浙江省科学技术奖公示信息表（单位提名）

提名奖项：自然科学奖

|  |  |
| --- | --- |
| 成果名称 | 复杂电力系统大面积停电的主动防御与恢复控制研究 |
| 提名等级 | 一等奖 |
| 提名书  相关内容  （附表） | 项目来源于国家重点研发计划、多个国家自然科学基金等项目。随着电网容量的不断增大和区域系统间互联的增强，电力系统的运行、操作和维护复杂性不断增大，系统运行于更接近极限的状态，发生大面积停电事故的可能性有所增大。然而，电力系统发生大停电事故会给社会和经济带来了巨大的损失，因此研究复杂电力系统大面积停电的主动防御与恢复控制问题具有非常重要的的理论和实际意义。  项目以复杂电力系统大面积停电的主动防御与恢复控制问题研究为核心，探索确保复杂电力系统大停电防御与恢复的安全可靠性、快速性、经济性的新理论、新模型和新方法。项目研究的主要原创性科研成果的论点和创新点包括：  1、提出了一种基于轨迹相似度和谱聚类的发电机同调机组识别新方法，实现了发电机同调机组的在线动态识别；针对弱阻尼高比例可再生能源电力系统，提出了一种基于AP(Affinity propagation)聚类的发电机同调机组识别方法，为实现高比例可再生能源电力系统中弱阻尼振荡的动态监测提供了新手段；首次提出了衡量主动解列稳定性的临界解列时间指标，构建了考虑发电机同调特性的主动解列优化模型，量化了主动解列策略的稳定裕度，形成了判定主动解列策略是否稳定的依据。  2、提出了计及灵活性资源作为黑启动电源的电力系统非黑启动机组的启动顺序滚动优化新策略，采用模型预测控制技术处理了灵活性资源出力预测误差对黑启动滚动优化的影响问题，为区域电网的黑启动提供了新手段；提出了基于广域测量的可恢复负荷功率估计模型以及负荷恢复策略，引入了频率预测误差的反馈与修正策略，提高了可恢复负荷量计算的精确度和系统恢复速度；提出了衡量电力系统恢复路径优劣程度的改进电气介数新指标以及计及频率响应特性的电力系统自愈恢复策略，解决了电力系统恢复预案的动态生成与难执行问题，实现了大停电后电力系统的快速安全稳定恢复，减少了停电损失。  3、提出了一种含电转气设备的电-气-热多能源系统优化调度方法，优化了综合能源系统的调度运行，利用电转气设备有效地增强了系统消纳风电的能力，提高整个系统的能源利用效率；考虑极端灾害天气对电力系统的影响具有时间和空间的动态特性, 建立了极端天气影响的多阶段动态模型，提出了一种弹性约束下的配电-天然气系统鲁棒优化运行策略，降低极端灾害天气对系统运行的影响，提高了系统的弹性；构建考虑虚拟储能的综合能源系统自愈恢复协同优化模型，提出了考虑负荷离散与电气耦合特性的电气综合能源系统灾后全阶段恢复优化方法，加速了综合能源系统的灾后恢复过程，最大程度上减少停电后的经济损失。  本项目的科学价值在于：研究形成的复杂电力系统大面积停电主动防御与恢复控制的新理论、新模型和新方法提高了大停电后电力系统的安全性、可靠性、快速性和经济性，降低了电力系统发生大停电事故后给社会和经济带来的巨大损失。8篇代表性论文他引631次；出版《弹性电力系统及其恢复策略研究的理论与实践》著作1部，授权发明专利多项；研究成果应用于国网江苏省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司以及南方电网广东电网有限公司等。项目组成员成员当选IEEE Fellow，担任了IEEE Transactions on Power Systems、IEEE Power Engineering Letters等多个SCI期刊杂志副主编 (Associate Editor)以及Journal of Modern Power Systems and Clean Energy (MPCE)、Protection and Control of Modern Power Systems (PCMP)等SCI期刊杂志编委。  **代表性论文专著目录：**   1. Zhenzhi Lin, Fushuan Wen\*, Yusheng Xue. A Restorative Self-Healing Algorithm for Transmission Systems Based on Complex Network Theory, IEEE Transactions on Smart Grid, 2016, Vol. 7, No. 4, pp. 2154-2162. 2. Yang Li, Weijia Liu, Mohammad Shahidehpour, Fushuan Wen, Ke Wang, Yuchun Huang. Optimal Operation Strategy for Integrated Natural Gas Generating Unit and Power-to-Gas Conversion Facilities. IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 9, No. 4, 2018, pp. 1870-1879. 3. Yang Li, Zhiyi Li, Fushuan Wen, Mohammad Shahidehpour. Minimax-Regret Robust Co-Optimization for Enhancing the Resilience of Integrated Power Distribution and Natural Gas Systems. IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 11, No. 1, 2020, pp. 61-71. 4. Yang Li, Zhiyi Li, Fushuan Wen, Mohammad Shahidehpour. Privacy-Preserving Optimal Dispatch for an Integrated Power Distribution and Natural Gas System in Networked Energy Hubs. IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 10, No. 4, 2019, pp. 2028-2038. 5. Zhenzhi Lin, Fushuan Wen\*, Yi Ding, Yusheng Xue. Data-driven Coherency Identification for Generators Based on Spectral Clustering. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018, Vol. 14, No. 3, pp. 1275-1285. 6. Zhipeng Liu, Fushuan Wen, Ledwich Gerard. Optimal Siting and Sizing of Distributed Generators in Distribution Systems Considering Uncertainties. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No. 4, 2011, pp. 2541-2551. 7. Weijia Liu, Zhenzhi Lin, Fushuan Wen\*, Gerard Ledwich. A Wide Area Monitoring System Based Load Restoration Method, IEEE Transactions on Power Systems, 2013, Vol. 28, No. 2, pp. 2025-2034. 8. Zhenzhi Lin, Tao Xia, Yanzhu Ye, Ye Zhang, Lang Chen, Yilu Liu, Kevin Tomsovic, Terry Bilke, Fushuan Wen. Application of Wide Area Measurement Systems to Islanding Detection of Bulk Power Systems, IEEE Transactions on Power Systems, 2013, Vol. 28, No. 2, pp. 2006-2015.   **主要知识产权和标准规范目录：**   1. 林振智，赵昱宣，韩畅，文福拴. 一种高比例可再生能源电力系统的骨干网架优化方法. ZL201810005588.8，浙江大学 2. 林振智，章博，刘晟源，章天晗，韩畅，杨莉，文福拴. 高比例风电下考虑需求侧响应的多时段主动配网重构方法. ZL 201910596398.2，浙江大学 3. 林振智，刘晟源，章天晗，文福拴，杨莉. 一种电力系统鲁棒解列方法. ZL 201910586298.1，浙江大学 4. 林振智，刘晟源，章天晗，文福拴，杨莉. 一种基于模糊聚类的同调发电机识别方法. ZL 201910585520.6，浙江大学 5. 李知艺，宋克轩. 一种考虑隐私保护的配电网与微电网协同优化方法. ZL202110081369.X，浙江大学 |
| 主要完成人 | 林振智，排名1，教授，浙江大学；  文福拴，排名2，教授，浙江大学；  李 杨，排名3，副教授，河海大学；  李知艺，排名4，特聘研究员，浙江大学；  薛禹胜，排名5，教授、院士，国网电力科学研究院有限公司 |
| 主要完成单位 | 1.浙江大学  2.国网电力科学研究院有限公司 |
| 提名单位 | 浙江大学 |
| 提名意见 | 项目以复杂电力系统大面积停电的主动防御与恢复控制问题研究为核心，探索确保电力系统大停电防御与恢复的安全可靠性、快速性、经济性的新理论、新模型和新方法。研究内容包括：  1、构建了基于广域数据驱动和轨迹相似度的电力系统同调机群识别及主动解列优化模型，首次提出了衡量主动解列稳定性的临界解列时间指标，实现了弱阻尼振荡的动态监测，量化了主动解列策略的稳定裕度，形成了判定主动解列策略稳定的依据。  2、提出了计及灵活性资源作为黑启动电源的电力系统非黑启动机组的启动顺序滚动优化新策略，以及基于广域测量的可恢复负荷功率估计模型以及负荷恢复策略，发展了衡量电力系统恢复路径优劣程度的改进电气介数新指标以及计及频率响应特性的电力系统自愈恢复策略，解决了电力系统恢复预案的动态生成与难执行问题，实现了大停电后电力系统的快速安全稳定恢复。  3、发展了一种弹性约束下的配电-天然气系统鲁棒优化运行策略，构建考虑虚拟储能的综合能源系统自愈恢复协同优化模型，提出了考虑负荷离散与电气耦合特性的电气综合能源系统灾后全阶段恢复优化方法，加速了综合能源系统的灾后恢复过程，最大程度上减少停电后的经济损失。  该项目完成人政治立场坚定、师德学风优良，在教书育人等方面表现优秀，经过审核申请书各项内容属实，特提名浙江省自然科学奖一等奖。 |

