

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

12
2019

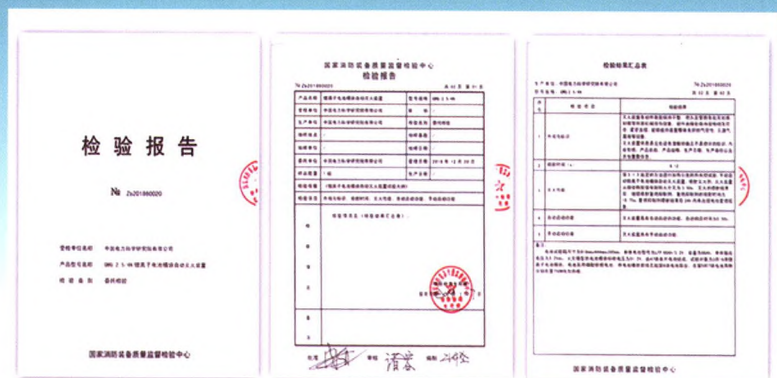
第43卷12期
Vol.43 No.12

中国电力科学研究院有限公司 锂离子电池自动灭火装置顺利通过国家消防装备质量 监督检验中心产品检验

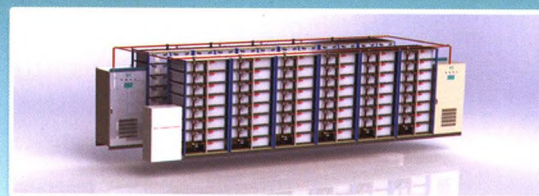
锂离子电池模块自动灭火装置，采用自主研发的气液复合灭火剂，根据不同类型电池采取不同的灭火策略，具有智能判定、自动启动功能，能够快速扑灭明火，不复燃，同时还具有成本低、对其它设施无损害和环境影响小的优点。

在国家消防装备质量监督检验中心的产品检验中，灭火装置的自动响应时间仅为0.5秒，在3.5秒内就能扑灭电池明火，且24小时内电池没有复燃。

该装置是国内率先研制能够长时间有效抑制电池复燃的灭火装置，解决了长久以来锂离子电池模块燃烧难以快速扑灭以及无法防止复燃的技术难题，填补了我国电池储能系统安全消防产品的空白，对于保障储能系统安全运行、保障人身安全、减少财产损失都具有非常重要的现实意义。



检验报告



预制舱储能消防系统



预制舱消防系统控制柜



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

单位：中国电力科学研究院有限公司

地址：北京清河小营东路15号

邮编：100192

电话：(010) 82812114

ISSN 1000-3673



万方数据



国家电网有限公司 主办

《电网技术》

编辑委员会

主任: 刘振亚

委员(按姓氏笔画排序):

Wei-Jen Lee 丁明 尹积军 文福拴

王敏 王成山 王相勤 王益民

Haifeng Wang (王海风) 韦化

帅军庆 伍萱 刘广迎 刘开俊

刘开培 刘玉田 刘建明 印永华

孙昕 汤涌 纪延超 吴云

吴玉生 Qinghua Wu (吴青华)

张文亮 张丽英 张启平 张运洲

张春城 张智刚 李卫东 李文毅

李向荣 李庆林 李成榕 李群湛

杜至刚 杨庆 肖世杰 肖立业

陈峰 陈月明 周浩 郑宝森

K L Lo (罗国麟) 段献忠 赵庆波

Wilsun Xu (徐文远) 索南加乐

栾军 郭剑波 康重庆 曹一家

曹均正 曹志安 黄强 程浩忠

舒印彪 葛正翔 路书军 廖瑞金

穆钢 鞠平

顾问委员会

主任: 陆延昌

副主任: 周孝信 郑健超

委员(按姓氏笔画排序):

马伟明 王锡凡 卢强 孙才新

朱英浩 严陆光 余贻鑫 宋永华

Felix Wu (吴复立) 杨奇逊 汪植生

沈国荣 邱爱慈 陆佑楣 陈清泉

赵遵廉 唐任远 顾国彪 黄其励

程时杰 韩祯祥 潘家铮 薛禹胜

目次

· 泛在电力物联网关键技术 (特约专栏主编 曾鸣、孙德栋、盛万兴) ·

基于泛在电力物联网平台的可再生能源政策评估系统设计与模型研究

.....曾鸣, 王雨晴, 闫彤, 兰梦心, 董厚琦, 张晓春, 王好雷, 孙辰军 (4263)

计及状态估计与可观性的电力系统可靠性评估

.....袁汉杰, 李更丰, 龙涛, 侯卓, 张寒, 别朝红 (4274)

