

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY




第42卷5期
Vol.42 No.5



中国电力科学研究院有限公司 特高压变压器/电抗器出线装置

国产特高压变压器/电抗器出线装置于2013年9月应用于皖电东送特高压工程中，并安全稳定运行至今。该装置由中国电力科学研究院有限公司与国内变压器及绝缘件制造企业联合自主研发，整体技术达到国际先进水平，其中对出线装置的独立试验技术达到国际领先水平，标志着我国掌握了特高压变压器/电抗器关键组件的核心技术。该成果已推广应用于浙北-福州、锡盟-山东等7回特高压输变电工程，应用前景广阔，对特高压电网的建设和运行、提升我国电力制造业水平具有重要意义。



 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
--	------------------------------------	--------------------------------

《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 伍莹 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

KL 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 汪植生

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

· 能源互联网 (特约专栏主编 孙宏斌、冯庆东) ·

能源互联网多能分布式优化研究挑战与展望

.....殷爽睿, 艾芊, 曾顺奇, 吴琼, 郝然, 江迪 (1359)

电网新功能形态下储能技术的发展愿景和技术路径

.....张明霞, 闫涛, 来小康, 陈继忠, 牛萌, 徐少华 (1370)

计及热网储热和供热区域热惯性的热电联合调度策略

.....仪忠凯, 李志民 (1378)

计及条件风险价值的综合能源系统经济调度

.....刘怀东, 冯志强, 王锦桥, 方伟, 姜英涵, 秦婷 (1385)

基于综合能源协同优化的配电网规划策略

.....李阳, 郇嘉嘉, 曹华珍, 高崇, 张旭, 张俊潇, 陈荃 (1393)

· 直流输电与直流电网 (特约专栏主编 汤广福) ·

干式 SF₆ 气体绝缘换流变压器阀侧套管电流致热型放电故障分析及现场修复

.....周安春, 高理迎, 冀肖彤, 张民, 汤浩 (1401)

基于柔性直流互联的交直流混合配电网建模与仿真分析

.....陈亮, 黄强, 贾萌萌, 袁晓冬 (1410)

基于 FPGA 的直流断路器仿真建模与延时补偿算法

.....林畅, 庞辉, 常彬, 刘栋, 翟雪冰, 高路, 闫鹤鸣 (1417)

· 可再生能源发电与综合消纳技术

(特约专栏主编 陈皓勇、李方兴) ·

考虑不同空调负荷特性的微网双层优化调度

.....陈健, 张维桐, 张逸成, 鲍冠南, 李佳璐 (1424)

计及灵活性的孤岛型微电网多目标日前优化调度方法

.....杨龙杰, 李华强, 余雪莹, 赵劲帅, 刘万字 (1432)

孤岛微网信息物理系统可靠性建模与评估

.....郭经, 刘文霞, 张建华, 梁策 (1441)

考虑 SOC 特性的微电网 VSG 运行参数边界分析

.....李吉祥, 赵晋斌, 屈克庆, 李芬 (1451)

SMES/BESS 储能变流器在微电网中的控制策略研究

.....林晓冬, 雷勇 (1458)

基于奇异谱分析-模糊信息粒化和极限学习机的风速多步区间预测

.....殷豪, 曾云, 孟安波, 杨跃 (1467)

双馈风力发电机群短路电流实用计算方法

.....刘明洋, 潘文霞, 杨刚 (1475)

考虑风电接纳能力的储输联合规划

.....黄英, 刘宝柱, 王坤宇, 艾欣 (1480)

用于提高风电渗透率的复合储能容量优化研究

.....杨天蒙, 宋卓然, 姜素华, 吴志明 (1488)

计及寿命损耗成本的储能单元分布式协同控制策略

.....陈刚, 包宇庆, 张金龙, 王蓓蓓, 武媚, 王婷 (1495)

独立光伏储能系统鲁棒稳定电流控制器参数设计

.....罗松, 秦岭, 董航飞, 王亚芳, 钱科军, 田民 (1502)

考虑光储可持续带载能力的配电网可靠性分析
.....黄伟, 陈伯达, 羿应棋, 张勇军 (1510)

铅炭电池实时平抑光伏电站功率波动的方法
.....林达, 赵波, 李鹏, 吴贤章, 汪湘晋, 张雪松, 顾益娜 (1518)

· 电力系统 ·

考虑网架动态重构的主动配电网双层扩展规划
.....葛少云, 张有为, 刘洪, 李腾 (1526)

高中压配电网可靠性协调评估中 2 参数和 4N+2M 参数等值电源研究
.....张漫, 王主丁, 张寓涵, 杨柳 (1534)

