

国家电网有限公司 主管  
国网能源研究院有限公司  
中国电机工程学会 主办  
全球能源互联网研究院有限公司

中文核心期刊 中国科技核心期刊  
中国科学引文数据库 (CSCD) 核心期刊  
Scopus收录期刊

ISSN 1004-9649  
CN11-3265/TM

# 中国电力

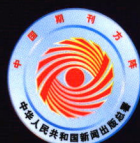
## ELECTRIC POWER



**20年**专注红外热成像 助力电力行业高效运维

高德红外凭借雄厚的技术底蕴和丰富的行业经验,为电力行业提供优质、全面的热成像解决方案。

**4**  
**2022**



第55卷 第4期 2022年4月 中国·北京 Vol.55 No.4 Apr. 2022 Beijing, China

万方数据

# 中国电力

ZHONGGUO DIANLI

第 55 卷第 4 期 2022 年 4 月



## 目次

### 《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 张运洲

副主任委员

陈维江 陈小良 蒋敏华 王成山  
叶泽 康重庆 朱法华

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 卢强 史玉波 刘吉臻  
杜祥琬 周孝信 黄其励 韩祯祥  
潘自强 薛禹胜

委员(按姓氏笔画排序)

丁明 王继业 王锡凡 王耀华  
文福拴 甘德强 司马文霞 刘建明  
汤广福 孙献斌 李若梅 李明节  
李庚银 邱忠涛 何金良 余军  
余贻鑫 辛耀中 汪小刚 沈沉  
宋永华 张伯明 张保会 陈新  
岳光溪 庞辉 单葆国 胡兆光  
姚良忠 姚强 徐政 郭经红  
郭剑波 曹一家 程时杰 程浩忠  
翟永平 穆钢

国际顾问(以姓名英文字母为序)

Kevin DU (Canada) Laili LAI (UK)  
Wei-jen LEE (USA) Hao LIU (Canada)  
Kwok Lun LO (UK) Jianhui WANG (USA)  
Xiaofeng ZHANG (USA) Henry ZHAO (USA)  
Suyan ZHOU (France)

主 编 汤广福 单葆国

副主编 康重庆 朱法华 方 彤 李 琼

本期执行主编 许晓艳

责任编辑 蒋东方 张子龙 李 博 张重实  
吴恒天 杨 彪

发行广告 孙 洁

### 专稿

欧洲海上风电规划机制和激励策略及其启示

..... 马晋龙, 孙勇, 叶学顺 (1)

### 新型电力系统信息安全: 理论、技术与应用

特约主编寄语..... 朱朝阳, 张小松, 王宇飞 (12)

电力信息物理系统入侵容忍能力评估方法

..... 姚鹏超, 颜秉晶, 郝唯杰, 杨强 (13)

面向电工智慧物联的服务缓存和计算卸载策略

..... 孙毅, 常少南, 陈恺, 崔强, 沈维捷 (23)

基于模糊测试的 GOOSE 协议解析漏洞挖掘方法

..... 刘林彬, 苗泉强, 李俊娥 (33)

基于 DHT 和区块链技术的电网安全稳定控制终端分布式认证

..... 赖业宁, 封科, 于同伟, 王旺, 唐冠军 (44)

### 基于电力电子装备的配电网运行控制与形态演变

用于城轨直流牵引系统的混合型 MMC 全桥子模块比例设计方法

... 席嫣娜, 李笑彤, 李子明, 魏应冬, 李笑倩, 王方敏, 李伟, 李伟瑞 (54)

基于 HSA-PSO 的配电网源-储协同优化控制方法

..... 党彬, 邹启群, 张滨, 付东, 尤梦凯, 乐健 (63)

未来配电网的分布式形态及规划方法

..... 赵一男, 宋斌, 钱振宇, 李顺昕 (70)

柔直换流阀损耗解析计算及其误差分析

..... 李标俊, 向权舟, 姚传涛, 余琼 (78)