基于深度学习的电力线信道传输特性识别方法

.....史建超, 胡正伟, 贺冬梅, 谢志远 (4283)

基于智能配变终端的配电网单相接地故障检测技术研究

.....王世林, 刘柱, 张喆, 张帅 (4291)

微电网 SCADA 系统中具有消息恢复的身份认证协议

.....左黎明, 张梦丽, 丁仕晗, 陈艺琳 (4299)

基于深度学习的智能变电站通信网络故障诊断与定位方法

.....孙宇嫣, 蔡泽祥, 郭采珊, 马国龙, 戴观权 (4306)

面向配电网的边缘计算技术

.....孙浩洋, 张冀川, 王鹏, 林佳颖, 郭岫, 陈蕾 (4314)

基于下沉式计算的电力云资源管理方案研究

.....张楠, 李治, 刘迪, 李春阳, 胡广林, 杨张贵 (4322)

基于边缘嵌入深度学习的非侵入式负荷分解方法

.....刘耀先, 孙毅, 李彬, 黄婷 (4329)

泛在电力物联网环境下综合能源型售电公司参与电力市场竞争的

报价策略研究.....彭谦, 周晓洁, 杨睿, 贾梧桐 (4337)

智能合约技术下电动汽车入网竞价机制研究

.....刘维扬, 王冰, 王敏, 陈桂儒 (4344)

基于分时充放电裕度的电动汽车有序充放电引导策略

.....王毅, 麻秀, 万毅, 侯兴哲, 郑可, 陈文礼 (4353)

基于联盟区块链的电动汽车充电交易模型

.....金志刚, 吴若茜, 李根, 岳顺民 (4362)

基于注意力机制的 CNN-GRU 短期电力负荷预测方法

.....赵兵, 王增平, 纪维佳, 高欣, 李晓兵 (4370)

基于改进贝叶斯神经网络的光伏出力概率预测

.....赵康宁, 蒲天骄, 王新迎, 李焯 (4377)

· 国家重点研发计划 ·

含可再生能源的多能互补发电系统容量配置方法

.....李健华, 刘继春, 陈雪, 陈邦波 (4387)

随机动态经济调度问题的 Dantzig-Wolfe 分解及其并行算法

.....黄启文, 陆文甜, 刘明波 (4398)

考虑 N-1 安全约束的输电线路投切缓解电压越限的电网拓扑优化方法

.....沈政委, 汤涌, 易俊, 赵兵, 陈长胜, 侯硕楠 (4406)

直流故障限流器工作原理分析与特性研究

.....郝鑫, 王盼宝, 孙红梅, 王卫, 徐殿国 (4414)

真空灭弧有载分接开关振动特性分析

.....樊家昊, 汪卫国, 王丰华, 钱勇 (4425)

· 可再生能源发电与综合消纳技术 ·

- DFIG 与 VSC-HVDC 协同参与电网调频的动态潮流算法
 李生虎, 孙婷婷, 黄杰杰, 张浩, 齐涛, 尚显锟 (4433)
- 考虑时变时滞影响的大型双馈风力发电系统附加阻尼控制
 戚军, 吴仟, 陈康, 周丹, 翁国庆 (4440)
- 基于 D-U 空间混合多属性决策的风电场装机容量优化
 江岳文, 陈晓榕 (4451)
- 基于 LPF-VMD 和 KELM 的风速多步预测模型
 向玲, 邓泽奇, 赵玥 (4461)
- 多风电场柔直并网调频的组合控制策略
 郎燕生, 杨东冀, 杨晓楠, 温渤婴, 赵昆 (4468)
- 多区域电力系统实时分散鲁棒调度的求解方法
 王晨曦, 朱建全, 夏云睿, 郭野, 莫懿昱, 罗添允 (4478)
- 适用于分布式光伏接入中压直流配网的三电平零电流开关变换器
 吴健, Syed Waqar Azeem, 朱小明, 夏峰, 连建阳, 宁光富 (4486)

· 直流输电与直流电网 ·

- 考虑内部谐波耦合特性的 MMC 小信号建模及稳定性分析
 梅念, 尹诗媛, 魏争, 李珠玲, 尹太元, 王璋 (4495)
- 考虑内部耦合的模块化多电平换流器建模与控制方法
 马文忠, 张凯 (4502)
- 构建虚拟桥臂数学模型的 MMC 阀损耗快速计算方法研究
 李探, 尹诗媛, 姚志, 陈东, 尹太元, 王璋 (4509)
- 逆变电源直流电网快速直流断路器的分析和设计
 刘思奇, 沈兵, 庄劲武, 柯其琛, 雷冉 (4517)
- 提高直流微电网稳定性的并网换流器串联虚拟阻抗方法
 朱晓荣, 韩丹慧, 孟凡奇, 李铮 (4523)
- 联接弱交流电网的 VSC-HVDC 系统功率耦合特性及解耦策略
 邵冰冰, 赵书强 (4532)

