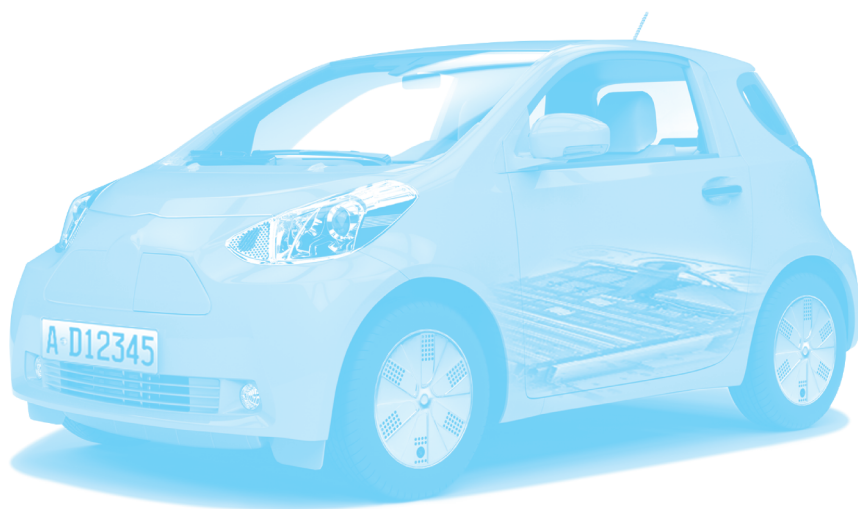


智能电动汽车系列精品教材
湖南省省级精品在线开放课配套教材

新能源汽车 驱动电机与控制技术

XINNENGYUAN QICHE QUDONG DIANJI YU KONGZHI JISHU

主 编 李 琼 易宏彬
副主编 周 云 王彦霖 刘云飞
主 审 易 杰 聂 进



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书共 13 个学习情境,内容包括新能源汽车驱动电机的认知、新能源汽车电机驱动系统与传动系统、新能源汽车驱动电机的发展历史与趋势、功率半导体器件、功率变换电路、直流电机及其控制技术、无刷直流电机及其控制技术、交流异步电机及其控制技术、永磁同步电机及其控制技术、开关磁阻电机及其控制技术、轮边/轮毂电机的工作原理与应用、新能源汽车驱动电机的更换、新能源汽车驱动电机控制系统的检修。

本书可作为高职类院校智能电动汽车专业学生的教材,也可作为新能源汽车维修技术人员或汽车类从业人员的参考书及培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车驱动电机与控制技术 / 李琼, 易宏彬主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2019. 6 (2026. 1 重印)

ISBN 978-7-5635-5744-8

I. ①新… II. ①李… ②易… III. ①新能源—汽车—驱动机构—控制系统—研究 IV. ①U469.720.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 122965 号

策划编辑: 马子涵 责任编辑: 马子涵 封面设计: 张瑞阳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 河北龙大印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 11.5

字 数: 280 千字

版 次: 2019 年 6 月第 1 版

印 次: 2026 年 1 月第 9 次印刷

ISBN 978-7-5635-5744-8

定 价: 38.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233

能源短缺和环境污染是全球汽车产业面临的共同挑战,各国政府及产业界积极应对,纷纷提出各自的发展战略,目前,新能源汽车已成为 21 世纪汽车工业的发展热点。我国是一个能源相对短缺的国家,非常重视新能源汽车的研发。2018 年,我国新能源汽车产销分别完成 127 万辆和 125.6 万辆,比上年同期分别增长 59.9% 和 61.7%。

随着家庭平均汽车保有量的迅速增长,汽车给整个社会带来的能源、环境、交通和安全的压力日益加大。尽管汽车在轻量化、电动化、排放控制技术和安全技术方面已经有了长足的进步,尤其是近几年互联网和通信技术在汽车的独立驾驶与智能化方向为汽车产业提供了极大的发展及创新的空间,但诸多的发展也给汽车产业带来无限的挑战。行业的快速变化急需培养一大批不仅懂专业技术,更熟悉跨界知识的创新型人才。

为了满足新能源汽车领域人才培养的多学科交叉性、行业化、工程化和国际化需求,编者立足于多年来职业院校建设的基础之上,结合新能源汽车行业现有先进技术,紧跟国际前沿发展方向,把握创新特点,遴选新能源汽车领域驱动电机与控制技术的最新成果,编写了本书。

本书的参考学时为 60 学时,其中实训为 20 学时。具体学时分配见下表。

学习情境	学时分配	
	理论	实训
学习情境一 新能源汽车驱动电机的认知	2	0
学习情境二 新能源汽车电机驱动系统与传动系统	2	0
学习情境三 新能源汽车驱动电机的发展历史与趋势	2	0
学习情境四 功率半导体器件	2	0
学习情境五 功率变换电路	4	2
学习情境六 直流电机及其控制技术	4	2
学习情境七 无刷直流电机及其控制技术	4	2
学习情境八 交流异步电机及其控制技术	4	2
学习情境九 永磁同步电机及其控制技术	4	2

续表

学习情境	学时分配	
	理论	实训
学习情境十 开关磁阻电机及其控制技术	2	0
学习情境十一 轮边/轮毂电机的工作原理与应用	2	2
学习情境十二 新能源汽车驱动电机的更换	4	4
学习情境十三 新能源汽车驱动电机控制系统的检修	4	4
合计	40	20

本书为湖南省省级精品在线开放课程“驱动电机及控制技术”的配套教材。本书由湖南工业职业技术学院李琼、易宏彬任主编,周云、王彦霖、刘云飞任副主编。其中学习情境一至学习情境三、学习情境十至学习情境十三由李琼编写,学习情境四至学习情境六由易宏彬编写,学习情境七由周云编写,学习情境八由王彦霖编写,学习情境九由刘云飞编写。此外,参与编写的还有湖南工业职业技术学院刘凯、李波波等,以及厦门城市职业学院张津蕾、威海职业学院李红亮、邵阳职业技术学院刘雅绮等。李琼负责全书的统稿工作。全国机械职业教育教学指导委员会材料专指委委员、湖南工业职业技术学院机械工程学院副院长易杰和娄底职业技术学院汽车学院院长聂进主审了全书,并提出了很多宝贵的修改意见,在此表示诚挚的谢意!

