应用科技成果“基于电磁原理的风机转轴扭矩非接触式测量技术”提名书

一、成果名称

基于电磁原理的风机转轴扭矩非接触式测量技术

二、提名奖项

广西科学技术进步奖一等、二等奖

三、提名者

贵港市人民政府

四、提名意见

根据《广西科学技术奖励办法》《广西科学技术奖励办法实施细则》相关规定，提名该个人、组织为科学技术进步奖一等奖、二等奖候选个人、候选组织。

该项目属于风机转轴扭矩测量科学技术领域，具有显著的安全监测意义。该项目针对风机传动链大部件断轴事件防范的实际需求，自主研发一种电磁式扭矩传感器，其利用电磁原理，通过分析扭转应力对分子排列的分布对微磁场的影响计算扭矩进行转轴扭矩测量，通过测量为转轴故障提前判断规避断轴风险，提高风电机组安全稳定运行的可靠性，适合在风电行业推广。

项目技术总体达到国际先进水平，其中，所提出的基于磁弹效应的非接触式力矩传感器的测量原理等关键技术达到国际领先水平。项目获授权核心专利9件（发明专利7件，实用新型专利2件），发明专利受理1件、发表论文2篇；获得2023年全国风电运维检修“五小”创新成果一等奖；形成了一支高水平的非接触式测量技术产学研合作团队。

该技术已在华能广西界子良风电场加以应用，同时在2023年全国风电运维检修年会上进行推广；随着基于电磁原理的风机转轴扭矩非接触式测量技术的推广应用，必将为风电行业风机转轴监测提供有效手段，进而提升风电领域机组的安全稳定性能。

经审查，该项目申报材料进行提供前公示，无异议；相关栏目填写符合要求。同意提命该项目为2023年广西科学进步奖一等、二等奖。

五、候选组织

华能贵港清洁能源有限责任公司、华能广西清洁能源有限公司、南京航空航天大学

六、候选个人

1.黄纯亮；2.张子建；3.董洋洋；4.李学孔；5.王亚生；6.石金库；7.华锋；8.夏纪刚；9.路遥；10.关健

七、成果简介

1.创新提出多线圈、多磁质、磁—力—电等多物理场数值耦合建模技术：建立施加电场（频率、数值）、激励磁场（频率、幅值）、转轴特性（直径、材料、距离）与线圈模型之间的数值模型，优化线圈的设计方式；建立转轴不同材料、扭矩、激励磁场与感应磁场之间的数值模型，确保转轴在不同输入扭矩情况下，激励磁场与感应磁场的线性函数关系；建立包含多种材料的激励电压与感应电压之间的数值函数关系，排除风机转轴工作环境及不同材料对传感器影响，提高测量精确性。

2.创新提出高频抗干扰力敏感器与对称多点布置式测量技术：优化激励与感性特性，将传感器力敏感器激励源提高到100KHz以上，提高系统鲁棒性，减小风机机舱电磁环境干扰；采用多点式测量替代传统的包络式测量方式，多点通过差分、放大等布置形式，提高传感器的测量精度，减小传感器体积。

3.创新提出自适应通用式软硬件设计技术：本项目提出一套自适应软硬件系统，根据风机转轴不同尺寸、材料、受扭矩情况，自主调整激励大小、信号处理算法参数、感应线圈电感等以确保参数的最优化。消除不同厂家、不同批次的风机转轴差异，提高传感器通用性。

4.利用线圈互感理论定义进行计算，将激励线圈产生的磁感应强度在次级线圈上面积积分算出相应的磁通量进而计算出互感与耦合系数。利用matlab软件编程计算得出理论值，同时利用maxwell仿真软件对激励线圈和感应线圈之间的耦合关系进行仿真验证确认激励线圈和接收线圈的影响关系及耦合关系。

5.利用直接频率合成芯片与FPGA构成，利用高精度的DDS芯片进行高精度的信号输入，以及利用FPGA对信号的频率幅值进行调节，实现传感器的稳定可调正弦信号输入。

6.创新多路信号的采集硬件电路和采集算法：信号处理电路主要以FPGA为核心器件，由A/D采样电路、放大电路、相敏检波器和滤波器等部分组成。通过FPGA对数据进行缓存和处理，最后有效数据通过数据总线传输至计算机。信号通过模数转换电路后才能进行信号处理。

主要知识产权及科技成果目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序  号 | 类型 | 成果  名称 | 编号 | 授权  发布  日期 | 完成人 | 完成  单位 | 授权发布部门 | 成果  状态 | 广西单位是否原始署名 |
| 1 | 发明 | 一种基于逆磁致伸缩效应的三维力传感器 | ZL2022  112481  61.3 | 2023.  7.14 | 贺超军；王海龙；崔华先；李学孔；杨德龙；王宁；董洋洋；张子建 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 是 |
| 2 | 发明 | 一种基于逆磁致伸缩效应的力传感测量方法 | ZL2022  110471  30.1 | 2023.  5.12 | 黄纯亮；杨劲；石金库；李学孔；杨德龙；沈臻祺；董洋洋 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 是 |
| 3 | 实用新型 | 一种六维力/力矩传感器标定平台 | ZL2022  222886  67.9 | 2023.  3.24 | 李学孔；张海振；关健；杨德龙；沈臻祺；董洋洋；张子建 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 是 |
| 4 | 实用新型 | 一种基于逆磁致伸缩效应的力传感器 | ZL2022  222891  54.X | 2023.  3.24 | 李学孔；张海振；关健；杨德龙；沈臻祺；董洋洋；张子建 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 是 |
| 5 | 发明 | 一种基于逆磁致伸缩效应的六维力/力矩传感器 | ZL202210892793.7 | 2022.11.8 | 张子建;杨德龙;董洋洋;李学孔;周吉;张彦虎 | 南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 否 |
| 6 | 发明 | 一种涉及非铁磁金属介质的同轴多线圈的互感计算方法 | ZL202010640310.5 | 2020.10.20 | 董洋洋;尚恺;张子建;邵明 | 南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 否 |
| 7 | 发明 | 一种开链式多臂机器人阻抗控制方法 | ZL201810116170.4 | 2021.5.7 | 张子建,董洋洋,陈聪 | 南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 否 |
| 8 | 发明 | 一种闭链式多臂机器人柔顺控制方法 | ZL201810276207.X | 2020.12.25 | 张子建,董洋洋 | 南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 否 |
| 9 | 发明 | 一种力协调的多臂机器人柔顺控制方法 | ZL201810352964.0 | 2020.12.25 | 张子建,董洋洋,刘嘉宇 | 南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 授权 | 否 |
| 10 | 发明 | 一种基于逆磁伸缩效应的力传感器 | CN2022  110471  30.1 | —— | 张子建;李学孔;夏纪刚;李帅;杨德龙;王宁;董洋洋 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 国家知识产权局 | 受理 | 是 |
| 11 | 五小创新成果 | 风机转轴扭矩传感器研究与应用 | 2023-FD  YWWX  -061 | 2023.  7.21 | 路遥；彭广；关健；张子建；董洋洋 | 华能广西清洁能源有限公司；南京航空航天大学 | 中国电力技术市场协会 | 一等奖 | 是 |