

电网技术



POWER SYSTEM TECHNOLOGY

第44卷1期

Vol.44 No.1



防止电缆火灾 选赫兹曼电力! 提高选线正确率 选赫兹曼电力!

相不对称型高精度 IPS 系列 单相接地故障检测装置

| 技术特点

- 1、检测精度高，有效检测超过12000欧姆接地故障及弧光接地故障
- 2、安装简便快捷，只需取样三相CT电流，不需PT等设备
- 3、适用范围广，适用小电阻接地、中性点不接地、经消弧线圈接地系统，架空线电缆网及混合网架
- 4、高效解决小电阻接地系统中发生高阻接地故障的检测盲区难题

| 技术特点

案例一: 沈阳自贸区自动化示范项目。电网一行领导到项目现场考察，我司的分布式配电自动化系统与“相不对称”小电流接地故障检测技术得到领导关注，现场由辽宁电科院进行高阻接地故障检测试验，项目配置的42套接地故障检测装置均准确动作。



案例二: 辽宁某供电公司 66kV 西郊变投运18套“相不对称”小电流接地故障检测装置，6个月内共准确检测到8次各种类型的接地故障（3次电缆绝缘不良导致的接地故障，2次树闪高阻接地故障，3次弧光接地），与调度系统信息及曲线一致。



IPS2 基础型 (环网柜型)

HMED-O系列 (架空线型)

HMED-P系列 (变电站型)



官网二维码



微信二维码

想要了解更多有价值的信息，欢迎扫描二维码，我们只展示您想看的！

赫兹曼电力(广东)有限公司

HMPower(Guangdong)Co.,Ltd

http://www.hmpower.com.cn

地址: 广东省佛山市顺德区大良五沙科技工业园科颐园(新悦路20号)

电话: 400-806-1138 13904016817 传真: 0757-29991639

ISSN 1000-3673



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 汪慜生

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

· 特约专稿 ·

面向调度决策的智能机器调度员研制与应用

..... 孙宏斌, 黄天恩, 郭庆来, 张伯明, 郭文鑫, 刘文涛, 徐泰山, 许涛 (1)

· 面向新一代电力系统和能源互联网的人工智能技术 ·

基于电压相量轨迹几何特征的电网节点时空关联特性评估

..... 郑恒峰, 刘道伟, 李柏青, 杨红英, 李宗翰, 赵高尚, 李京, 杨少波 (9)

基于 Elastic Net 的暂态稳定裕度在线评估

..... 宓登凯, 王彤, 相禹维, 杜文娟 (19)

基于深度序列翻译模型的非侵入式负荷分解方法..... 任文龙, 许刚 (27)

数据驱动下的虚拟同步发电机等效建模..... 杨斌, 杜文娟, 王海风 (35)

基于样本扩充的 Faster R-CNN 电网异物监测技术

..... 史晋涛, 李喆, 顾超越, 盛戈峰, 江秀臣 (44)

· 国家重点研发计划 ·

面向智能园区多产消者能量管理的对等模型(P2P)建模与优化运行

..... 吴界辰, 艾欣, 胡俊杰, 吴洲洋 (52)

考虑清洁电力共享的社区电能日前优化调度..... 胡佳怡, 严正, 王晗 (61)

基于自适应模式切换的 MMC-HVDC 数字物理混合仿真新型接口算法

..... 江守其, 李国庆, 辛业春, 王丽馨, 刘博文 (70)

考虑高比例可再生能源出力不确定性的电力流规划方法

..... 孙珂, 赵鹏飞, 韩晓男, 孙英云 (79)

受弱电网影响光伏并网系统不同频段稳定性分析

..... 刘佳宁, 于淼, 夏杨红, 韦巍 (86)

直流微电网中基于谐振控制的双馈风机谐波消除方法

..... 朱小帆, 卫锋, 李学佳, 秦亮, 查晓明 (96)

±1100 kV 输电线路雷电屏蔽特性的模型试验及观测

..... 蓝磊, 张韬, 文习山, 王羽中, 邓冶强, 王健, 黄强, 裴欢 (105)

