

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

10
2014

第38卷10期
Vol.38 No.10

中国电力科学研究院 能效检测移动实验室

中国电力科学研究院能效检测移动实验室，利用车载移动平台搭载能效数据感知设备、便携式采集终端设备、专业分析软件深入用能单位内部，现场采集、管理、分析、计算、展示并打印输出相关能效数据、计算结果及决策建议等。

实验室具有“专业化的检测设备”、“便捷化的数据采集”、“精细化的分析模型”、“快速化的能效诊断”、“持续的运维支持”等特点，在减少节能服务业务现场工作人员数量、降低现场工作人员技术准入门槛、提升现场工作效率和业务水平等方面，是一款难得的技术工具，有利于促进节能服务公司业务水平的提升和业务规模的发展。



电力能效检测移动实验室



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

单位：中国电力科学研究院

邮编：100192

传真：(010) 62913126

地址：北京清河小营东路15号

电话：(010) 82812114

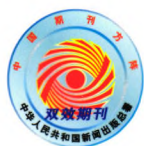
网址：www.epri.sgcc.com.cn

ISSN 1000-3673



9 771000 367141

万方数据



国家电网公司 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 汪懋生
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 ·

智慧城市标准化工作进展 舒印彪, 范建斌 (2617)

· 直流输电与直流电网 (特约栏目主编 汤广福) ·

模块化多电平变流器的预充电控制策略
..... 郭高朋, 胡学浩, 温家良, 吴广禄, 等 (2624)
直流控制对直流系统无功动态特性的影响分析
..... 杨欢欢, 朱林, 蔡泽祥, 陈宇川, 李晓华, 等 (2631)
多馈入交直流系统无功补偿装置的布点
..... 肖俊, 李兴源, 冯明, 洪潮, 李妮 (2638)
新型直流潮流控制器及其在环网式直流电网中的应用
..... 许烽, 徐政, 刘高任 (2644)
舟山多端柔性直流输电工程主接线方案设计
..... 吴方劫, 马玉龙, 梅念, 邹欣 (2651)
基于模块化多电平高压直流输电系统接地故障特性仿真分析
..... 张建坡, 赵成勇, 黄晓明, 陆翌, 裘鹏 (2658)
交流侧接地故障对直流配电网电压平衡影响
..... 高一波, 徐习东, 金阳忻, 裘鹏, 陆翌, 黄晓明 (2665)
特高压主变充电导致直流周期性换相失败的原因
..... 李新年, 陈树勇, 李涛, 雷霄, 刘耀, 等 (2671)
HVDC 整流侧阀饱和和电抗器铁损仿真研究
..... 纪锋, 曹均正, 陈鹏, 刘杰 (2680)
一种链式换流器子单元全工况试验方法 周娜, 宗波 (2685)

· 智能用电技术 (特约栏目主编 刘建明、杜蜀薇) ·

基于 EMD-KELM-EKF 与参数优选的用户侧微电网短期负荷
预测方法 汤庆峰, 刘念, 张建华, 于壮壮, 等 (2691)
电动汽车充换电网络优化调度通用模型研究
..... 陆婷婷, 高赐威 (2700)
计及不确定性需求响应的日前调度计划模型
..... 孙宇军, 李扬, 王蓓蓓, 苏慧玲, 刘小聪 (2708)
基于改进 k-means 算法的海量智能用电数据分析
..... 赵莉, 候兴哲, 胡君, 傅宏, 孙洪亮 (2715)

· 电力系统 ·

风电经特高压线路并网时湖北电网调峰方案
..... 孙涛, 许梁, 徐箭, 孙元章, 蒋霖, 舒东胜 (2721)
VSC-MTDC 互联系统频率稳定控制策略
..... 朱瑞可, 李兴源, 应大力 (2729)
非线性电力系统随机小干扰稳定性分析 ... 许纹碧, 王杰 (2735)
应用变异系数法和逼近理想解排序法的风电场综合评价
..... 张文朝, 顾雪平 (2741)
基于实测轨迹的频率动态时空分布特性研究
..... 李铭, 安军, 穆钢, 刘柏林, 邵帅, 徐兴伟, 岳涵 (2747)

· 新能源与分布式发电 ·

考虑预测功率变化趋势的风电有功分群控制策略
..... 陈宁, 谢杨, 汤奕, 钱敏慧, 姜达军, 等 (2752)
投撬棒后双馈风机暂态电势的变化特性分析
..... 黄涛, 陆于平 (2759)
含随机出力分布式电源的配电网静态电压稳定快速概率评估方法
..... 胡丽娟, 刘科研, 盛万兴, 孟晓丽 (2766)

