

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

世界朋友新年欢乐



中国电力



1  
2023

ISSN 1004-9649



## 《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 欧阳昌裕

副主任委员(按姓氏笔画排序)

王成山 叶 泽 朱法华 汤广福  
吴云喜 陈维江 康重庆

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 王锡凡 史玉波 刘吉臻  
杜祥琬 余贻鑫 张运洲 岳光溪  
周孝信 郭剑波 黄其励 程时杰  
薛禹胜

委 员(按姓氏笔画排序)

丁 磊 王伟胜 王守相 王继业  
王蓓蓓 王耀华 文福拴 艾 芊  
帅 永 叶 林 冯冬涵 朱金大  
汤 奕 孙献斌 严千贵 李 鹏  
李东东 李明节 李庚银 李美成  
吴红斌 吴俊勇 别朝红 邱忠涛  
何金良 余 军 沈 沉 张乃强  
张明锐 陈 新 林济铿 和敬涵  
周原冰 周勤勇 庞 辉 单葆国  
房 方 赵 斌 荆朝霞 姚良忠  
骆仲泱 袁小明 袁铁江 徐 政  
徐 箭 郭庆来 郭经红 曹一家  
彭勇刚 彭道刚 程浩忠 焦在滨  
鲁宗相 颜 伟 潘学萍 薛安成

青年委员(按姓氏笔画排序)

于 安 于 浩 万 灿 王 灿  
王 琦 王卫良 王宇飞 王晓卫  
牛 耕 文云峰 孔令国 叶宇剑  
付学谦 付德义 白 章 宁 剑  
朱忠亮 任洲洋 华昊辰 刘含笑  
许 寅 许德智 杜 炜 李云丰  
李国倡 李知艺 杨知方 杨德昌  
肖 浩 何锁盈 张 宁 张沈习  
张洪财 陈 健 陈向荣 陈奇芳  
邵成成 尚 策 金 丽 周 强  
周建力 宗炫君 郝润龙 胡俊杰  
钟海旺 姚 伟 郭春义 唐志远  
黄碧斌 阎 洁 梁营玉 景 锐  
雷顺波 廖小兵

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) 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

本期执行主编 李 博

责任编辑 张重实 张子龙 许晓艳 蒋东方  
杨 彪 于静茹

发行广告 孙 洁



ZHONGGUO DIANLI

第 56 卷第 1 期 2023 年 1 月

## 目 次

### 专稿

考虑火电深度调峰的风光火储系统日前优化调度

..... 李雄威, 王昕, 顾佳伟, 徐家豪 (1)

### 电价市场化改革与价格监管

特约主编寄语..... 李成仁, 叶泽, 谭忠富, 荆朝霞 (8)

“碳达峰、碳中和”目标下的电力系统成本及价格水平预测

..... 孙启星, 张超, 李成仁, 尤培培, 高效, 赵茜, 许钊,  
刘思佳, 李炎林 (9)

中国电力中长期市场分时段交易价格形成机制及模型

..... 黄姗姗, 叶泽, 罗迈, 陈磊, 魏文, 姚军 (17)

基于动态电价机制的用户侧分布式储能电能交易策略

..... 郭之栋, 胡存刚, 芮涛, 罗魁, 林振锋 (28)

计及电价不确定性和容量衰减的电动汽车充放电商业模式

..... 李旭东, 杨烨, 李帆琪, 时全佑, 谭忠富 (38)

激励相容的分段式用户互动补偿电价合同模型

..... 郁清云, 束云豪, 戴小妹 (49)

典型国家电力市场保底售电服务机制对比及对中国的启示

..... 曹昉, 罗进奔 (56)

发电容量充裕性保障机制国际实践与启示

..... 黄海涛, 许佳丹, 郭志刚, 金建波 (68)

英国频率响应服务市场及对中国调频市场建设的启示

..... 叶文圣, 荆朝霞, 禚宗衡 (77)

### 电网

电化学储能参与调频市场的贡献评估方法

..... 宋少群, 熊嘉丽, 张伟骏, 惠东, 牛萌, 戴立宇, 蔡强 (87)

“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

基于深度强化学习的户内变电站通风降噪优化设计  
..... 汤锦慧, 伍发元, 支妍力, 毛梦婷, 代小敏 (96)

基于 BSSSO 算法的无功补偿容量优化方法  
..... 祁升龙, 李磊, 何玉鹏, 朱林, 王放, 邹红波 (106)

基于解耦内点法与混合整数规划法的区域电网动态无功优化算法  
..... 张杰, 郑云耀, 刘生春, 马勇飞, 颜伟, 王恒凤 (112)

考虑分布式电源和电动汽车集群调度的配电网络重构  
..... 谢学渊, 刘潇潇, 李超, 胡资鹏, 刘铠, 陈涛 (119)

基于子模块电容电压允许值的 MMC 均压控制策略  
..... 张彬桥, 李成, 李振兴, 肖博文, 刘闯, 王飞 (126)

基于混合模态分解和 LSTM-CNN 的变压器油中溶解气体浓度预测  
..... 陈铁, 张治藩, 李咸善, 陈一夫, 李鸿鑫 (132)

面向智能电网电压崩溃路径的优化粒子群算法..... 徐杰, 汪石农 (142)

基于改进 ECC 的含电动汽车用户负荷信息保护方案  
..... 鄢仁武, 郑杨, 林志雄, 林奕翰, 俞智鹏, 张文凤 (150)