· 电力系统 ·

- 电动汽车换电需求时空分布的概率建模
 段雪, 张昌华, 张坤, 叶圣永, 陈树恒, 刘群英, 吴云峰 (4541)
- 考虑负荷转移和多重博弈的智能小区需求响应策略
 伍惠铤, 王淳, 尹发根, 陈宇杰, 刘宽, 左远龙 (4550)
- 计及需求响应的微网现货市场运行策略
 陈永椿, 董萍, 伍子东, 段秦刚 (4558)
- 考虑旋转备用服务的微网电源优化配置
 马小峻, 李凤婷, 陶仁峰, 苏常胜, 李鹏 (4568)
- 基于 FP-Growth 算法的 10 kV 配电网分支线断线故障诊断与定位方法
 刘思怡, 苏运, 张焰 (4575)

· 高电压技术 ·

- 多断口真空开关基础理论及技术综述
 葛国伟, 程显, 谢伟, 廖敏夫, 邹积岩 (4582)
- 雷电基底电流 Heidler 模型频谱函数高阶高精度逼近方法
 朱崇铭, 张鹏飞, 邹军 (4591)
- 基于自适应 VMD 和时-频分段能量熵特征的过电压信号识别
 杨冬锋, 陈盛开, 刘晓军, 高磊, 王永 (4597)
- 数值延拓法在非线性直流电场间接耦合计算中的应用
 唐烈峰, 阮江军, 陈柔 (4605)
- 第 43 卷 (2019) 总目次 (1)
- General Catalogue of Vol.43, (2019) (12)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
 2015 和 2017 年度中国“百强报刊”
 中国最具国际影响力学术期刊
 中国百种杰出学术期刊
 中国精品科技期刊
 全国中文核心期刊
 RCCSE 中国权威学术期刊
 《科学文摘》(SA) 收录期刊
 《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
 中国科学引文数据库 (CSCD)
 中国期刊方阵双效期刊
 电力行业优秀科技期刊

《电网技术》(月刊)

第 43 卷 第 12 期 (总第 433 期)

主 管: 国家电网有限公司

主 办: 国家电网有限公司

编 辑: 中国电科院期刊中心
 《电网技术》编辑部

出 版: 《电网技术》杂志社有限公司

主 编: 张文亮

副主编: 郭剑波 汤 涌

编辑部副主任: 李兰欣 010-82812543

广告部经理: 齐 华 010-58386112

发 行: 闫 颀 010-82812465

编 辑: 010-82812523/2672/2981/2982

网上投稿: <http://www.dwjs.com.cn>

电力系统内部电话: 91862+后四位

传 真: 010-82812980

地 址: 100192 北京清河小营东路 15 号
 中国电力科学研究院有限公司内

印 刷: 北京科信印刷有限公司
 北京市昌平区七北路马连店甲 6 号

总发行: 北京报刊发行局

国外发行: 中国国际图书贸易总公司

订 阅: 全国各地邮局

邮发代号: 国内 82-604 国外 1474M

中国标准连续出版物号: ISSN 1000-3673
 CN 11-2410/TM

广告经营许可证号: 京海工商广字第 0168 号

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2019, Vol. 43 No. 12 (Ser. 433)

Contents

• The Key Technologies of Ubiquitous Power Internet of Things •

System Design and Model Research of Renewable Energy Policy Evaluation System Based on Platform of Ubiquitous Power Internet of Things

.....Zeng Ming, Wang Yuqing, Yan Tong, Lan Mengxin, Dong Houqi, Zhang Xiaochun, Wang Haolei, Sun Chenjun (4263)

Power System Reliability Assessment Considering State Estimation and Observability

.....Yuan Hanjie, Li Gengfeng, Long Tao, Hou Zhuo, Zhang Han, Bie Zhaohong (4274)

Transmission Characteristic Recognition Method of Power Line Channel Based on Deep Learning

.....Shi Jianchao, Hu Zhengwei, He Dongmei, Xie Zhiyuan (4283)

Research on Single Phase Grounding Fault Detection Technology of Distribution Network Based on Intelligent Variable Terminal

.....Wang Shilin, Liu Zhu, Zhang Zhe, Zhang Shuai (4291)

Identity Authentication Protocol With Message Recovery in Microgrid SCADA System

.....Zuo Liming, Zhang Mengli, Ding Shihan, Chen Yilin (4299)

