

# 电网技术

## POWER SYSTEM TECHNOLOGY

6  
2014

第38卷6期  
Vol.38 No.6

### 中国电力科学研究院源网协调仿真真实实验室

中国电力科学研究院电力系统研究所源网协调仿真试验室致力于与源网侧协调控制策略相关的研究。实验室配置了1000MW超超临界火电仿真机、水电厂水力仿真系统、水电厂监控系统、发变组保护、励磁调节器、水轮机调速器、光伏逆变器控制器、风机逆变器控制器及主控系统等支持高精度中长期仿真的关键设备,可实现20000节点级、三华电网规模的机电-电磁暂态混合仿真,为提高我国电网的稳定性、解决大型能源基地的送出问题等课题提供技术支撑。

#### 实验室主营业务

控制设备涉网试验方法及建模技术研究

提供源网协调控制策略研究仿真试验平台

新型控制设备性能测试及样机实验室验证

与控制设备相关的现场试验人员技术培训

与控制设备相关的电网事故的再现与分析



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



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

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

### · 新能源与分布式发电 ·

多风场连锁脱网过程分析与仿真研究

.....徐峰达, 郭庆来, 孙宏斌, 张伯明, 王彬, 等 (1425)

基于风电场动态时空关系的风速分布模型研究

.....余慎思, 李征, 蔡旭 (1432)

基于直驱式永磁同步发电机组的风电场动态建模

.....夏玥, 李征, 蔡旭, 马彦宏 (1439)

风电并网系统低谷时段的调峰能力分析

.....杨冬锋, 周苏荃, 鲍锋 (1446)

不平衡及谐波电网电压下并网逆变器的直接功率控制策略

.....年珩, 沈永波, 宋亦鹏 (1452)

大规模风电场并网下的互联电力系统广域阻尼协调控制

.....索江镭, 胡志坚, 仇梦林, 刘宇凯, 等 (1459)

基于模糊自适应卡尔曼滤波的风电场储能系统功率控制

.....王晓东, 张磊, 姚兴佳, 刘颖明, 李丽霞 (1465)

考虑环境效益的分布式电源多目标规划

.....栗然, 申雪, 钟超, 杨天 (1471)

大规模间歇式电源接入电网多目标鲁棒优化调度

.....谢鹏, 彭春华, 于蓉 (1479)

### · 低碳电力技术 (特约栏目主编康重庆) ·

用于跟踪风电场计划出力的电池储能系统容量优化配置

.....杨水丽, 李建林, 惠东, 李相俊, 胡娟, 牛虎 (1485)

基于两步制自适应求解算法的风电-电动汽车多种并网模式效益

对比分析模型.....鞠立伟, 李欢欢, 陈致宏, 等 (1492)

大容量锂离子电池的并联性能评估与等价性分析

.....张维戈, 时玮, 张言茹, 马泽宇, 陈大分, 王玉坤 (1499)

考虑电池寿命和过放现象的风电场储能容量优化

.....徐群, 吕晓禄, 武乃虎, 张丹丹, 张峰, 冯江霞 (1505)

电动汽车代理商的博弈竞争模型和算法研究

.....李牧青, 宋依群, 严正, 韩冬 (1512)

### · 智能电网技术 ·

量子密钥技术提升电力系统二次防护安全性研究

.....周静, 卢立锋, 雷煜卿, 陈希 (1518)

考虑需求响应资源的电力系统生产模拟

.....段炜, 胡兆光, 姚明涛, 张健, 周渝慧 (1523)

基于等效参考电流控制的低压微电网控制策略

.....刘建华, 杨洪耕, 张洁, 李坦 (1529)

### · 输变电设施电磁环境专栏 ·

直流偏磁下电力变压器的振动特性.....高沛, 王丰华, 等 (1536)

正极性单点电晕放电可听噪声时域波形拟合及分析

.....李学宝, 崔翔, 卢铁兵, 张娣 (1542)

特高压直流输电线路对电信线路电磁影响调研分析

.....迟兴和, 林清海, 熊万州 (1549)

