

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

ISSN 1004-9649
CN11-3265/TM

中国电力

ELECTRIC POWER



旗下上市公司股票代码: 300265

通光电力产品

电力传输和通信全面解决方案

3

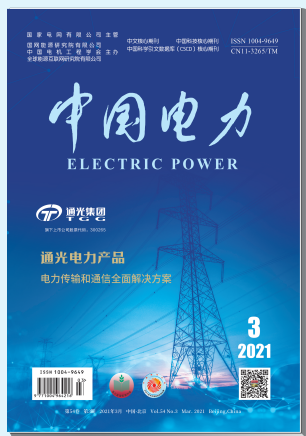
2021

ISSN 1004-9649



第54卷 第3期 2021年3月 中国·北京 Vol.54 No.3 Mar. 2021 Beijing, China

万方数据



中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 54 卷第 3 期 2021 年 3 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 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 王耀华

副 主 编 康重庆 朱法华 方 彤 李 琼

本期执行主编 蒋东方

责任编辑 李 博 张 燕 张子龙 许晓艳
吴恒天 张重实 杨 彪

发行广告 孙 洁 王瑞民

专稿

中国电力系统低碳发展分析模型构建与转型路径比较

…………… 张运洲, 张宁, 代红才, 张丝钰, 吴潇雨, 薛美美 (1)

国家“十三五”智能电网重大专项专栏:(六)先进计算与人工智能技术专栏

特约主编寄语…………… 高昆仑, 郑晓崑 (12)

馈线功率控制下的主动配电网信息物理风险演化分析

…………… 翁嘉明, 刘东, 安宇, 殷浩洋, 黄植, 秦汉 (13)

基于函数挖掘的能源信息物理系统数据安全风险识别算法

…………… 邓松, 蔡清媛, 高昆仑, 张建堂, 饶玮, 朱力鹏 (23)

形式化方法在电网信息物理系统中的应用

…………… 黄莉, 梁云, 黄辉, 赵若涵 (31)

基于改进 Faster RCNN 的小尺度入侵目标识别及定位

…………… 马静怡, 崔昊杨, 张明达, 孙益辉, 许永鹏 (38)

基于 DBSCAN-FPN 的输电线路螺栓缺销检测方法

…………… 赵振兵, 张帅, 蒋炜, 吴鹏 (45)

基于深度学习和图像识别的电力配件智能出入库

…………… 赵永良, 付鑫, 郭阳, 边迎迎, 王思宁 (55)

智能电站数据中台建设与应用…………… 王毅, 王智微, 何新 (61)

5G 等新一代信息技术在能源互联网中的应用研究

电力 CPS 环境下电力 4G 无线专网向 5G 演进策略

…………… 赵宏大, 陈琛, 王哲, 王海勇 (68)

一种基于射频指纹的电力物联网设备身份识别方法

…………… 刘铭, 刘念, 韩晓艺, 彭林宁, 付华, 陈一惊 (80)

5G-V2X 辅助下基于站点区域类型的城市充电站规划方法

…………… 熊轲, 吴思宇, 郑海娜, 王蕊, 张煜 (89)

5G 助力电力物联网: 网络架构与关键技术

…………… 熊轲, 张锐晨, 王蕊, 钟桂东, 张煜 (99)

“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)
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

电网

考虑系统侧谐波电压波动的光伏接入点谐波发射水平评估方法
..... 张旭，徐永海，刘子腾，蒋海玮，陶顺 (109)

一次触发闪电引起的独立地网转移电位特征分析
..... 曹雪芬，陈绍东，梁红玉，高文俊，李和捷，蔡占文 (117)

架空输电线舞动方程建模及主共振分析
..... 闵光云，刘小会，孙测世，蔡萌琦 (125)

基于 EEMD-SE 和 PSO-KELM 的短期负荷区间预测方法
..... 张林，刘继春 (132)

基于萤火虫算法的短期电力负荷预测方法..... 范海虹 (141)

计及配电线路参数影响的有源消弧算法分析与改进
..... 朱占春，闻生学，唐金锐，冉荣华，袁成清，
杨华林，牟华，邓从中 (149)

基于综合权重和改进 ELECTRE 法的黑启动方案评估
..... 项胤兴，林济铿 (159)

发电

基于加热器切除的深度调频控制技术与实施
..... 陈欢乐，归一数，陈伟，王阳，卢宏林，明磊 (168)

进气加热对燃气-蒸汽联合循环性能影响
..... 张涛，刘志坦，干雪，付忠广，严志远，
朱鸿飞，邱振波 (177)

基于超低氮燃气锅炉振动控制试验研究
..... 姬海民，李文锋，杨冬，张冀豪，董方奇，周屈兰，张一帆 (185)

基于全寿命周期成本的 SCR 脱硝系统优化分析
..... 晏敏，张杨，郭博闻，朱跃 (191)

基于数据驱动的浆液循环泵运行优化研究
..... 徐遵义，刘文慧，张旭冉，张海燕 (197)

中国电力

(月刊,1956 年创刊)
第 54 卷第 3 期(总第 628 期)
2021 年 3 月 5 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.chinapower.org
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: 50.00 元/期
600.00 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: ISSN 1004-9649
CN 11-3265/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. 54 No. 3 March 2021

