

# 电网技术

## POWER SYSTEM TECHNOLOGY

3  
2019

第43卷3期  
Vol.43 No.3



输电在线监测装置及平台专业供应



深圳金三立视频科技股份有限公司

Shenzhen SANTACHI Video Technology CO., LTD

地址: 深圳市龙华雪岗北路306号金三立大厦

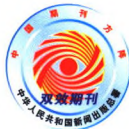
网址: [www.santachi.com.cn](http://www.santachi.com.cn)

电话: 86-755-83151222 83150898

24小时服务热线: 400-700-8100

邮箱: [service@santachi.com.cn](mailto:service@santachi.com.cn)

ISSN 1000-3673



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 伍董 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 汪楦生  
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

### · 配电网新型测量技术及其在感知与控制中的应用

（特约专栏主编 陆超、严正、张恒旭、王金丽）·

一种配电网高精度快响应同步相量算法及其实现

.....王印峰, 陆超, 李依泽, 熊春晖, 方陈, 凌平 (753)

考虑带外干扰的电力系统频率测量算法

.....白莎, 潘晨玥, 熊思宇, 符玲 (761)

基于最优滤波算法的配电网 PMU 及其性能测试

.....邢光正, 汪芙平, 黄松岭, 赵伟, 王赞基 (769)

基于 Kalman 滤波与神经网络的高精度同步时钟算法

.....李依泽, 陆超, 王印峰, 熊春晖, 方陈, 凌平 (777)

配电网相量数据接入方式比较及技术分析

.....陶维青, 窦开明, 方陈, 柳劲松, 丁明 (784)

面向主动配电网的同步相量传输规约扩展方法

.....马梦宇, 柳劲松, 陈宁, 夏成林, 蔺立, 陶维青 (793)

配电网相量数据集中器主要指标及测试方法

.....陶维青, 祝鑫, 方陈, 柳劲松, 窦开明 (801)

基于  $\mu$ PMU 相量信息的配电网故障测距方法

.....王小君, 任欣玉, 和敬涵, 王振吉, 张永杰, 时志雄, 陈东 (810)

基于暂态能量的小电流接地系统单相接地故障区段定位方法

.....王雪文, 石访, 张恒旭, 薛景润, 负志皓, 谢伟, 凌平, 柳劲松 (818)

主动配电网故障时刻和故障区域的同步数据统计特性识别方法

.....刘洋, 赵艳雷, 王舢嫻, 凌平 (826)

主动配电网多目标 PMU 最优配置研究

.....王澍, 严正, 孔祥瑞, 郭瑞鹏, 徐潇源 (833)

考虑混合量测的配电网二次约束二次估计方法

.....朱鹏程, 柳劲松, 范士雄, 郭瑞鹏, 马鑫 (841)

面向运行优化需求的智能配电网关键节点快速匹配方法

.....王金丽, 韦春元, 潘旭, 刘永梅, 李运硕, 谢伟 (848)

考虑多时段量测数据随机误差的变压器正序参数辨识与评估方法

.....陆晓, 徐鹏, 冯树海, 刘俊, 李峰 (856)

优化智能配电网动态特性的技术方法

.....谢伟, 王少荣, 张勇, 余倩, 包海龙, 余珏, 钱越, 李妍 (863)

基于同步相量测量的配电网孤岛多源协同控制方法

.....许寅, 王思家, 吴翔宇, 王金丽, 方陈 (872)

### · 可再生能源发电与综合消纳技术 ·

基于功率解耦的额定风速附近发电优化控制研究

.....姜尧林, 蔡旭, 叶杭治, 何立君 (879)

双馈风电机组多机并网系统短路电流计算方法

.....张金华, 陈琳浩, 王晨清, 张保会, 郝治国 (887)

抑制双馈风电厂次同步谐振的 STATCOM 研究

.....曹建春, 项祖涛, 燕翌, 武丹, 赵瑞斌, 秦海宁 (895)

风电基地连锁脱网风险评估方法及送出能力研究

.....毕平平, 许晓艳, 梅文明, 张凌康, 李美成, 白保华 (903)

基于 NACEMD 和改进非参数核密度估计的风功率波动性概率分布研究

.....杨楠, 黄禹, 叶迪, 鄢晶, 张磊, 董邦天 (910)

计及最小使用成本及储能状态平衡的电-氢混合储能孤岛直流微电网能量管理.....蒲雨辰, 李奇, 陈维荣, 黄文强, 胡斌彬, 韩莹, 王璇 (918)  
考虑核电参与的多类型电源联合调峰优化方法.....周刚 (928)