### · 电力系统 ·

暂态稳定多故障协调预防控制策略在线计算方法

.....于之虹, 施浩波, 安宁, 江兴凌, 丁平, 等 (1554)

饱和铁心型高温超导故障限流器仿真建模及短路特征研究

.....张彦涛, 秦晓辉, 项祖涛, 汤涌 (1562)

- 电力系统灵活性及其评价综述 .....肖定焱, 王承民, 等 (1569)  
 采用基于分解的多目标进化算法的电力环境经济调度  
 .....朱永胜, 王杰, 瞿博阳, P. N. Suganthan (1577)  
 HDMR 在电网潮流概率评估与调控中的应用  
 .....宋梦, 于继来, 李碧君, 徐泰山 (1585)  
 热带气旋引发电网群发性故障的动态事故集生成方法  
 .....姚恺丰, 于继来, 徐泰山, 刘强 (1593)  
 基于粗糙集的电网操作票规则提取  
 .....张旭, 程雪婷, 赵冬梅 (1600)  
 改进的水轮机非线性模型及其对电力系统仿真分析的影响  
 .....王曦, 李兴源, 刘俊敏, 黄睿, 丁理杰 (1606)  
 皖电东送工程系统调试中电网运行方式的调整  
 .....任大伟, 易俊, 韩彬, 王姗姗, 王建明, 等 (1611)  
 新疆风电出力波动特性的概率建模  
 .....蔺红, 孙立成, 常喜强 (1616)

### · 输配电技术 ·

- 大功率 IGBT 变流器钳位电路参数的设计方法  
 .....李宁, 王跃, 张长松, 姚为正, 王兆安 (1621)  
 基于 D-S 证据理论的输变电设备状态检修多目标群决策  
 .....敖蕾蕾, 王慧芳, 张弛, 等 (1627)  
 新型多功能固态限流器及其限流滤波器选型分析  
 .....涂春鸣, 邓树, 郭成, 魏承志, 姚鹏, 姜飞 (1634)  
 基于动态拓扑分析的遗传算法在配电网重构中的应用  
 .....颜湘武, 段聪, 吕正, 段正阳 (1639)

### · 高电压技术 ·

- 基于 RSSI 技术提高直流线路电场测量无线网络节点定位精度的算法 .....胡学敏, 崔勇, 袁海文, 陆家榆, 鞠勇, 等 (1644)  
 运行直流复合绝缘子的憎水性分布规律  
 .....杨朝翔, 吴明雷, 何菊, 王永福, 董艳唯, 等 (1650)  
 后续雷击对 10 kV 配电线路耐雷性能及防雷措施的影响  
 .....江安烽, 包炳生, 顾承显, 吴爱军, 等 (1657)  
 126 kV 真空断路器永磁摆角电机操动机构的设计与动态特性分析 .....李昊旻, 林莘, 徐建源 (1664)  
 10 kV 配电线路钢筋混凝土电杆接地特性试验研究  
 .....沈海滨, 康鹏, 边凯, 陈光华, 王颂虞, 饶强 (1670)  
 基于介质窗口和 UHF 传感器的变压器局部放电检测与定位方法  
 .....陈金祥 (1676)

### · 自动化 ·

- 巴西输电特许经营权体制下集约化运维方法研究  
 .....夏毅, 肖凤女 (1681)  
 利用行波固有频率和原子能量熵的故障选相方法  
 .....徐高, 龚庆武, 关钦月, 李伟, 冯瑞发 (1688)  
 基于广域信息跟踪电力系统振荡中心的方法及应用  
 .....刘志雄, 张艳霞, 冯康恒, 马桦岩, 李婷 (1694)  
 计及 PMU 量测的分步线性状态估计模型  
 .....厉超, 卫志农, 倪明, 余文杰, 孙国强, 孙永辉 (1700)