Fault Diagnosis and Positioning for Communication Network in Intelligent Substation Based on Deep Learning

.....Sun Yuyan, Cai Zexiang, Guo Caishan, Ma Guolong, Dai Guanquan (4306)

Edge Computation Technology Based on Distribution Internet of Things

.....Sun Haoyang, Zhang Jichuan, Wang Peng, Lin Jiaying, Guo Shen, Chen Lei (4314)

Research on Resource Management of Power Cloud System Based on Sinking Computing

.....Zhang Nan, Li Zhi, Liu Di, Li Chunyang, Hu Guanglin, Yang Zhanggui (4322)

Non-intrusive Load Disaggregation Method Based on Edge Embedded Deep Learning

.....Liu Yaoxian, Sun Yi, Li Bin, Huang Ting (4329)

Bidding Strategy of Comprehensive Energy Based Power Selling Company Participating in Electricity Market Competition Under Ubiquitous Environment of Internet of Things

.....Peng Qian, Zhou Xiaojie, Yang Rui, Jia Wutong (4337)

Research on Electric Vehicles Participating in Bidding Mechanism of Power Grid Based on Smart Contract Technology

.....Liu Weiyang, Wang Bing, Wang Min, Chen Guiru (4344)

Sequential Charge-discharge Guidance Strategy for Electric Vehicles Based on Time-sharing Charging-discharging Margin

.....Wang Yi, Ma Xiu, Wan Yi, Hou Xingzhe, Zheng Ke, Chen Wenli (4353)

Transaction Model for Electric Vehicle Charging Based on Consortium Blockchain

.....Jin Zhigang, Wu Ruoqian, Li Gen, Yue Shunmin (4362)

A Short-term Power Load Forecasting Method Based on Attention Mechanism of CNN-GRU

.....Zhao Bing, Wang Zengping, Ji Weijia, Gao Xin, Li Xiaobing (4370)

Probabilistic Forecasting for Photovoltaic Power Based on Improved Bayesian Neural Network

.....Zhao Kangning, Pu Tianjiao, Wang Xinying, Li Ye (4377)

• National Key Research and Development Program of China •

Capacity Allocation of Multi-energy Complementary System Including Renewable Energy

.....Li Jianhua, Liu Jichun, Chen Xue, Chen Zhengbo (4387)

Dantzig-wolfe Decomposition and Parallel Algorithm for Stochastic Dynamic Economic Dispatch

.....Huang Qiwen, Lu Wentian, Liu Mingbo (4398)

Network Topology Optimization Method for Relieving Voltage Violations by Transmission Switching Considering $N-1$ Security Constraints

.....Shen Zhengwei, Tang Yong, Yi Jun, Zhao Bing, Chen Changsheng, Hou Shuonan (4406)

Principle and Characteristic Analysis of Existing DC Fault Current Limiters

.....Hao Xin, Wang Panbao, Sun Hongmei, Wang Wei, Xu Dianguo (4414)

Vibration Characteristic Analysis of Vacuum Interrupter On-load Tap-changer

.....Fan Jiahao, Wang Weiguo, Wang Fenghua, Qian Yong (4425)

• Renewable Energy Generation and Integration •

Dynamic Power Flow Algorithm With Coordinated Regulation of Power System Frequency With DFIG and VSC-HVDC

.....Li Shenghu, Sun Tingting, Huang Jiejie, Zhang Hao, Qi Tao, Shang Yukun (4433)

Additional Damping Control of Large Scale DFIG-based Wind Power Generation System Considering Time-varying Delays

.....Qi Jun, Wu Qian, Chen Kang, Zhou Dan, Weng Guoqing (4440)

