

2020 年国家奖受理典型项目-自然-工程技术科学 (动力与电气工程)

项目名称：无传感器电驱动系统运行调控理论

提名单位：黑龙江省科技厅

提名单位意见：

针对无传感器电驱动系统全速域运行协同控制问题，在系统稳定运行机理及运行性能调控机制等方面取得了系列原创性成果，为无传感器电驱动系统的突破性发展奠定了理论基础。揭示了无传感器电驱动系统低速稳定运行机理，突破了低速稳定运行瓶颈新思想，为复杂工况下系统低速高稳定运行提供了理论支撑；提出了自适应滤波交叉反馈网络抑制电磁场交互耦合所导致位置误差新思路，发展了模型法无传感器电驱动调控理论；提出了最大效率/安培(MEPA)效率优化控制新思想，揭示了高效率无传感器协同调控机制，奠定了无传感器电驱动系统高效率运行的理论基础。

8 篇代表性论文总计被 SCI 和 EI 他引总计 903 次，其中 1 篇论文入选 ESI 高被引论文；在国际著名出版社 Springer 和 Elsevier 出版英文专著 2 部。研究成果得到了英国皇家工程院院士 Z. Q. Zhu、加拿大工程院院士 C. W. de Silva、波兰工程院院士 T. O. Kowalska、智利工程院院士 Jose Rodriguez、中国科学院院士房建成、中国工程院院士夏长亮等 10 余位院士以及 30 余位 IEEE Fellow 的广泛引用和高度评价。相关基础研究应用到美的集团、深圳英威腾等公司，推动了商用高端无传感器电驱动系统产品的发展。符合国家自然科学奖推荐条件。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介

电驱动是先进制造和能源变换领域的核心技术之一，广泛应用于装备制造、航空航天、轨道交通等领域，在国家建设中发挥重要作用。随着对电驱动系统可靠性和安全性要求的不断提高，高性能无传感器电驱动需求日益增加，复杂工况极端转速无传感器控制基础理论问题亟待解决。探索无传感器电驱动系统运行调控新思路，阐明极低速域稳定运行机理和极限性能控制等基础科学问题，对推动电驱动技术的发展具有重要的理论意义和实际应用价值。该项目在国家自然科学基金、国家科技支撑计划等资助下，针对无传感器电驱动系统全速域运行协同控制问题，在系统稳定运行机理及运行性能调控机制等方面取得了系列原创性成果，为无传感器电驱动系统的突破性发展奠定了理论基础。重要科学发现包括：

一、揭示了无传感器电驱动系统低速稳定运行机理，提出了构造新型转速自适应率突破低速稳定运行瓶颈新思想；发现了高频注入强鲁棒运行机理，拓展了凸极特性跟踪实现电驱动系统位置精准预测新思路，为复杂工况下系统低速高稳定运行提供了理论支撑。

二、发现了逆变器非线性及磁场空间谐波综合作用对模型法位置观测的负面效应，阐明了电磁场交互耦合导致位置脉动误差产生机理；提出了自适应滤波交叉反馈网络抑制位置误差新思路，确定了稳态误差与动态响应平衡关系，发展了模型法无传感器电驱动调控理论。

三、阐明了考虑交叉耦合及铁损的电驱动系统全阶损耗模型表征规律，首次提出了最大效率/安培(MEPA)效率优化控制新思想；突破了电驱动系统在线效率优化控制难题，揭示了高效率无传感器协同调控机制，奠定了无传感器电驱动系统高效率运行的理论基础。

该项目主要发现点共发表电气工程领域国际顶级期刊 IEEE 会刊论文 38 篇，SCI 和 EI 他引总次数 2554 次。该项目 8 篇代表性论文总计被 SCI 和 EI 他引总计 903 次，其中 1 篇论文入选 ESI 高被引论文；在国际著名出版社 Springer 和 Elsevier 出版英文专著 2 部。研究成果得到了英国皇家工程院院士 Z. Q. Zhu、加拿大工程院院士 C. W. de Silva、波兰工程院院士 T. O. Kowalska、智利工程院院士 Jose Rodriguez、中国科学院院士房建成、中国工程院院士夏长亮等 10 余位院士，以及 IEEE 电力电子学会主席 Frede Blaabjerg、IEEE 工业电子学会前主席 G. A. Capolino 等 30 余位 IEEE Fellow 的广泛引用和高度评价。

