

电网技术



POWER SYSTEM TECHNOLOGY

第44卷6期
Vol.44 No.6

中国电力科学研究院有限公司 电能计量成套装置智能化检测系统和信息化管理系统

由中国电科院牵头研制的电能计量成套装置智能化检测系统和信息化管理系统，实现了电能计量成套装置检测全过程监控和信息化管理，建立了电能计量成套装置的两化融合质量体系。该系统率先实现了试验样品自动化传输及一站式作业的安全可靠的自适应检测方案，同时，整合国网级和网省级检测资源，达到双方优势互补、数据信息共享。项目成果在天津、上海、河南等电力公司和有关制造企业成功应用，做到了电能计量成套装置的检测自动化，提高了检测效率，产生了显著的社会、经济效益，为确保相关产品质量和推动技术创新提供了有力支撑，为“中国制造”向“中国创造”和“中国引领”发展加油助力。

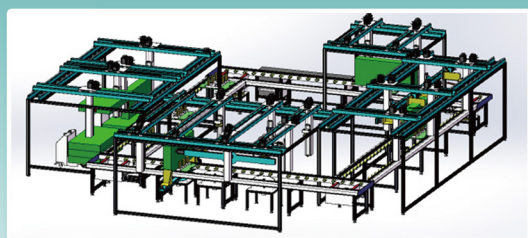


图1 紧凑型检测系统效果图



图2 紧凑型检测系统



天津公司实物图



上海公司实物图



河南公司实物图

图3 分布式检测系统



国家电网
STATE GRID

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

单位：中国电力科学研究院有限公司

地址：北京清河小营东路15号

邮编：100192

电话：(010) 82812114

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 汪槩生
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

· 面向新一代电力系统和能源互联网的人工智能技术 ·

数字孪生在电力系统应用中的机遇和挑战

.....贺兴, 艾芊, 朱天怡, 邱才明, 张东霞 (2009)

电力视觉边缘智能: 边缘计算驱动下的电力深度视觉加速技术

.....马富齐, 王波, 董旭柱, 王红霞, 罗鹏, 周胤宇 (2020)

基于容器的调控云 PaaS 平台的设计与实现

...杨清波, 陈振宇, 刘东, 夏文岳, 黄运豪, 李大鹏, 狄方春, 高兴宇 (2030)

基于卷积神经网络的非侵入负荷辨识算法

.....张玉天, 邓春宇, 刘沅昆, 陈盛, 史梦洁 (2038)

恶意攻击下的电力耦合网络风险传播模型研究

.....伍志韬, 杜伟, 刘蕾蕾, 林晔莹, 刘杰 (2045)

· 电力市场 ·

输配协调的用户需求响应模型

.....肖峻, 郝子源, 屈玉清, 宋晨辉 (2053)

计及调节弹性差异化的产消群价格型需求响应机制

.....刘迪, 孙毅, 李彬, 霍沫霖, 奚巍民 (2062)

跨省区中长期连续交易机制的实现模式研究

.....许喆, 丁军策, 梁志飞, 陈玮 (2071)

考虑虚拟电厂组合策略的售电公司优化调度及购售电决策

.....窦迅, 王俊, 叶飞, 邵平, 顾伟 (2078)

美国电力市场违约风险量化机制分析

.....甘倍瑜, 王健, 田琳, 徐立新, 季天瑶, 荆朝霞 (2087)

· 高比例可再生能源并网 ·

虚拟电厂对分布式能源的管理和互动机制研究综述

.....田立亭, 程林, 郭剑波, 王宣元, 云秋晨, 高文忠 (2097)

分布式电源即插即用临界条件在配电线路中的分布规律及快速估算

.....郑爽, 贾东梨, 耿光飞, 刘科研 (2109)

基于费马-韦伯问题的新能源接入系统选址定容综合优化方法

.....李宗翰, 李庚银, 周明, 易海琼, 辛超山 (2118)

高风电渗透率系统的模糊自适应虚拟惯量控制

.....柯贤波, 张文朝, 李朋旺, 牛拴保, 盛四清, 杨俊伟 (2127)