新一代智能变电站采控装置

..... 李肖博, 于杨, 姚浩, 习伟, 蔡田田 (85)

电力系统故障区域录波自动分析关键技术

..... 叶远波, 程晓平, 张兆云, 刘宏君, 汪伟, 邵庆祝 (93)

### 电网

基于交叉比对的 UHF-PD 在线监测装置现场校验方法

..... 李楠, 李松原, 尚学军, 郭博文, 李琳, 祖国强, 侯恺 (100)

“国家期刊奖”获奖期刊  
 中文核心期刊  
 中国期刊方阵期刊  
 中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊  
 中国科技核心期刊  
 RCCSE 中国核心学术期刊(A)  
 Scopus收录期刊  
 DOAJ收录期刊  
 英国《科学文摘》(SA, INSPEC)收录期刊  
 俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)收录期刊  
 美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊  
 中国科技论文统计源期刊  
 中国科技文献数据库收录期刊  
 中文科技期刊数据库收录期刊  
 中国期刊网收录期刊  
 中国电力报刊协会优秀期刊

- 基于加权马氏距离型 TOPSIS 算法的 10 kV 配电网雷害风险评估  
 ..... 杜岩, 谢从珍, 李彦丞, 谢心昊, 栾乐, 罗思敏 (108)
- ±1100 kV 接地极线路带电作业绝缘工具最小有效绝缘长度  
 ..... 雷兴列, 程登峰, 操松元, 彭勇, 夏令志 (117)
- 直流输电控制系统机电暂态模型参数校核误差评价方法  
 ..... 刘涛, 吴国阳, 戴汉扬, 苏志达, 宋新立, 肖雄, 郝捷 (123)
- 面向配电网弹性提升的源网荷灵活资源优化研究综述及展望  
 ... 俞拙非, 刘菲, 刘瑞环, 林超凡, 武迪, 孙厚涛, 陈晨, 别朝红 (132)
- 考虑天然气季节性存储的综合能源系统年度运行方式研究  
 ..... 刘赫川, 周孝信, 杨小煜, 李亚楼, 李雄 (145)
- 双链存储的微电网分级电能交易策略  
 ..... 余运俊, 杨升宝, 闵卫东, 余光华, 韦伯鲁 (156)

### 新能源及储能技术

- 海上风电经交流电缆汇集送出系统暂态无功电压建模及特性分析  
 ..... 孙艳霞, 方是文, 李震 (166)
- 基于一阶 LADRC 控制的直驱风机次同步振荡抑制策略  
 ..... 蔡维正, 郭昆丽, 刘璐雨, 吴朝俊 (175)
- 基于改进三角模糊 VIKOR 法的用户储能系统配置方案综合评估  
 ..... 马昭, 赵会茹, 霍慧娟, 陆昊 (185)
- 基于等效能折算的储能电站广义成本研究  
 ..... 修晓青, 李相俊, 王佳蕊, 谢志佳, 吕项羽 (192)
- 考虑容量约束的储能规模化应用商业模式评价  
 ..... 开赛江, 谭捷, 孙谊嫔, 王衡, 袁铁江 (203)

### 发电

- 燃煤机组烟气余热及水回收系统变工况特性和调控策略  
 ..... 张国柱, 张钧泰, 文钰, 杨凯旋, 刘明, 刘继平 (214)
- 燃煤电厂水平衡模型与节水分析  
 ..... 刘广建, 岳凤站, 周硕, 王琳, 干雪 (221)

## 中国电力

(月刊, 1956 年创刊)  
 第 55 卷第 4 期(总第 641 期)  
 2022 年 4 月 28 日出版

主管单位: 国家电网有限公司  
 主办单位: 国网能源研究院有限公司  
 中国电机工程学会  
 全球能源互联网研究院有限公司

编辑出版: 《中国电力》编辑部

地 址: 北京市昌平区北七家镇未来科学城滨河大道 18 号“国家电网公司”园区 B315

邮政编码: 102209

电 话: 010-66603808 (编辑部)  
 010-66603801 (广告、发行)