新能源

基于时变因素的光伏发电系统可靠性评估  
..... 朱林, 韩涛, 董颖华, 余雅博, 薛玉龙 (158)

技术经济

基于技术分析的主要高耗能产品单耗预测方法及展望  
... 刘青, 张成龙, 熊华文, 翁玉艳, 张桦, 王红, 谭清坤, 姚力 (166)

中国电力

(月刊, 1956 年创刊)

第 56 卷第 1 期(总第 650 期)  
2023 年 1 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. 56 No. 1 January 2023

## MAIN CONTENTS

### Special Contribution

- Day-Ahead Optimal Dispatching of Wind-Solar-Thermal Power Storage System Considering Deep Peak Shaving of Thermal Power..... LI Xiongwei, WANG Xin, GU Jiawei, XU Jiahao (48)

### Electricity Price Marketization Reform and Price Supervision

- Prediction of Power System Cost and Price Level Under the Goal of “Carbon Peak and Carbon Neutralization”  
..... SUN Qixing, ZHANG Chao, LI Chengren, YOU Peipei, GAO Xiao, ZHAO Qian, XU Zhao, LIU Sijia, LI Yanlin (16)
- Time-Sharing Trading Price Formation Mechanism and Model of China’s Mid to Long-Term Electricity Market  
..... HUANG Shanshan, YE Ze, LUO Mai, CHEN Lei, WEI Wen, YAO Jun (27)
- User Side Distributed Energy Storage Trading Strategy Based on Dynamic Electricity Price Mechanism  
..... GUO Zhidong, HU Cungang, RUI Tao, LUO Kui, LIN Zhenfeng (37)
- Business Models of Electric Vehicle Aggregators Considering Electricity Price Uncertainty and Capacity Decay  
..... LI Xudong, YANG Ye, LI Fanqi, SHI Quanyou, TAN Zhongfu (48)
- Incentive Compatible Interactive Compensation Electricity Price Contract Model for Segmented Users  
..... YU Qingyun, SHU Yunhao, DAI Xiaomei (55)
- Comparison of PoLR Service Mechanism of Electricity Market in Typical Countries and Implications for China  
..... CAO Fang, LUO Jinben (67)
- International Practice of Generation Capacity Adequacy Guarantee Mechanism and Its Implications for China’s Electricity Market..... HUANG Haitao, XU Jiadan, GUO Zhigang, JIN Jianbo (76)
- UK Frequency Response Service Markets and Their Implications for China’s Frequency Regulation Market Construction..... YE Wensheng, JING Zhaoxia, XUAN Zongheng (86)

### Power System

- A Method to Evaluate the Contribution of Electrochemical Energy Storage Participating in Frequency Regulation Market..... SONG Shaoqun, XIONG Jiali, ZHANG Weijun, HUI Dong, NIU Meng, DAI Liyu, CAI Qiang (95)
- Optimization Design of Indoor Substation Ventilation and Noise Reduction Based on Deep Reinforcement Learning  
..... TANG Jinhui, WU Fayuan, ZHI Yanli, MAO Mengting, DAI Xiaomin (118)
- Reactive Power Compensation Capacity Optimization Method Based on BSSSO Algorithm  
..... QI Shenglong, LI Lei, HE Yupeng, ZHU Lin, WANG Fang, ZOU Hongbo (111)
- A Dynamic Reactive Power Optimization Algorithm for Regional Power Grid Based on Decoupling Interior Point Method and Mixed Integer Programming Method..... ZHANG Jie, ZHENG Yunyao, LIU Shengchun, MA Yongfei, YAN Wei, WANG Hengfeng (118)
- Distribution Network Reconfiguration Considering Distributed Generation and Electric Vehicle Cluster Scheduling  
..... XIE Xueyuan, LIU Xiaoxiao, LI Chao, HU Zipeng, LIU Kai, CHEN Tao (125)
- A Voltage Balancing Control Strategy for Modular Multilevel Converter Based on Allowable Capacitance Voltage of Sub-modules..... ZHANG Binqiao, LI Cheng, LI Zhenxing, XIAO Bowen, LIU Chuang, WANG Fei (131)
- Prediction of Dissolved Gas Concentration in Transformer Oil Based on Hybrid Mode Decomposition and LSTM-CNN  
..... CHEN Tie, ZHANG Zhifan, LI Xianshan, CHEN Yifu, LI Hongxin (141)
- A Particle Swarm Optimization Algorithm for Smart Grid Voltage Collapse Path..... XU Jie, WANG Shinong (149)
- ECC Based Load Information Protection Scheme for Electric Vehicle Users  
..... YAN Renwu, ZHENG Yang, LIN Zhixiong, LIN Yihan, YU Zhipeng, ZHANG Wenfeng (157)

### New Energy

- Reliability Evaluation of Photovoltaic System Based on Time Varying Factors  
..... ZHU Lin, HAN Tao, DONG Yinghua, YU Yabo, XUE Yulong (165)

### Technology and Economics

- Prediction Method and Prospect of Unit Consumption of Main High Energy Consuming Products Based on Technical Analysis..... LIU Qing, ZHANG Chenglong, XIONG Huawen, WENG Yuyan, ZHANG Hua, WANG Hong, TAN Qingkun, YAO Li (172)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.56 No.1 (Ser.650) January 2023

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

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.electricpower.com.cn>  
Tel: +86-10-66603801  
Fax: +86-10-66603578