

电网技术



POWER SYSTEM TECHNOLOGY

第45卷9期

Vol.45 No.9

继电保护研究所

(国家电网二次设备评价中心)

中国电科院继电保护研究所（国家电网二次设备评价中心）是综合实力突出的继电保护专业研究机构，主要从事电力系统继电保护专业领域的科研攻关、标准制定、技术咨询、试验检测、技术监督及工程调试，业务方向包括继电保护原理算法与仿真、继电保护运行整定与分析、二次设备状态评价与智能运维、新型输变电技术和装备保护控制、电力系统动态模拟、继电保护试验检测等，拥有中国合格评定国家认可委员会认可实验室（CNAS）、国家计量认证（CMA）专业资质。拥有世界上功能强大、技术先进的动态模拟实验系统，配备一流的检测设备，为电力行业提供继电保护专业技术支撑。



国家电网二次设备评价中心



电力系统动态模拟实验室



实时数字仿真实验室



国家电网
STATE GRID

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

中国电力科学研究院有限公司·继电保护研究所

联系人：胡安之

电话：13699148909 / 010-82812200

邮箱：huanzhi@epri.sgcc.com.cn



ISSN 1000-3673



国家电网有限公司 主办

编辑委员会

主任：周孝信

委员（按姓氏笔画排序）：

丁明 卫志农 王成山 王伟胜
王益民 王海风 韦化 文劲宇
文福拴 艾芊 毕天姝 吕运强
刘健 刘广一 刘开培 刘玉田
刘明波 刘建明 汤涌 孙华东
孙宏斌 严正 李卫东 李亚楼
李成榕 杨胜春 肖先勇 别朝红
何正友 张东霞 张乔根 周浩
周泽昕 段献忠 姚良忠 袁小明
徐政 郭剑波 梅生伟 曹一家
曹均正 盛万兴 康重庆 董新洲
程浩忠 谢小荣 路书军 廖瑞金
穆钢 鞠平

青年委员（按姓氏笔画排序）：

丁一 王蓓蓓 冯双磊 吕泉
刘友波 刘敦楠 齐波 汤奕
孙国强 李勇 李斌 李卫星
李生虎 李建林 吴学智 张宁
张波 张志劲 陆超 易俊
胡伟 胡泽春 郭庆来 涂春鸣
崔杨 焦在滨 裴玮 魏晓光

顾问委员会

主任：郑健超

委员（按姓氏笔画排序）：

马伟明 王锡凡 卢强 朱英浩
刘吉臻 汤广福 杨奇逊 严陆光
吴复立 邱爱慈 余贻鑫 汪懋生
沈国荣 宋永华 陆佑楣 陈清泉
陈维江 罗安 郑宝森 顾国彪
唐任远 黄其励 韩祯祥 程时杰
舒印彪 薛勇胜

目次

· 电力市场 ·

- 适应我国电力市场环境的可用传输容量(ATC)应用分析及关键问题探讨
...周迪雅, 冯树海, 朱忆宁, 丁一, 桑茂盛, 郭立邦, 包铭磊, 吴旭, 王正凤 (3357)
金融输电权市场的收入充裕度问题研究及其对我国的启示
.....曾鹏骁, 孙瑜, 季天瑶, 荆朝霞, 陈紫颖 (3367)
基于信息间隙决策的风火联合投标策略
.....彭飞翔, 隋鑫, 胡姝博, 周玮, 孙辉, 陈晓东, 何海, 张富宏 (3379)
发电侧企业群体间竞价行为的随机演化博弈杨辉, 莫峻 (3389)
电网侧储能电站参与现货联合市场的竞价策略
.....姜欣, 刘萌, 王天梁, 陈根永, 刘东 (3398)
基于ABM模型的不平衡资金分配机制研究
.....武昭原, 周明, 寇英刚, 孙培博, 王剑晓, 李庚银 (3408)
现货市场模式下电力零售市场建设思路寇岩, 刘宇明, 郭亮 (3417)
基于区块链的分布式储能端对端交易控制方法
.....李轩, 李华强, 李旭翔 (3424)