本书可作为高职类院校智能电动汽车专业学生的教材,也可作为新能源汽车维修技术人员或汽车类从业人员的参考书及培训教材。

本书在编写过程中参阅了大量国内公开发表或出版的资料、文献及汽车工程手册,并引用了其中的部分图表资料,在此谨向相关作者表示深深的谢意。

鉴于新能源汽车驱动电机与控制技术涉及的知识 and 内容比较广泛,本书只取主要部分,加上编写时间仓促、编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

学习情境一 新能源汽车驱动电机的认知..... 1

【学习情境描述】	1
【学习内容】	1
一、课前任务单	1
二、相关资讯	2
三、决策与计划	6
四、实施	6
五、检测与评估	6
【情境小结】	6
【思考与练习】	7

学习情境二 新能源汽车电机驱动系统与传动系统 8

【学习情境描述】	8
【学习内容】	8
一、课前任务单	8
二、相关资讯	9
三、决策与计划	17
四、实施	17
五、检测与评估	17
【情境小结】	18
【思考与练习】	18

学习情境三 新能源汽车驱动电机的发展历史与趋势 19

【学习情境描述】	19
【学习内容】	19
一、课前任务单	19
二、相关资讯	20
三、决策与计划	29
四、实施	29
五、检测与评估	29
【情境小结】	29
【思考与练习】	30

学习情境四 功率半导体器件 31

【学习情境描述】	31
【学习内容】	31
一、课前任务单	31
二、相关资讯	32
三、决策与计划	40
四、实施	41
五、检测与评估	41
【情境小结】	41
【思考与练习】	41

学习情境五 功率变换电路 42

【学习情境描述】	42
【学习内容】	42
一、课前任务单	42
二、相关资讯	43
三、决策与计划	61
四、实施	61
五、检测与评估	61
【情境小结】	62
【思考与练习】	62

学习情境六 直流电机及其控制技术 63

【学习情境描述】	63
【学习内容】	63
一、课前任务单	63
二、相关资讯	64
三、决策与计划	79
四、实施	79
五、检测与评估	79
【情境小结】	79
【思考与练习】	80

学习情境七 无刷直流电机及其控制技术 81

【学习情境描述】	81
【学习内容】	81
一、课前任务单	81

二、相关资讯	82
三、决策与计划	96
四、实施	97
五、检测与评估	97
【情境小结】	97
【思考与练习】	97

学习情境八 交流异步电机及其控制技术 99

【学习情境描述】	99
【学习内容】	99
一、课前任务单	99
二、相关资讯	100
三、决策与计划	111
四、实施	112
五、检测与评估	112
【情境小结】	112
【思考与练习】	112

学习情境九 永磁同步电机及其控制技术 114

【学习情境描述】	114
【学习内容】	114
一、课前任务单	114
二、相关资讯	115
三、决策与计划	123
四、实施	123
五、检测与评估	124
【情境小结】	124
【思考与练习】	124

学习情境十 开关磁阻电机及其控制技术 125

【学习情境描述】	125
【学习内容】	125
一、课前任务单	125
二、相关资讯	126
三、决策与计划	137
四、实施	137
五、检测与评估	138
【情境小结】	138
【思考与练习】	138

学习情境十一 轮边/轮毂电机的工作原理与应用 139

【学习情境描述】	139
【学习内容】	139
一、课前任务单	139
二、相关资讯	140
三、决策与计划	149
四、实施	149
五、检测与评估	149
【情境小结】	149
【思考与练习】	150

学习情境十二 新能源汽车驱动电机的更换 151

【学习情境描述】	151
【学习内容】	151
一、课前任务单	151
二、相关资讯	152
三、决策与计划	159
四、实施	159
五、检测与评估	159
【情境小结】	160
【思考与练习】	160

学习情境十三 新能源汽车驱动电机控制系统的检修 161

【学习情境描述】	161
【学习内容】	161
一、课前任务单	161
二、相关资讯	162
三、决策与计划	171
四、实施	172
五、检测与评估	172
【情境小结】	172
【思考与练习】	172

参考文献 175

新能源汽车驱动电机的认知

学习情境描述

随着共享汽车越来越广泛地推广,小王常常开着共享汽车出门办事。他经常开的是一辆新能源汽车,发现新能源汽车的动力总成与传统汽车有很大不同。请你为小王介绍一下新能源汽车的驱动电机。

学习目标

1. 了解新能源汽车驱动电机;
2. 掌握电动汽车对驱动电机的特性要求;
3. 了解电动汽车驱动电机的分类;
4. 掌握新能源汽车驱动电机的选型。

工作任务

1. 在教师的指导下,制订新能源汽车驱动电机的认知计划;
2. 根据认知计划对新能源汽车驱动电机进行认知。

学习内容

一、课前任务单

根据查找的资料,完成课前任务单(见表 1-1)。

表 1-1 新能源汽车驱动电机的认知课前任务单

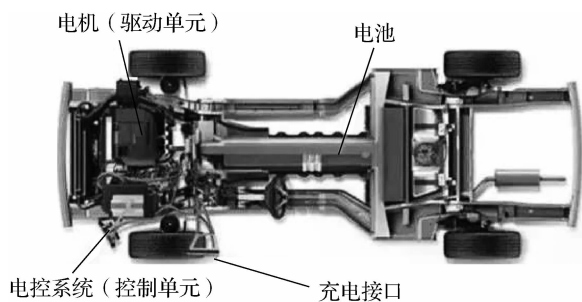
- | |
|-------------------------|
| 1. 电动汽车的动力系统由()和()组成。 |
| 2. 新能源汽车驱动电机有哪些不同的种类? |
| 3. 电动汽车的驱动电机有哪些特性要求? |



二、相关资讯

资讯一 新能源汽车驱动电机基础认知

作为新能源汽车的核心部件(电池、电机、电控系统,见图 1-1)之一,驱动电机及其控制系统未来发展前景可观。



视频

新能源汽车驱动电机概述

图 1-1 新能源汽车的核心部件

新能源汽车具有环保、节能、结构简单三大优势,这在纯电动汽车上体现得尤为明显:以电机代替燃油机,由电机驱动而不需要自动变速箱。相对于自动变速箱,电机结构简单,技术成熟,运行可靠。要使电动汽车具有良好的使用性能,驱动电机应具有较宽的调速范围及较高的转速、足够大的起动转矩,还要体积小、质量轻、效率高、动态制动性强,并具有能量回馈的性能。