电力市场环境下梯级水电站中长期调度与检修计划双层优化模型
.....刘方, 张粒子, 蒋燕, 蔡华祥, 李秀峰, 吴洋, 祁鑫 (1541)

基于多目标分子动理论的楼宇负荷用电调度优化
.....贾艳芳, 易灵芝, 李胜兵 (1549)

直驱风机网侧换流器引发次/超同步振荡机理研究
.....徐衍会, 曹宇平 (1556)

基于改进降维法的概率潮流计算.....肖青, 周少武 (1565)

分布式潮流控制器提升最大输电能力期望和供电可靠性的效能研究
.....李顺, 唐飞, 刘涤尘, 赵红生, 黄涌, 徐秋实, 周芳 (1573)

非标准半波长交流输电线路谐波传输特性分析
.....陈畅, 杨洪耕, 谈萌 (1580)

计及用户参与不确定性的需求响应策略优化方法
.....彭文昊, 陆俊, 冯勇军, 王星星, 祁兵, 崔高颖 (1588)

基于高斯核函数改进的电力用户用电数据离群点检测方法
.....孙毅, 李世豪, 崔灿, 李彬, 陈宋宋, 崔高颖 (1595)

基于非参数核密度估计和改进谱多流形聚类的负荷曲线分类研究
.....高亚静, 孙永健, 杨文海, 薛伏申, 孙彦萍, 梁海峰, 李鹏 (1605)

负序条件下基于正序有功功率的电能计量方案.....徐莘, 解绍锋 (1613)

铁路功率调节器的稳定性及其控制策略研究
.....江友华, 刘雪莹, 赵乐, 王振邦, 曹以龙 (1620)

基于果蝇算法的电网不平衡时并网逆变器多目标优化控制研究
.....万晓凤, 郝瑞霞, 胡海林, 万小利 (1628)

MMC 改进动态相量模型建模与仿真研究
.....王全胜, 叶华, 张国民, 裴玮, 齐智平 (1636)

· 高电压技术 ·

交流 110 kV 复合绝缘子高压端内部气隙尺寸对电场分布的影响
.....胡建林, 李洋洋, 杨威, 吴彬, 钟睿, 蒋兴良, 赵禹来 (1646)

相关分析技术在直流电压下 XLPE 电缆局部放电信号特征提取与筛选中
的应用.....杨丰源, 许永鹏, 钱勇, 李喆, 盛戈峰, 江秀臣 (1653)

考虑相速度频变特性的改进互相关算法局部放电定位
.....谢敏, 周凯, 赵世林, 何珉, 张福忠, 赵威 (1661)

典型植被燃烧灰烬对导线-板间隙直流击穿特性的影响
.....黄道春, 卢威, 阮江军, 黎鹏 (1668)

大型接地网地电位升控制值的校核
.....李谦, 谭波, 文豹, 文习山 (1675)

抑制电网地磁感应电流的电容电阻优化布置方法
.....刘春明, 林俊岑, 王璇, 王忠飞, 杨小冬 (1681)

《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 42 卷 第 5 期 (总第 414 期)

主 管: 国家电网公司

主 办: 国家电网公司

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: 闫 颀 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: 91871+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 * 328 * zh * P * ¥80.00 * 20000 * 42 * 2018-05 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2018, Vol. 42 No. 5 (Ser. 414)

Contents

• Energy Internet •

Challenges and Prospects of Multi-Energy Distributed Optimization for Energy Internet

..... Yin Shuangrui, Ai Qian, Zeng Shunqi, Wu Qiong, Hao Ran, Jiang Di (1359)

Technology Vision and Route of Energy Storage Under New Power Grid Function Configuration

..... Zhang Mingxia, Yan Tao, Lai Xiaokang, Chen Jizhong, Niu Meng, Xu Shaohua (1370)

Combined Heat and Power Dispatching Strategy Considering Heat Storage Characteristics of Heating Network and Thermal Inertia in Heating Area

..... Yi Zhongkai, Li Zhimin (1378)

Economic Dispatch of Integrated Energy Systems Considering Conditional Value-at-Risk

..... Liu Huaidong, Feng Zhiqiang, Wang Jinqiao, Fang Wei, Jiang Yinghan, Qin Ting (1385)

Distribution Network Planning Strategy Based on Integrated Energy Collaborative Optimization

..... Li Yang, Huan Jijia, Cao Huazhen, Gao Chong, Zhang Xu, Zhang Junxiao, Chen Quan (1393)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Analysis and Field-Repair of Current Overheating Faults on Dry Type SF₆ Gas-Insulated Valve Side Bushing in Converter Transformer

..... Zhou Anchun, Gao Liying, Ji Xiaotong, Zhang Min, Tang Hao (1401)