· 直流输电与直流电网 ·

- 考虑惯性响应的特高压直流频率协调控制
.....侍乔明, 郭铭群, 刘凯, 王永平, 邹欣, 邹强, 张庆武, 潘卫明 (3432)
特高压混合级联直流输电系统抑制逆变电站后续换相失败的无功功率调控方法
.....樊鑫, 郭春义, 杜寒冰, 赵成勇 (3443)
一种多接地极主动互联及隔离装置协同的直流偏磁治理策略
.....戎子睿, 马书民, 林湘宁, 金能, 汪致洵, 李正天, 张培夫, 邢家维 (3453)
柔性直流系统的线路保护关键技术与展望
.....刘海金, 李斌, 温伟杰, 何佳伟, 李晔, 李博通, 韩伟 (3463)
基于换流器分段线性化模型的交直流碰线保护适用性分析
.....郑涛, 于溯, 吴建云, 罗美玲, 于晓军 (3478)

· 高比例可再生能源并网 ·

- 面向新能源灵活接入的多功能动态电压恢复器及其优化控制研究
.....涂春鸣, 侯玉超, 郭祺, 姜飞, 周达, 肖凡, 李庆 (3487)
高比例新能源电力系统多模态振荡监测方法及装置设计
.....吴琛, 马宁宁, 刘旭斐, 谢小荣 (3496)
电网故障导致大面积风电低电压穿越对电网频率的影响分析及措施
.....刘洋, 王聪颖, 夏德明, 肖勇, 金明成, 冯伟 (3505)
励磁涌流对双馈式风力发电机组二次谐波特性的影响
.....郑涛, 颜景娴, 王铭灏, 阳柳 (3514)
水电站群短期调峰优化模型目标函数比较研究
.....张政, 程春田, 李泽宏, 武新宇, 吴永琦, 辛阔 (3523)

· 能源互联网 ·

- 计及电转气协同的含碳捕集与垃圾焚烧虚拟电厂优化调度
.....孙惠娟, 刘昀, 彭春华, 蒙锦辉 (3534)
含废物处理的城市综合能源系统低碳经济运行策略
.....杨欢红, 谢明洋, 黄文焘, 张明玉, 史博文, 洪雨, 朱子叶, 余威 (3545)
考虑网络转移性能的城市快速充电网络规划
.....葛少云, 申凯月, 刘洪, 张强 (3553)
基于路-电耦合网络的电动汽车充电决策优化方法
.....周毅, 袁泉, 汤奕, 吴鑫, 周良才 (3563)

非齐次半马尔科夫充电策略辅助用户随机出行的多目标动态电力调度
..... 肖俊明, 冯超, 朱永胜, 董燕, 郑志帅, 魏翱龙, 孙航, 王东旭 (3571)
虚拟同步发电机频率特性与储能设备容量及充放电特性的关系
..... 邢东峰, 田铭兴 (3582)

· 智能传感关键技术及其应用 ·

分布式光纤传感技术在输电线路在线监测中的应用研究综述
..... 王敏学, 李黎, 周达明, 江渺, 陈劲宇 (3591)
基于无线传感网络的换流阀温度传感器节点温差取能建模仿真
..... 兰天, 蓝元良, 盛财旺, 刘伟麟, 何秦慰, 杨虹, 刘永鑫 (3601)
基于 Mel 频谱滤波和 CNN 的有载分接开关可听声辨识方法
..... 韩帅, 高飞, 王博闻, 刘云鹏, 王康, 吴达, 张晨晨 (3609)
基于正弦波滤波器的轮缘推进永磁同步电机无速度传感器控制
..... 肖烨然, 邵俊波, 邱长青 (3618)
基于雪崩面阵的气体绝缘放电光脉冲检测技术及传感性能研究
..... 任明, 李信哲, 王思云, 夏昌杰, 周洁睿, 崔新奇 (3627)
面向架空输电线路的挂载无人机电力巡检技术研究综述
..... 隋宇, 宁平凡, 牛萍娟, 王辰羽, 赵地, 张伟龙, 韩抒真, 梁立君,
薛高建, 崔颜军 (3636)
基于博弈论和强化学习的无人机电力巡检卸载策略
..... 邓芳明, 单运, 解忠鑫, 张沛, 何怡刚 (3649)