抑制电力系统超低频振荡的水轮机调速器参数优化控制研究

.....肖灿, 王德林, 李振鹏, 李智, 周鑫, 康积涛 (2135)

面向广义负荷的光伏发电系统等效建模研究

.....屈星, 李欣然, 盛义发, 苏泽光, 赵宇红 (2143)

计及 LVRT 的光伏高渗透电网动态频率特性及优化措施

.....王士元, 郑超, 刘涛, 张波琦, 吕思卓, 任建文 (2151)

· 直流输电与直流电网 ·

考虑直流电压稳定的 VSC-MTDC 附加频率自适应下垂控制策略

.....刘英培, 崔汉阳, 梁海平, 何佳 (2160)

三相两电平逆变器死区效应谐波分析及其补偿方法研究

.....焦宁, 刘天琪, 王顺亮, 李媛 (2169)

换相失败下弱送端系统安全稳定风险评估

.....印月, 刘天琪, 丁理杰, 艾青, 胡晓通, 江琴 (2177)

基于模型预测控制的直流微电网电压动态响应优化

.....朱晓荣, 侯顺达, 李铮 (2187)

· 电力系统 ·

- 基于迁移学习的电力系统暂态稳定自适应预测
.....张若愚, 吴俊勇, 李宝琴, 邵美阳 (2196)
- 考虑解列控制的输电网扩展规划研究
....肖楚飞, 唐飞, 刘涤尘, 赵红生, 赵雄光, 梁伟强, 简文, 卿梦琪, 卿梦娇 (2204)
- 藏中联网工程系统调试风险防控策略
...史华勃, 张华, 孙文成, 陈刚, 汤凡, 周波, 魏巍, 丁理杰, 常晓青 (2214)
- 基于树形贝叶斯网络的配电网快速灾情推断
.....熊宇峰, 周刚, 陈颖, 陈来军, 张明龙, 李博达 (2222)
- 计及山地城市时空特性的充电设施最优规划
.....周思宇, 顾博, 张晓勇, 谭为民, 龙虹毓 (2229)
- 利用卷积神经网络支持向量回归机的地区负荷聚类集成预测
.....沈兆轩, 袁三男 (2237)
- 基于分布鲁棒优化的电-气-热综合能源系统日前经济调度
.....高晓松, 李更丰, 肖遥, 别朝红 (2245)
- 考虑源侧灵活性改造及可调节电热负荷的电热联合调度模型
.....周升彧, 戴赛, 许丹, 郎一凡, 胡林献 (2254)
- 基于含源型负荷用电需求弹性及偏好成本的电热联合优化调度
.....林俐, 顾嘉, 张玉 (2262)
- 基于对角加边模型和最优乘子法的冷热电联供园区微网能量流计算
.....谢煜铨, 林舜江, 杨悦荣, 唐智强 (2271)
- 不平衡主动配电网综合直接潮流算法
.....符杨, 刘冀宁, 周晓鸣, 苏向敬, 米阳, 田书欣 (2281)
- 特大城市电网基于统一全局优化的 AVC-DVC 电压优化控制模式的研究和应用
.....李大志, 周运斌, 赵瑞, 汤磊, 王卫, 董晋阳 (2289)
- 考虑线损灵敏度一致性的外网静态等值模型
.....王方雨, 刘文颖, 李潇, 王维洲, 行舟 (2295)
- 计及多种扰动源的有源配电网电能质量分析方法
.....刘科研, 盛万兴, 秦梦雅, 尹忠东, 吕琛 (2303)
- 基于干扰观测补偿的配电变压器集成式 STATCOM 改进无源控制策略
.....赖锦木, 尹项根, 王祯, 李浪子, 戚振宇 (2310)
- PWM 结合移相控制下的混合三电平隔离型双向 DC-DC 变换器反馈线性化控制研究
.....杨超, 许海平, 袁志宝, 许志强 (2321)
- 基于相电流差的短路故障快速识别方法
.....杨尚瑾, 戴朝波, 李芳灵, 王清涛, 刘伟 (2330)
- 大型发电机组非全相保护存在问题及对策
.....卫琳, 张健康, 粟小华, 牛拴保 (2336)
- 应用聚类和证据理论实现变电站保护压板状态校核
.....梁辰, 孙建文, 王兰玉, 黄尊志, 孙庆森, 王磊, 梁伟 (2343)
- 电力用户停电影响指标体系及综合评估方法
.....林锐涛, 林哲昊, 周勤兴, 彭显刚, 许方圆 (2350)