完成人担任 IEEE 工业电子会刊、IEEE 电力电子会刊等电气工程领域国际顶级刊物副主编 10 余人次，国际会议大会主席/副主席 10 余次，在国际会议作大会特邀报告 20 余次，作为承办单位及大会主席在哈尔滨承办了 4 次顶级国际学术会议，近 10 年在“无传感器控制”方面发表 SCI 论文数列国际同类课题组第一(根据 Web of Science 统计结果)，在 IEEE 工业电子会刊组织“Position Sensorless AC Motor Drives”专刊，获国际会议最佳论文奖 6 次。项目第一完成人徐殿国教授为中国电工技术学会副理事长，被评为 IEEE Fellow，获 2018 IEEE IAS Outstanding Achievement Award，成为该奖项自 1969 年设立以来中国大陆第一位获奖者。项目组获国家发明专利授权 12 项，相关基础研究应用到美的集团、深圳英威腾等公司，推动了商用高端无传感器电驱动系统产品的发展。培养了多位国家级青年创新人才，形成了国内外具有影响力的创新研究团队。部分研究成果获 2019 年黑龙江省自然科学一等奖。

代表性论文（专著）目录（不超过 8 篇）

序号	论文（专著） 名称/刊名 /作者	年卷页 码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间 (年 月 日)	通讯 作者 (含 共 同)	第一 作者 (含 共 同)	国内 作者	他 引 总 次 数	检 索 数 据 库	论 文 署 名 单 位 是 否 包 含 国 外 单 位
1	DSP-Based Control of Sensorless IPMSM Drives for Wide-Speed Range Operation /IEEE Trans. Ind. Electron. /Gaolin Wang, Rongfeng Yang, Dianguo Xu	2013年 60卷 720-727 页	2013- 02-15	王高 林	王高 林	王高林, 杨荣峰, 徐殿国	228	SCI EI	否
2	Position Estimation Error Reduction Using Recursive-Least-Square Adaptive Filter for Model-Based Sensorless Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Drives /IEEE Trans. Ind. Electron. /Gaolin Wang, Tielian Li, Guoqiang Zhang, Xianguo Gui, Dianguo Xu	2014年 61卷 5115-51 25 页	2014 -09- 23	王高 林	王高 林	王高林, 李铁链, 张国强, 贵献国, 徐殿国	86	SCI EI	否
3	Adaptive Compensation Method of Position Estimation Harmonic Error for EMF-Based Observer in Sensorless IPMSM Drives /IEEE Trans. Power Electron. /Gaolin Wang, Hanlin Zhan, Guoqiang Zhang, Xianguo Gui, Dianguo Xu	2014年 29卷 3055-30 64 页	2014- 06-30	王高 林	王高 林	王高林, 詹瀚林, 张国强, 贵献国, 徐殿国	107	SCI EI	否
4	Quadrature PLL-Based High-Order Sliding Mode Observer for IPMSM Sensorless Control with Online MTPA Control Strategy /IEEE Trans.	2013年 28卷 214-224 页	2013- 03-22	王高 林	王高 林	王高林, 李卓敏, 张国强, 于泳, 徐殿国	119	SCI EI	否