传 真: 010-66603578

网上投稿: [www.electricpower.com.cn](http://www.electricpower.com.cn)

印 刷: 北京科信印刷有限公司

总 发 行: 北京市报刊发行局

订 购: 全国各邮局

国内邮发代号: 2-427

国内定价:  $\frac{50.00 \text{ 元/期}}{600.00 \text{ 元/年}}$

国外发行代号: M-276

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司  
 (北京 399 信箱)

中国标准连续出版物号:  $\frac{\text{ISSN } 1004-9649}{\text{CN } 11-3265/\text{TM}}$

广告登记号: 京昌市监广登字 20190011

### 声明

本刊已与相关数据库合作, 许可在其数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 该数据库著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。

# ELECTRIC POWER

Vol. 55 No. 4 April 2022

## MAIN CONTENTS

### Special Contribution

Planning Mechanism and Incentive Strategies of European Offshore Wind Power and Their Enlightenment  
..... MA Jinlong, SUN Yong, YE Xueshun (92)

### The Cyber Security of New Type Power System: Theory, Technology and Applications

An Intrusion Tolerance Assessment Method for Cyber-Physical Power System  
..... YAO Pengchao, YAN Bingjing, Hao Weijie, YANG Qiang (22)

Joint Service Caching and Computing Offloading Strategies for Electrical Equipment Intelligent IoT Platform  
..... SUN Yi, CHANG Shaonan, CHEN Kai, CUI Qiang, SHEN Weijie (43)

A Method for Mining GOOSE Protocol Parsing Vulnerabilities Based on Fuzzing  
..... LIU Linbin, MIAO Quanqiang, LI June (43)

Distributed Authentication of Power Grid Safety and Stability Control Terminals Based on DHT and Blockchain  
..... LAI Yening, FENG Ke, YU Tongwei, WANG Wang, TANG Guanjun (53)

### Operation Control and Evolution of Distribution Networks Based on Power Electronic Devices

A Design Method of Hybrid MMC Full-bridge Submodule Proportion Applied to DC Traction Power Supply System for Urban Rail Transit  
..... XI Yanna, LI Xiaotong, LI Ziming, WEI Yingdong, LI Xiaoqian, WANG Fangmin, LI Wei, LI Weirui (62)

Generation-Storage Cooperative Optimization Control Method for Distribution Network Based on HSA-PSO Algorithm  
..... DANG Bin, ZOU Qiqun, ZHANG Bin, FU Dong, YOU Mengkai, LE Jian (69)

Dispatching Architecture and Planning Method of Future Distribution Network  
..... ZHAO Yinan, SONG Bin, QIAN Zhenyu, LI Shunxin (77)

Loss Analytic Calculation and Error Analysis for HVDC Converter  
..... LI Biaojun, XIANG Quanzhou, YAO Chuangtao, YU Qiong (84)

Sample-Control-Device of Smart Substation  
..... LI Xiaobo, YU Yang, YAO Hao, XI Wei, CAI Tiantian (92)

Key Technology of Automatic Analysis of Fault Area Wave Recording of Power System  
..... YE Yuanbo, CHENG Xiaoping, ZHANG Zhaoyun, LIU Hongjun, WANG Wei, SHAO Qingzhu (99)

### Power System

A Field Calibration Method for UHF Partial Discharge On-line Monitoring System Based on Cross-check Algorithm  
..... LI Nan, LI Songyuan, SHANG Xuejun, GUO Bowen, LI Lin, ZU Guoqiang, HOU Kai (107)

Lightning Risk Assessment of 10 kV Distribution Line Based on TOPSIS Algorithm Improved by Weighted Mahalanobis Distance  
..... DU Yan, XIE Congzhen, LI Yancheng, XIE Xinhao, LUAN Le, LUO Simin (116)

The Minimum Effective Insulation Length of Insulating Tools for Live Working on  $\pm 110$  kV Grounding Electrode Lines  
..... LEI Xinglie, CHENG Dengfeng, CAO Songyuan, PENG Yong, XIA Lingzhi (122)

