

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

3
2023

第47卷3期

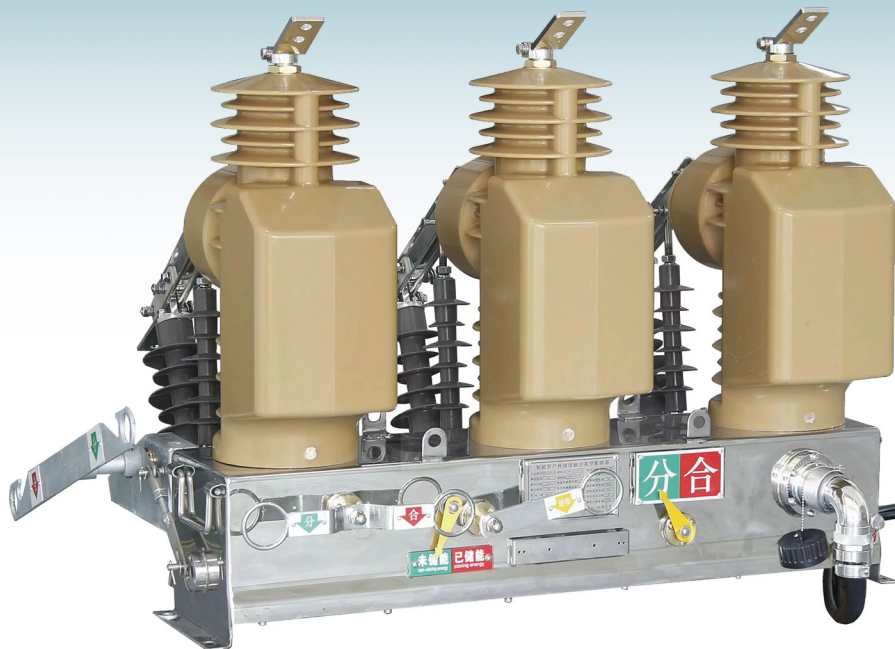
Vol.47 No.3

tenpro
天力普

中外合资
国网标准



微官网



10多年的技术沉淀

隆重推出

智能型户外深度融合
真空断路器

专利号: ZL 2022 3 0555894.6

- ☆ 采用一体化固封极柱 集真空灭弧室、零序相序电流传感器、零序相序四阶电压传感器和取电电源装置
- ☆ 可满足电源侧三组、负荷侧两组四阶电压传感器具有负载能力大、抗干扰能力强、温度特性高等优特点
- ☆ 电压测量精度达0.1级、电流测量精度达0.5S级, 可满足高精度要求和多种应用需求
- ☆ 局放、耐压、雷电冲击可满足国网标准
- ☆ 可实现一、二次深度融合标准化

天力普电力科技有限公司
TENPRO ELEC-POWER SCI-TECH LLC

地址: 浙江省乐清经济开发区经七路151号 电话: 0577-62660666 62728188
销售热线: 13905870258 官网: www.tenprogroup.com

广告

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 薛禹胜

目次

· 支撑碳达峰、碳中和的能源电力关键技术 ·

确保电力可靠供应的发电设备检修空间评估
..... 许涛, 李增辉, 梁志峰, 王超, 陶洪铸 (869)

考虑跨区直流调峰的新能源参与电力平衡可信容量提升方法研究
..... 孙晓强, 张小奇, 张光儒, 段乃欣, 霍超, 刘瑞丰, 等 (878)

能源交通融合下的弹性公路能源系统发展技术要点及展望
..... 马静, 徐宏璐, 马瑞辰, 黄韦博, 程鹏, 贾利民 (885)

基于等效氢耗特征的孤岛电-氢混合储能多微电网功率自适应分配控制方法研究
..... 陈晓雯, 李奇, 蒲雨辰, 阳洋, 李肇一, 陈维荣 (896)

基于水-光-荷模块分层协同搜索的风险调度策略
..... 鲜于虎成, 黄显峰, 李旭, 李大成, 张艳青, 许昌 (908)

考虑负荷综合需求响应的 CCHP-SESS 双层优化配置
..... 程静, 谭智钢, 岳雷 (918)