电动汽车中的燃料电池汽车(FCV)、混合动力汽车(HEV)和纯电动汽车(EV)三大类都要用电机来驱动行驶,选择合适的电机是提高各类电动汽车性价比的重要因素,因此研发或完善能同时满足车辆行驶过程中的各项性能要求,并具有坚固耐用、造价低、效能高等特点的驱动电机显得极其重要。

资讯二 驱动电机的性能要求与技术优势

1. 电动汽车对驱动电机的性能要求

与传统工业驱动电机不同,电动汽车的驱动电机系统通常要求能够频繁地起动/制动、加速/减速,低速/爬坡时要求高转矩,高速行驶时要求低转矩且变速范围大。电动汽车对驱动电机的性能要求归纳如下。

(1)体积小、质量轻。为了充分利用有限的车载空间,减小车辆质量,降低运行中的能量消耗,应尽量减小驱动电机的体积和质量。电机可以采用铝合金外壳,各种控制装置和冷却系统等也要求尽可能轻量化和小型化。

(2)全速段高效运行。一次充电续航里程长,特别是在车辆频繁起停或变速运行的情况下,驱动电机应具有较高的效率。

(3)低速大转矩及宽范围的恒功率特性。即使没有变速器,驱动电机本身也应能满足所需的转矩特性,以满足在起动、加速、行驶、减速、制动等各种运行工况下的功率和转矩要求。



驱动电机应具有自动调速功能,以减轻驾驶员的操作强度,提高驾驶的舒适度,并且能够达到与传统内燃机汽车同样的控制响应。

(4)高可靠性。在任何运行工况下都应具有高可靠性,以确保车辆的行驶安全。

(5)高电压。在允许的范围内尽可能采用高电压,可以减小电机的尺寸和控制器、导线等设备的尺寸,特别是可以降低逆变器的成本。

(6)安全性能达标。动力电池组、驱动电机等强电部件的工作电压能达到 300 V 以上,对电气系统和控制系统的安全性提出了更高的要求,新能源汽车驱动电机必须符合车辆电气控制的相关安全性能标准和规定。

(7)高转速。与低转速电机相比,高转速电机的体积和质量较小,有利于降低整车装备的质量。

(8)使用寿命长。为降低新能源汽车的使用成本,驱动电机的使用寿命应与车辆寿命保持一致,真正实现节能环保的目标。

同时驱动电机还要求具有耐温和耐潮性能好、运行噪声低、结构简单、成本低、适合批量生产、使用维护方便等特点。

2. 驱动电机的技术优势

电机驱动与发动机驱动相比具有以下两大技术优势。

(1)由于发动机能高效产生转矩时的转速被限制在一个较窄的范围内,因而需通过庞大而复杂的变速机构来适应这一特性,而电机可以在相当宽广的转速范围内高效地产生转矩。

(2)电机实现转矩的快速响应性指标要比发动机高出两个数量级。常规来说,电气执行的响应速度都要比机械机构快几个数量级,因此随着计算机电子技术的发展,用先进的电气控制系统来取代笨重、庞大而响应滞后的部分机械、液压装置已成为技术进步的必然趋势。这样不但使各项性能指标大大提高,也将使制造成本降低。

资讯三 驱动电机的分类、性能对比与国内发展现状

1. 驱动电机的分类

驱动电机可分为两大类,即有换向器(又称电刷)电机和无换向器电机。习惯上将带有换向器的直流电机简称为直流电机。由于技术成熟、控制简单,直流电机曾在电力驱动领域有着突出的地位。实际上各类直流电机(包括串励、并励、他励和永磁直流电机)都曾在电动汽车上得到应用。但其换向器需要经常维护,可靠性低,正在被交流无换向器电机取代。

无换向器电机包括感应电机、永磁同步电机、开关磁阻电机等。无换向器电机在效率、功率密度、运行成本、可靠性等方面明显优于传统的直流电机,因此在现代电动汽车中获得广泛应用。

电动汽车驱动电机的分类汇总如图 1-2 所示。

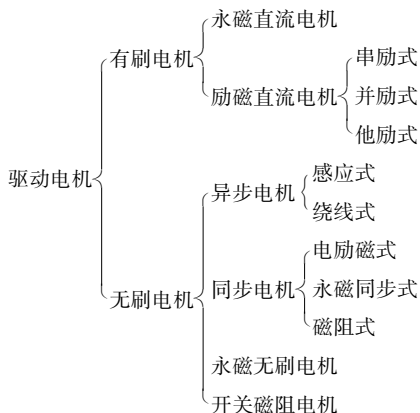


图 1-2 电动汽车驱动电机的分类

2. 驱动电机的性能对比

电动汽车驱动电机性能对比见表 1-2。

表 1-2 电动汽车驱动电机性能对比

性 能	无刷直流电机	交流异步电机	永磁同步电机	开关磁阻电机
功率密度	差	一般	好	一般
力矩转速性能	一般	好	好	好
转速范围/(r·min ⁻¹)	4 000~6 000	9 000~15 000	4 000~10 000	>15 000
最大功率/kW	85~89	94~95	95~97	<90
可操作性	差	好	好	好
结构坚固性	差	好	一般	好
体积、质量	大、重	一般、一般	小、轻	小、轻
负荷率/%	80~87	79~85	90~92	80~86

3. 驱动电机在国内的发展现状

典型驱动电机在新能源汽车上的应用如下：交流异步电机主要应用在纯电动汽车中，永磁同步电机主要应用在混合动力汽车中，开关磁阻电机目前主要应用在客车中。而从我国不同种类新能源汽车驱动电机的应用来看，目前交流异步感应电机和开关磁阻电机主要应用于新能源商用车，特别是新能源客车，开关磁阻电机的实际装配应用较少；永磁同步电机主要应用于新能源乘用车。比较各种驱动电机在国内的发展现状如下。

