

2024年招生计划

四、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 面向中性点供电的新能源车用永磁同步电机控制系统设计

选题类别： ☐基础性研究 ☒应用性研究 ☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向 ☒已有研究方向的继续 ☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

对于永磁同步电机、感应电机等交流电机而言，一般由三相两电平电压型逆变器供电，这种结构简单并且具有较好的鲁棒性，电机的中性点也不需要引出。在这种结构中，逆变器的输出能力取决于直流电源电压的高低，当使用高直流电压时，在相同功率下，由于电流较小，电机和逆变器的成本和体积会降低，同时电机也需要足够高的母线电压来实现较高的调速范围。

在传统结构中，电源电压是固定的，但是当电机在低速状态下运行时，电机所需要的电压很低，此时功率开关两侧的电压很高，逆变器便需要以很低的调制系数来提供低电压，相同电流下，更高的电压也会导致更多的开关损耗，在800V高压平台下母线电压也升高至800V，这部分损耗会更加明显。因此，如果可以根据电机运行条件调整逆变器直流母线电压，或在有限的较低电源电压下提高直流电压利用率，将可以达到减少逆变器损耗，提升整车效率的效果。

随着中心点引出永磁同步电机的使用，一种利用电机中性点供电的新型拓扑结构受到了关注，这种新型拓扑相比传统结构的主要特点是，绕组星形连接的三相永磁同步电机的中性点被引出，将电源连接到电机的中性点和直流母线负极之间，利用中性点进行供电，与比亚迪升压充电结构的原理类似，可以复用逆变器和电机绕组实现升压功能。

由于中性点供电结构可以实现对电源升压，从而在不增加元器件的情况下实现提高及调节直流母线电压的能力。在实际应用中，可以采用400V动力电池，利用中性点供电结构升压至800V，高压附件仍采用400V配套，形成局部800V的架构，进而可以充分发挥800V电驱动系统高功率、高效率的优势，同时节省了高压附件配套的成本；同时还可以利用等效DC/DC变换器功能，实时调节母线电压，降低功率开关的损耗，提高电压利用率，降低系统的成本和体积。

近年来频繁发生的新能源汽车的事故，让人们对于电动汽车的安全性和可靠性也更加关注。对于功率级电机驱动系统来说，发生在逆变器功率开关管的开路故障及电机绕组中的开路是最常见的故障，短路故障由于电路保护措施最终会转化为开路故障。目前广泛使用的传统三相两电平电压源逆变器，控制自由度有限，如果开路故障后不采取补救措施，电机大幅的转矩脉动很可能引发严重的交通事故，造成不可估量的生命财产损失。因此，研究高可靠性、具有故障容错功能的电机驱动系统，是电动汽车的重要提升方向。对于中性点供电拓扑结构而言，天然存在着传统拓扑结构中没有的中性线电流回路，可用于电机在开路故障状态下的容错控制，提升电驱动系统的安全性和可靠性。

综上，博士选题将针对永磁同步电机断相容错控制问题，分如下四个方面开展：

(1) 研究中性点供电拓扑结构下系统的升压控制算法，在驱动控制的同时实现升压控制，确保在电机稳态和瞬态工况下稳定驱动的同时能够对直流母线电压进行稳定调节，搭建相应的仿真模型并进行算法验证；

(2) 研究中性点供电拓扑结构下电机单相开路故障后的数学模型，设计故障后的容错控制算法，利用中性线电流回路进行容错控制，保证系统故障后电机能继续输出稳定电磁转矩，搭建仿真模型验证容错控制算法。

(3) 研究升压控制下的母线电压动态调节算法，根据电机不同的运行工况设计合适的母线电压目标值，分析母线电压动态调节下系统的损耗，并与传统结构进行对比，并仿真模型进行验证；

(4) 搭建电机对拖实验平台，采用中性点供电拓扑结构，通过实验验证所提出驱动控制、升压控制、容错控制及母线电压动态调节算法，并进行损耗分析。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题科研经费来源于国家自然科学基金面上项目(52072098)和北京新能源汽车技术创新中心项目（HT-0502-202008070269）