· 新型电力系统频率安全分析与源荷储互动控制 ·

考虑频率动态响应实时分区的电力系统惯量在线评估方法
..... 曹斌, 原帅, 刘家豪, 王程, 毕天姝, 辛焕海 (930)

基于广域支路响应的低频振荡威胁动态评估及紧急控制
..... 郑超, 孙华东, 李绪广 (941)

并网变换器的多频率耦合等幅振荡分析
..... 王玉芝, 王亮, 姜齐荣 (950)

含大容量新能源接入的柔性直流背靠背分区互联系统频率支撑策略研究
..... 王一振, 邱逢良, 雷鸣, 季一润, 王成山 (959)

基于双馈发电机组调频参与度的风/储协调一次调频控制策略
..... 马德智, 栗文义, 温彩凤, 柴瑞 (968)

· 面向新型电力系统和能源互联网的人工智能技术 ·

融合电网运行场景聚类的多任务深度强化学习优化调度
..... 邓柏荣, 陈俊斌, 丁巧宜, 潘振宁, 余涛, 王克英, 侯佳莹 (978)

基于近端策略优化算法的新能源电力系统安全约束经济调度方法
..... 杨志学, 任洲洋, 孙志媛, 刘默斯, 姜晶, 印月 (988)

基于波动类型精细划分与聚类的短期负荷预测
..... 叶林, 宫婷, 宋旭日, 罗雅迪, 刘金波, 於益军, 李桐 (998)

基于双目立体匹配和场景元素识别的变电人员近电安全距离检测方法研究
..... 王雷雄, 王波, 马富齐, 董旭柱, 姚良忠 (1010)

基于深度学习的架空输电导线缺陷检测方法研究
..... 翟学明, 李晓, 翟羽佳 (1022)

基于油中溶解气监测的变压器在线半监督故障诊断方法研究
..... 朱庆东, 朱文兵, 王浩哲, 顾朝亮, 徐冉, 朱孟兆 (1031)

基于半监督学习标签传播-极端随机树算法的光伏阵列故障诊断及定位
..... 徐光峰, 李芷茜, 刘状壮, 王轲, 马志雄, 姚景杰, 蔡路路 (1038)

· 电力市场 ·

高比例可再生能源电力系统中电量约束型机组参与现货市场的机制
..... 孟繁林, 钟海旺, 夏清 (1047)

数据驱动下的日前市场发电商智能决策方法
..... 李宏仲, 吕勇荡 (1056)

非预测机制下计及碳交易的家庭能量低碳优化实时管理
..... 侯慧, 陈跃, 吴细秀, 侯婷婷, 方仍存, 唐金锐 (1066)

双重不确定性下考虑风险偏好的风储系统日前报量策略

..... 颜宇飞, 唐早, 刘友波, 王淼, 向月, 高红均, 刘俊勇 (1078)

· 电力系统 ·

基于敏感气温空间分布的度夏度冬日最大负荷预测与应用研究

..... 李明节, 梁志峰, 许涛, 杨登宇, 吴善锋 (1088)

基于电压相量轨迹的失步振荡中心特性解析及解列断面预判

..... 李宗翰, 孙华东, 徐式蕴, 赵兵, 郑超 (1098)

基于量测数据时序谱分布特性的电力系统暂态功角稳定在线判别

..... 孙辉, 孙宝硕, 高正男, 胡妹博, 陈晓东, 王钟辉, 刘劲松 (1107)

计及时间演变和空间相关的多风电场短期功率预测

..... 李丹, 甘月琳, 缪书唯, 杨帆, 梁云嫣, 胡越 (1117)

考虑新能源不确定波动的交直流混联电网静态电压稳定裕度区间计算

..... 陈刚, 刘万彬, 杨悦荣, 郑外生, 涂思嘉, 林舜江, 等 (1127)

基于改进交替方向乘子法的输电网分散协调鲁棒优化调度模型

..... 赵冬梅, 王浩翔, 陶然 (1138)

基于矢量指令集的三相潮流并行计算方法

..... 周淳, 姜彤 (1151)

含负序电压支撑分布式电源的电网分区短路电流计算方法

..... 吴成国, 肖仕武, 朱健 (1159)

基于逆变器剩容量及自适应虚拟谐波阻抗控制的孤岛微电网谐波功率分配策略

..... 李卓城, 王杨, 唐俊苗, 肖先勇, 王海凤 (1169)