地震作用下变压器侧壁套管的理论建模及摆动效应分析

..... 陈星, 谢强, 李晓璇, 刘匀 (114)

一种用于变压器直流偏磁状态下的改进型 Jiles-Atherton 模型

..... 澹台乐琰, 韩肖清, 王磊, 袁铁江 (122)

· 可再生能源发电与综合消纳技术 ·

考虑热能输运动态特性的电-热综合能源系统优化调度方法

..... 王明军, 穆云飞, 孟宪君, 贾宏杰, 王旭东, 霍现旭 (132)

计及网络传输损耗的电热综合能源系统多目标优化调度

..... 郑超铭, 黄博南, 王子心, 孙秋野 (141)

基于马尔可夫过程蒙特卡洛法的综合能源系统可靠性评估

..... 倪伟, 吕林, 向月, 刘俊勇, 黄媛, 王鹏飞 (150)

统一电能质量调节器在新能源发电场的虚拟同步特性分析

..... 王帅, 荆龙, 吴学智, 李金科, 田若宁 (159)

提高海上风电场经 MMC 联网系统故障穿越能力的柔性泄能电阻控制策略

..... 蔡婷婷, 穆钢, 严干贵, 刘洪波 (166)

适用于海上风电场直流互联的双极性输出非隔离型自耦直流变换器

..... 郭灵瑜, 姚钢, 殷志柱, 周荔丹 (174)

计及价格型需求响应及 CSP 电站参与的风电消纳日前调度

..... 崔杨, 张汇泉, 仲悟之, 赵钰婷, 王铮, 许伯阳 (183)

光伏微网中虚拟同步发电机参数自适应控制策略
 殷桂梁, 董浩, 代亚超, 王海轮, 王硕 (192)
 基于自适应滤波的并联逆变器谐振抑制策略
 陈来军, 黎立丰, 郑天文, 郭岩, 梅生伟 (200)
 含虚拟惯性控制的直流微电网稳定性分析 朱晓荣, 孟凡奇 (208)

· 电力系统 ·

2018 年国家电网公司 220 kV 及以上交流保护装备及运行情况分析
 张烈, 吕鹏飞, 张瀚方, 刘宇, 杨国生, 刘丹, 王志洁 (217)
 基于节点类型和分区耦合性的复杂网络无功电压快速分区方法
 郑吉祥, 钟俊 (223)
 适应不同优化模型的水电梯级系统短期调度算法
 张高峰, 郑浩, 刘双全, 王金文 (230)
 含 DCPFC 的交直流混合系统多目标最优潮流研究
 李国庆, 关佳欣, 王鹤, 边竞, 史雪亚 (238)
 大电网静态电压稳定在线防控灵敏度分析新方法
 崔馨慧, 贞志皓, 刘道伟, 杨红英, 李泽宇, 高德宾, 金学洙 (245)
 三相换流器交流侧扰动特性的定性及定量分析
 邢法财, 徐政, 王世佳, 张哲任, 张锋 (255)
 考虑线路停运概率的电力系统连锁故障阻断控制
 甘国晓, 耿光超, 高波, 仲悟之, 江全元, 黄道姗 (266)
 基于改进欧氏-动态时间弯曲距离的谐振接地配电网单相高阻接地故障
 选线方法 庄胜斌, 缪希仁, 江灏, 郭谋发 (273)
 计及系统线路阻抗的电力弹簧电压电流同时补偿控制策略
 尹发根, 王淳, 王巍璋 (282)
 图论在智能变电站二次安全措施中的应用探索
 黄文英, 郭炎福, 宋福海 (291)
 链式 STATCOM 导致变压器偏磁的机理及抑制
 曹建春, 武丹, 项祖涛, 燕翠, 赵小英 (298)
 ±800 kV 特高压多端直流系统换流阀过电压机理及影响因素研究
 聂男峰, 王磊, 王东举, 南君培, 李卓然, 陈向荣, 周浩 (307)
 考虑迟滞效应的电池极化电压误差修正方法
 陈嵩, 康鑫, 朱志贤, 张玉洁, 韩鑫 (316)