MAIN CONTENTS

Special Contribution

- Model Construction and Pathways of Low-Carbon Transition of China's Power System
..... ZHANG Yunzhou, ZHANG Ning, DAI Hongcai, ZHANG Siyu, WU Xiaoyu, XUE Meimei (11)

Special Columns on Smart Grid Key Projects of the 13th Five-Year Plan: (6) Advanced Computing and Artificial Intelligence Technology

- Cyber-Physical Risk Evolution Analysis of Active Distribution Network under Feeder Control Error
..... WENG Jiaming, LIU Dong, AN Yu, YIN Haoyang, HUANG Zhi, QIN Han (22)
- Data Security Risk Recognition Algorithm for Energy Cyber Physics System Based on Function Mining
..... DENG Song, CAI Qingyuan, GAO Kunlun, ZHANG Jiantang, RAO Wei, ZHU Lipeng (37)
- Application of Formal Methods in Power Grid Cyber Physical Systems
..... HUANG Li, LIANG Yun, HUANG Hui, ZHAO Ruohan (37)
- Small Scale Invade-Target Recognition and Location Based on Improved Faster RCNN
..... MA Jingyi, CUI Haoyang, ZHANG Mingda, SUN Yihui, XU Yongpeng (44)
- Detection Method for Bolts with Mission Pins on Transmission Lines Based on DBSCAN-FPN
..... ZHAO Zhenbing, ZHANG Shuai, JIANG Wei, WU Peng (54)
- Intelligent Storage and Retrieval of Power Accessories Based on Deep Learning and Image Recognition
..... ZHAO Yongliang, FU Xin, GUO Yang, BIAN Yingying, WANG Sining (60)
- Data Middle Platform Construction and Application of Intelligent Power Stations
..... WANG Yi, WANG Zhiwei, HE Xin (176)

On the Applications of 5G and Other New Generation Information Technology in Energy Internet

- Evolution Strategy of 4G Wireless Private Network to 5G in Power CPS Environment
..... ZHAO Hongda, CHEN Chen, WANG Zhe, WANG Haiyong (79)
- A RF Fingerprint Based EIoT Device Identification Method
..... LIU Ming, LIU Nian, HAN Xiaoyi, PENG Linning, FU Hua, CHEN Yicong (88)
- 5G-V2X-Based Vehicle Charging Station Planning Method Considering Different Land-Use Types
..... XIONG Ke, WU Siyu, ZHENG Haina, WANG Rui, ZHANG Yu (98)
- 5G-Enabled Electricity Internet of Things: the Network Architecture and Key Technologies
..... XIONG Ke, ZHANG Ruichen, WANG Rui, ZHONG Guidong, ZHANG Yu (108)

Power System

- A Method for Assessing Harmonic Emission Level of Photovoltaic Access Point Considering System-Side Harmonic Voltage Fluctuations..... ZHANG Xu, XU Yonghai, LIU Ziteng, JIANG Haiwei, TAO Shun (116)
- Transferred Ground Potential Characteristics of Independent Ground Networks Caused by One Artificially Triggered Lightning
..... CAO Xuefen, CHEN Shaodong, LIANG Hongyu, GAO Wenjun, LI Hejie, CAI Zhanwen (124)
- Galloping Equation and Primary Resonance Investigation of Overhead Transmission Lines
..... MIN Guangyun, LIU Xiaohui, SUN Ceshi, CAI Mengqi (131)
- A Short-Term Load Interval Forecasting Method Based on EEMD-SE and PSO-KELM
..... ZHANG Lin, LIU Jichun (140)
- Short-Term Power Load Forecasting Method based on Glowworm Swarm Optimization Algorithm
..... FAN Haihong (148)
- Analysis and Improvement of Active Arc Suppression Algorithm Considering Effect of Distribution Line Parameters
..... ZHU Zhanchun, WEN Shengxue, TANG Jinrui, RAN Ronghua, YUAN Chengqing, YANG Hualin, MOU Hua, DENG Congzhong (158)
- Black-Start Scheme Evaluation Based on Improved ELECTRE Method and Comprehensive Weight
..... XIANG Yinxing, LIN Jikeng (167)

Generation Technology

- Research and Implementation of In-Depth Frequency Regulation Technology with Heater Removal
..... CHEN Huanle, GUI Yishu, CHEN Wei, WANG Yang, LU Honglin, MING Lei (176)
- Effect of Inlet Air Heating on the Performance of Gas-Steam Combined Cycle Power Plant Unit
..... ZHANG Tao, LIU Zhitan, GAN Xue, FU Zhongguang, YAN Zhiyuan, ZHU Hongfei, QIU Zhenbo (184)
- Experimental Research on Vibration Control of Ultra Low Nitrogen Gas Boilers
..... JI Haimin, LI Wenfeng, YANG Dong, ZHANG Jihao, DONG Fangqi, ZHOU Qulan, ZHANG Yifan (190)
- Analysis on the Optimization of SCR Denitrification System Based on Life Cycle Cost
..... YAN Min, ZHANG Yang, GUO Bowen, ZHU Yue (196)
- Research on Data-Driven Optimal Operation of Slurry Circulation Pump
..... XU Zunyi, LIU Wenhui, ZHANG Xuran, ZHANG Haiyan (204)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.54 No.3 (Ser.628) March 2021

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, WANG Yaohua
Publication Number: ISSN 1004-9649

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