电力驱动绿色航空主题创新区

创新项目发布

## 一、主题创新区介绍

多电全电飞机电力系统是机载电能源的重要载体，实现对电能的高效利用与智能管理。本主题创新区紧密结合国家绿色航空、智慧航空发展的重大需求，结合国家重点基础研究项目、大飞机专项以及航空院所实际需要，开设“多电飞机无刷起动发电技术”、“电动飞机高效电推进技术”、“多电全电飞机能量优化管理”等相关创新训练专题，以建立本科生航空电力系统知识体系、培养创新实践能力为目标，着重训练学生在电气工程、自动控制、信息技术和人工智能等多学科交叉下分析处理问题的能力。

本主题创新区为本科生提供先进的实验仪器设备与研究平台，包括高带宽多通道示波器、交直流可编程电源、高性能仿真工作站与不同功率等级的驱动/发电实验平台。多名经验丰富的科创指导教师以及航空电气领域行业专家联合指导，在理论学习与实践中为学生讲授科学研究方法，培养创新意识，激发创新热情。欢迎优秀本科生积极参与，共同为多电全电飞机电力系统技术的创新发展添砖加瓦。项目详情如下：

## 二、课题介绍

|  |  |
| --- | --- |
| **课题1** | |
| 指导教师： | 张卓然 |
| 项目名称： | 电推进飞机高转矩密度永磁电机系统及其驱动技术研究 |
| 项目来源： | 国家自然科学基金重点项目 |
| 项目简介： | 航空电推进技术是飞机动力系统的重要革新，突破了传统飞机发动机能源利用效率的极限，已成为绿色航空的重要发展方向，高转矩密度电机系统是航空电推进技术的核心与关键。  本项目针对永磁电机在航空电推进系统中的应用特点，深入分析电推进飞机对电机系统转矩密度、效率及安全性等特殊要求，开展高转矩密度永磁推进电机拓扑结构、损耗抑制、低谐波电流控制方法等关键基础问题研究，掌握高转矩密度调磁型永磁容错推进电机系统关键技术。深入分析推进电机特征参数、开关频率等因素对电流谐波影响规律，在此基础上研究基于电流前馈、电压补偿和环路优化方法的谐波抑制控制技术，构建地面实验平台并进行实验验证，为发展新一代高转矩密度飞机电推进系统提供技术支撑。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）航空电机学、电力电子、自动控制原理，团队中的组成成员有一定软硬件及仿真基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主（大一也可参与） |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题2** | |
| 指导教师： | 张卓然 |
| 项目名称： | 航空三级式起动发电机起动过程损耗及焦耳热分布特性研究 |
| 项目来源： | 国防预先研究项目 |
| 项目简介： | 三级式无刷同步电机是航空电源系统的主要型式，包括主电机、励磁机、旋转整流器和永磁励磁机，结构复杂，发电技术成熟。起动时，三级式无刷同步电机需要励磁机和主电机同时参与。为满足航空发动机的起动需要，三级式无刷同步电机起动时通常处于强过载状态，励磁机、主电机定子和转子的铜耗、铁耗以及旋转整流器的损耗分布复杂，部件耐温等级不一。另一方面，三级式无刷同步电机的冷却散热按照长期发电工况考核，对于未达到额定散热条件的起动工况来说，无疑对主电机、励磁机和旋转整流器提出了更高的耐热要求。本文利用有限元仿真分析方法，获得航空三级式起动发电机起动过程中的关键部件的损耗特性及焦耳热分布规律，为航空三级式起动发电机的起动发电一体化设计及工程化提供重要的参考价值。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）电力电子、电机与电器、航空电机学，团队中的组成成员有一定有限元电磁软件基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主（大一也可参与） |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题3** | |
| 指导教师： | 张卓然 |
| 项目名称： | 航空电励磁双凸极电机高频铜损抑制技术研究 |
| 项目来源： | 国家自然科学基金重点项目 |
| 项目简介： | 高速大功率高可靠性发电机是航空电气化的重要需求。电励磁双凸极电机具有磁阻类电机高速运行与容错运行能力强的优势，其采用直流励磁实现灵活的电压控制，发电可靠性高，电励磁双凸极适合高速发电运行，在飞机高压直流供电系统中具有重要的应用价值。电励磁双凸极电机在高速运行时绕组电流的基波频率高，在发电运行非线性整流单元的影响下，同时存在去磁与增磁电枢反应，绕组电流谐波含量大，增加绕组的高频交流损耗。绕组高频交流铜损一方面降低电机的效率，另一方面给电机的散热带来挑战，威胁电励磁双凸极电机的安全稳定运行。因此电励磁双凸极电机的高频铜损抑制技术研究对其在航空电源系统中的应用具有重要的意义。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）电路、电机学、电力电子以及自动控制原理等课程。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题4** | |
| 指导教师： | 姜文颖 |
| 项目名称： | 多电/全电飞机电驱动系统的分析、设计及优化方法研究 |
| 项目来源： | 企业合作项目 |