2024年招生计划

四、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 基于电热耦合模型的新能源车用电池荷电状态与内部温度估计

选题类别： ☐基础性研究 ☒应用性研究 ☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向 ☒已有研究方向的继续 ☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

国务院在2020年印发的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》中明确指出“发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路，是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措”，规划深入实施“三纵三横”研发布局，其中动力电池及其管理技术成为新能源汽车开发过程中的关键技术。

近年来，随着新能源汽车行业快速发展，我国动力电池产业的发展同样十分迅速，2022年我国的动力电池产量为545.9GWh，相比于2021年增长了148.5%，在动力电池总产量中，三元电池产量为212.5 GWh，占比38.9%，磷酸铁锂电池产量332.4 GWh，占比60.9%，相较于2021年产量显著提升。相较于铅酸电池和镍氢电池，锂离子电池具有能量密度高，循环寿命长等优点，因此在新能源汽车领域，锂离子电池逐渐取代了铅酸电池和镍氢电池。作为新能源汽车的动力源，新能源汽车的性能与锂离子电池的性能紧密相关。因此，对锂离子电池进行准确的状态估计有助于提升整车性能。锂离子电池的建模作为锂离子电池状态估计的基础，建立准确的电池模型能够有效提高状态估计精度。

在新能源汽车领域，锂离子电池的SOC就相当于传统燃油汽车的油表，SOC作为新能源汽车能量管理系统的重要决策因素之一，准确的SOC估计在优化整车能量管理、避免电池过充过放以及提高电池能量利用率等方面具有重要意义。

锂离子电池对于温度变化较为敏感，在锂离子电池使用过程中，温度的变化会显著影响电池的外特性，相较于电池表面温度，电池内部温度对电池性能的影响更为显著。因此，对电池内部温度进行较为准确的估计对于锂离子电池在新能源汽车领域的应用有着十分重要的意义。在我国北方某些城市和地区，冬季环境温度能够降低至零度以下，甚至出现零下几十度的极端天气，在这种环境条件下对电池进行充放电会导致电池负极发生析锂、结构破坏等不可逆损伤，降低电池的可用容量，影响电池的循环寿命，严重时甚至会影响电池的使用安全，因此在低温环境条件下使用锂离子电池需要对电池进行低温加热，而在低温加热过程中对电池内部温度进行估计有助于对加热进程进行控制。因此，在低温加热过程中对锂离子电池内部温度进行准确估计对于新能源汽车在北方的推广具有十分重要的价值。

综上，博士选题将针对车用锂离子电池在线阻抗谱问题，分如下三个方面开展：

（1）锂离子电池电-热耦合模型的建立及参数辨识 建立以二阶RC模型和集总参数热模型为基础的锂离子电池电-热耦合模型，其中二阶RC模型部分用于实现电池工作过程中SOC的实时估计，并为集总参数热模型中产热量的计算提供数据支持。针对电-热耦合模型中不同参数的特点，使用不同方法获取不同环境温度下的模型参数。

（2）实现电池SOC估计 在已经建立的锂离子电池电-热耦合模型的基础上，基于先进算法实现锂离子电池工作过程中SOC的实时估计。将二阶RC模型中两个RC并联环节的极化电压和电池的SOC作为状态向量，将模型的端电压作为观测向量以实现SOC估计的修正。

（3）实现电池内部温度估计 为提高集总参数热模型参数辨识精度并验证电池内部温度估计精度，首先对待测电池进行预处理，在其内部插入热电偶用于测量电池工作过程中的内部温度。在集总参数热模型的基础上，基于先进算法实现电池工作过程中内部温度的实时估计，考虑到电池表面与环境介质间热阻会随着电池表面温度变化而改变，将其作为一个状态量使其能够随电池表面温度变化逐渐改变，进一步提高电池内部温度估计精度。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题科研经费来源于陆军装备部项目(LJZ2020-CGS111)