### · 电能质量 ·

- 采用 Map-Reduce 模型的海量电能质量数据交换格式文件快速解析方案 .....曲广龙, 杨洪耕, 张逸 (1705)  
 考虑模糊聚类特性的电能质量预警方法及其应用  
 .....欧阳森, 李奇, 石怡理, 耿红杰, 王克英 (1712)  
 “直流输电与直流电网”专栏征稿启事 ..... (1541)  
 “2014 中国风能太阳能并网会议” 征稿启事 ..... (1548)  
 “智能用电技术” 专栏征稿启事 ..... (1576)

《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 6 期 (总第 367 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 岷 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](mailto: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. 6 (Ser. 367)

## Contents

### • New Energy & Distributed Generation •

- Analysis and Simulation Research on Cascading Trips of Multiple Wind Farms**  
..... Xu Fengda, Guo Qinglai, Sun Hongbin, Zhang Boming, Wang Bin, et al (1425)
- Research on Wind Speed Distribution Model of Wind Farm Based on Its Dynamic Space-Time Relation**  
..... She Shensi, Li Zheng, Cai Xu (1432)
- Dynamic Modeling of Wind Farm Composed of Direct-Driven Permanent Magnet Synchronous Generators**  
..... Xia Yue, Li Zheng, Cai Xu, Ma Yanhong (1439)
- Analysis on Peak Load Regulation Capability of Power Grid Integrated With Wind Farms in Valley Load Period**  
..... Yang Dongfeng, Zhou Suquan, Bao Feng (1446)
- Direct Power Control Strategy of Grid Connected Inverter Under Unbalanced and Harmonic Grid Voltage**  
..... Nian Heng, Shen Yongbo, Song Yipeng (1452)
- Wide-Area Damping Coordinated Control of Interconnected Power Grid With Grid-Connected Large-Scale Wind Farms**  
..... Suo Jianglei, Hu Zhijian, Zhang Menglin, Liu Yukai, et al (1459)
- A Fuzzy Adaptive Kalman Filter Based Power Control Strategy of Energy Storage System for Wind Farm**  
..... Wang Xiaodong, Zhang Lei, Yao Xingjia, Liu Yingming, Li Lixia (1465)
- Multi-Objective Planning of Distributed Generation Considering Environmental Benefit**  
..... Li Ran, Shen Xue, Zhong Chao, Yang Tian (1471)
- Multi-Objective Robust Optimized Scheduling of Power Grid Connected With Large-Scale Intermittent Power Sources**  
..... Xie Peng, Peng Chunhua, Yu Rong (1479)

### • Low-Carbon Electricity •

- Optimal Capacity Configuration of Battery Energy Storage System to Track Planned Output of Wind Farm**  
..... Yang Shuili, Li Jianlin, Hui Dong, Li Xiangjun, Hu Juan, Niu Hu (1485)
- A Benefit Contrastive Analysis Model of Multi Grid-Connected Modes for Wind Power and Plug-in Hybrid Electric Vehicles Based on Two-Step Adaptive Solving Algorithm**  
..... Ju Liwei, Li Huanhuan, Chen Zhihong, et al (1492)
- Parallel Performance Evaluation and Equivalence Analysis of High-Capacity Lithium Ion Battery**  
..... Zhang Weige, Shi Wei, Zhang Yanru, Ma Zeyu, Chen Dafen, Wang Yukun (1499)
- Optimization of Energy Storage Capacity for Wind Farm Considering Battery Life and Over-Discharge**  
..... Xu Qun, Lü Xiaolu, Wu Naihu, Zhang Dandan, Zhang Feng, Feng Jiangxia (1505)
- Research on Game Model and Algorithm for Electric Vehicle Aggregations**  
..... Li Muqing, Song Yiqun, Yan Zheng, Han Dong (1512)

### • Smart Grid Technology •

- Research on Improving Security of Protection for Power System Secondary System by Quantum Key Technology**  
..... Zhou Jing, Lu Lifeng, Lei Yuqing, Chen Xi (1518)
- Power System Production Simulation Considering Demand Response Resource**  
..... Duan Wei, Hu Zhaoguang, Yao Mingtao, Zhang Jian, Zhou Yuhui (1523)
- An Equivalent Reference Current Based Control Strategy for Low-Voltage Microgrid**  
..... Liu Jianhua, Yang Honggeng, Zhang Jie, Li Tan (1529)