| 项目简介： | 逆变器、电机及控制器组成的电驱动系统是多电/全电飞机的重要驱动力来源。由于飞机对自身体积、重量的苛刻要求，高功率密度、高效率成为了未来多电、全电飞机电驱动系统发展的主要目标。探索集成型电机驱动器的分析、设计及优化方法，对于改善多电/全电飞机电驱动系统的各项性能具有重要的理论和实践意义。虽然在独立的电机和驱动控制器研究方面已有大量的成果，但针对多电/全电飞机电机及其驱动控制器的集成一体化研究还处于初期阶段，缺乏能够快速、准确分析多电/全电飞机电驱动系统性能的模型，以及能够反映其运行性能的评价标准和评价方法。对多电/全电飞机集成型电机驱动器的优化，虽然可以借鉴电机优化设计的一些方法， 但在标准化、平台化的优化设计方法研究上仍是空白。本项目结合对多电/全电飞机应用的理解，研究电机及其驱动控制器联合的系统性能的分析方法，探索集成型电机驱动器的评价标准及评价方法。在此基础上，充分利用数理统计、数学优化理论，深入研究满足多电/全电飞机全工况运行需求的集成型电机驱动器的结构及优化设计流程，为发展多电/全电飞机集成型电机驱动器分析、设计及优化方法提供基础理论支撑和技术储备。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）电路、模电、数电、电机学、自动控制原理、电机拖动、电力电子技术等相关课程，团队中的组成成员有一定软硬件及仿真基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主（大一也可参与） |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题5** | |
| 指导教师： | 邵凌云 |
| 项目名称： | 考虑飞机飞行工况的永磁推进电机优化设计 |
| 项目来源： | 国家自然科学基金重点项目 |
| 项目简介： | 21世纪以来，电能逐渐取代液压和气压能，实现大部分机载设备和操纵系统的电驱动。电推进飞机进一步将电能用于飞行动力源，有望突破传统飞机发动机能量转换效率极限，改善飞机飞行性能和燃油消耗水平，是飞机推进能源和动力系统电气化的重要革新。作为飞机电推进系统的关键核心部件，推进电机的功率、重量、效率等对飞机的飞行性能和续航里程有直接影响。由于推进电机在不同的飞行阶段具有不同的功率-转速需求，特别是对于短程飞机用推进电机，其功率–转速运行点比较分散，优化设计需要考虑完整的电机运行工况，以实现飞机完整飞行任务下的效率最优。本项目针对飞机电推进用永磁同步电机，开展考虑飞机飞行工况的推进电机优化设计，实现推进电机能量效率优化。 |
| 学生要求： | （1）已修电机学课程，团队中的组成成员有一定Matlab/ANSYS Maxwell软件使用基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主（大一也可参与）。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题6** | |
| 指导教师： | 邵凌云 |
| 项目名称： | 基于谐波电流注入的多相永磁电机转矩提升研究 |
| 项目来源： | 国家自然科学基金重点项目 |
| 项目简介： | 推进电机是飞机电推进系统的关键核心部件，其转矩、重量、效率、可靠性等对飞机的飞行安全性、动力性能和续航里程有直接影响。在永磁电机的基础上采用多相绕组不仅能够保持永磁电机的转矩密度和效率优势，而且能够增加电机冗余度和容错能力，并且为电机转矩的进一步提升提供了一种有效途径。本项目针对多相永磁电机，开展基于谐波电流注入的转矩提升方法研究，通过推导谐波电流与电机转矩出力之间的关系，分析相应次数谐波电流对相应多相绕组电机转矩提升的机理，建立仿真模型进行验证。 |
| 学生要求： | （1）已修电机学课程，团队中的组成成员有一定Matlab/ANSYS Maxwell软件使用基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主（大一也可参与）。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题7** | |
| 指导教师： | 于立 |
| 项目名称： | 双三相高速双凸极无刷发电系统多脉冲整流模态与发电特性研究 |
| 项目来源： | 国防重点基础研究项目 |
| 项目简介： | 双凸极电机具有结构简单可靠的优势，在航空高压直流供电系统中具有重要应用价值，并列结构双三相双凸极发电系统能够降低输出电压脉动、提升高速容错运行能力。然而，多种形式整流拓扑与绕组形式对其多脉冲整流模态与发电特性带来显著影响，同时其短路/开路故障状态下的高速运行能力需要深入研究，以获得双三相双凸极发电系统整流形式对其发电运行特性的作用规律与内在机理，为更提升高速双凸极发电系统的供电品质提供基础。  本项目围绕双三相高速双凸极发电系统，对其多脉冲整流模态进行研究，探索整流单元与绕组故障下的发电运行特性，获得优化的多相整流高速双凸极发电系统，提升其功率密度与安全运行能力。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）电机学、电路等相关课程，了解二极管整流电路工作原理，提前了解磁阻电机工作原理为佳。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主。 |