· 低碳电力技术 * 光伏发电专题 ·

- LCL 型光伏并网逆变器电流内环控制方法
.....李泽斌, 罗安, 田园, 刘奇, 谢龙裕, 徐千鸣 (2772)
- 一种新型交错并联 Boost-Flyback 直流升压变换器
.....赵国言, 黄勤, 凌睿, 刘伟 (2779)
- 基于 Sepic 变换器的组件式 MPPT 技术
.....曾国宏, 王冰清 (2784)
- 影响光伏发电的日照强度时间函数和气象因素
.....黄伟, 张田, 韩湘荣, 苏洪玉 (2789)
- 光伏发电系统运行模式无缝切换控制策略
.....佟云剑, 沈健, 刘鸿鹏, 王卫 (2794)

· 自动化 ·

- IEC 61968 消息一致性测试方法研究与实现
.....王伊晓, 刘东, 陆一鸣, 朱红, 吕广宪, 赵江河 (2802)
- 基于鲁棒 Holt-Winter 模型的超短期配变负荷预测方法
.....吴越强, 吴文传, 李飞, 张伯明 (2810)
- 一种将 PMU 支路电流测量引入非线性状态估计的方法
.....颜磊, 艾欣, 王尧, 赵昆 (2816)
- 输电线路单相自适应重合闸的双 SVM 实现方案
.....冷崇富, 江亚群, 黄纯, 戴栩生, 张磊, 于浩明 (2822)
- 适用于低压电力线通信的 BP 译码优化方法
.....刘述钢, 张红泰, 刘宏立 (2828)
- 城市中压地理电缆宽带通信的研究... 高强, 臧丽炜, 马平 (2833)
- 跨调度中心 WAMS 动态数据的新型互联互通方案及关键技术
.....聂晓波, 詹庆才, 段刚, 于文娟, 谢晓冬 (2839)

· 高电压技术 ·

- 基于层次分析结构的变压器健康状态与综合寿命评估模型
.....王有元, 陈璧君 (2845)
- 柔性石墨复合接地材料及其在输电线路杆塔接地网中的应用
.....胡元潮, 阮江军, 龚若涵, 刘振武, 等 (2851)
- 集磁式光学电流传感器磁场与温度场耦合分析
.....李超, 徐启峰 (2858)
- 高海拔特高压复合支柱绝缘子伞形结构对直流污闪特性的影响
.....谷裕, 郝艳捧, 何秋萍, 薛艺为, 阳林, 等 (2867)
- 10 kV XLPE 电缆受潮绝缘特性研究
.....袁野, 陈剑, 贾志东, 陆国俊, 范伟男, 关志成 (2875)
- 油纸绝缘频域介电谱特性与聚合度的关联影响规律研究
.....段宗超, 吴广宁, 高波 (2881)
- 考虑深层大地电阻率的交流系统直流网络模型
.....阮玲, 文习山, 康钧, 全江涛, 潘卓洪, 李玉海 (2888)
- ±400 kV 青藏联网直流输电线路带电作业安全距离
.....丁玉剑, 孙辉, 李军, 周军, 李庆峰, 白伟, 马乐 (2894)
- 人工电压脉冲与局部放电 UHF 信号的等效性分析
.....李端姣, 郑书生, 黎量, 李兴旺, 王增彬 (2900)

· 输配电技术 ·

- 基于双 PI 控制器的模块化多电平变换器环流抑制策略
.....王朝明, 王华广, 王晴 (2905)
- 基于加权平均组合评价法的电网直流融冰计划决策
.....陈亮, 傅闯, 李兴源 (2913)
- 三相角型 APF 补偿电流参考值计算方法
.....高范强, 朱海滨, 李子欣, 楚遵方, 王平, 李耀华 (2919)
- Z 源逆变器及其多种改进拓扑结构的比较
.....徐聪, 程启明, 李明, 郭凯, 黄伟 (2926)
- 三相四线制 PV-AF 系统的模型预测电流控制策略
.....耿乙文, 施向前, 盛亚如, 刘海卫, 缙晓会 (2932)
- 基于预测控制的有源电力滤波器选择性谐波补偿方法
.....李国华, 张影, 汪玉凤, 孙强 (2938)
- “智能用电技术” 专栏征稿启事 (2918)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
中国最具国际影响力学术期刊
《科学文摘》(SA) 收录期刊
《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
全国中文核心期刊
中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国期刊方阵双效期刊
中国优秀科技期刊
电力行业优秀科技期刊