· 电力系统 ·

基于特征分离型神经网络的电力系统暂态稳定性评估与优化方法
..... 周子涵, 卜广全, 马士聪, 王国政, 邵德军, 徐友平, 党杰 (3658)
基于功角动态补偿的 VSG 故障穿越方法研究
..... 张余余, 赵晋斌, 李芬, 毛玲, 李静立, 祁万年 (3667)
地震灾害下配电网的脆弱性分析及弹性提升措施
..... 雷霞, 郑国鑫, 胡益 (3674)
数据驱动的台风灾害下配网 10kV 杆塔受损空间分布预测
..... 侯慧, 俞菊芳, 谢宇风, 申原, 黄勇, 朱韶华 (3681)
考虑逆变电源控制策略的电流保护整定计算
..... 金甚达, 宋依群, 范春菊, 姜山, 李潇 (3690)
基于卷积块注意力模型的非侵入式负荷分解算法
..... 徐晓会, 赵书涛, 崔克彬 (3700)
基于非对称贴度证据云物元模型的电力变压器综合状态评估方法
..... 禹洪波, 袁婉玲, 汪敏, 张杭, 熊炜, 袁旭峰, 邹晓松 (3706)
基于导抗网络的带均压功能的充电器
..... 吴冬春, 王琰, 李郑斐, 阚加荣, 许津铭, 汤雨, 谢少军 (3714)
基于迁移学习与 Wasserstein 生成对抗网络的静态电压稳定临界样本生成方法
..... 廖一帆, 武志刚 (3722)

· 高电压技术 ·

再议 10kV 线路避雷器雷电耐受技术参数的选用
..... 沈海滨, 雷挺, 贺子鸣, 赵霞, 刘素芳, 张兆华, 卢甜甜 (3729)
基于 XP-160 污秽体积分数的绝缘子积污表征
..... 张志劲, 卢炳宏, 傅海涛, 刘军, 武剑 (3737)
基于经验小波变换和梯度提升径向基的变压器油中溶解气体预测方法
..... 张鹏, 齐波, 张若愚, 邵梦雨, 李成榕 (3745)
基于稀疏自适应 S 变换的变压器短路冲击绕组状态声信号检测
..... 马文嘉, 王丰华, 党晓婧 (3755)

· 工程应用 ·

UHVDC 分层接入方式谐波对换相失败影响的研究
..... 金璇, 杨万开, 徐永海 (3763)
多端混合直流与稳控系统的接口设计与仿真研究
..... 常东旭, 郭琦, 朱益华, 张建新, 邱建, 白杨, 王杨正, 李胜男 (3722)

· 广告索引 · (3780)

《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 45 卷 第 9 期 (总第 454 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: 郭剑波
副主编: 汤 涌、康重庆、孙华东
编辑部主任: 李兰欣 010-82812543
广告发行: 韩 迪 010-82812465
闫 颀 010-82812430
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
北京市昌平区北清路马连店甲 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
国内定价: 每期 80 元, 全年 960 元
邮发代号: 国内 82-604 国外 1474M
中国标准连续出版物号: $\frac{\text{ISSN } 1000-3673}{\text{CN } 11-2410/\text{TM}}$
广告发布登记号: 京海市监广登字 20170131 号

期刊基本参数: CN 11-2410/TM * 1957 * M * A4 * 423 * zh * P * ¥80.00 * 20000 * 46 * 2021-9 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2021, Vol. 45 No. 9 (Ser. 454)

Contents

• Electricity Market •

- Application Analysis and Key Issues of Available Transfer Capability (ATC) Adapted to Electricity Market Environment in China**
..... ZHOU Diya, FENG Shuhai, ZHU Yining, DING Yi, SANG Maosheng, GUO Libang, BAO Minglei, WU Xu, WANG Zhengfeng (3357)
- Research on Revenue Adequacy of Financial Transmission Rights Market and Its Enlightenment to China**
..... ZENG Pengxiao, SUN Yu, JI Tianyao, JING Zhaoxia, CHEN Ziyang (3367)
- Combined Bidding Strategy for Wind and Thermal Power Based on Information Gap Decision Theory**
..... PENG Feixiang, SUI Xin, HU Shubo, ZHOU Wei, SUN Hui, CHEN Xiaodong, HE Hai, ZHANG Fuhong (3379)
- Stochastic Evolutionary Game of Bidding Behavior for Generation Side Enterprise Groups** YANG Hui, MO Jun (3389)
- Bidding Strategy for Grid-side Energy Storage Power Stations to Participate in the Spot Joint Market**
..... JIANG Xin, LIU Meng, WANG Tianliang, CHEN Genyong, LIU Dong (3398)
- Imbalance Capital Allocation Mechanism Based on Agent-based Model**
..... WU Zhaoyuan, ZHOU Ming, KOU Yinggang, SUN Peibo, WANG Jianxiao, LI Gengyin (3408)
- Ideas on Construction of Electricity Retail Market Under Spot Market Mode** KOU Yan, LIU Yuming, GUO Liang (3417)
- Peer-to-peer Trade and Control for Distributed Energy Storage Based on Blockchain Technology** LI Xuan, LI Huaqiang, LI Xuxiang (3424)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