Error Evaluation Method for Parameter Check of Electromechanical Transient Model of HVDC Transmission Control System  
..... LIU Tao, WU Guoyang, DAI Hanyang, SU Zhida, SONG Xinli, XIAO Xiong, HAO Jie (131)

Resilience-Oriented Optimization of Source-Grid-Load Flexible Resources in Distribution Systems: Review and Prospect  
..... YU Zhuofei, LIU Fei, LIU Ruihuan, LIN Chaofan, WU Di, SUN Houtao, CHEN Chen, BIE Zhaohong (144)

Annual Operation Mode Study of Integrated Energy System Considering Seasonal Natural Gas Storage  
..... LIU Hechuan, ZHOU Xiaoxin, YANG Xiaoyu, LI Yalou, LI Xiong (155)

Micro-grid Hierarchical Energy Trading Strategy Based on Double Blockchain Storage  
..... YU Yunjun, YANG Shengbao, MIN Weidong, YU Guanghua, WEI Bolu (165)

### Renewable Energy and Energy Storage Technology

Transient Voltage-Reactive Power Modeling of Offshore Wind Power Collection and Transmission System with AC Cables and Characteristic Analysis  
..... SUN Yanxia, FANG Shiwen, LI Zhen (174)

Subsynchronous Oscillation Mitigation Strategy Based on First-Order LADRC for Direct-Drive Wind Turbines  
..... CAI Weizheng, GUO Kunli, LIU Luyu, WU Chaojun (184)

Comprehensive Evaluation of User Energy Storage System Configuration Schemes Based on the Improved Triangular Fuzzy VIKOR Method  
..... MA Zhao, ZHAO Huiru, HUO Huijuan, LU Hao (191)

Generalized Cost Study of Energy Storage Power Station Based on Equivalent Efficiency Conversion  
..... XIU Xiaoqing, LI Xiangjun, WANG Jiarui, XIE Zhijia, LV Xiangyu (202)

Evaluation of Business Mode for Large-Scale Energy Storage Applications Considering Capacity Constraints  
..... KAI Saijiang, TAN Jie, SUN Yiqian, WANG Heng, YUAN Tiejian (228)

### Generation Technology

Study on Off-design Condition Characteristics and Control Strategy of Fluegas Waste Heat and Water Recovery System of Coal-Fired Power Plants  
..... ZHANG Guozhu, ZHANG Juntai, WEN Yu, YANG Kaixuan, LIU Ming, LIU Jiping (220)

Water Balance Model and Water-Saving Analysis for Coal-fired Power Plants  
..... LIU Guangjian, YUE Fengzhan, ZHOU Shuo, WANG Lin, GAN Xue (228)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.55 No.4 (Ser.641) April 2022

Competent Authorities: State Grid Corporation of China  
Sponsors: State Grid Energy Research Institute Co., Ltd.  
Chinese Society for Electrical Engineering  
Global Energy Interconnection Research Institute Co., Ltd.  
Editor and Publisher: Editorial Department of Journal  
Editor-in-Chief: TANG Guangfu, SHAN Baoguo  
Publication Number: ISSN 1004-9649  
万方数据

General Distribution: Beijing Office of Postal Service  
Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation,  
P.O. Box 399 Beijing, China  
Add: Tower B, SCCC, Future Science Park, Beijing 102209, China  
Web Site: <http://www.electricpower.com.cn>  
Tel: +86-10-66603801  
Fax: +86-10-66603578

欢迎投稿  
欢迎订阅



中国电力  
ELECTRIC POWER

投稿网站: <http://www.electricpower.com.cn>

邮发代号: 2-427

中国标准连续出版物号: ISSN 1004-9649  
CN 11-3265/TM

国内邮发代号: 2-427  
国外发行代号: M-276

国内定价:  $\frac{50.00\text{元/期}}{600.00\text{元/年}}$

广告登记号: 京昌市监广登字20190011

万方数据

广告 封底