基于光伏消纳能力模拟评估的配电网最优消纳方案规划选择

..... 陈众, 徐翼, 吴辅朝, 于梦奥, 刘星 (1179)

基于深度学习的公共楼宇电-气负荷非侵入式分解

..... 刘航, 刘春阳, 赵浩然, 田立军, 刘俊伟 (1188)

有源配电网安全域的体积: 定义、算法与分析

..... 肖峻, 张诗豪 (1196)

基于模型-数据联合驱动的电网扰动定位方法

..... 黄登一, 刘灏, 毕天姝, 杨奇逊 (1206)

基于无人机应急通信的配电网灾后信息物理协同恢复策略

..... 刘瑞环, 陈晨, 叶志刚, 别朝红 (1218)

弱电网下逆变器并网系统失稳的两种诱因

..... 王凯, 原熙博, 王晖, 张永磊, 伍小杰 (1230)

· 直流输电与直流电网 ·

嵌套型 MMC 的数学模型与故障特性分析

..... 朱雯清, 付丰豪, 赵西贝, 赵成勇 (1242)

分布式光储参与的直流受端近区配电网暂态电压控制方法

..... 刘运鑫, 姚良忠, 廖思阳, 喻恒凝, 刘辉, 王开让, 李相俊 (1250)

适应高比例新能源电源外送的特高压直流控制器

..... 马为民, 蒲莹, 宫勋 (1262)

弱受端场景下角型链式 STATCOM 接入 HVDC 系统的阻抗建模及稳定性分析

..... 刘一锋, 周小平, 洪乐荣, 夏海涛, 尹寒航, 等 (1269)

· 高电压技术 ·

特高压换流阀桥臂电抗器包封参数的混合约束设计方法

..... 侯启鑫, 李庆民, 邹亮, 孙玉鑫, 刘青松 (1280)

架空导线单相触树接地故障的放电引燃机制研究

..... 秦际轲, 宁鑫, 范松海, 贾志东 (1289)

基于广义 S 变换与数学形态学的局部放电窄带干扰抑制方法

..... 饶显杰, 徐忠林, 龙林, 李珏潇, 杨小兵, 等 (1299)

· 广告索引 · (1308)

《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47卷 第3期 (总第472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

闫頔 010-82812430

编辑: 010-82812523/2672/2981/2982

网上投稿: [http:// www.dwjs.com.cn](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: ISSN 1000-3673

CN 11-2410/TM

广告发布登记号: 京海市监广登字 20170131 号

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2023, Vol. 47 No. 3 (Ser. 472)

Contents

• Key Technologies of Power and Energy Systems for Supporting Peak Carbon Dioxide Emissions and Carbon Neutrality •

Assessment of Generators' Maintenance Space Ensuring Power Supply Reliability	XU Tao, LI Zenghui, LIANG Zhifeng, WANG Chao, TAO Hongzhu (869)
Credible Capacity Improvement With New Energy Participating in Power Balance Considering Cross-regional DC Peak Shaving	SUN Xiaoqiang, ZHANG Xiaoqi, ZHANG Guangru, DUAN Naixin, HUO Chao, LIU Ruifeng, et al (878)
A Review on the Development of Resilient Highway Energy System Under the Integration of Energy and Transportation	MA Jing, XU Honglu, MA Ruichen, HUANG Weibo, CHENG Peng, JIA Limin (885)
Power Adaptive Distribution Control of Isolated Multi-microgrids Containing Electric-hydrogen Hybrid Energy Storage Based on Equivalent Hydrogen Consumption Characteristics	CHEN Xiaowen, LI Qi, PU Yuchen, YANG Yang, LI Luoyi, CHEN Weirong (896)
Risk Scheduling Strategy Based on Hydro-PV-load Module Hierarchical Cooperative Searching	XIANYU Hucheng, HUANG Xianfeng, LI Xu, LI Dacheng, ZHANG Yanqing, XU Chang (908)
CCHP-SESS Bi-layer Optimal Configuration Considering Comprehensive Load Demand Response	CHENG Jing, TAN Zhigang, YUE Lei (918)

• Frequency Security Analysis and Source-load-storage Interaction Control of New-type Power Systems •