· 电力市场 ·

市场机制下考虑风险的售电公司日前电价决策方法.....孔祥玉, 张禹森, 杨世海, 李志新, 王继东 (935)  
新电改背景下售电公司的购电策略及风险评估.....罗舒瀚, 蒋传文, 王旭, 杨萌, 王江波, 尹硕 (944)  
考虑虚拟电厂参与的售电公司双层优化调度模型.....张涛, 王成, 王凌云, 张东方, 章佳莹 (952)  
基于区块链的分布式能源交易方案设计综述.....李彬, 覃秋悦, 祁兵, 孙毅, 李德智, 石坤, 杨斌, 奚培锋 (961)  
基于双层 Stackelberg 博弈的微能源网能量管理优化.....林凯骏, 吴俊勇, 刘迪, 李德智, 龚桃荣 (973)

· 电力系统 ·

主动配电系统和分布式能源技术发展——CIGRE SC6 2018 专题报道及思考.....马钊, 丛伟, 苏剑, 孙梦晨 (982)  
直流电力分组传输技术研究综述与展望.....李保罡, 晏彬洋, 董若南, 孔凡伟 (989)  
考虑分布式电源影响的分层分区精细化切负荷方法.....张宇超, 吴文传, 李正烁, 袁宇波, 王黎明 (998)  
利用旁路阻尼滤波器抑制次同步谐振: 原理与应用.....王世佳, 徐政, 邢法财, 张锋, 王衡 (1006)  
基于广域测量系统响应时间序列的电力系统暂态稳定在线判别.....黄丹, 陈树勇, 张一驰 (1016)  
基于改进负载潮流熵指标准确辨识电网脆弱性支路的方法.....李美成, 梅文明, 刘永强, 张凌康, 宋墩文, 赵充 (1026)  
基于冗余度参数估计的多分支混合线路故障定位方法.....张科, 朱永利, 郑艳艳, 刘帅 (1034)  
基于故障特征频带及形态谱的单相接地故障选线.....束洪春, 龚振, 田鑫萃, 董俊, 李胜男 (1041)  
结合 Tikhonov 正则化的电压行波精确检测方法.....李泽文, 杜昱东, 林依勤, 赵廷, 肖仁平 (1049)  
不平衡负载工况下三相变流器有源功率解耦控制.....许泽富, 唐芬, 周家宇, 辛振, Poh Chiang Loh (1056)  
模块化多电平换流器快速能量等效建模.....程志伟, 薛毓强, 郑文迪, 张成都 (1066)  
基于 PCHD 模型的 MMC-SMES 无源控制策略.....林晓冬, 雷勇, 朱英伟 (1073)  
基于实值深度置信网络的用户侧窃电行为检测.....张承智, 肖先勇, 郑子莹 (1083)

· 高电压技术 ·

淋雨对短空气间隙操作冲击放电影响的实验研究.....王胜辉, 邓畅宇, 王新宇, 陈维江, 杨广华, 王华倩, 等 (1092)  
特高压直流工程接地极对附近油气管线的影响研究.....种芝艺, 宋胜利, 谭波, 王华伟 (1099)  
主动转移型熄弧装置长馈线重载应用问题分析.....刘健, 田晓卓, 李云阁, 张志华, 权立 (1105)

《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 43 卷 第 3 期 (总第 424 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 岷 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 \* 358 \* zh \* P \* ¥ 80.00 \* 20000 \* 44 \* 2019-03 版权所有 未经许可不得转载及上网

# POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2019, Vol. 43 No. 3 (Ser. 424)

## Contents

|                                                                                                                                                                    |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| · Emerging Synchrophasor Measurement Techniques and the Applications in Awareness and Control of Distribution Networks ·                                           |                                                                                                     |
| A High-accuracy and Fast-response Synchrophasor Algorithm and Its Implementation for Distribution Network                                                          | Wang Yinfeng, Lu Chao, Li Yize, Xiong Chunhui, Fang Chen, Ling Ping (753)                           |
| A Frequency Estimation Algorithm of Power System Considering Out-of-band Interference                                                                              | Bai Sha, Pan Chenyue, Xiong Siyu, Fu Ling (761)                                                     |
| Distribution Level PMU Equipped With Optimal Filtering Algorithm and Its Performance Evaluation                                                                    | Xing Guangzheng, Wang Fuping, Huang Songling, Zhao Wei, Wang Zanzi (769)                            |
| A High Accuracy Synchronous Clock Algorithm Based on Kalman Filter and Neural Network                                                                              | Li Yize, Lu Chao, Wang Yinfeng, Xiong Chunhui, Fang Chen, Ling Ping (777)                           |
| Comparison and Technical Analysis of Phasor Data Access Modes in Distribution Network                                                                              | Tao Weiqing, Dou Kaiming, Fang Chen, Liu Jinsong, Ding Ming (784)                                   |
| Synchronous Phasor Transmission Protocol Extension Method for Active Distribution Network                                                                          | Ma Mengyu, Liu Jinsong, Chen Ning, Xia Chenglin, Lin Li, Tao Weiqing (793)                          |
| Research on Main Indicators and Test Methods of Distribution Network Phasor Concentrator                                                                           | Tao Weiqing, Zhu Xin, Fang Chen, Liu Jinsong, Dou Kaiming (801)                                     |
| Distribution Network Fault Location Based on $\mu$ PMU Information                                                                                                 | Wang Xiaojun, Ren Xinyu, He Jinghan, Wang Zhenji, Zhang Yongjie, Shi Zhixiong, Chen Dong (810)      |
| A Single-phase Earth Fault Location Method Based on Transient Energy for Non-effectively Grounded System                                                           | Wang Xuewen, Shi Fang, Zhang Hengxu, Xue Jingrun, Yun Zhihao, Xie Wei, Ling Ping, Liu Jinsong (818) |
| Fault Time Determination and Fault Section Identification for Active Distribution Grid Using Synchronization Data Statistic Characteristics                        | Liu Yang, Zhao Yanlei, Wang Shanshan, Ling Ping (826)                                               |
| Multi-objective Optimal Placement of PMU in Active Distribution Network                                                                                            | Wang Shu, Yan Zheng, Kong Xiangrui, Guo Ruipeng, Xu Xiaoyuan (833)                                  |
| A Quadratic Constraint Quadratic Estimation Method Based on Hybrid Measurements for Distribution Networks                                                          | Zhu Pengcheng, Liu Jinsong, Fan Shixiong, Guo Ruipeng, Ma Xin (841)                                 |
| Fast Matching Method for Key Nodes of Smart Distribution Network Oriented to Operational Optimization Requirements                                                 | Wang Jinli, Wei Chunyuan, Pan Xu, Liu Yongmei, Li Yunshuo, Xie Wei (848)                            |
| Identification and Evaluation Method of Transformer Positive Sequence Parameters Considering Random Error of Multi-period Measurement Data                         | Lu Xiao, Xu Peng, Feng Shuhai, Liu Jun, Li Feng (856)                                               |
| Technical Methods for Optimizing Dynamic Characteristics of Smart Distribution Network                                                                             | Xie Wei, Wang Shaorong, Zhang Yong, She Qian, Bao Hailong, Yu Jue, Qian Yue, Li Yan (863)           |
| Multi-source Coordinated Control Method Based on PMU for Islanded Distribution Network                                                                             | Xu Yin, Wang Sijia, Wu Xiangyu, Wang Jinli, Fang Chen (872)                                         |
| · Renewable Energy Generation and Integration ·                                                                                                                    |                                                                                                     |
| Optimal Generation Research of Wind Turbine Based on Power Decoupling Near Rated Wind Speed                                                                        | Lou Yaolin, Cai Xu, Ye Hangye, He Lijun (879)                                                       |
| Short Circuit Current Calculation of Power System With DFIG Wind Turbines                                                                                          | Zhang Jinhua, Chen Linhao, Wang Chenqing, Zhang Baohui, Hao Zhiguo (887)                            |
| Research on Mitigating DFIG Wind Farm SSR With STATCOM                                                                                                             | Cao Jianchun, Xiang Zutao, Yan Hui, Wu Dan, Zhao Ruibin, Qin Haining (895)                          |
| Study on Cascaded Tripping-off Risk Assessment Method and Delivery Capacity of Wind Power Base                                                                     | Bi Pingping, Xu Xiaoyan, Mei Wenming, Zhang Linggang, Li Meicheng, Bai Baohua (903)                 |
| Study on Probability Distribution of Wind Power Fluctuation Based on NACEMD and Improved Nonparametric Kernel Density Estimation                                   | Yang Nan, Huang Yu, Ye Di, Yan Jing, Zhang Lei, Dong Bangtian (910)                                 |
| Energy Management for Islanded DC Microgrid With Hybrid Electric-hydrogen Energy Storage System Based on Minimum Utilization Cost and Energy Storage State Balance | Pu Yuchen, Li Qi, Chen Weirong, Huang Wenqiang, Hu Binbin, Han Ying, Wang Xuan (918)                |
| An Approach on Coordinative Peaking Optimization for Power System With Nuclear Power Plant Participation                                                           | Zhou Gang (928)                                                                                     |