(1)对于交流异步电机驱动系统，我国已建立了具有自主知识产权的开发平台，形成了小批量生产的开发、制造、试验及服务体系；产品性能基本满足整车需求，大功率异步电机系统已广泛应用于各类电动客车；通过示范运行和小规模市场化应用，产品可靠性得到了初步验证。

(2)对于开关磁阻电机驱动系统，我国已初具优化设计和自主研发能力，通过合理设计



电机结构、改进控制技术,产品性能基本满足整车需求;部分公司已具备年产 2 000 套的生产能力,能满足小批量配套需求,目前部分产品已配套整车示范运行,效果良好。

(3)对于无刷直流电机驱动系统,国内企业通过合理设计及改进控制技术,有效提高了无刷直流电机性能,产品基本满足电动汽车需求,企业已初步具有机电一体化设计能力。

(4)对于永磁同步电机驱动系统,我国已具有一定的研发能力和生产能力,开发了不同系列产品,可应用于各类电动汽车;产品部分技术指标接近国际先进水平,但总体水平与国外仍有一定差距;基本具备永磁同步电机集成化设计能力;多数公司仍处于小规模试制生产阶段,少数公司已投资建立车用驱动电机系统专用生产线。

永磁电机的主要材料有钕铁硼磁钢、硅钢等。部分公司掌握了电机转子磁体先装配后充磁的整体充磁技术。国内研制的钕铁硼永磁体最高工作温度可达到 280 °C,但技术水平仍与德国和日本有较大差距。硅钢是制造电机铁心的重要磁性材料,其成本占电机本体的 20%左右,其厚度对铁耗有较大影响,日本已生产出 0.27 mm 的硅钢片用于车用电机。

资讯四 新能源汽车驱动电机的选型

选择新能源汽车驱动电机的关键是电机的机械特性。至今为止,电动汽车采用的驱动电机主要包括交流异步电机、永磁同步电机、无刷直流电机和开关磁阻电机。驱动电机的机械特性可以用转矩-转速特性和功率-转速特性曲线来表示,并可作为选择电机的参考依据。

在选择新能源汽车的驱动电机时,可以向电机生产厂家提出所需要的各种性能参数,以作为电机设计的依据。实际上大多数情况下是新能源汽车制造商根据电机生产厂家提供的技术性能参数选择现成的电机,可供选用的电机种类繁多,功率范围很广。新能源汽车对于驱动电机的调速范围、可靠性、在恶劣环境下的工作能力等方面有比较高的要求。

1. 额定电压的选择

电机电压主要依据车辆总体参数的要求来选择,车辆的自重、电池等相关参数确定后,才能确定电机的电压、转速等参数。即当车辆自重确定后,电池的个数就确定了,电机的电压等级也随之确定。但总体要求是尽可能提高电压等级,这样就可以使电机在满足驱动要求的情况下功率小一些,电机的电流也小一些,这样电池的容量选择、安装空间、安装方式等就更容易处理。

2. 额定转速的选择

根据电动汽车的速度、动力性能的要求,需要选择不同转速的驱动电机。

(1)低速电机。低速电机的转速为 3 000~6 000 r/min,扩大的恒功率区的低速电机额定转矩高,转子电流大,电机的尺寸和质量较大,且相应的转换器、控制器的尺寸也较大,各种电器的损耗较大,但减速器的速比较小。一般低速电机的转动惯量大,反应慢,不太适用于电动汽车。

(2)中速电机。中速电机的转速为 6 000~10 000 r/min,它的各种参数介于低速电机和高速电机之间。电动汽车多采用中速电机作为驱动电机。



(3)高速电机。高速电机的转速为 10 000~15 000 r/min,扩大的恒功率区宽,尺寸和质量较小,相应的转换器和控制器的尺寸也较小,各种电器的内在损耗较小。而其减速器的速比要大大增加,通常需要采用行星齿轮传动机构。高速电机的使用主要受电磁材料的性能、高速轴承的承载能力的限制。一般高速电机的转动惯性小,起动快,停止也快,电动汽车常采用高速电机作为驱动电机。

三、决策与计划

结合以上内容,分析对新能源汽车驱动电机的认知,学生分组,每个小组各自查资料、讨论,制订实训计划,见表 1-3。

表 1-3 新能源汽车驱动电机的认知计划书

任务名称		专 业		班 级	
学生姓名		学生学号		任务成绩	
记录项目	具体内容				
前期准备	工 具	设 备		辅助材料	
安全检查					
新能源汽车驱动电机的认知	1. 请调查三辆不同类型新能源乘用车所使用的驱动电机的类型和参数。 2. 请调查三辆不同类型新能源商用车所使用的驱动电机的类型和参数				

四、实施

小组分工合作,按照所制订的新能源汽车驱动电机的认知计划,对新能源汽车驱动电机进行认知。

五、检测与评估

综合整个学习过程,对学生的表现进行成绩评定,可采用学生互评、教师评价相结合的方式。

情境小结

本情境主要介绍了新能源汽车驱动电机,介绍了电动汽车对驱动电机的特性要求,介绍了电动汽车驱动电机的分类,介绍了新能源汽车驱动电机的选型等内容。



思考与练习

一、判断题

1. 低速电机的转速一般为 3 000~6 000 r/min。 ()
2. 中速电机的转速一般为 6 000~10 000 r/min。 ()
3. 高速电机的转速一般为 10 000~15 000 r/min。 ()

二、选择题

1. 下列部件中,()是电动汽车的关键部件。
A. 雨刮器 B. 座椅调节电机 C. 驱动电机
2. 电动汽车常采用()作为驱动电机。
A. 低速电机 B. 中速电机 C. 高速电机

三、问答题

1. 电动汽车对驱动电机的特性有哪些要求?
2. 电机驱动与发动机驱动相比有哪些技术优势?

新能源汽车电机驱动系统 与传动系统

学习情境描述

大家都知道新能源汽车依靠电机驱动,那么它的电机驱动系统与传动系统和传统汽车相比会有哪些不一样的地方呢?作为一种新车型,新能源汽车到底有哪些方面的优势呢?