· 电力市场 ·

交直流混联区域电网现货市场出清模型研究
 彭超逸, 顾慧杰, 朱文, 许丹莉, 赵文猛, 夏清, 赖晓文, 董成 (323)
 基于输配电价改革的电网运维成本分摊方法研究
 王永利, 王晓海, 王硕, 于海洋, 张福利, 李如萍 (332)
 基于基尼系数电量进度公平性的日内滚动发电计划
 孙亮, 张娜, 李宁, 刘兴龙, 李卫东 (340)

· 高电压技术 ·

高海拔地区±400 kV 直流线路型避雷器设计
 曹伟, 万帅, 谷山强, 陈家宏, 王剑, 杜雪松 (347)
 迎风风不均匀污秽下支柱绝缘子直流污闪特性
 张志劲, 杨晟欢, 蒋兴良, 乔新涵, 张东东 (354)
 一种中压配电线路用内置金属氧化物压敏电阻的悬式复合绝缘子研制
 沈海滨, 雷挺, 陈康, 边凯, 陈维江, 卢甜甜, 等 (361)
 非接触式中继装置用于长电缆局部放电定位研究
 周凯, 汪先进, 赵世林, 谢敏, 张桥峰, 刘力 (369)
 中压混合式直流断路器真空短间隙介质恢复特性
 王华清, 程显, 葛国伟, 杨培远, 程子霞, 谢伟 (377)

· 工程应用 ·

渝鄂背靠背柔性直流频率限值控制器优化设计
 陈启超, 李晖, 吴文传, 张怡, 王菲, 蒋维勇, 盖振宇 (385)

《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 44 卷 第 1 期 (总第 434 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: 闰 頔 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

期刊基本参数: CN 11-2410/TM * 1957 * M * A4 * 392 * zh * P * ¥80.00 * 20000 * 47 * 2020-01 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2020, Vol. 44 No. 1 (Ser. 434)

Contents

• Special Paper •

Automatic Operator for Decision-making in Dispatch: Research and Applications

.....Sun Hongbin, Huang Tianen, Guo Qinglai, Zhang Boming, Guo Wenxin, Liu Wentao, Xu Taishan, Xu Tao (1)

• Artificial Intelligence Technology Application in New Generation Power System and Energy Internet •

Grid Bus Spatio-temporal Linkage Assessment Based on Geometric Characteristics of Voltage Phasor Trajectories

.....Zheng Hengfeng, Liu Daowei, Li Baiqing, Yang Hongying, Li Zonghan, Zhao Gaoshang, Li Jing, Yang Shaobo (9)

Elastic Net Based Online Assessment of Power System Transient Stability Margin

.....Mi Dengkai, Wang Tong, Xiang Yuwei, Du Wenjuan (19)

Non-intrusive Load Decomposition Method Based on Deep Sequence Translation Model

.....Ren Wenlong, Xu Gang (27)

Equivalent Modeling of Virtual Synchronous Generator Based on Data-driven Method

.....Yang Bin, Du Wenjuan, Wang Haifeng (35)

Research on Foreign Matter Monitoring of Power Grid With Faster R-CNN Based on Sample Expansion

.....Shi Jintao, Li Zhe, Gu Chaoyue, Sheng Gehao, Jiang Xiuchen (44)

• National Key Research and Development Program of China •

Peer-to-peer Modeling and Optimal Operation for Prosumer Energy Management in Intelligent Community

.....Wu Jiechen, Ai Xin, Hu Junjie, Wu Zhouyang (52)

Day-ahead Optimal Scheduling for Communities Considering Clean Power-sharing

.....Hu Jiayi, Yan Zheng, Wang Han (61)

A Novel Interface Algorithm of Power Hardware-in-the-loop Simulation for MMC-HVDC System Based on Adaptive Mode

.....Jiang Shouqi, Li Guoqing, Xin Yechun, Wang Lixin, Liu Bowen (70)

Electricity Flow Planning Method for High Penetration of Renewable Energy

.....Sun Ke, Zhao Pengfei, Han Xiaonan, Sun Yingyun (79)

Separated Frequency Stability Analysis of Grid-connected PV System Affected by Weak Grid