《电网技术》(月刊)

第 38 卷 第 10 期 (总第 371 期)

主 管: 国家电网公司

主 办: 国家电网公司

编 辑: 《电网技术》编辑部

出 版: 《电网技术》杂志社

主 编: 张文亮

副主编: 郭剑波 汤 涌

编辑部主任: 宋书芳 010-82812532

副主任: 马晓华 010-82812523

广告部经理: 齐 华 010-58386112

发 行: 闫 颀 010-82812465

编 务: 沈 雪 010-82812532

编 辑: 010-82812523/2543/2976

英文编辑: 杨天和

网上投稿: <http://www.dwjs.com.cn>

电力系统内部电话: 91871+后四位

传 真: 010-82812532

E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn

地 址: 100192 北京清河小营东路 15 号

中国电力科学研究院内

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

2014, Vol. 38 No. 10 (Ser. 371)

Contents

• Special Paper •

Progress in Smart City Standardization Shu Yinbiao, Fan Jianbin (2617)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Precharge Control Strategies for Modular Multilevel Converter

..... Guo Gaopeng, Hu Xuehao, Wen Jialiang, Wu Guanglu, et al (2624)

Influence of HVDC Control on HVDC Reactive Power Dynamic Characteristic

..... Yang Huanhuan, Zhu Lin, Cai Zexiang, Chen Yuchuan, Li Xiaohua, et al (2631)

Determination of Installation Sites for Reactive Compensation Devices in Multi-Infed AC/DC Power System

..... Xiao Jun, Li Xingyuan, Feng Ming, Hong Chao, Li Ni (2638)

A Neotype of DC Power Flow Controller and Its Applications in Meshed DC Grids

..... Xu Feng, Xu Zheng, Liu Gaoren (2644)

Design of Main Connection Scheme for Zhoushan Flexible Multi-Terminal HVDC Transmission Project

..... Wu Fangjie, Ma Yulong, Mei Nian, Zou Xin (2651)

Simulation Research on Earth Fault Characteristics of Modular Multilevel Converter Based High Voltage Direct

Current Transmission System Zhang Jianpo, Zhao Chengyong, Huang Xiaoming, Lu Yi, Qiu Peng (2658)

Impact on the Voltage Balancing of DC Distribution Network Under AC Side Grounding Fault

..... Gao Yibo, Xu Xidong, Jin Yangxin, Qiu Peng, Lu Yi, Huang Xiaoming (2665)

Research on the Periodic Commutation Failure by 1 000 kV UHV Transformer Energizing for LinFeng HVDC

Project Li Xinnian, Chen Shuyong, Li Tao, Lei Xiao, Liu Yao, et al (2671)

Simulation Study on Iron-Core Loss of Saturable Reactor at Rectifier Valve Side in HVDC Transmission Line

..... Ji Feng, Cao Junzheng, Chen Peng, Liu Jie (2680)

An All-Regime Test Method for Cascaded Converter Subunits Zhou Na, Zong Bo (2685)

• Smart Electricity Consumption Technology •

A Short-Term Load Forecasting Method for Micro-Grid Based on EMD-KELM-EKF and Parameter Optimization

..... Tang Qingfeng, Liu Nian, Zhang Jianhua, Yu Zhuangzhuang, et al (2691)

A General Model for Optimal Scheduling of Battery Charging and Renewal Network .. Lu Tingting, Gao Ciwei (2700)

A Day-Ahead Scheduling Model Considering Demand Response and Its Uncertainty

..... Sun Yujun, Li Yang, Wang Beibei, Su Huiling, Liu Xiaocong (2708)

Improved K-means Algorithm Based Analysis on Massive Data of Intelligent Power Utilization

..... Zhao Li, Hou Xingzhe, Hu Jun, Fu Hong, Sun Hongliang (2715)

• Power System •

A Peak Load Regulation Scheme for Hubei Power Grid Connected With Wind Farms via UHV Transmission

Line Sun Tao, Xu Liang, Xu Jian, Sun Yuanzhang, Jiang Lin, Shu Dongsheng (2721)

A Frequency Stability Control Strategy for Interconnected VSC-MTDC Transmission System

..... Zhu Ruike, Li Xingyuan, Ying Dali (2729)

