, 19(5): 144-147

修改稿日期: 2004-06-14