.....Liu Jianing, Yu Miao, Xia Yanghong, Wei Wei (86)

Harmonic Elimination Method of Doubly-fed Induction Generator in DC-microgrid Based on Resonant Control

.....Zhu Xiaofan, Wei Feng, Li Xuejia, Qin Liang, Zha Xiaoming (96)

Model Test Study and Observation on Lightning Shielding Performance of ± 1100 kV Transmission Lines

.....Lan Lei, Zhang Tao, Wen Xishan, Wang Yu, Deng Yejiang, Wang Jian, Huang Qiang, Pei Huan (105)

Seismic Theoretical Modelling and Rocking Effect Analysis on Transformer Lateral Bushing

.....Chen Xing, Xie Qiang, Li Xiaoxuan, Liu Yun (114)

An Improved Jiles-Atherton Model for DC Bias of Transformer

.....Tantai Leyan, Han Xiaoqing, Wang Lei, Yuan Tiejian (122)

• Renewable Energy Generation and Integration •

Optimal Scheduling Method for Integrated Electro-thermal Energy System Considering Heat Transmission Dynamic

.....Wang Mingjun, Mu Yunfei, Meng Xianjun, Jia Hongjie, Wang Xudong, Huo Xianxu (132)

Multi-objective Optimization Dispatch for Integrated Electro-heating Systems Including Network Transmission Losses

.....Zheng Chaoming, Huang Bonan, Wang Zixin, Sun Qiuye (141)

Reliability Evaluation of Integrated Energy System Based on Markov Process Monte Carlo Method

.....Ni Wei, Lü Lin, Xiang Yue, Liu Junyong, Huang Yuan, Wang Pengfei (150)

Research on Virtual Synchronization Characteristics of Unified Power Quality Conditioner in Renewable Energy Farms

.....Wang Shuai, Jing Long, Wu Xuezhi, Li Jingke, Tian Ruoning (159)

A Flexible Control Strategy of Breaking Resistor to Enhance Fault-ride-through Ability for Offshore Wind Farms Integrated

.....Cai Tingting, Mu Gang, Yan Gangui, Liu Hongbo (166)

Directly-coupled Non-isolated Bipolar Output DC Converter Suitable for Offshore DC Wind Farm

.....Guo Lingyu, Yao Gang, Yin Zhizhu, Zhou Lidan (174)

Day-ahead Scheduling Considering Participation of Price-based Demand Response and CSP Plant in Wind Power Accommodation

.....Cui Yang, Zhang Huiquan, Zhong Wuzhi, Zhao Yuting, Wang Zheng, Xu Boyang (183)

Adaptive Control Strategy of VSG Parameters in Photovoltaic Microgrid

.....Yin Guiliang, Dong Hao, Dai Yachao, Wang Hailun, Wang Shuo (192)

Resonance Suppression Strategy for Multi-parallel Inverters Based on Adaptive Filtering

.....Chen Lajun, Li Lifeng, Zheng Tianwen, Guo Yan, Mei Shengwei (200)

Stability Analysis of DC Microgrid With Virtual Inertia Control

.....Zhu Xiaorong, Meng Fanqi (208)

• Power System •

Analysis on Protective Relaying and Its Operation Conditions of SGCC AC Systems of 220 kV and above in 2018

.....Zhang Lie, Lü Pengfei, Zhang Hanfang, Liu Yu, Yang Guosheng, Liu Dan, Wang Zhijie (217)