学习目标

1. 了解电机驱动系统的特点和技术参数;
2. 掌握新能源汽车的传动系统的种类;
3. 了解电机驱动系统的控制策略;
4. 掌握转子位置传感器的工作原理。

工作任务

1. 在教师的指导下,制订新能源汽车电机驱动系统与传动系统的认知计划;
2. 根据认知计划对新能源汽车电机驱动系统与传动系统进行认知。

学习内容

一、课前任务单

根据查找的资料,完成下列课前任务单(见表 2-1)。

表 2-1 新能源汽车电机驱动系统与传动系统课前任务单

- | |
|---|
| 1. 电机驱动系统的特性直接影响车辆的()、()和()。 |
| 2. 电机控制器的主要功能有哪些? |
| 3. 整车控制器根据车辆运行的不同情况,包括()、()、(),来决定电机输出转矩/功率。 |



二、相关资讯

新能源汽车的驱动系统包括电机驱动系统和传动系统两个部分。

资讯一 新能源汽车电机驱动系统简介

1. 电机驱动系统的基本组成

电机驱动系统是新能源汽车车辆行驶系统中的主要执行机构,其驱动特性决定了汽车行驶的主要性能指标,直接影响车辆的动力性、经济性和舒适性,它是新能源汽车的重要部件。电机驱动系统主要由电机、功率变换器、控制器、各种检测传感器及电源等部分构成,其基本组成框图如图 2-1 所示。

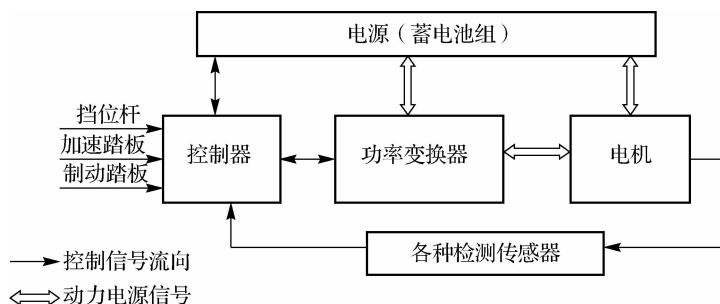


图 2-1 电机驱动系统的基本组成框图

(1)电机。电机一般要求具有电动、发电两项功能,按类型可选用直流电机、交流电机、永磁无刷电机或开关磁阻电机等几种。

(2)功率变换器。功率变换器按所选电机类型,有 DC/DC(直流/直流)功率变换器、DC/AC(直流/交流)功率变换器等形式,其作用是按所选电机驱动电流要求,将蓄电池的直流电转换为相应电压等级的直流、交流或脉冲电。

(3)控制器。控制器主要起到调节电机运行状态的作用,以满足整车不同的运行要求。针对不同类型的电机,控制的原理与方式有很大差别。控制器的主要功能包括:怠速控制(爬行),控制电机正转(前进),控制电机反转(倒车),能量回收(交流转换直流),驻坡(防溜车)。

控制器的另一个重要功能是通信和保护,实时进行状态和故障检测,保护电机驱动系统和实现故障反馈。

2. 电机驱动系统的特点

新能源汽车电机驱动系统的特点如下。

(1)采用三相永磁交流电机(DM)、电机控制器(MCU)可调整输出电流和电机转速,电机和电机控制器采用水冷方式以防止温度过高。

(2)整车控制器(VCU)根据驾驶员意图发出各种指令,电机控制器响应并反馈,实时调整驱动电机输出。



3. 电机驱动系统的技术参数

以北汽新能源 EV200 车型为例,其驱动电机技术参数见表 2-2,驱动电机控制器技术参数见表 2-3。

表 2-2 驱动电机技术参数

技术指标	技术参数
类型	永磁同步
额定转速/(r·min ⁻¹)	2 812
转速范围/(r·min ⁻¹)	0~9 000
额定功率/kW	30
峰值功率/kW	53
额定转矩/(N·m)	102
峰值转矩/(N·m)	180
质量/kg	45
防护等级	IP67
尺寸(定子直径×总长)/mm	(ϕ)245×(L)280

表 2-3 驱动电机控制器技术参数

技术指标	技术参数
直流输入电压/V	336
工作电压范围/V	265~410
控制器电源电压/V	12
控制器电源电压范围/V	9~16
标称容量/kVA	85
质量/kg	9
防护等级	IP67
尺寸(长×宽×高)/mm	403×249×140

资讯二 新能源汽车传动系统简介

与内燃机驱动的传统汽车相比,电机驱动的电动汽车可方便地布置电机驱动单元,可以用一台电机进行集中驱动,也可以用多台电机分布于汽车的不同位置实现分布式驱动。

电动汽车结构布置灵活多变,概括起来分为电机中央驱动和电动轮驱动两种形式。电机中央驱动形式借用了内燃机汽车的驱动方案,将内燃机换成电机及其相关器件,仅有一台电机,电机驱动系统的体积、质量和成本可以最小化,另外控制简单,差速、转向等可借用传统汽车的成熟控制技术,但笨重、效率低。而在机械传动装置方面,电动轮驱动形式较电机



中央驱动形式可减小每一台电机的体积和质量,省去机械传动部分,效率显著提高,使传动系统得到简化,但是增加了控制系统的复杂程度与成本。

目前纯电动汽车驱动电机分为传统驱动布置形式、电机与驱动桥组合驱动布置形式、电机与驱动桥集成驱动布置形式、轮边电机驱动布置形式、轮毂电机驱动布置形式等。

1. 传统驱动布置形式

传统驱动布置形式如图 2-2 所示,该布置形式与传统汽车的布置形式基本相同,通常是在传统汽车的基础上改装而成的,把电机放在原燃油发动机的位置。这种布置形式可以提高纯电动汽车的起动转矩,增加低速时纯电动汽车的后备功率。这种驱动系统布置形式有电机前置-驱动桥前置、电机前置-驱动桥后置等驱动模式。但是这种驱动系统布置形式结构复杂、效率低,不能充分发挥驱动电机的性能。现在纯电动汽车很少采用这种布置形式。在此基础上还有一种简化的传统驱动系统布置形式,即采用固定速比减速器,去掉离合器,这种驱动系统布置形式可减少机械传动装置的质量,缩小其体积。