Modeling and Simulation Analysis of Hybrid AC/DC Distribution Network Based on Flexible DC Interconnection

..... Chen Liang, Huang Qiang, Jia Mengmeng, Yuan Xiaodong (1410)

Simulation Study and Time Delay Compensation Algorithm for DC Circuit Breaker Based on FPGA

..... Lin Chang, Pang Hui, Chang Bin, Liu Dong, Zhai Xuebing, Gao Lu, Yan Heming (1417)

• Renewable Energy Generation and Integration •

Bi-Level Optimal Dispatch of Microgrid Considering Different Air-Conditioning Load Characteristics

..... Chen Jian, Zhang Weitong, Zhang Yicheng, Bao Guannan, Li Jialu (1424)

Multi-Objective Day-Ahead Optimal Scheduling of Isolated Microgrid Considering Flexibility

..... Yang Longjie, Li Huaqiang, Yu Xueying, Zhao Jinshuai, Liu Wanyu (1432)

Reliability Modeling and Assessment of Islanded Cyber Physical Microgrid System

..... Guo Jing, Liu Wenxia, Zhang Jianhua, Liang Ce (1441)

Boundary Analysis of Operation Parameters of Microgrid VSG Considering SOC Characteristics

..... Li Jixiang, Zhao Jinbin, Qu Keqing, Li Fen (1451)

Research on Control Strategy of SMES/BESS Energy Storage Converters in Microgrid

..... Lin Xiaodong, Lei Yong (1458)

Wind Speed Multi-Step Interval Prediction Based on Singular Spectrum Analysis- Fuzzy Information Granulation and Extreme Learning Machine

..... Yin Hao, Zeng Yun, Meng Anbo, Yang Luo (1467)

Practical Calculation Method of Short-Circuit Currents Contributed by Doubly-Fed Wind Turbine Cluster

..... Liu Mingyang, Pan Wenxia, Yang Gang (1475)

Joint Planning of Energy Storage and Transmission Network Considering Wind Power Accommodation Capability

..... Huang Ying, Liu Baozhu, Wang Kunyu, Ai Xin (1480)

Sizing of Hybrid Energy Storage System for Improving Wind Power Penetration

..... Yang Tianmeng, Song Zhuoran, Lou Suhua, Wu Zhiming (1488)

Distributed Cooperative Control Strategy for Energy Storage Units Considering Life Loss Cost

..... Chen Gang, Bao Yuqing, Zhang Jinlong, Wang Beibei, Wu Mei, Wang Ting (1495)

Design of Robust Current Controller Parameters for Stand-Alone Photovoltaic Energy Storage System

..... Luo Song, Qin Ling, Dong Hangfei, Wang Yafang, Qian Kejun, Tian Min (1502)

Distribution System Reliability Analysis Considering Sustainable On-Load Capacity of Hybrid Photovoltaic/Energy-Storage System

..... Huang Wei, Chen Boda, Yi Yingqi, Zhang Yongjun (1510)

Real-Time Fluctuation Smoothing Method for Photovoltaic Power Station Using Lead Carbon Battery

..... Lin Da, Zhao Bo, Li Peng, Wu Xianzhang, Wang Xiangjin, Zhang Xuesong, Gu Yina (1518)

• Power System •

Bi-Layer Expansion Programming Method for Active Distribution Network Considering Dynamic Grid Reconfiguration

..... Ge Shaoyun, Zhang Youwei, Liu Hong, Li Teng (1526)