A Complex Network Theory Fast Partition Algorithm of Reactive Voltage Based on Node Type and Coupling of Partitions	Zheng Jixiang, Zhong Jun (223)
Short-term Scheduling Algorithm of Hydropower Cascade System Adapted to Different Optimization Models	Zhang Gaofeng, Zheng Hao, Liu Shuangquan, Wang Jinwen (230)
Multi-objective Optimal Power Flow Study of Hybrid AC/DC System With DCPFC	Li Guoqing, Guan Jiaxin, Wang He, Bian Jing, Shi Xueya (238)
A New Method of Sensitivity Analysis for Static Voltage Stability Online Prevention and Control of Large Power Grids	Cui Xinhui, Yun Zhihao, Liu Daowei, Yang Hongying, Li Zeyu, Gao Debin, Jin Xuezhu (245)
Qualitative and Quantitative Analysis on AC-side Disturbance Characteristics of Three-phase Converter	Xing Facai, Xu Zheng, Wang Shijia, Zhang Zheren, Zhang Feng (255)
Blocking Control of Power System Cascading Failures Considering Line Outages Probability	Gan Guoxiao, Geng Guangchao, Gao Bo, Zhong Wuzhi, Jiang Quanyuan, Huang Daoshan (266)
A Line Selection Method for Single-phase High-impedance Grounding Fault in Resonant Grounding System of Distribution Network Based on Improved Euclidean-dynamic Time Warping Distance	Zhuang Shengbin, Miao Xiren, Jiang Hao, Guo Moufa (273)
Control Strategy of Electric Spring for Simultaneous Voltage and Current Compensation Considering System Line Impedance	Yin Fagen, Wang Chun, Wang Weizhang (282)
Application of Graph Theory in Safety Measures of Secondary System in Smart Substation	Huang Wenyong, Guo Yanfu, Song Fuhai (291)
Mechanism and Mitigation Strategy of Transformer Magnetic Bias Caused by Cascade STATCOM	Cao Jianchun, Wu Dan, Xiang Zutao, Yan Hui, Zhao Xiaoying (298)
Study on Overvoltage Mechanism and Influencing Factors of Converter Valves in ± 800 kV Multi-terminal UHVDC System	Nie Nanfeng, Wang Lei, Wang Dongju, Nan Junpei, Li Zhuoran, Chen Xiangrong, Zhou Hao (307)
Polarization Voltage Error Correction Considering Battery's Hysteresis Effect	Chen Song, Kang Xin, Zhu Zhixian, Zhang Yujie, Han Xin (316)
• Electricity Market •	
Study on Spot Market Clearing Model of Regional Power Grid Considering AC/DC Hybrid Connection	Peng Chaoyi, Gu Huijie, Zhu Wen, Xu Danli, Zhao Wenmeng, Xia Qing, Lai Xiaowen, Dong Cheng (323)
A Method Allocating Operation and Maintenance Cost of Power Grid Project Based on Transmission and Distribution Price Reform	Wang Yongli, Wang Xiaohai, Wang Shuo, Yu Haiyang, Zhang Fuli, Li Ruping (332)
An Intra-day Rolling Scheduling Considering Energy Equity Based on Gini Coefficient	Sun Liang, Zhang Na, Li Ning, Liu Xinglong, Li Weidong (340)
• High Voltages •	
Design of ± 400 kV DC Line Arrester in High Altitude Area	Cao Wei, Wan Shuai, Gu Shanqiang, Chen Jiahong, Wang Jian, Du Xuesong (347)
DC Flashover Characteristics of Post Insulators Under Non-uniform Pollution Between Windward and Leeward Sides	Zhang Zhijin, Yang Shenghuan, Jiang Xingliang, Qiao Xinhuan, Zhang Dongdong (354)
Development of Suspension Composite Insulators With Built-in Metal-oxide Varistors for MV Distribution Lines	Shen Haibin, Lei Ting, Chen Kang, Bian Kai, Chen Weijiang, Lu Tiantian, et al (361)
Research on Partial Discharge Positioning of Long Cable Based on Non-contact Relay Device	Zhou Kai, Wang Xianjin, Zhao Shilin, Xie Min, Zhang Qiaofeng, Liu Li (369)
Investigation on Dielectric Recovery Performance of Short Vacuum Gap in Medium-voltage Hybrid DC Circuit Breakers	Wang Huaqing, Cheng Xian, Ge Guowei, Yang Peiyuan, Cheng Zixia, Xie Wei (377)
• Engineering Applications •	
Optimization Design of Frequency Limit Controller of Back-to-Back VSC-HVDC	Chen Qichao, Li Hui, Wu Wenchuan, Zhang Yi, Wang Fei, Jiang Weiyong, Gai Zhenyu (385)

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