Stochastic Small Disturbance Stability Analysis of Nonlinear Power System Xu Wenbi, Wang Jie (2735)

Comprehensive Evaluation of Wind Farms Using Variation Coefficient Method and Technique for Order

Preference by Similarity to Ideal Solution Zhang Wenchao, Gu Xueping (2741)

Measured Trajectory Based Space-Time Distribution Characteristics of Frequency Dynamics

..... Li Ming, An Jun, Mu Gang, Liu Bailin, Shao Shuai, Xu Xingwei, Yue Han (2747)

• New Energy & Distributed Generation •

Strategy for Active Power Control of Wind farm in Cluster Considering Variation Trend of Forecasting Power

..... Chen Ning, Xie Yang, Tang Yi, Qian Minhui, Jiang Dajun, et al (2752)

Analysis on Transient EMF Variation Characteristic of Doubly Fed Induction Generator After Crowbar

Protection Activated Huang Tao, Lu Yuping (2759)

Fast Probabilistic Evaluation of Static Voltage Stability in Active Distribution Network Considering Random

Output From Distributed Generations Hu Lijuan, Liu Keyan, Sheng Wanxing, Meng Xiaoli (2766)

• Low-Carbon Electricity * Photovoltaic Power Generation Subject •

Inner Current Loop Control Method for Photovoltaic Grid-Connected Inverter With LCL Filter

..... Li Zebin, Luo An, Tian Yuan, Liu Qi, Xie Longyu, Xu Qianming (2772)

A Novel Interleaved Boost-Flyback DC-DC Step-up Converter Zhao Guoyan, Huang Qin, Ling Rui, Liu Wei (2779)

A Sepic Converter Based Modular Maximum Power Point Tracking Strategy ... Zeng Guohong, Wang Bingqing (2784)

Sunlight Intensity Time Function and Weather Factors Influencing Photovoltaic Generation

..... Huang Wei, Zhang Tian, Han Xiangrong, Su Hongyu (2789)

A Seamless Switching Control Strategy for Operating Modes of Photovoltaic Generation System