Optimization of Installed Capacity of Wind Farm With Mixed Multiple Attribute Decisions Based on D-U Space	Jiang Yuewen, Chen Xiaorong (4451)
Multi-step Wind Speed Prediction Model Based on LPF-VMD and KELM	Xiang Ling, Deng Zeqi, Zhao Yue (4461)
Combined Control Strategy for Frequency Regulation of Multi-wind Farms Connected to Multi-terminal Flexible DC	Lang Yansheng, Yang Dongji, Yang Xiaonan, Wen Boying, Zhao Kun (4468)
A Real-time Decentralized Robust Dispatch Approach of Multi-area Power System	Wang Chenxi, Zhu Jianquan, Xia Yunrui, Guo Ye, Mo Xiemin, Luo Tianyun (4478)
Three-level ZCS Converter Suitable for Distributed Photovoltaic Power Accessing Medium Voltage DC Distribution Network	Wu Jian, Syed Waqar Azeem, Zhu Xiaoming, Xia Feng, Lian Jianyang, Ning Guangfu (4486)
• HVDC Transmission & HVDC Grid •	
Small-signal Modeling and Stability Analysis of MMC Considering Internal Harmonic Interactions	Mei Nian, Yin Shiyuan, Wei Zheng, Li Zhuling, Yin Taiyuan, Wang Zhang (4495)
Modeling and Control Strategy for Module Multilevel Converter Considering Internal Coupling	Ma Wenzhong, Zhang Kai (4502)
Power Loss Calculation for MMC Valves on Virtual Arm Mathematical Model	Li Tan, Yin Shiyuan, Yao Zhi, Chen Dong, Yin Taiyuan, Wang Zhang (4509)
Design and Analysis of Fast DC Circuit Breaker for DC Power Grid of Inverter	Liu Siqi, Shen Bing, Zhuang Jinwu, Ke Qichen, Lei Ran (4517)
Grid Converter Series Virtual Impedance Method for Improving DC Microgrid Stability	Zhu Xiaorong, Han Danhui, Meng Fanqi, Li Zheng (4523)
Power Coupling Characteristics and Decoupling Strategy of VSC-HVDC System Connected to Weak AC Power Grid	Shao Bingbing, Zhao Shuqiang (4532)
• Power System •	
Probabilistic Modeling of Battery Swapping Demand of Electric Vehicles Based on Spatio-temporal Distribution	Duan Xue, Zhang Changhua, Zhang Kun, Ye Shengyong, Chen Shuheng, Liu Qunying, Wu Yunfeng (4541)
Demand Response Strategy of Smart Residential Grid Considering Residential Users' Load Shifting and Multi-level Games	Wu Huicheng, Wang Chun, Yin Fagen, Chen Yujie, Liu Kuan, Zuo Yuanlong (4550)
Microgrid Operation Strategy With Demand Response in Spot Electricity Market	Chen Yongchun, Dong Ping, Wu Zidong, Duan Qingang (4558)
Optimization of Microgrid Power Source Considering Spinning Reserve Service	Ma Xiaojun, Li Fengting, Tao Renfeng, Su Changsheng, Li Peng (4568)
Open-line Fault Diagnosis and Positioning Method for 10kV Power Distribution Network Branch Line Based on FP-growth Algorithm	Liu Siyi, Su Yun, Zhang Yan (4575)
• High Voltages •	
Review on Basic Theory and Technology of Multi-break VCBs	Ge Guowei, Cheng Xian, Xie Wei, Liao Minfu, Zou Jiyan (4582)
High Order Approach Accurately Approximating Spectrum Function of Lightning Base Channel Heidler Model	Zhu Chongming, Zhang Pengfei, Zou Jun (4591)
Research on Overvoltage Signal Recognition Based on Adaptive VMD and Time-frequency Segment Energy Entropy	Yang Dongfeng, Chen Shengkai, Liu Xiaojun, Gao Lei, Wang Yong (4597)
Application of Numerical Continuation Method in Nonlinear DC Electric Field Indirect-coupling Calculation	Tang Liezheng, Ruan Jiangjun, Chen Rou (4605)

Sponsor: State Grid Corporation of China

In Cooperation with: China Electric Power Research Institute (CEPRI)

Chairman of Editorial Committee: Liu Zhenya

Editor-in-Chief: Zhang Wenliang

Editor and Publisher: Power System Technology Press

Associate Director of Editorial Board: Li Lanxin

Publication Number: ISSN 1000-3673

CODEN: DIJIES **Devey#:** 621.31

Address: China Electric Power Research Institute, Qinghe, Beijing 100192, China

Tel/Fax: 86-10-82812980

E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn http://www.dwjs.com.cn

Agent of Subscriptions Abroad: China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing, China



——值得信赖的电力系统价值伙伴

益和电气集团股份有限公司始于1985年，公司占地面积200000平方米，注册资金1.1亿元，员工1000余人。现发展成为集智能研发、智能制造、智能科技、智慧服务、清洁能源、资本运作等为一体的现代化企业集团。可为客户提供电力工程的EPC（一站式）业务，投资承建工商业分布式光伏电站。

主要产品为126-252kV组合电器、40.5kV及以下高低压开关柜、12-40.5kV户内及户外断路器、箱式变电站、环网柜及智能配套组件等系列产品。



板材智能化加工系统



开关柜智能化生产线



用户变电站电能远控中心

益国利民 和谐共赢

益和电气集团股份有限公司

地址：山东省青岛市西海岸新区淮河西路717号

邮编：266510

电话：0532-58517159

<http://www.yihe.cn>

邮箱：yihedianqituan@126.com