- Coordinated Frequency Control for UHVDC Considering Inertia Response**
..... SHI Qiaoming, GUO Mingqun, LIU Kai, WANG Yongping, ZOU Xin, ZOU Qiang, ZHANG Qingwu, PAN Weiming (3432)
- Reactive Power Coordinated Control Approach for Suppressing Subsequent Commutation Failure of Inverter Station in Hybrid Cascaded UHVDC System** FAN Xin, GUO Chunyi, DU Xiabing, ZHAO Chengyong (3443)
- Suppression Strategy of DC Bias Based on Coordination Between Grounding Electrodes Interconnecting and DC Blocking Devices**
..... RONG Zirui, MA Shumin, LIN Xiangning, JIN Neng, WANG Zhixun, LI Zhengtian, ZHANG Peifu, XING Jiawei (3453)
- Review and Prospect on Transmission Line Protection in Flexible DC System**
..... LIU Haijin, LI Bin, WEN Weijie, HE Jiawei, LI Ye, LI Botong, HAN Wei (3463)
- Adaptability Analysis of AC/DC Line-touching Protection Based on Piecewise and Linearized Model of Converter**
..... ZHENG Tao, YU Su, WU Jianyun, LUO Meiling, YU Xiaojun (3478)

• High Share of Renewable Energy Integration •

- Multi-function Dynamic Voltage Restorer and Its Optimal Control for Flexibly Access of New Energy Sources**
..... TU Chunming, HOU Yuchao, GUO Qi, JIANG Fei, ZHOU Da, XIAO Fan, LI Qing (3478)
- Monitoring Method and Device Design of Multimodal Oscillation in High-proportion Renewable Power Systems**
..... WU Chen, MA Ningning, LIU Xufei, XIE Xiaorong (3496)
- Influence of Large Area Wind Power Low Voltage Ride-through on Power Grid Frequency Caused by Power Grid Faults**
..... LIU Yang, WANG Congying, XIA Deming, XIAO Yong, JIN Mingcheng, FENG Wei (3505)
- Impact of Inrush Current on Second Harmonic Characteristics of Doubly Fed Induction Generator**
..... ZHENG Tao, YAN Jingxian, WANG Minghao, YANG Liu (3514)
- Comparative Study on Objective Functions of Short-term Peak Shaving Optimization Models for Hydropower Stations**
..... ZHANG Zheng, CHENG Chuntian, LI Zehong, WU Xinyu, WU Yongqi, XIN Kuo (3523)

• Energy Internet •

- Optimization Scheduling of Virtual Power Plant With Carbon Capture and Waste Incineration Considering Power-to-gas Coordination**
..... SUN Huijuan, LIU Yun, PENG Chunhua, MENG Jinhui (3534)
- Low-carbon Economic Operation of Urban Integrated Energy System Including Waste Treatment**
..... YANG Huanhong, XIE Mingyang, HUANG Wentao, ZHANG Mingyu, SHI Bowen, HONG Yu, ZHU Ziye, YU Wei (3545)
- Urban Fast Charging Network Planning Considering Network Transfer Performance**
..... GE Shaoyun, SHEN Kaiyue, LIU Hong, ZHANG Qiang (3553)
- Charging Decision Optimization for Electric Vehicles Based on Traffic-grid Coupling Networks**
..... ZHOU Yi, YUAN Quan, TANG Yi, WU Xin, ZHOU Liangcai (3563)
- Multi-objective Dynamic Power Dispatching Model With NHSMP Charging and Discharging Strategy to Assist Random Trip of Users**
..... XIAO Junming, FENG Chao, ZHU Yongsheng, DONG Yan, ZHENG Zhishuai, WEI Aolong, SUN Hang, WANG Dongxu (3571)
- Relationship Between Frequency Characteristics of Virtual Synchronous Generator and Parameters of Energy Storage Equipment**
..... XING Dongfeng, TIAN Mingxing (3582)

• Key Technologies and Applications of Intelligent Sensing •

- Overview of Studies on Application of Distributed Optical Fiber Sensing Technology in Online Monitoring of Transmission Lines**
..... WANG Minxue, LI Li, ZHOU Daming, JIANG Miao, CHEN Jinyu (3591)