· 高压技术 ·

- 考虑绝缘老化或受潮的变压器绕组变形判据优化
.....胡一卓, 谢佳成, 李金忠, 徐广昊, 董明 (2361)
- 高压换流变压器声功率反演算法
.....张景晨, 刘元庆, 李文昱, 史丽鹏, 姜脉哲 (2369)

· 工程应用 ·

- 苏通综合管廊工程特高压 GIL 关键技术要求
.....刘泽洪, 王承玉, 路书军, 孙岗, 王宁华, 李鹏, 俞正, 张鹏飞 (2377)
- 特高压苏通综合管廊工程 GIL 系统工作条件
.....班连庚, 孙岗, 项祖涛, 王宁华, 葛栋, 徐文佳 (2386)
- 特高压 GIL 绝缘击穿时暂态电压时频特征分析
.....丁登伟, 韩先才, 王宁华, 刘卫东, 张鹏飞, 张紫薇 (2393)

《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 6 期 (总第 439 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
编辑部副主任: 李兰欣 010-82812543
广告部经理: 李慧东 010-82812429
发 行: 闫 焯 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

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2020, Vol. 44 No. 6 (Ser. 439)

Contents

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

Opportunities and Challenges of the Digital Twin in Power System Applications

.....HE Xing, AI Qian, ZHU Tianyi, QIU Caiming, ZHANG Dongxia (2009)

Power Vision Edge Intelligence: Power Depth Vision Acceleration Technology Driven by Edge Computing

.....MA Fuqi, WANG Bo, DONG Xuzhu, WANG Hongxia, LUO Peng, ZHOU Yinyu (2020)

Design and Implementation of Dispatching and Control Cloud PaaS Platform Based on Container

.....YANG Qingbo, CHEN Zhenyu, LIU Dong, XIA Wenyue, HUANG Yunhao, LI Dapeng, DI Fangchun, GAO Xingyu (2030)

Non-intrusive Load Identification Algorithm Based on Convolution Neural Network

.....ZHANG Yutian, DENG Chunyu, LIU Yuankun, CHEN Sheng, SHI Mengjie (2038)

Risk Propagation Model of Power Coupled Networks Under Malicious Attack

.....WU Zhitao, DU Wei, LIU Leilei, LIN Yehuang, LIU Jie (2045)

• Electricity Market •

Demand Response Model With Transmission and Distribution Coordination

.....XIAO Jun, HAO Ziyuan, QU Yuqing, SONG Chenhui (2053)

Price-based Demand Response Mechanism of Prosumer Groups Considering Adjusting Elasticity Differentiation

.....LIU Di, SUN Yi, LI Bin, HUO Molin, XI Weimin (2062)

Realization Mode of Medium- and Long-term Inter-provincial Continuous Transaction Mechanism

.....XU Zhe, DING Junce, LIANG Zhifei, CHEN Wei (2071)

Optimal Dispatching and Purchase-sale Decision Making of Electricity Retailers Considering Virtual Power Plant

Combination StrategiesDOU Xun, WANG Jun, YE Fei, SHAO Ping, GU Wei (2078)

Analysis on Default Risk Quantification in Electricity Market of United States

.....GAN Beiyu, WANG Jian, TIAN Lin, XU Lixin, JI Tianyao, JING Zhaoxia (2087)

• High Share of Renewable Energy Integration •

A Review on the Study of Management and Interaction Mechanism for Distributed Energy in Virtual Power Plants

