

## 电动汽车技术(5)

## 电动汽车电控系统发展现状及其趋势

湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室 余群明 石小波 王雄波 杨振东

世界汽车工业发展到今天,无论从生产、技术、规模、经济效益等各方面来看,都取得了巨大的成就。但是随之而来的是石油能源的逐渐趋于枯竭、环境污染日益严重和全球温室效应,这些都是全人类的公害。为此,节省能源、低排放甚至是零排放的电动汽车成为了有效的解决手段。

近几十年来,世界各国政府以及各大汽车制造商都在汽车新能源、汽车新动力以及新型电动汽车方面做了不少研究,也开发出了很多成功的产品。

在电动汽车方面,研究工作主要涉及纯电动汽车、混合动力汽车以及燃料电池汽车。其中纯电动汽车是研究最早的技术,但是电池技术以及成本问题成为其产业化的障碍。燃料电池汽车,尤其是立足于氢能基础上的燃料电池汽车正在成为电动汽车研发的新热点,但技术尚不成熟。在这种背景下,混合动力汽车作为一种过渡技术被世界各国,尤其是美、日等国加以研究。我国政府及各大汽车生产商也在加大混合动力汽车的研发力度。

电动汽车的研发中存在几个关键技术,如电池技术、电机驱动及其控制技术、电动汽车整车技术、电控技术等。本文主要就电动汽车电控技术的发展现状及趋势作简要分析。

## 1 电动汽车电控技术简介

电控系统是电动汽车的大脑,由各个子系统构成,每一个子系统一般由传感器、信号处理电路、电控单元、控制策略、执行机构、自诊断电路和指示灯组成。

在不同类型的电动汽车上,电控系统存在一些区别,但总体来说一般都包括能量管理系统、再生制动控制系统、电机驱动控制系统、电动助力转向控制系统以及动力总成控制系统等。

各个子系统功能不是简单的叠加,而是综合各子系统功能来控制电动汽车。

## 2 能量管理系统

能量管理系统是多能源电动汽车的核心,它由3部分组成:功率分配、功率限制和充电控制。其工作原理可以简单归纳为:由电子控制单元根据数据采集电路采集到的电池状态信息以及其它相关信息,进行数据分析和处理,并形成最终的指令和信息发送到相应的功能模块。

它所完成的功能包括维持电动车所有蓄电池组件的工

作,并使其处于最佳状态;采集车辆的各个子系统的运行数据,进行监控和诊断;控制充电方式和提供剩余能量的显示。

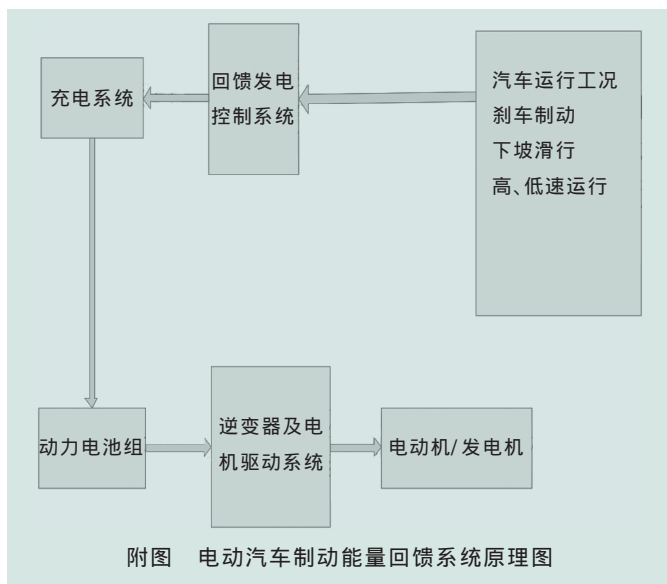
与电机控制技术相比,能量管理技术还不是很成熟。如何实现无损电池的充电、监控电池的充放电状态,避免过充电现象,并对电池实行定期的实时的检测、诊断和维护,最大限度地保证电池的正常可靠的运行,是很多学者正在研究的方向。而在能量管理系统中数据采集模块的可靠性、剩余能量估算模块的精度、安全管理模块等方面有待进一步提高。

## 3 再生制动控制系统

传统汽车的制动过程多依靠摩擦的方式消耗车辆行驶的动能而降低车速,其制动能量转化为热能散发到周围环境中去。

而电动汽车在制动时,可以将牵引电机转换为发电机,依靠车轮拖动电机产生电能和车轮制动力矩,从而在减缓汽车速度的同时将部分动能转化为电能储存起来,回收了能量,提高了汽车的续航里程。

一般而言,电动汽车制动能量回馈系统的原理如附图所示。



附图 电动汽车制动能量回馈系统原理图

再生制动能量回馈系统的研究是电动汽车开发中的一个重要环节,其设计开发需要综合考虑汽车动力学特性、电机发电特性、电池安全保证与充放电特性等多方面的问题。

采用再生制动技术,需要满足2个要求:(1)要满足制动效能、制动效能恒定性、制动时汽车的方向稳定性以及最大限

度地提高制动能量的回收程度;(2) 要满足司机操作的习惯、舒适性能的要求。

而这些性能的满足主要依赖于合理设计能量管理系统以及系统的控制策略。控制策略方面的3种典型控制策略有:并行制动系统控制策略、最佳制动能量回收控制策略以及理想制动力分配控制策略。其中并行制动系统控制策略是在传统汽车制动系统的基础上加入电机制动,其驱动轴在制动时是采用机械制动系统与再生制动系统联合制动;最佳制动能量回收控制策略是在保证制动要求的前提下最大限度地回收制动能量;理想制动力分配控制策略是在保证最佳制动性能的前提下尽量回收制动能量。这3种控制策略中,并行制动系统控制策略较简单,另2种比较复杂,而且要求精确的计算和控制。