Modeling of Thermoelectric Generator for Powering Wireless Temperature Sensor Node Employed in Condition Monitoring System of HVDC Converter	LAN Tian, LAN Yuanliang, SHENG Caiwang, LIU Weilin, HE Qinwei, YANG Hong, LIU Yongxin (3601)
Audible Sound Identification of on Load Tap Changer Based on Mel Spectrum Filtering and CNN	HAN Shuai, GAO Fei, WANG Bowen, LIU Yunpeng, WANG Kang, WU Da, ZHANG Chenchen (3609)
Speed Sensorless Control of Rim Driven PMSM Based on Sine Wave Filter	XIAO Yeran, SHAO Junbo, QIU Changqing (3618)
Gas Insulated Discharge Optical Pulse Detection Technology and Sensing Performance Based on Avalanche Diode Array	REN Ming, LI Xinzhe, WANG Siyun, XIA Changjie, ZHOU Jierui, CUI Xinqi (3627)
Review on Mounted UAV for Transmission Line Inspection	SUI Yu, NING Pingfan, NIU Pingjuan, WANG Chenyu, ZHAO Di, ZHANG Weilong, HAN Shuzhen, LIANG Lijun, XUE Gaojian, CUI Yanjun (3636)
Power Inspection and Unloading Strategy of UAV Based on Game Theory and Reinforcement Learning	DENG Fangming, SHAN Yun, XIE Zhongxin, ZHANG Pei, HE Yigang (3649)

• Power System •

Assessment and Optimization of Power System Transient Stability Based on Feature-separated Neural Networks	ZHOU Zihan, BU Guangquan, MA Shicong, WANG Guozheng, SHAO Dejun, XU Youping, DANG Jie (3658)
VSG Fault Crossing Method Based on Dynamic Compensation of Power Angle	ZHANG Yuyu, ZHAO Jinbin, LI Fen, MAO Ling, LI Jingli, QI Wannian (3667)
Vulnerability Analysis and Resilience Improvement of Distribution Network Under Earthquake Disasters	LEI Xia, ZHENG Guoxin, HU Yi (3674)
Data-driven Prediction of Spatial Distribution of Damage to 10kV Towers in Distribution Network Under Typhoon Disaster	HOU Hui, YU Jufang, XIE Yufeng, SHEN Yuan, HUANG Yong, ZHU Shaohua (3681)
Calculation of Current Protection Setting Based on Inverter Generation Control Strategy	JIN Shenda, SONG Yiqun, FAN Chunju, JIANG Shan, LI Xiao (3690)
Non-intrusive Load Disaggregate Algorithm Based on Convolutional Block Attention Module	XU Xiaohui, ZHAO Shutao, CUI Kebin (3700)
Comprehensive Condition Assessment of Power Transformer Based on Asymmetric Nearness Degree Evidence Cloud Matter-element Model	YU Hongbo, YUAN Wanling, WANG Min, ZHANG Hang, XIONG Wei, YUAN Xufeng, ZOU Xiaosong (3706)
Charger Based on Immittance Network With the Function of Voltage Equalization	WU Dongchun, WANG Yan, LI Zhengfei, KAN Jiarong, XU Jinming, TANG Yu, XIE Shaojun (3714)
Critical Sample Generation Method for Static Voltage Stability Based on Transfer Learning and Wasserstein Generative Adversarial Network	LIAO Yifan, WU Zhigang (3722)

• High Voltages •

Selection of Lightning Tolerance Technical Parameters for 10kV Line Arresters	SHEN Haibin, LEI Ting, HE Ziming, ZHAO Xia, LIU Sufang, ZHANG Zhaohua, LU Tiantian (3729)
Characterization of Insulator Contamination Based on XP-160 Pollution Volume Fraction	ZHANG Zhijin, LU Binghong, FU Haitao, LIU Jun, WU Jian (3737)
Dissolved Gas Prediction In Transformer Oil Based on Empirical Wavelet Transform and Gradient Boosting Radial Basis	ZHANG Peng, QI Bo, ZHANG Ruoyu, SHAO Mengyu, LI Chengrong (3745)
Acoustic Signal Detection of Transformer Winding Under Short-circuit Impact Based on Sparse Adaptive S-transform	MA Wenjia, WANG Fenghua, DANG Xiaojing (3755)

• Engineering Applications •

Commutation Failure Impacted by Harmonics in UHVDC Split Connection Grid System	JIN Xuan, YANG Wankai, XU Yonghai (3763)
Interface Design and Simulation of Multi-terminal Hybrid HVDC and Security and Stability Control System	CHANG Dongxu, GUO Qi, ZHU Yihua, ZHANG Jianxin, QIU Jian, BAI Yang, WANG Yangzheng, LI Shengnan (3772)

Sponsor: State Grid Corporation of China

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

Chairman of Editorial Committee: Zhou Xiaoxin

Editor-in-Chief: Guo Jianbo

Editor and Publisher: Power System Technology Press

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