六、代表性论文专著目录（不超过8篇）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称/刊名 | 年卷页码 | 发表时间  （年、月） | 通讯  作者 | 第一  作者 | 所有作者（按排序） | 他引  总次数 | 检索数据库 |
| 1 | A Restorative Self-Healing Algorithm for Transmission Systems Based on Complex Network Theory/IEEE Transactions on Smart Grid | 2016年7卷2154-2162页 | 2016年7月 | Fushuan Wen | Zhenzhi Lin | Zhenzhi Lin, Fushuan Wen, Yusheng Xue | 47 |  |
| 2 | Optimal Operation Strategy for Integrated Natural Gas Generating Unit and Power-to-Gas Conversion Facilities/IEEE Transactions on Sustainable Energy | 2018年9卷1870-1879页 | 2018年10月 | Mohammad Shahidehpour | Yang Li | Yang Li, Weijia Liu, Mohammad Shahidehpour, Fushuan Wen, Ke Wang, Yuchun Huang | 85 |  |
| 3 | Minimax-Regret Robust Co-Optimization for Enhancing the Resilience of Integrated Power Distribution and Natural Gas Systems/IEEE Transactions on Sustainable Energy | 2020年11卷61-71页 | 2020年1月 | Mohammad Shahidehpour | Yang Li | Yang Li, Zhiyi Li, Fushuan Wen, Mohammad Shahidehpour | 71 |  |
| 4 | Privacy-Preserving Optimal Dispatch for an Integrated Power Distribution and Natural Gas System in Networked Energy Hubs/IEEE Transactions on Sustainable Energy | 2019年10卷2028-2038页 | 2019年10月 | Mohammad Shahidehpour | Yang Li | Yang Li, Zhiyi Li, Fushuan Wen, Mohammad Shahidehpour | 71 |  |
| 5 | Data-driven Coherency Identification for Generators Based on Spectral Clustering/IEEE Transactions on Industrial Informatics | 2018年14卷1275-1285页 | 2018年3月 | Fushuan Wen | Zhenzhi Lin | Zhenzhi Lin, Fushuan Wen, Yi Ding, Yusheng Xue | 49 |  |
| 6 | Optimal Siting and Sizing of Distributed Generators in Distribution Systems Considering Uncertainties/IEEE Transactions on Power Delivery | 2011年26卷2541-2551页 | 2011年10月 | Zhipeng Liu, Fushuan Wen | Zhipeng Liu | Zhipeng Liu, Fushuan Wen, Ledwich Gerard | 216 |  |
| 7 | A Wide Area Monitoring System Based Load Restoration Method/IEEE Transactions on Power Systems | 2013年28卷2025-2034页 | 2013年11月 | Weijia Liu, Fushuan Wen | Weijia Liu | Weijia Liu, Zhenzhi Lin, Fushuan Wen, Gerard Ledwich | 44 |  |
| 8 | Application of Wide Area Measurement Systems to Islanding Detection of Bulk Power Systems, /IEEE Transactions on Power Systems | 2013年28卷2006-2015页 | 2013年3月 | Fushuan Wen | Zhenzhi Lin | Zhenzhi Lin, Tao Xia, Yanzhu Ye, Ye Zhang, Lang Chen, Yilu Liu, Kevin Tomsovic, Terry Bilke, Fushuan Wen | 42 |  |
|  | 合计 | | | | | | 625 |  |