Power System Online Inertia Estimation Considering Real-time Clustering of Frequency Dynamic Response	CAO Bin, YUAN Shuai, LIU Jiahao, WANG Cheng, BI Tianshu, XIN Huanhai (930)
Dynamic Threat Assessment and Emergency Control of Low Frequency Oscillation Based on Wide Area Branch Response	ZHENG Chao, SUN Huadong, LI Xuguang (941)
Analysis of Sustained Multi-frequency Oscillations in Grid-connected VSC	WANG Yuzhi, WANG Liang, JIANG Qirong (950)
Frequency Support Strategy for VSC-BTB Based DC Segmented System With Large Capacity Renewable Energy Integration	WANG Yizhen, QIU Fengliang, LEI Ming, JI Yirun, WANG Chengshan (959)
Wind/Storage Coordinated Primary Frequency Regulation Control Strategy Based on Participation Level of DFIG Units	MA Dezhi, LI Wenyi, WEN Caifeng, CHAI Rui (968)

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

Multi-task Deep Reinforcement Learning Optimal Dispatching Based on Grid Operation Scenario Clustering	DENG Bairong, CHEN Junbin, DING Qiaoyi, PAN Zhenning, YU Tao, WANG Keying, HOU Jiaxuan (978)
Security-constrained Economic Dispatch of Renewable Energy Integrated Power Systems Based on Proximal Policy Optimization Algorithm	YANG Zhixue, REN Zhouyang, SUN Zhiyuan, LIU Mosi, JIANG Jing, YIN Yue (988)
Short-term Load Forecasting Based on Fine Division and Clustering of Fluctuation Types	YE Lin, GONG Ting, SONG Xuri, LUO Yadi, LIU Jimbo, YÜ Yijun, LI Tong (998)
Research on the Detection Method of the Approach Distance Between Substation Workers and the Live Equipment Based on Binocular Stereo Matching and Scene Element Recognition	WANG Leixiong, WANG Bo, MA Fuqi, DONG Xuzhu, YAO Liangzhong (1010)
Defect Detection of Overhead Transmission Wires Based on Deep Learning	ZHAI Xueming, LI Xiao, ZHAI Yujia (1022)
Online Semi-supervised Fault Diagnosis of Transformer Based on Dissolved Gas in Oil	ZHU Qingdong, ZHU Wenbing, WANG Haozhe, GU Zhaoliang, XU Ran, ZHU Mengzhao (1031)
Fault Diagnosis and Localization of Photovoltaic Arrays Based on Semi-supervised Learning Label Propagation-extra Tree Algorithm	XU Xianfeng, LI Zhihan, LIU Zhuangzhuang, WANG Ke, MA Zhixiong, YAO Jingjie, CAI Lulu (1038)

• Electricity Market •

Spot Market Mechanism for Energy Constrained Generation Units in High Proportion Renewable Energy Power System	MENG Fanlin, ZHONG Haiwang, XIA Qing (1047)
Data-driven Intelligent Decision-making Method for Day-ahead Market Power Generation Companies	LI Hongzhong, LÜ Yongdang (1056)
Low-carbon Optimal Real-time Management Strategy for Home Energy Considering Carbon Trading Under Non-prediction Mechanisms	HOU Hui, CHEN Yue, WU Xixiu, HOU Tingting, FANG Rengcun, TANG Jinrui (1066)
Day-ahead Bidding Strategy of Combined Wind Storage System Considering Risk Preference Under Dual Uncertainties	YAN Yufei, TANG Zao, LIU Youbo, WANG Miao, XIANG Yue, GAO Hongjun, LIU Junyong (1078)

• Power System •

Prediction and Application of Maximum Daily Load in Summer and Winter Based on Spatial Distribution of Sensitive Temperatures	LI Mingjie, LIANG Zhifeng, XU Tao, YANG Dengyu, WU Shanfeng (1088)
---	--