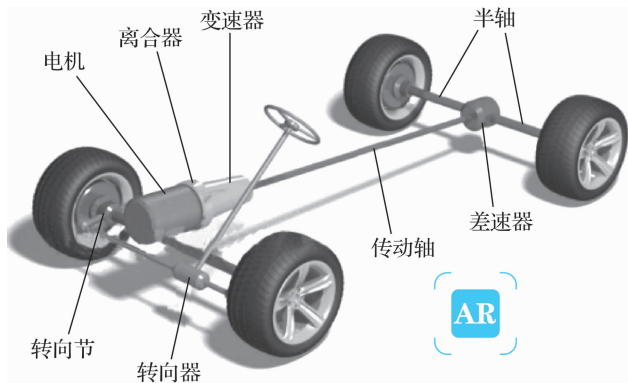


图 2-2 传统驱动布置形式

2. 电机与驱动桥组合驱动布置形式

电机与驱动桥组合驱动布置形式如图 2-3 所示,这种驱动系统布置形式即在驱动电机端盖的输出轴处加装减速器和差速器等,电机、固定速比减速器、差速器的轴互相平行,一起组合成一个驱动整体。它通过固定速比减速器来放大驱动电机的输出转矩,但没有可选的变速挡位,也就省掉了离合器。这种布置形式的传动系统结构紧凑,传动效率较高,便于安装。但这种布置形式对驱动电机的调速要求较高。按传统汽车的驱动模式来说,可以有驱动电机前置-驱动桥前置或驱动电机后置-驱动桥后置两种方式。该驱动系统布置形式具有良好的通用性和互换性,便于在现有的汽车底盘上安装,使用、维修也较方便。

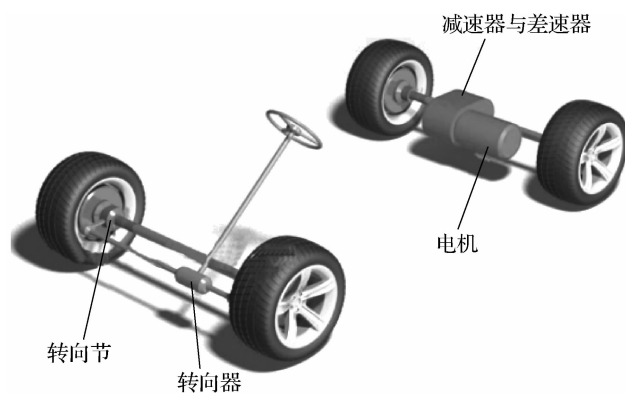


图 2-3 电机与驱动桥组合驱动布置形式

3. 电机与驱动桥集成驱动布置形式

把电机、固定速比减速器和差速器集成为一个整体,并与驱动轴同轴,通过两根半轴驱动车轮,称为电机与驱动桥集成驱动系统,其布置形式如图 2-4 所示。其把集成系统组成后驱动桥,安装在后车轴位置。这种布置形式有同轴式和双联式两种。

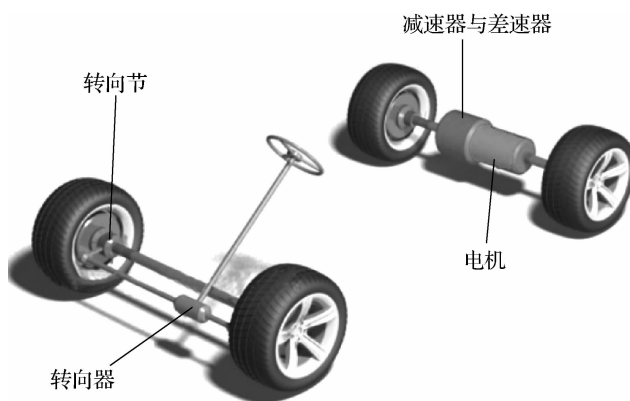


图 2-4 电机与驱动桥集成驱动布置形式

同轴式驱动系统的电机轴是一种特殊制造的空心轴,在电机左端输出轴处的装置有减速器和差速器,再由差速器带动左、右半轴,左半轴直接带动,而右半轴则通过电机的空心轴来带动。

双联式驱动系统也称为双电机驱动系统,由左、右两台永磁电机直接通过固定速比减速器分别驱动车轮,左、右两台电机由中间的电控差速器控制,每个驱动电机的转速可以独立地调节控制,便于实现电子差速,不必选用机械差速器。

4. 轮边电机驱动布置形式

轮边电机驱动布置形式是一种双电机驱动形式,如图 2-5 所示,由左、右两台电机直接通过固定速比减速器分别驱动两个车轮。电机直接连接轮毂,这种电机称为轮边电机。两个车轮转动没有直接连接。每个电机的转速可以独立地调节控制,通过电子差速器来解决



左、右半轴的差速问题,使得电动汽车更加灵活,在复杂的路况上可以获得更好的整车动力性能。由于采用电子差速器,传动系统体积进一步减小,节省了空间,质量也进一步减轻,提高了传动效率。

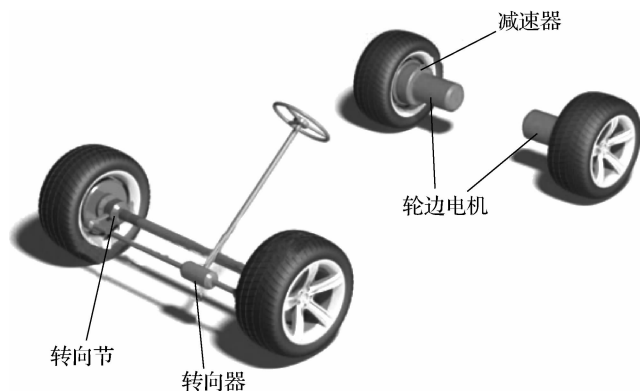


图 2-5 轮边电机驱动布置形式

5. 轮毂电机驱动布置形式

把电机设计成饼状,直接安装在车轮的轮毂中,这种电机称为轮毂电机。轮毂电机驱动布置形式如图 2-6 所示,电机一端直接与车轮毂固定,另一端直接安装在悬架上。此种布置形式进一步缩短了电机和车轮之间的机械传动距离,节省了空间。