|  |  |
| --- | --- |
| **课题8** | |
| 指导教师： | 于立 |
| 项目名称： | 无轴承电励磁双凸极电机悬浮控制技术研究 |
| 项目来源： | 国家自然科学基金项目 |
| 项目简介： | 适合高速运行，无轴承电励磁双凸极电机继承了双凸极电机结构坚固可靠的突出优势，同时控制定子与转子间的径向电磁力，实现转子悬浮运行，能够消除机械轴承，提升了高速电机系统可靠性与环境适应性。无轴承电励磁双凸极电机由于其双边凸极结构以及铁心局部饱和因素，使得X与Y方向悬浮力存在交叉耦合，影响了悬浮力控制性能。  本项目聚焦无轴承电励磁双凸极电机悬浮力交叉耦合问题，研究悬浮力产生原理与交叉耦合机理，分析不同旋转坐标系下的数学模型与悬浮力解耦方法，为提高悬浮性能奠定基础。 |
| 学生要求： | （1）已修（或自学）电机学、电路、自动控制原理、电力电子技术等相关课程，团队中的组成成员有一定的matlab仿真基础与硬件基础。  （2）鼓励高年级学生和低年级学生联合组队，队内共同学习、分工协作。  （3）团队成员以大二、大三学生为主。 |

## 三、报名组队事宜

感兴趣的同学请填写报名表（见附件1），于1月15日之前发送至apsc-zzr@nuaa.edu.cn（张老师）。之后会开展对接选拔工作。

附件1：

电力驱动绿色航空大学生主题创新区课题报名表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 |  | 性别 |  | 相片  （插入电子版） |
| 学号 |  | 出生日期 |  |
| 所在学院 |  | 就读专业 |  |
| 选择项目 | （填写项目具体名称） | | |
| 联系方式 | 邮箱： | | | |
| 电话： | | | |
| 个人简介 | | | | |
| （学习经历与成绩；参与过的大学生创新实践情况；仿真软件与硬件设计能力；对科创项目的认识与想法等） | | | | |

附表2:

电力驱动绿色航空大学生主题创新区校内指导教师联系方式

|  |  |
| --- | --- |
| 指导教师 | 邮箱 |
| 张卓然 | apsc-zzr@nuaa.edu.cn |
| 姜文颖 | wenying.jiang@nuaa.edu.cn |
| 邵凌云 | shaolingyun1990@outlook.com |
| 于立 | liyu-nuaa@nuaa.edu.cn |