

2023年招生计划
六、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： 考虑转矩损失的永磁同步电机断相容错控制研究 选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input checked="" type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 汽车行业是我国大力扶持发展的工业产业之一，长期以来处于蓬勃发展的阶段，但能源紧缺问题、气候变暖问题、环境污染问题逐渐成为汽车行业发展的阻碍，传统内燃机汽车的高耗能、污染大、能源有限等问题亟待解决。新能源汽车因具有节约能源、噪声低、工作效率高、对环境污染小等特点，成为现阶段和未来发展的必然趋势。电机驱动控制系统是新能源汽车的能量转换和传递的重要组成部分，电机定子绕组故障和逆变器故障是电机驱动控制系统最常见的故障之一。对于永磁同步电机（PMSM）来说，PMSM的功率密度较大，经常受到恶劣工况下的过载和瞬时冲击，电机的断路故障更为频繁。当电机定子绕组发生断路故障后，非故障相电流急剧增加，电磁转矩会产生大范围波动，电机输出卡顿并产生异响，对电机内部零件造成物理破坏，降低PMSM控制性能，最终对电机造成损害。 容错控制（Fault Tolerant Control, FTC）的大致流程为：故障诊断、结构隔离和重构、维持运行性能，容错控制对故障的诊断要准确快速，结构重构是指在发现故障后系统能够隔离故障位置，改变硬件结构或者更换电机控制算法，使系统维持基本性能或原定性能。利用单纯的软件算法设计容错控制策略由于无需额外的硬件拓扑结构，节省系统体积，简化容错结构，价格低廉，因此在电驱动容错领域具有较强的适用性。 PMSM定子绕组和逆变器的功率开关管发生短路和断路故障后，均可以切断故障位置所在的绕组与逆变器连接，从而转化为绕组的断路故障。因此，为保证电机绕组开路后仍能够稳定可靠地输出转矩，设计一套有效的故障诊断和容错控制算法，在电机故障后及时准确的检测到故障发生位置并进行容错控制具有十分重要的工程价值。 。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）研究转矩容错效果评估方法。建立三相PMSM在正常状态下以及定子绕组开路状态下的数学模型。提出转矩脉动指数和平均输出有效转矩概念并设计公式，计算电机故障下的平均输出有效转矩，并通过傅里叶分析方法研究电机断相故障产生的影响。 （2）研究电机断相故障诊断算法。分析电流矢量轨迹斜率法的工作原理和定位故障方法，仿真验证该方法并研究负载对电流矢量轨迹的影响，对于电流矢量斜率动态变化易误判的弊端进行改进。分析定子电流预测法的原理，仿真验证该方法并测试变工况下该方法的鲁棒性。 （3）研究功能冗余容错算法。推导电机断相故障后剩余健康两相电流与转子位置角之间的函数关系，设计容错算法使实际定子电流跟随理想定子电流。引用比例积分控制（PI）策略作为脉宽调制策略，解决电流滞环控制在实际应用中的弊端。研究影响电机换向速度的因素并改进换向区间来解决实际工况下换向延迟问题，减小输出转矩损失。 （4）在电机驱动系统容错控制实验平台验证上述容错算法。以嵌入式平台作为电机控制载体，在电机对拖台架上进行实验验证，在逆变器和电机某一相之间设置断点，模拟电机单相断路故障，对比分析电机正常状态、故障状态以及容错状态下的输出波形，验证永磁同步电机驱动系统容错控制算法的可行性和改进效果，并在瞬态工况下评估算法效果。
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）

2023年招生计划
六、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： 车用锂离子电池阻抗谱在线检测及其在健康状态估计中的应用研究 选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input checked="" type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 现阶段中国绝大部分的纯电动汽车是以锂离子电池为动力的汽车，与燃油汽车不同，电动汽车动力系统内的锂离子电池在用户使用过程中会不断老化。电池的老化会造成的续航里程下降，剩余电量估计不准等种种问题发生，更为严重的会带来安全问题。可以预见，电动汽车用户在用车一定年限后的用车体验会明显受到这些问题的影响。因此，在汽车行驶过程中，需要能够对锂电池的容量情况进行实时估计，根据车载电池包的实际容量及时调整各项算法，同时反馈用户。 电化学阻抗谱（Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS）为电池在各个频率正弦激励下的阻抗响应，阻抗谱分析是常用的锂电池的性能分析手段。将其与电化学模型结合，可以在不破坏电池结构的情况下获得电池的內部电化学参数。因此，电化学阻抗谱对电池的老化估计具有极好的指导意义。 现阶段常用的电池的电化学阻抗谱检测手段为利用电化学工作站将电池取出后离线测量，且测量时间较慢，实车上无法应用。基于实车应用电化学阻抗谱的检测对于电化学阻抗谱能否在实际汽车使用过程中对锂离子电池的健康状态进行估计具有重要的意义。 电池的电化学阻抗谱可以与电池内部的电化学反应建立密切的联系，目前已有大量电化学模型描述电化学阻抗谱对应的电化学反应过程。然而，对于车载电池管理系统而言，电化学模型参数辨识过程过于复杂，且运算量过大；而对于用户而言，也无需获得过于详尽的电化学参数。因此，基于实车应用的角度，对电池的电化学阻抗模型进行简化，使其既能反映出电化学原理过程，又能减小运算量，对于实现电化学阻抗谱在实际汽车中的应用具有重要的意义。 综上，博士选题将针对车用锂离子电池在线阻抗谱问题，分如下四个方面开展： （1）论述电化学阻抗谱的基本理论，分析电化学阻抗谱测试需要满足的条件，建立实车运行工况下的频率响应模型，利用实车的电流电压数据通过互相关算法进行时频变换，并利用H2估计器对噪声进行处理，同时，采用Welch算法对加窗过程中的频谱泄露情况进行改善；最后，完成实车高频电流电压数据采集，搭建实验平台，对电池不同状态注入采集到的高频实车数据，并与电化学工作站得到的实际电化学阻抗谱进行对比，验证算法的可行性并分析误差原因。 （2）分析锂电池内部电化学反应过程，分别对电池内部的扩散过程，SEI膜，电荷传递及双电子层电容过程进行数学建模，并基于实际汽车使用，简化模型参数。 （3）论述遗传算法，对模型参数范围进行确定，并采用遗传算法对电池模型进行参数辨识，验证模型及算法的准确性。依据所建立的模型以及电化学反应过程，对电池模型进行解耦，确定出各频率范围对应的精确的电化学反应过程，确立分频段参数辨识的方法。对于实车数据所得阻抗谱与电化学工作站测得阻抗谱最为接近的频率范围进行参数辨识，确立实车可获得参数，并检验辨识的准确性。 （4）进行电池循环老化实验，并利用提出的分频段辨识方法对不同老化及剩余电量下的阻抗谱数据进行参数辨识，选取老化高敏感度参数，并结合电池拆解实验及电镜实验分析参数选择的合理性；最后，利用神经网络进行老化辨识。
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）