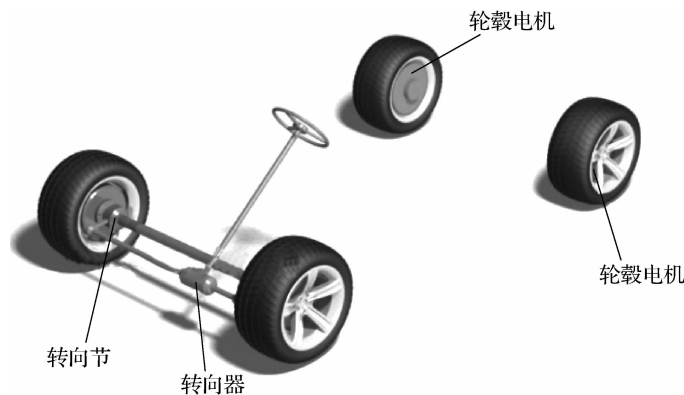


图 2-6 轮毂电机驱动布置形式

资讯三 电机驱动系统控制策略

1. 电机驱动系统驱动模式

整车控制器根据车辆运行的不同情况,包括车速、挡位、电池 SOC(电量)值,来决定电机输出转矩/功率。电机控制器从整车控制器处得到转矩输出命令后,将动力电池提供的直流电转化成三相正弦交流电,驱动电机输出转矩,通过机械传动来驱动车辆,如图 2-7 所示。

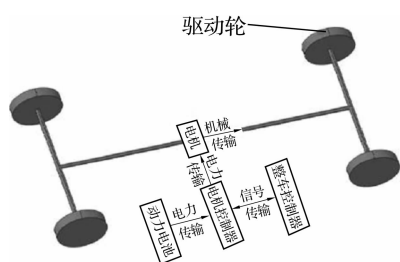


图 2-7 电机驱动系统驱动模式

2. 电机驱动系统发电模式

当车辆在滑行或制动时,整车控制器检测到满足一定条件则发出能量回收指令,IGBT (insulate-gate bipolar transistor, 绝缘栅双极型晶体管)模块输出为 0,电机停止工作,驱动车轮通过传动系统使电机转子旋转,此时电动机就成了发电机,输出三相正弦交流电,IGBT 模块将交流电转换成直流电向动力电池充电,如图 2-8 所示。

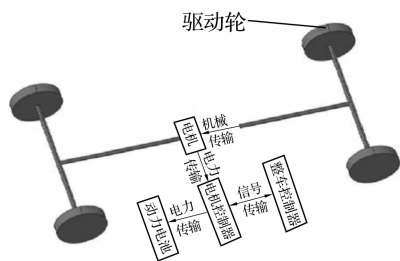


图 2-8 电机驱动系统发电模式

启动能量回收条件如下。

- (1)加速踏板开度为 0 或制动。
- (2)电池电量小于 95%。
- (3)动力电池温度小于 45℃。
- (4)各系统无故障。

资讯四 转子位置传感器

转子位置传感器安装在驱动电机内部,起着检测转子磁极位置、为逆变器提供正确换向信息的重要作用。转子位置传感器主要包括磁敏式(霍尔传感器)、光电式(光电编码器)和电磁式(旋转变压器)。

1. 霍尔传感器

霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器。霍尔效应是磁电效应的一种,这一现象是美国物理学家霍尔(E. H. Hall, 1855—1938)于 1879 年在研究金属的导电机构时发现的。后来人们发现半导体、导电流体等也有这种效应,而半导体的霍尔效应比金属强得多,利用这一现象制成的各种霍尔元件,广泛地应用于工业自动化技术、检测技术及信息处理等方面。霍尔效应是研究半导体材料性能的基本方法。通过霍尔效应实验测定的霍尔系



数,能够判断半导体材料的导电类型、载流子浓度及载流子迁移率等重要参数。

1) 霍尔效应

当放在磁场中的半导体基片中通过与磁场垂直的电流时,半导体基片中的电子将受到电磁力(洛伦兹力)的作用,使电子聚集于半导体基片的一侧成为负极,而半导体基片的另一侧则因为失去电子而成为正极。当在半导体基片两端通以控制电流 I ,并在基片的垂直方向施加强度为 B 的磁场时,在垂直于电流和磁场的方向上将产生电动势 U_H (称为霍尔电动势或霍尔电压),这种现象称为霍尔效应。

2) 霍尔电压

霍尔电压可用下式表达:

$$U_H = R_H \times \frac{IB}{d}$$

式中, R_H 为霍尔常数; I 为控制电流; B 为磁感应强度; d 为霍尔元件的厚度。

3) 霍尔传感器的工作原理

霍尔传感器以霍尔效应为工作基础,一般是由霍尔元件和其附属电路组成的集成传感器,用它可以检测磁场变化。永磁同步电机的转子为永磁体。通过霍尔传感器可以检测转子磁场强度,确定转子位置。霍尔传感器在永磁交流电机上的应用如图 2-9 所示。

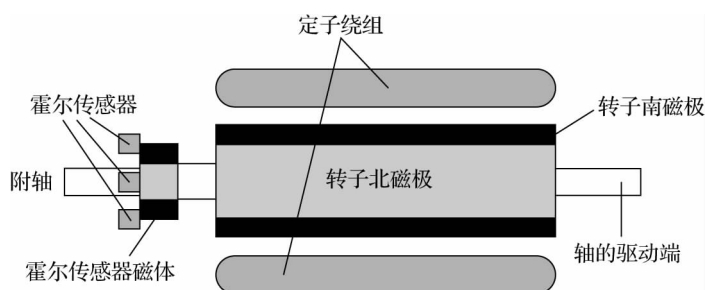


图 2-9 霍尔传感器在永磁交流电机上的应用

霍尔电压随磁感应强度的变化而变化:磁场越强,电压越高;磁场越弱,电压越低。霍尔电压值很小,通常只有几毫伏,但经集成电路中的放大器就能使该电压放大到足以输出较强的信号。霍尔传感器的输出波形为矩形脉冲,是一种数字信号,因此霍尔传感器表现为具有开关特性的磁开关。霍尔传感器的工作原理及输出波形如图 2-10 所示。