### • Electrical Magnetic Environment of Power Equipments •

- Analysis on Vibration Characteristics of Power Transformer Under DC Bias**  
..... Gao Pei, Wang Fenghua, et al (1536)
- Analysis and Fitting of the Time-domain Waveform of the Audible Noise Caused by Single Positive Corona Source on the Conductor**  
..... Li Xuebao, Cui Xiang, Lu Tiebing, Zhang Di (1542)
- Investigation and Analysis on Electromagnetic Impact of UHVDC Power Transmission Lines on Telecommunication Lines**  
..... Chi Xinghe, Lin Qinghai, Xiong Wanzhou (1549)

### • Power System •

- A Computational Approach of Preventive Control Strategy With Multi-Contingency Constraints for Power Grid Transient Stability**  
..... Yu Zhihong, Shi Haobo, An Ning, Jiang Xingling, Ding Ping, et al (1554)
- Modeling of Saturated Iron-Core High Temperature Superconductive Fault Current Limiter and Research on Its Short-Circuit Characteristic**  
..... Zhang Yantao, Qin Xiaohui, Xiang Zutao, Tang Yong (1562)
- A Survey on Power System Flexibility and Its Evaluations**  
..... Xiao Dingyao, Wang Chengmin, et al (1569)
- Environmental Economic Dispatch Adopting Multi-Objective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition**  
..... Zhu Yongsheng, Wang Jie, Qu Boyang, P. N. Sugathan (1577)
- Application of High Dimensional Model Representation in Probability Assessment and Regulation of Power Flow**  
..... Song Meng, Yu Jilai, Li Bijun, Xu Taishan (1585)