总体来说,国内关于制动能量回收的研究还处在初级阶段。如何设计更加合理的系统及其控制策略以满足制动要求和人性化要求,使再生制动与电动汽车性能匹配更加优化将成为电动汽车研究的重要方向。

## 4 电机驱动控制系统

电机驱动控制系统的好坏关系着电动汽车能否安全可靠地运行。电机驱动系统主要由电机、电力电子变流器、数字控制器和传感器等几个核心部分组成。其中电机的使用具体情况可以参见附表。

| 研发单位                                     | 电动车类型                                 | 电机类型                |
|--|---------------------------------------|---------------------|
| 第一汽车集团公司<br>美国电动车(亚洲)公司<br>汕头国家电动汽车试验示范区 | 混合动力<br>轿车—CA718OAE                   | 直流电机                |
| 天津清源电动车有限公司                              | QY6720HEV<br>混合动力客车                   | 交流电机                |
| 东风电动车辆股份有限公司                             | EQ6110HEV<br>混合动力客车                   | 开关磁阻电机              |
| 一汽集团                                     | 解放牌 CA6100SH8<br>混合动力客车               | 交流异步感应电机            |
| 湘潭电机股份有限公司                               | XD6120 混合动力<br>电动城市客车                 | 变频调速感应异步<br>电动/发电机  |
| 株洲时代集团公司                                 | TEG61120CK- HEV<br>混合动力公交车            | 三相交流异步电机            |
| 日野汽车                                     | 混合动力汽车<br>(HIMR)                      | 三相交流电机              |
| 丰田                                       | Coaster 混合动力车<br>丰田 Prius             | 交流感应电机<br>永磁同步交流电动机 |
| 三菱                                       | 串联式 Canter<br>混合动力车                   | 交流感应电机              |
| 本田                                       | Insight Civic Hybrid<br>Accord Hybrid | 薄型 DC 无刷电机          |
| 通用                                       | Precept                               | 交流电机                |
| 戴姆勒-克赖斯勒                                 | ESX3                                  | 直流永磁无刷电机            |

从附表可以看出,目前电动汽车电机驱动系统中,主要采用感应电机、永磁同步电机和开关磁阻电机;电机驱动控制系统由电力电子逆变器向 IGBT 集成模块发展,传感器向集成智能传感器发展,在电机的控制方法方面,传统的控制方法是直流电机的励磁控制法与电枢电压控制法;开关磁阻电动机的

角度位置控制、电流斩波控制以及电压控制;感应电机主要有 V/F 控制、转差频率控制、矢量控制和直接转矩控制等等。

近几年来出现了许多先进的控制方法包括自适应控制、变结构控制、模糊控制和神经网络控制、闭环控制、鲁棒控制、滑模控制、专家系统、模型参考自适应控制、非耦合控制、交叉耦合控制以及协调控制等都适用于电机驱动。

## 5 电动助力转向系统

电动助力转向系统通常由传感器、电子控制单元、电动机、电磁离合器和减速机构等组成。其工作原理是电子控制单元根据转向盘的输入力矩、转动方向以及汽车速度等信号,决定电动机的旋转方向和助力电流的大小,并将指令传递给电动机,通过离合器和减速机构将辅助动力施加到转向系统中,从而完成实时控制的助力转向。

日本是进行电动助力转向系统开发最早的国家,欧美国家其次,而我国相对较晚。现今电动助力转向系统日趋完善,在降低自重、减少生产成本、控制系统发热、电流消耗、内部摩擦,与整车进行匹配获得合理的助力特性以及保证良好的路感方面取得了重大的进步。

电动助力转向系统的进一步发展,一方面需要开发可靠性高、成本低的传感器;另一方面需要开发满足助力要求、驾驶员舒适性要求以及低成本的助力电机。而可靠性高、低成本、高效率以及高功率的直流无刷电机是今后助力电机的研究方向。此外,如何设计合理的控制策略以保证电动助力转向系统的动态性能、稳定性能以及可靠性,保证驾驶员获得良好的路感,使系统能与整车上其他控制子系统相互通信协调以实现整车综合控制,是今后研究的重点,而更多的先进控制策略如人工智能控制方法将应用于电动助力转向系统的控制中。

## 6 动力总成控制系统

动力总成控制系统包括动力总成控制单元、发动机电控单元、电机控制器、AMT 控制器及动力电池管理系统。其中动力总成控制单元用以确定发动机与电动机输出功率的比例,以满足汽车的动力性能、经济性、排放性等性能指标,保证换挡操作过程的平顺性。

多能源动力总成控制单元的研究成为近年来电动汽车技术发展和产业进程中的重要研究开发方向。在这方面国外已开发出了不少成熟的动力总成控制器。我国尚处于起步阶段。而动力系统结构、控制策略和控制逻辑的研究将成为动力总成控制单元的重点。

## 7 结束语

世界各国都在大力研究电动汽车技术。作为电动汽车技术核心的电控系统仍然是研究的重点。我国虽然起步稍晚,但只要抓住机遇,加大电动汽车关键技术包括电动汽车电控系统的研发力度,就有可能在世界汽车工业新一轮竞争中取得领先地位,使我国汽车工业得到长远发展。