**项目名称：余度间电磁解耦结构的永磁电机伺服系统协调与容错控制方法**

**完成人（限11人）：周奇勋，张玉峰，贺虎成，童军，赵燕云，**

**完成单位：西安科技大学**

**项目简介：**

**在现代航空航天领域，一体化电力作动器（Integrated Electrical Actuator, IEA）的应用越来越广泛，永磁同步电机（Permanent Magnet Synchronous Motor, PMSM）伺服系统是IEA的重要组成部分，同时也是故障的高发环节。针对航空航天领域对PMSM伺服系统突出的高可靠性要求，国内外均通过硬件多余度方法提高可靠性；但余度间强耦合特征尤其是余度间负荷状态差异将导致伺服系统功能及性能的协调控制难度增大甚至反而降低系统可靠性。**

**本项目研究PMSM伺服系统余度间电磁解耦新方法，以此为突破点，提出并构建了新型余度空间结构的PMSM绕组结构和转子励磁结构，实现电机余度间电磁场完全解耦。此结构具有以下优点：（1）电机定子无铁芯和齿槽，不会产生由铁芯和齿槽引起的转矩脉动，不存在铁耗，能够有效提高电机效率；（2）余度间实现了完全的物理隔离，保证了余度间良好的热隔离，降低了余度间的电磁耦合。**

**根据网状反馈拓扑和余度间数据融合及滤波算法研究伺服系余度间负载动态分配策略，通过“电流平均注入法”解决由于电流不均衡带来的转矩脉动大，运行不平稳的问题。研究了多余度同步电机短路、断路、过温和失磁，以及伺服控制器断线、通讯异常等故障情况的系统容错策略。针对电机绕组两相短路故障情况，提出了一种四步换相容错控制策略，确保电机故障后系统继续运行，通过在电机绕组设置电流检测元件，对三相电流进行检测，将连续两次检测值的差值作为特征量进行故障定位，根据定位结果，改变逆变桥功率管导通次序、导通时间，实现对相短路电机的容错控制，同时实现故障隔离。**

**设计了高可靠性转子位置传感器并提出误差补偿策略，实时解析相电压、绕组电流和转子位置传感器数据，在线辨识系统健康状态，重构故障后部件模型，实现转子位置检测自修复策略；提出了一种用于RVDT输出信号的非相似余度解算方法，综合运用专用集成电路解算法、包络检波法和同步采样法，提高了PMSM伺服系统转子位置检测装置的可靠性；为进一步提高PMSM伺服系统的可靠性，采用小波分析对转子位置检测装置进行了故障诊断；针对转子位置检测装置失效的情况，利用PMSM绕组相电流并根据SMO算法重构其转子位置信息，提高了PMSM伺服系统容错控制能力。**

**主要知识产权目录：**

1. **文章（限15项）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 |
| 双余度机载永磁无刷直流伺服系统转矩均衡性 | 电工技术学报 | 周奇勋 | 2009 |
| 等效正弦的分级变频软启动器研究与设计 | 电机与控制学报 | 童军 | 2015 |
| 电动机软启动功率因数角闭环控制技术研究 | 电机与控制学报 | 童军 | 2013 |
| 并联结构双余度PMSM 矢量控制策略 | 电源学报 | 周奇勋 | 2010 |
| 基于滑模控制的无位置传感器PMSM伺服系统设计 | ICIA | 张玉峰 | 2013 |
| PMSM 用逆变器单环矢量调制策略 | 移动电源与车辆 | 周奇勋 | 2012 |
| 基于变系数滑膜观测器的PMSM 伺服系统 | 电力电子技术 | 张玉峰 | 2013 |
| 谐振极软开关逆变器工作模式分析 | 高电压技术 | 贺虎成 | 2014 |
| 新型谐振直流环节软开关逆变器 | 电力自动化设备 | 贺虎成 | 2013 |
| ISG混合动力汽车控制规则优化与转矩分配策略研究 | 汽车工程 | 周奇勋 | 2015 |
| 新型三相容错逆变器研究 | 电力自动化设备 | 贺虎成 | 2015 |
| 高压大功率异步起动永磁同步电机设计与分析 | 微电机 | 赵燕云 | 2015 |
| 基于ITAE自寻优模糊直接转矩控制的煤矿电机车驱动系统 | 西安科技大学学报 | 赵燕云 | 2007 |

1. **专利&软著**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 专利（软著）名称 | 完成人 | 权人 | 专利（软著）号 |
| 电机霍尔位置安装误差自动检测与补偿装置及方法 | 张玉峰 | 西安科技大学 | ZL200310156005.9 |
| 无刷直流电机定频积分控制器及其构造方法 | 贺虎成 | 西安科技大学 | ZL201110402856.8 |
| 一种软开关逆变电路及其控制方法 | 贺虎成 | 西安科技大学 | ZL201010603936.5 |
| 无刷直流电机转子位置任意角度检测装置及方法 | 周奇勋 | 西安科技大学 | ZL201410151110.8 |
| 一种检测无刷电机转子位置的方法及装置 | 周奇勋 | 西北工业大学 | ZL200910219164.2 |
| 一种旋转变压器信号解算方法及解算器 | 周奇勋 | 西北工业大学 | ZL200810232368.5 |

1. **专著等**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 作者 | 出版社 | 出版时间 |
| 无刷直流电机逆变器的软开关技术 | 贺虎成 | 科学出版社 | 2016 |
| 自动控制原理 | 周奇勋 | 煤炭工业出版社 | 2013 |