---

· Electricity Market ·

|                                                                                                          |                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Day-ahead Pricing Decision Method Considering Risk of Electricity Selling Company Under Market Mechanism | Kong Xiangyu, Zhang Yusen, Yang Shihai, Li Zhixin, Wang Jidong (935)               |
| Power Trading Strategy and Risk Assessment of Electricity Retailing Company Under Power System Reform    | Luo Shuhan, Jiang Chuanwen, Wang Xu, Yang Meng, Wang Jiangbo, Yin Shuo (944)       |
| A Bi-level Optimal Dispatching Model of Electricity Retailers Integrated With VPPs                       | Zhang Tao, Wang Cheng, Wang Lingyun, Zhang Dongfang, Zhang Jiaying (952)           |
| Design of Distributed Energy Trading Scheme Based on Blockchain                                          | Li Bin, Qin Qiuyue, Qi Bing, Sun Yi, Li Dezhi, Shi Kun, Yang Bin, Xi Peifeng (961) |
| Energy Management Optimization of Micro Energy Grid Based on Hierarchical Stackelberg Game Theory        | Lin Kaijun, Wu Junyong, Liu Di, Li Dezhi, Gong Taorong (973)                       |

· Power System ·

|                                                                                                                    |                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Development Trend of Active Distribution System and Distributed Energy Technology on CIGRE SC6 2018 Conference     | Ma Zhao, Cong Wei, Su Jian, Sun Mengchen (982)                                          |
| Review and Prospect of DC Power Packet Transmission Technology                                                     | Li Baogang, Yan Binyang, Dong Ruonan, Kong Fanwei (989)                                 |
| Hierarchical Load Shedding Method Considering Influence of Distributed Generators                                  | Zhang Yuchao, Wu Wenchuan, Li Zhengshuo, Yuan Yubo, Wang Liming (998)                   |
| Mechanism and Application of Bypass Damping Filter in Suppressing SSR                                              | Wang Shijia, Xu Zheng, Xing Facai, Zhang Feng, Wang Heng (1006)                         |
| Online Assessment for Transient Stability Based on Response Time Series of Wide-area Measurement System            | Huang Dan, Chen Shuyong, Zhang Yichi (1016)                                             |
| Accurate Identification Method of Brittle Branches in Power Grid Based on Improved Load Flow Entropy Indexes       | Li Meicheng, Mei Wenming, Liu Yongqiang, Zhang Linggang, Song Dunwen, Zhao Chong (1026) |
| A Fault Location Method for Multi-branch Hybrid Transmission Lines Based on Redundancy Parameter Estimation        | Zhang Ke, Zhu Yongli, Zheng Yanyan, Liu Shuai (1034)                                    |
| Single Line-to-ground Fault Line Selection Based on Fault Characteristic Frequency Band and Morphological Spectrum | Shu Hongchun, Gong Zhen, Tian Xincui, Dong Jun, Li Shengnan (1041)                      |
| A Method of Voltage Wave Accurate Detection Based on Tikhonov Regularization Theory                                | Li Zewen, Du Yudong, Lin Yiqin, Zhao Ting, Xiao Renping (1049)                          |
| Active Power Decoupling Control of Three-phase Converter With Unbalanced Load                                      | Xu Zefu, Tang Fen, Zhou Jiayu, Xin Zhen, Poh Chiang Loh (1056)                          |
| Fast Energy Equivalent Modeling of Modular Multilevel Converter                                                    | Cheng Zhiwei, Xue Yuqiang, Zheng Wendi, Zhang Chengdu (1066)                            |
| Passivity-based Control Strategy of MMC-SMES Based on PCHD Model                                                   | Lin Xiaodong, Lei Yong, Zhu Yingwei (1073)                                              |
| Electricity Theft Detection for Customers in Power Utility Based on Real-valued Deep Belief Network                | Zhang Chengzhi, Xiao Xianrong, Zheng Zixuan (1083)                                      |

· High Voltages ·

|                                                                                                             |                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Experimental Study on Effects of Rain on Short Air Gaps Discharge With Switching Impulse Voltage            | Wang Shenghui, Deng Changyu, Wang Xinyu, Chen Weijiang, Yang Guanghua, Wang Huaqian, et al (1092) |
| Study on Influence of Converter Grounding Electrode of UHVDC Project on Nearby Oil and Gas Pipelines        | Zhong Zhiyi, Song Shengli, Tan Bo, Wang Huawei (1099)                                             |
| Application Analysis of Active Transfer Type Arc-extinguishing Device Under Long Feeder Line and Heavy Load | Liu Jian, Tian Xiaozhuo, Li Yunge, Zhang Zhihua, Quan Li (1105)                                   |

---

**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](http://www.epri.sgcc.com.cn)