	Energy Convers. /Gaolin Wang, Zhuomin Li, Guoqiang Zhang, Yong Yu, Dianguo Xu								
5	Maximum Efficiency Per Ampere Control of Permanent Magnet Synchronous Machines /IEEE Trans. Ind. Electron. /Ronggang Ni, Dianguo Xu, Gaolin Wang, Li Ding, Guoqiang Zhang, Lizhi Qu	2015年 62卷 2135-2143页	2015-04-20	倪荣刚	倪荣刚	倪荣刚, 徐殿国, 王高林, 丁力, 张国强, 曲立志	103	SCI EI	否
6	Parallel Operation of Full Power Converters in Permanent-Magnet Direct-Drive Wind Power Generation System /IEEE Trans. Ind. Electron. /Li Rui, Xu Dianguo	2013年 60卷: 1619-1629页	2013-04-25	李瑞	李瑞	李瑞, 徐殿国	128	SCI EI	否
7	ADALINE-Network-Based PLL for Position Sensorless Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Drives /IEEE Trans. Power Electron. /Guoqiang Zhang, Gaolin Wang, Dianguo Xu, and Nannan Zhao	2016年 31卷: 1450-1460页	2016-02-20	张国强	张国强	张国强, 王高林, 徐殿国, 赵楠楠	80	SCI EI	否
8	Design Method of Adaptive Full Order Observer with or without Estimated Flux Error in Speed Estimation Algorithm /IEEE Trans. Power Electron. /Wei Sun, Yong Yu, Gaolin Wang, Binbin Li, Dianguo Xu	2016年 31卷 2609-2626页	2016-03-28	孙伟	孙伟	孙伟, 于泳, 王高林, 李彬彬, 徐殿国	52	SCI EI	否
合计							903		

主要完成人：

姓名：徐殿国

排名：1

行政职务：副校长

技术职称：教授

工作单位：哈尔滨工业大学

完成项目时所在单位：哈尔滨工业大学

对本项目主要学术贡献：项目负责人，对第 1 至 3 项科学发现均做出了创造性贡献。系统地建立了无传感器电驱动系统全速域运行协同控制理论；阐明了考虑交叉耦合及铁损的电驱动系统全阶损耗模型表征规律，首次提出了最大效率/安培（MEPA）的效率优化控制新思想。

曾获国家科技奖励情况：国家科技进步三等奖

姓名：王高林

排名：2

行政职务：副所长

技术职称：教授

工作单位：哈尔滨工业大学

完成项目时所在单位：哈尔滨工业大学

对本项目主要学术贡献：对第 1 至 3 项科学发现做出了创造性贡献，是代表性论文 1-4 的第一作者。发现了高频注入强鲁棒运行机理，拓展了凸极特性跟踪实现电驱动系统位置精准预测新思路；突破了电驱动系统在线效率优化控制难题，揭示了高效率无传感器协同调控机制。

曾获国家科技奖励情况：无

姓名：张国强

排名：3

行政职务：无

技术职称：讲师

工作单位：哈尔滨工业大学

完成项目时所在单位：哈尔滨工业大学

对本项目主要学术贡献：对第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是代表性论文 7 第一作者，代表性论文 2-5 的共同作者。发现了逆变器非线性及磁场空间谐波综合作用对模型法位置观测的负面效应，并提出了自适应滤波交叉反馈网络抑制位置误差新思路。参与揭示了高效率无传感器协同调控机制。

曾获国家科技奖励情况：无

姓名：于泳

排名：4

行政职务：副所长

技术职称：教授

工作单位：哈尔滨工业大学

完成项目时所在单位：哈尔滨工业大学

对本项目主要学术贡献：对第 1 项和第 3 项科学发现做出了创造性贡献，是代表性论文 4, 8 的共同作者揭示了无传感器电驱动系统低速稳定运行机理，提出了构造新型转速自适应率突破低速稳定运行瓶颈新思想；参与发现了有效跟踪最大转矩/安培（MTPA）效率优化电流轨迹的调节规律。

曾获国家科技奖励情况：无

姓名：赵楠楠

排名：5

行政职务：无

技术职称：讲师

工作单位：哈尔滨工业大学

完成项目时所在单位：哈尔滨工业大学

对本项目主要学术贡献：对第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是代表性论文 7 的共同作者。参与阐明了电磁场交互耦合导致位置脉动误差产生机理；并建立了新型位置观测器抑制位置误差理论体系，实现了稳态误差与动态响应的有效平衡调控。

曾获国家科技奖励情况：无