.....TIAN Liting, CHENG Lin, GUO Jianbo, WANG Xuanyuan, YUN Qiuchen, GAO Wenzhong (2097)

Distribution Law and Rapid Estimation of Distributed Generation Plug-and-play Critical Conditions in Distribution Lines

.....ZHENG Shuang, JIA Dongli, GENG Guangfei, LIU Keyan (2109)

Comprehensive Optimization Method for Location and Capacity of New Energy Access System Based on Fermat-Weber Problem

.....LI Zonghan, LI Gengyin, ZHOU Ming, YI Haiqiong, XIN Chaoshan (2118)

Fuzzy Adaptive Virtual Inertia Control for High Wind Power Penetration System

.....KE Xianbo, ZHANG Wenchao, LI Pengwang, NIU Shuanbao, SHENG Siqing, YANG Junwei (2127)

Research on Parameter Optimization Control of Turbine Governor for Suppressing Ultra-low Frequency Oscillation in

Power SystemsXIAO Can, WANG Delin, LI Zhenpeng, LI Zhi, ZHOU Xin, KANG Jitao (2135)

Research on Equivalent Modeling of PV Generation System for Generalized Load

.....QU Xing, LI Xinran, SHENG Yifa, SU Zeguang, ZHAO Yuhong (2143)

Dynamic Frequency Characteristics and Optimizing Measures of Photovoltaic High-penetration Power Grid Considering LVRT

.....WANG Shiyuan, ZHENG Chao, LIU Tao, ZHANG Boqi, LÜ Sizhuo, REN Jianwen (2151)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Additional Frequency Adaptive Droop Control Strategy Considering DC Voltage Stability for VSC-MTDC System

.....LIU Yingpei, CUI Hanyang, LIANG Haiping, HE Jia (2160)

Harmonic Analysis and Compensation Method for Dead-time Effects in Three-phase Two-level Inverters

.....JIAO Ning, LIU Tianqi, WANG Shunliang, LI Yuan (2169)

Security and Stability Analysis Method for Weak Sending-end System Under Commutation Failure Based on Improved Risk

AssessmentYIN Yue, LIU Tianqi, DING Lijie, AI Qing, HU Xiaotong, JIANG Qin (2177)

Voltage Dynamic Response Optimization of DC Microgrid Based on Model Predictive Control

.....ZHU Xiaorong, HOU Shunda, LI Zheng (2187)

• Power System •

Self-adaptive Power System Transient Stability Prediction Based on Transfer Learning

.....ZHANG Ruoyu, WU Junyong, LI Baoqin, SHAO Meiyang (2196)

Transmission Network Expansion Planning Considering Disjoint Control

.....XIAO Chufei, TANG fei, LIU Dichen, ZHAO Hongsheng, ZHAO Xiongguang, LIANG Weiqiang, JIAN Wen, QING Mengqi, QING Mengjiao (2204)

Risk Prevention and Control Strategy for System Test of Central Tibet AC Interconnection Project

.....SHI Huabo, ZHANG Hua, SUN Wencheng, CHEN Gang, TANG Fan, ZHOU Bo, WEI Wei, DING Lijie, CHANG Xiaoqing (2214)

A Quick Disaster Inference in Power Distribution Network Based on Tree-like Bayesian Network

.....XIONG Yufeng, ZHOU Gang, CHEN Ying, CHEN Lajun, ZHANG Minglong, LI Boda (2222)