.....	Tong Yunjian, Shen Jian, Liu Hongpeng, Wang Wei (2794)
• Automation •	
Research and Implementation of IEC 61968 Message Conformance Test Method	..... Wang Yixiao, Liu Dong, Lu Yiming, Zhu Hong, Lü Guangxian, Zhao Jianghe (2802)
Ultra-Short Term Load Forecasting Using Robust Holt-Winter in Distribution Network	..... Ngo Vietcuong, Wu Wenchuan, Li Fei, Zhang Boming (2810)
A New Method to Lead PMU Branch Current Measurement Into Nonlinear State Estimation	..... Lei Yan, Ai Xin, Wang Yao, Zhao Kun (2816)
Implementation of Dual Support Vector Machine Based Adaptive Single-Phase Reclosure of Transmission Line	..... Leng Chongfu, Jiang Yaqun, Huang Chun, Dai Xusheng, Zhang Lei, Yu Haoming (2822)
Decoding Optimization Method for BP in Low-Voltage Power-Line Communication	..... Liu Shugang, Zhang Hongtai, Liu Hongli (2828)
Research on Broadband Communication Through Phase Conductor and Shielding Layer of Urban Medium-Voltage Buried Cables	..... Gao Qiang, Zang Liwei, Ma Ping (2833)
A New Type Interconnection Scheme and Key Technology for WAMS Dynamic Data of Trans-Dispatching Center	..... Nie Xiaobo, Zhan Qingcai, Duan Gang, Yu Wenjuan, Xie Xiaodong (2839)
• High Voltages •	
An Integrated Life Estimation Model of Power Transformer Based on Hierarchical Architecture and Health Index	..... Wang Youyuan, Chen Bijun (2845)
Flexible Graphite Composite Electrical Grounding Material and Its Application in Tower Grounding Grid of Power Transmission System	..... Hu Yuanchao, Ruan Jiangjun, Gong Ruohan, Liu Zhenwu, et al (2851)
Electromagnetic-Thermal Coupled Analysis of Optical Current Transducer With Magnetic Concentrator	..... Li Chao, Xu Qifeng (2858)
Study of the Influence of Shed Shapes of UHV Composite Post Insulators on DC Pollution Flashover Performance at High Altitude	..... Gu Yu, Hao Yanpeng, He Qiuping, Xue Yiwei, Yang Lin, et al (2867)
Study About Insulating Properties of 10 kV XLPE Damp Cable	..... Yuan Ye, Chen Jian, Jia Zhidong, Lu Guojun, Fan Weinan, Guan Zhicheng (2875)
Study of Linkage Effects Between Degree of Polymerization and Frequency Domain Dielectric Spectroscopy Characteristics of Oil-Paper Insulation	..... Duan Zongchao, Wu Guangning, Gao Bo (2881)
DC Network Modeling of AC Power Grid Considering Deep Layer Earth Resistivity	..... Ruan Ling, Wen Xishan, Kang Jun, Quan Jiangtao, Pan Zhuohong, Li Yuhai (2888)
Safety Distance for Live Working on ± 400kV DC Transmission Line Interconnecting Qinghai Power Grid With Tibet Power Grid	..... Ding Yujian, Sun Hui, Li Jun, Zhou Jun, Li Qingfeng, Bai Wei, Ma Le (2894)
Analysis on Equivalence Between UHF Discharge Signals Caused by Voltage Pulses Artificially Injected Into GIS and That Caused by Actual Partial Discharge Signals Inside GIS	..... Li Duanjiao, Zheng Shusheng, Li Liang, Li Xingwang, Wang Zengbin (2900)
• Transmission and Distribution •	
A Dual PI Controller Based Strategy to Suppress Circulating Current in Modular Multilevel Converter	..... Wang Chaoming, Wang Huaguang, Wang Qing (2905)
Decision-Making of Power Grid DC De-icing Plan Based on Weighted Average Combinative Evaluation	..... Chen Liang, Fu Chuang, Li Xingyuan (2913)
Extraction Method of Compensation Current Reference for Three-Phase Delta-Connected Active Power Filter	..... Gao Fanqiang, Zhu Haibin, Li Zixin, Chu Zunfang, Wang Ping, Li Yaohua (2919)
A Comparative Simulation Study on Z-Source Inverter and Its Various Improvement Topologies	..... Xu Cong, Cheng Qiming, Li Ming, Guo Kai, Huang Wei (2926)
A Model Predictive Current Control Strategy for Three-Phase Four-Wire Photovoltaic Power Generation and Active Filter System	..... Geng Yiwen, Shi Xiangqian, Sheng Yaru, Liu Haiwei, Gou Xiaohui (2932)
A Predictive Control Based Selective Harmonic Compensation for Active Power Filter	..... Li Guohua, Zhang Ying, Wang Yufeng, Sun Qiang (2938)

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

Director of Editorial Board: Song Shufang

Associate Director of Editorial Board: Ma Xiaohua

Publication Number: ISSN 1000-3673

CODEN: DIJIES **Devey#:** 621.31

Address: China Electric Power Research Institute, Qinghe, Beijing 100192, China

Tel/Fax: 86-10-82812532

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

提供全面可靠的智能变电站测试解决方案

针对智能变电站，博电推出系列化的产品系列，高效服务智能电网建设，并引领智能电力测试技术的发展



智能 便携 精确 优质 全面

北京博电新力电气股份有限公司

北京博电 [PONOVO] -- 中国智能电力检测设备专业制造商。北京博电2001年注册成立，于2011年改制为现代股份制企业，总部坐落于中关村高科技产业园区。自主研发的智能电力检测设备涵盖继电保护、综自、变送器、电流互感器、电压互感器、开关、电能质量、仿真、变压器、汽轮机、输电线等方面。产品广泛应用于智能变电站、特高压直流输电、智能电网检测验证机构、城市轨道交通、航空航天等行业和领域。

欲了解产品详情，敬请致电博电总部或各地派出机构
24小时技术服务热线：400-680-0650
电话：010-58731010 传真：010-58731816
地址：北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦C座 100098

内蒙古东	辽宁	024-31314420 / 31328422	浙江	福建	0571-88867519 / 0591-62700989	
广东	海南	020-38477905 / 7099	江苏	安徽	025-83344652 / 4653	
西藏	四川	028-85257761 / 6057	重庆		023-68625013	
贵州	广西	0771-5618014	山东		0531-87923775	
湖南	湖北	027-59521918 / 1919	黑龙江	吉林	0451-87535873	
河北南	河南	0371-67170077 / 0078	新疆		0991-6871822	
内蒙古西	陕西	029-87662920	北京	天津	河北北	010-83168518
甘肃	宁夏	0951-62036771	南京	技术	服务部	025-83344652 / 4653
上海						

<http://www.ponovo.cn>