**承诺：**上述论文专著符合提名要求且无争议。以上论文专著用于提名2023年度省自然科学奖的情况，已征得未列入成果完成人的作者同意，有关知情证明材料均存档备查。

第一完成人签字：

八、主要知识产权和标准规范目录（不超过5件）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准规范）类别 | 知识产权（标准规范）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号  （标准规范编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准规范批准发布部门） | 权利人（标准规范起草单位） | 发明人（标准规范起草人） | 发明专利（标准规范）有效状态 |
| 发明  专利 | 一种高比例可再生能源电力系统的骨干网架优化方法 | 中国 | CN108281959B | 2019-12-31 | 3650399 | 浙江大学 | 林振智，赵昱宣，韩畅，文福拴 | 授权 |
| 发明  专利 | 高比例风电下考虑需求侧响应的多时段主动配网重构方法 | 中国 | CN110391673B | 2020-12-15 | 4151727 | 浙江大学 | 林振智，章博，刘晟源，章天晗，韩畅，杨莉，文福拴 | 授权 |
| 发明  专利 | 一种电力系统鲁棒解列方法 | 中国 | CN110943458B | 2021-08-06 | 4600920 | 浙江大学 | 林振智，刘晟源，章天晗，文福拴，杨莉 | 授权 |
| 发明  专利 | 一种基于模糊聚类的同调发电机识别方法 | 中国 | CN110380430B | 2021-04-09 | 4348877 | 浙江大学 | 林振智，刘晟源，章天晗，文福拴，杨莉 | 授权 |
| 发明  专利 | 一种考虑隐私保护的配电网与微电网协同优化方法 | 中国 | CN112883552B | 2022-03-22 | 5011025 | 浙江大学 | 李知艺，宋克轩 | 授权 |

**承诺：**上述知识产权符合提名要求且无争议。以上知识产权和标准规范用于提名2023年度省自然科学奖的情况，已征得未列入成果完成单位或完成人的发明人、权利人的同意，有关知情证明材料均存档备案。

第一完成人签字：