Out-of-step Oscillation Center Characteristic Analysis and Splitting Section Prediction Based on Voltage Phase Trajectories	LI Zonghan, SUN Huadong, XU Shiyun, ZHAO Bing, ZHENG Chao (1098)
Online Identification for Power System Transient Angle Stability Based on Time-series Spectral Distribution Characteristics of Measured Data	SUN Hui, SUN Baoshuo, GAO Zhengnan, HU Shubo, CHEN Xiaodong, WANG Zhonghui, LIU Jinsong (1107)
Short-term Power Prediction for Multiple Wind Farms Considering Temporal Evolution and Spatial Correlation	LI Dan, GAN Yuelin, MIAO Shuwei, YANG Fan, LIANG Yunyan, HU Yue (1117)
Calculation of Static Voltage Stability Margin Interval for AC/DC Hybrid Power System Considering the Uncertainty of Renewable Energy	CHEN Gang, LIU Wanbin, YANG Yuerong, ZHENG Waisheng, TU Sijia, LIN Shunjiang, et al (1127)
Decentralized Coordination Robust Optimal Scheduling Model for Transmission and Distribution Networks Based on Improved Alternating Direction Method of Multipliers	ZHAO Dongmei, WANG Haoxiang, TAO Ran (1138)
Parallel Calculation Method for Three-phase Power Flow Based on Vector Instruction Set	ZHOU Chun, JIANG Tong (1151)
Calculation of Power Grid Partition Short-circuit Current With Negative Sequence Voltage-supported Distributed Generation	WU Chengguo, XIAO Shiwu, ZHU Jian (1159)
Harmonic Power Allocation Strategy in Islanded Microgrid Based on Remaining Capacity and Adaptive Virtual Harmonic Impedance Control of Inverter	LI Zhuocheng, WANG Yang, TANG Junmiao, XIAO Xianyong, WANG Haifeng (1169)
Selection of Optimal Distribution Planning Based on Simulation of Photovoltaic Absorption Capacity	CHEN Zhong, XU Yi, WU Fuchao, YU Mengao, LIU Xing (1179)
Non-intrusive Disaggregation of Electricity and Gas Load in Public Buildings Based on Deep Learning	LIU Hang, LIU Chunyang, ZHAO Haoran, TIAN Lijun, LIU Junwei (1188)
Volume of Active Distribution Network Security Region: Definition, Algorithm and Analysis	XIAO Jun, ZHANG Shihao (1196)
A Joint Model and Data-driven Based Power System Disturbance Localization Approach	HUANG Dengyi, LIU Hao, BI Tianshu, YANG Qixun (1206)
Cooperative Cyber-physical Distribution System Restoration With UAV-based Emergency Communication UAV After Disasters	LIU Ruihuan, CHEN Chen, YE Zhigang, BIE Zhaohong (1218)
Two Causes of the Inverter-based Grid-connected System Instability in Weak Grids	WANG Kai, YUAN Xibo, WANG Hui, ZHANG Yonglei, WU Xiaojie (1230)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Analysis of Mathematical Model and Fault Characteristics of Embedded MMC	ZHU Wenqing, FU Fenghao, ZHAO Xibei, ZHAO Chengyong (1242)
Transient Voltage Control of Distribution Network in Near-zone of DC Receiving End With Distributed Photovoltaics and Energy Storage Participated	LIU Yunxin, YAO Liangzhong, LIAO Siyang, YU Hengning, LIU Hui, WANG Kairang, LI Xiangjun (1250)
UHVDC Current Controller for High Proportional New Energy Transmission	MA Weimin, PU Ying, GONG Xun (1262)
Impedance Modeling and Stability Analysis for HVDC System With Delta-connected Cascaded STATCOM in Weak Receiving Grid Scenario	LIU Yifeng, ZHOU Xiaoping, HONG Lerong, XIA Haitao, YIN Hanhang, et al (1269)

• High Voltages •

Hybrid Constraint Design for Encapsulation Parameters of UHV Converter Valve Bridge Arm Reactor	HOU Qixin, LI Qingmin, ZOU Liang, SUN Yuxin, LIU Qingsong (1280)
Discharge Ignition Mechanism of Tree-contacting Single-phase-to-ground Faults of Overhead Lines	QIN Jike, NING Xin, FAN Songhai, JIA Zhidong (1289)
Narrowband Interference Suppression of Partial Discharge Based on Generalized S Transform and Mathematical Morphology	RAO Xianjie, XU Zhonglin, LONG Lin, LI Juexiao, YANG Xiaobing, et al (1299)

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