- 
- A Method to Generate Dynamic Accident Set for Power Grid Clustered Faults Caused by Tropical Cyclone**  
 ..... Yao Kaifeng, Yu Jilai, Xu Taishan, Liu Qiang (1593)
- Rule Extraction of Network Operation Ticket for Power System Based on the Rough Sets**  
 ..... Zhang Xu, Cheng Xueting, Zhao Dongmei (1600)
- A Modified Nonlinear Hydraulic Turbine Model and Its Impact on Power System Simulation**  
 ..... Wang Xi, Li Xingyuan, Liu Junmin, Huang Rui, Ding Lijie (1606)
- Adjustment of Power Grid Operating Modes in System Commissioning of UHVAC Power Transmission Demonstration Project From Huainan to Liantang** ..... Ren Dawei, Yi Jun, Han Bin, Wang Shanshan, Wang Jianming, et al (1611)
- A Probabilistic Model to Simulate Wind Power Output Fluctuation of a Certain Wind Farm Cluster in Xinjiang Region** ..... Lin Hong, Sun Licheng, Chang Xiqiang (1616)
- **Transmission and Distribution** ▪
- Design Method of Clamping Circuit Parameter for IGCT Used in High Power Applications**  
 ..... Li Ning, Wang Yue, Zhang Changsong, Yao Weizheng, Wang Zhao'an (1621)
- Multi-Objective and Group Decision-Making Research Based on D-S Evidence Theory in Condition-Based Maintenance for Transmission and Transformation Equipment** ..... Ao Leilei, Wang Huifang, Zhang Chi, et al (1627)
- A Novel Multi-Function Solid-State Fault Current Limiter and Its Analysis of Current-Limiting Filter Selection**  
 ..... Tu Chunming, Deng Shu, Guo Cheng, Wei Chengzhi, Yao Peng, Jiang Fei (1634)
- Application of Dynamic Topological Analysis Based Genetic Algorithm in Distribution Network Reconfiguration**  
 ..... Yan Xiangwu, Duan Cong, Lü Zheng, Duan Zhengyang (1639)
- **High Voltages** ▪
- An RSSI-Based Location Algorithm to Improve Location Accuracy of Wireless Electric Field Measurement Nodes Under DC Transmission Line** ..... Hu Xuemin, Cui Yong, Yuan Haiwen, Lu Jiayu, Ju Yong, et al (1644)
- Hydrophobicity Distribution of DC Composite Insulators in Service**  
 ..... Yang Zhaoxiang, Wu Minglei, He Ju, Wang Yongfu, Dong Yanwei, et al (1650)
- Influences of Subsequent Stroke on Lightning Withstand Performance and Effects of Lightning Protection Measures of 10 kV Distribution Lines** ..... Jiang Anfeng, Bao Bingsheng, Gu Chengyu, Wu Aijun, et al (1657)
- Design and Dynamic Performance Analysis of Permanent Magnet Swing Angle Motor Operating Mechanism for 126kV Vacuum Circuit Breaker** ..... Li Haomin, Lin Xin, Xu Jianyuan (1664)
- Experimental Study on Grounding Characteristics of Reinforced Concrete Poles for 10 kV Distribution Lines**  
 ..... Shen Haibin, Kang Peng, Bian Kai, Chen Guanghua, Wang Songyu, Rao Qiang (1670)
- Detection and Location of Partial Discharge in Power Transformers Based on Dielectric Window and UHF Sensors**  
 ..... Chen Jinxiang (1676)
- **Automation** ▪
- A Study on Power Grid Intensive Operation and Maintenance Under Brazilian Concessionary System**  
 ..... Xia Yi, Xiao Fengnü (1681)
- A Fault-Phase Selection Method Based on Natural Frequency of Traveling Wave and Atomic Energy Entropy**  
 ..... Xu Gao, Gong Qingwu, Guan Qinyue, Li Wei, Feng Ruifa (1688)
- A Wide Area Information Based Method of Tracking Power System's Oscillation Center and Its Application**  
 ..... Liu Zhixiong, Zhang Yanxia, Feng Kangheng, Ma Huayan, Li Ting (1694)
- A PMU Measurement Based Stepwise Linear State Estimation Model**  
 ..... Li Chao, Wei Zhinong, Ni Ming, Yu Wenjie, Sun Guoqiang, Sun Yonghui (1700)
- **Power Quality** ▪
- A Fast Parallel Parsing Scheme for Massive PQDIF Files With Map-Reduce Model**  
 ..... Qu Guanglong, Yang Honggeng, Zhang Yi (1705)
- Early-Warning Method of Power Quality Considering the Characteristics of Fuzzy Clustering and Its Application**  
 ..... Ouyang Sen, Li Qi, Shi Yili, Geng Hongjie, Wang Keying (1712)
- 

**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



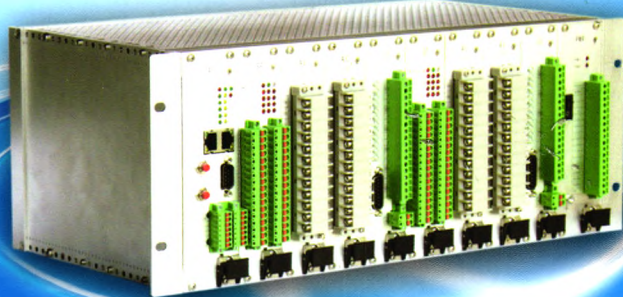
航天科工深圳（集团）有限公司  
AEROSPACE SCIENCE & INDUSTRY SHENZHEN (GROUP) CO.,LTD

服务热线：400-088-0396

# 上下游无缝兼容 一二次深度融合 国网配电自动化集采中标厂商

配电自动化终端（面板式）

配电自动化终端（钟罩式）



配电自动化终端

▶ 博士后创新实践基地欢迎配电领域博士后进站研究  
长期招聘硕士、区域营销经理



电缆型故障指示器



架空型故障指示器



智能一体化环网柜

地址：深圳市福田区深南大道4019号航天大厦B座5楼 邮编：518048 电话：0755-83730111 传真：0755-83731366