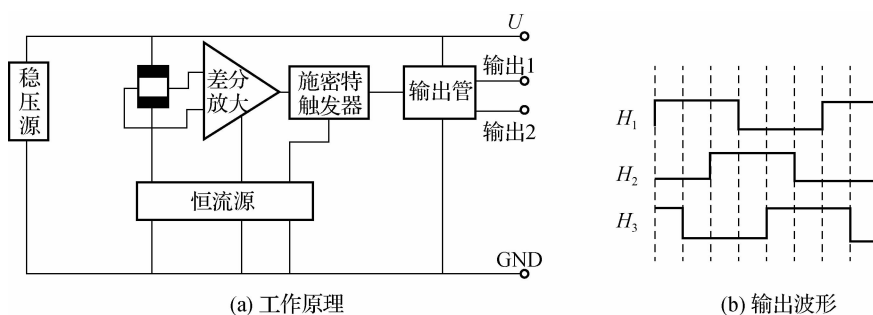


图 2-10 霍尔传感器的工作原理及输出波形



2. 光电编码器

光电编码器是一种通过光电转换将输出轴的机械几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器。这是目前应用最多的编码器。

光电编码器由光栅盘和光电检测转子组成。根据检测原理,编码器可以分为光电式、磁感应式和电容式。根据刻度方法及信号输出形式,编码器可以分为增量式、绝对式和混合式三种。

光电编码器的结构组成及输入、输出波形如图 2-11 所示。

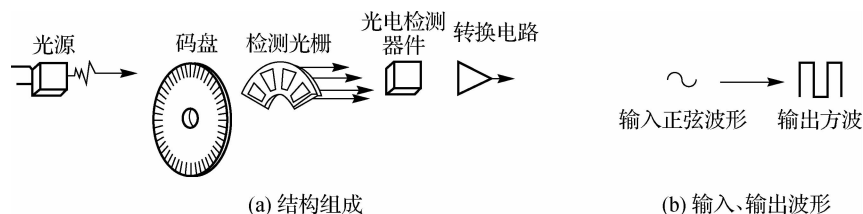


图 2-11 光电编码器的结构组成及输入、输出波形

3. 旋转变压器

旋转变压器简称旋变,是一种输出电压随转子转角变化的器件。当励磁绕组以一定频率的交流电压励磁时,输出绕组的电压幅值与转子转角呈余弦函数关系,或保持一定比例关系,或在一定转角范围内与转角呈线性关系。

旋转变压器的结构组成及输出波形如图 2-12 所示。

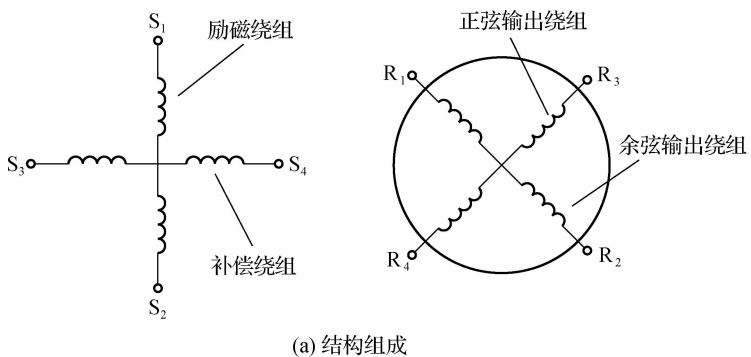
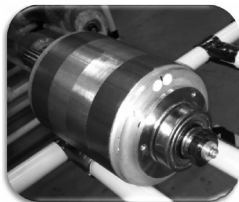


图 2-12 旋转变压器的结构组成及输出波形



旋转变压器的功用主要是检测电机转子位置,控制器解码后可以获知电机转速。
旋转变压器的构造如图 2-13 所示,传感器线圈固定在壳体上,信号齿圈固定在转子上。
其传感器线圈由励磁线圈、正弦线圈、余弦线圈三组线圈组成一个传感器。



(a) 旋转变压器转子



(b) 旋转变压器定子

图 2-13 旋转变压器的构造

三、决策与计划

结合以上内容,分析对新能源汽车电机驱动系统与传动系统的认知,组织学生分组,每个小组各自查资料、讨论,制订实训计划,见表 2-4。

表 2-4 新能源汽车电机驱动系统与传动系统的认知计划书

任务名称		专 业		班 级	
学生姓名		学生学号		任务成绩	
记录项目	具体内容				
前期准备	工 具	设 备		辅助材料	
安全检查					
新能源汽车电机驱动系统与传动系统的认知	1. 请调查三辆不同类型的新能源汽车,记录其电机驱动系统的技术指标参数。 2. 请调查三辆不同类型的新能源汽车,分析其传动系统的形式是怎样的				

四、实施

小组分工合作,按照所制订的新能源汽车电机驱动系统与传动系统的认知计划,对新能源汽车电机驱动系统与传动系统进行认知。

五、检测与评估

综合整个学习过程,对学生的表现进行成绩评定。可采用学生互评、教师评价相结合的方式。



情境小结

本情境主要介绍了电机驱动系统的特点和组成,介绍了新能源汽车传动系统,介绍了电机驱动系统控制策略,介绍了转子位置传感器的工作原理等内容。

思考与练习

一、判断题

1. 传统驱动布置形式结构复杂、效率低,不能充分发挥驱动电机的性能。 ()
2. 电机与驱动桥组合驱动布置形式的传动系统结构紧凑,传动效率较高,便于安装。 ()
3. 位置传感器安装在驱动电机内部,起着检测转子磁极位置、为逆变器提供正确换向信息的重要作用。 ()

二、选择题

1. 下列部件中,不属于位置传感器的是()。
A. 旋转变压器 B. 光电编码器 C. 功率变换器
2. ()以霍尔效应为工作基础,一般是由霍尔元件和其附属电路组成的集成传感器,用它可以检测磁场变化。
A. 光电编码器 B. 霍尔传感器 C. 旋转变压器
3. ()是一种通过光电转换将输出轴的机械几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器。
A. 光电编码器 B. 霍尔传感器 C. 旋转变压器

三、问答题

1. 新能源汽车电机驱动系统的特点有哪些?
2. 什么是霍尔效应?
3. 旋转变压器的工作原理是什么?