Research on 2-Parameter and $(4N+2M)$-Parameter Equivalent Sources for Reliability Coordination Evaluation of HV-MV Distribution Network	Zhang Man, Wang Zhuding, Zhang Yuhan, Yang Liu (1534)
Bi-Level Optimal Model of Mid-Long Term Scheduling and Maintenance Planning for Cascade Hydropower Stations in Electricity Market Environment	Liu Fang, Zhang Lizi, Jiang Yan, Cai Huaxiang, Li Xiufeng, Wu Yang, Qi Xin (1541)
Optimal Scheduling of Building Load Electricity Consumption Based on Multi-Objective Molecular Motion Theory	Jia Yanfang, Yi Lingzhi, Li Shengbing (1549)
Research on Mechanism of Sub/Sup-Synchronous Oscillation Caused by GSC Controller of Direct-Drive Permanent Magnetic Synchronous Generator	Xu Yanhui, Cao Yuping (1556)
Probabilistic Load Flow Calculation Based on Improved Dimension Reduction Method	Xiao Qing, Zhou Shaowu (1565)
Research on Efficiency of Distributed Power Flow Controller to Improve Expected Total Transfer Capability and Power Supply Reliability	Li Shun, Tang Fei, Liu Dichen, Zhao Hongsheng, Huang Yong, Xu Qiushi, Zhou Fang (1573)
Harmonic Transmission Characteristic Analysis of Non-Standard Half-Wavelength AC Transmission Line	Chen Chang, Yang Honggeng, Tan Meng (1580)
A Demand Response Strategy Optimization Considering User Participation Uncertainty	Peng Wenhao, Lu Jun, Feng Yongjun, Wang Xingxing, Qi Bing, Cui Gaoying (1588)
Improved Outlier Detection Method of Power Consumer Data Based on Gaussian Kernel Function	Sun Yi, Li Shihao, Cui Can, Li Bin, Chen Songsong, Cui Gaoying (1595)
Study on Load Curve's Classification Based on Nonparametric Kernel Density Estimation and Improved Spectral Multi-Manifold Clustering	Gao Yajing, Sun Yongjian, Yang Wenhai, Xue Fushen, Sun Yanping, Liang Haifeng, Li Peng (1605)
An Electricity Metering Scheme Based on Positive-Sequence Active Power in Negative Sequence Condition	Xu Shen, Xie Shaofeng (1613)
Research on Stability and Control Strategy of Railway Power Conditioner	Jiang Youhua, Liu Xueying, Zhao Le, Wang Zhenbang, Cao Yilong (1620)
Research on Multi-Objective Optimization Control of Grid-Connected Inverter Under Unbalanced Grid Voltage Based on Fruit Fly Algorithm	Wan Xiaofeng, Xi Ruixia, Hu Hailin, Wan Xiaoli (1628)
Research on Modeling and Simulation for Improved MMC Dynamic Phasor Model	Wang Quansheng, Ye Hua, Zhang Guomin, Pei Wei, Qi Zhiping (1636)
· High Voltages ·	
Study on Influence of Air Gap Size in High-Voltage Terminal on Electric Field Distribution of AC 110 kV Composite Insulator	Hu Jianlin, Li Yangyang, Yang Wei, Wu Bin, Zhong Rui, Jiang Xingliang, Zhao Yulai (1646)
Application of Correlation Analysis Techniques in Feature Extraction and Selection for DC Partial Discharge Signals of XLPE Cables	Yang Fengyuan, Xu Yongpeng, Qian Yong, Li Zhe, Sheng Gehao, Jiang Xiuchen (1653)
Research on Partial Discharge Location Using Modified Cross-Correlation Method Considering Frequency Characteristic of Phase Velocity	Xie Min, Zhou Kai, Zhao Shilin, He Min, Zhang Fuzhong, Zhao Wei (1661)
Influence of Typical Vegetation Ashes on DC Breakdown Characteristics of Conductor-Plane Air Gap	Huang Daochun, Lu Wei, Ruan Jiangjun, Li Peng (1668)
Calculation and Evaluation of Ground Potential Rise Control of Large Grounding Grid	Li Qian, Tan Bo, Wen Bao, Wen Xishan (1675)
An Optimal Layout Method of Capacitances and Resistances for Suppressing Geomagnetically Induced Currents in Power Grid	Liu Chunming, Lin Juncen, Wang Xuan, Wang Zhongfei, Yang Xiaodong (1681)

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



国家电网
STATE GRID

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

输变电工程研究所

输变电工程研究所是中国电力行业内从事输变电工程机械力学领域科研、技术服务和试验检测的专业研究机构，是全国架空线路标准化技术委员会、中国电机工程学会输电专业委员会、中国钢结构协会塔桅钢结构分会的挂靠单位。

输变电工程研究所主要业务范围包括杆塔结构研究与试验检测，导地线与金具研究、产品研发与试验检测，输电线路微风振动、次档距振荡、舞动防治，地基基础研究与试验检测，输变电构筑物及重要电气设施抗震减振研究、产品研发与试验检测，输电线路状态监测与评估技术研究，输变电工程施工技术和工艺研究、施工装备及工器具研究、设计技术研究等。

输变电工程研究所将继续秉承“努力超越、追求卓越”的企业精神，坚持“中国的电力、我们的事业”的企业理念，以先进的技术、精良的设备、丰富的经验、科学的管理提供更优质的服务，努力为我国的电力事业作出更大的贡献。



地址：北京市西城区广安门南滨河路33号华亨大厦（100055）

联系人：李军辉

电话：010-58386104

网址：www.epri.sgcc.com.cn

万方数据

国内统一刊号：CN11-2410/TM 广告经营许可证号：京海工商广字第0168号 境内定价：每册80.00元 全年：960元 邮发代号：国内82-604/国外1474M