Optimal Planning for Charging Facilities Considering Spatial and Temporal Characteristics of Mountainous Cities	ZHOU Siyu, GU Bo, ZHANG Xiaoyong, TAN Weimin, LONG Hongyu (2229)
Regional Load Clustering Integration Forecasting Based on Convolutional Neural Network Support Vector Regression Machine	SHEN Zhaoxuan, YUAN Sannan (2237)
Day-ahead Economical Dispatch of Electricity-gas-heat Integrated Energy System Based on Distributionally Robust Optimization	GAO Xiaosong, LI Gengfeng, XIAO Yao, BIE Zhaohong (2245)
Optimal Dispatching Model of Combined Heat and Power System Considering Source-side Flexibility Improvement and Controllable Heat-power Load	ZHOU Shengyu, DAI Sai, XU Dan, LANG Yifan, HU Linxian (2254)
Optimal Dispatching of Combined Heat-power System Based on the Power Demand Elasticity and Preference Cost of Active Load	LIN Li, GU Jia, ZHANG Yu (2262)
Energy Flow Calculation of CCHP Campus Micro-grid Based on Block Bordered-diagonal Form Model and Optimal Multiplier Method	XIE Yuquan, LIN Shunjiang, YANG Yuerong, TANG Zhiqiang (2271)
A Comprehensive Direct Load Flow Algorithm for Unbalanced Active Distribution Networks	FU Yang, LIU Jining, ZHOU Xiaoming, SU Xiangjing, MI Yang, TIAN Shuxin (2281)
Research and Application of AVC-DVC System Based on Global Optimal Control for Super Large-scale Urban Grids	LI Dazhi, ZHOU Yunbin, ZHAO Rui, TANG Lei, WANG Wei, DONG Jinyang (2289)
Static Equivalent Model of External Network Considering Consistency of Line Loss Sensitivity	WANG Fangyu, LIU Wenyong, LI Xiao, WANG Weizhou, XING Zhou (2295)
Power Quality Analysis for Active Distribution Network Considering Multiple Disturbance Sources	LIU Keyan, SHENG Wanxing, QIN Mengya, YIN Zhongdong, LÜ Chen (2303)
Passive Control for Distribution Transformer-static Synchronous Compensator Based on the Disturbance Observer	LAI Jinmu, YIN Xianggen, WANG Zhen, LI Langzi, QI Zhenyu (2310)
Research on Hybrid Three-level Isolated Bidirectional DC-DC Converter Feedback Linearization Control Under PWM-phase-shifting Control	YANG Chao, XU Haiping, YUAN Zhibao, XU Zhiqiang (2321)
Fast Short-circuit Fault Identification Method Based on Phase Current Difference	YANG Shangjin, DAI Chaobo, LI Fangling, WANG Qingtao, LIU Wei (2330)
Problems and Solutions of Open-phase Protection for Large Generator-transformer Unit	WEI Lin, ZHANG Jiankang, SU Xiaohua, NIU Shuanbao (2336)
Application of Clustering and Evidence Theory to Checking the Status of Substation Protection Platen	LIANG Chen, SUN Jianwen, WANG Lanyu, HUANG Zunzhi, SUN Qingsen, WANG Lei, LIANG Wei (2343)
Impact Index System and Comprehensive Assessment for the Power Outage of Power Users	LIN Ruitao, LIN Zhehao, ZHOU Qinxing, PENG Xiangang, XU Fangyuan (2350)

• **High Voltages** •

Optimization of Transformer Winding Deformation Criterion Considering Insulation Aging or Dampness	HU Yizhuo, XIE Jiacheng, LI Jinzhong, XU Guanghao, DONG Ming (2361)
Research on Sound Power Inversion Algorithm of HV Converter Transformer	ZHANG Jingchen, LIU Yuanqing, LI Wenyu, SHI Lipeng, JIANG Maizhe (2369)

• **Engineering Applications** •

Key Technical Parameters of UHV GIL in Sutong Utility Tunnel Project	LIU Zehong, WANG Chengyu, LU Shujun, SUN Gang, WANG Ninghua, LI Peng, YU Zheng, ZHANG Pengfei (2377)
System Conditions of UHV GIL in Sutong Utility Tunnel Project	BAN Liangeng, SUN Gang, XIANG Zutao, WANG Ninghua, GE Dong, XU Wenjia (2386)
Time and Frequency Domain Characteristics of Transient Voltage Excited by Insulation Breakdown in UHV GIL	DING Dengwei, HAN Xiancai, WANG Ninghua, LIU Weidong, ZHANG Pengfei, ZHANG Ziwei (2393)

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

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