

# 电网技术

## POWER SYSTEM TECHNOLOGY

**3**  
**2015**

第39卷3期  
Vol.39 No.3

真正的  
智能  
环网  
柜



**CKSS-12/24 固体绝缘开关设备**  
CKSS-12/24 Solid Insulate Switchgear Equipment



**珠海康晋电气有限公司**  
Zhuhai Comking Electric Co., Ltd.

地址: 广东省珠海市香洲洪湾工业区香工路6号  
销售电话: 0756-3876511 3876522 3876533

网址: [www.zhcomking.com](http://www.zhcomking.com)  
传真: 0756-3951000

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

· 清洁能源并网规划与仿真专题 ·

适用于全过程动态仿真的光伏电站有功控制模型  
.....叶小晖，刘涛，宋新立，仲悟之，吴国阳，等（587）  
光伏逆变器控制参数的分步辨识方法  
.....金字清，鞠平，潘学萍，孙黎霞，张彦涛（594）  
不对称电压暂降情况下光伏逆变器输出电流峰值的控制策略  
.....谭骞，徐永海，黄浩，刘海涛，吕志鹏，艾欣（601）  
适用于电力系统全过程动态仿真的风电机组典型模型  
...刘涛，戴汉扬，宋新立，仲悟之，侯俊贤，叶小晖，等（609）  
双馈风力发电机组的电磁暂态-机电暂态混合仿真研究  
...顾卓远，汤涌，刘文焯，易俊，张健，戴汉扬，于强（615）  
风电场同调动态等值研究.....潘学萍，张弛，鞠平，等（621）  
考虑 Crowbar 动作特性的 DFIG 风电场动态等值研究  
.....高远，金字清，鞠平，周勤勇（628）  
双馈风电机组网侧控制器参数辨识的频域方法  
.....潘学萍，温荣超，鞠平，金字清，张彦涛（634）  
大型风电场经 VSC-HVDC 交直流并联系统并网的运行控制策略  
.....吕敬，施刚，蔡旭，饶宏，黎小林（639）  
基于异地输送的可再生能源消纳成本仿真分析  
.....薛松，王跃锦（647）

· 低碳电力技术 \* 微网专题 ·

可再生能源激励制度下的低碳经济电源规划  
.....张晓辉，闫鹏达，钟嘉庆，卢志刚（655）  
促进负荷中心实现低碳发展的送电模式  
.....田鑫，孙彦龙，牛新生，朱秀波，赵光锋（663）  
考虑不确定因素下含充换储一体化电站的微网能量优化  
.....刘方，杨秀，时珊珊，张美霞，等（669）  
微电网中混合储能模糊自适应控制策略  
.....熊雄，王江波，杨仁刚，叶林（677）  
配电网故障情况下多微网互联能力分析  
.....于雷，陈奇芳，段力铭，刘念，张建华（682）  
计及微网孤岛运行方式的配电网可靠性评估  
.....袁修广，黄纯，张磊，于浩明（690）

· 直流输电与直流电网（特约栏目主编 汤广福）·

多端直流输电系统主回路稳态参数计算  
.....傅峡舟，徐政，易潇然（698）  
多馈入高压直流输电系统的异常换相失败研究  
.....赵彤，吕明超，姜杰，邹亮，张黎，李庆民（705）

· 智能用电技术（特约栏目主编 刘建明、杜蜀薇）·

智能配用电多业务汇聚的通信带宽预测  
.....徐志强，陆俊，翟峰，张闯，龚钢军（712）  
基于分时电价的智能家电控制方案.....付蔚，敬章浩，等（717）  
M/G/k 排队模型在电动出租汽车充电站排队系统中的应用  
....张维戈，陈连福，黄戛，牛利勇，黄梅，张帝，时玮（724）

· 新能源与分布式发电 ·

考虑风电场灵活性及出力不确定性的机组组合  
.....刘斌, 刘锋, 王程, 梅生伟, 魏韡 (730)

采用信息熵和组合模型的风电机组异常检测方法  
.....颜永龙, 李剑, 李辉, 孙鹏, 张晓萌 (737)

· 电力系统 ·

基于拟蒙特卡罗方法的电力系统可靠性评估  
.....侯雨伸, 王秀丽, 刘杰, 郭静丽, 唐伦 (744)

可控串补接入电力系统的运行可靠性研究  
.....程林, 孙元章, 杨琨, 张爽, 高峰, 宋云亭, 曾平良 (751)

考虑瞬时性峰值负荷特性的配电网可靠性规划  
.....冯明灿, 谢宁, 王承民, 李宏仲, 曾平良, 黄镔 (757)

辐射状配电线路串联和并联补偿的兼容性  
.....杨尚瑾, 许海, 宋晓通, 李欣 (763)

配电网开关站高可靠性接线模式比较研究  
.....宋若晨, 杨菁, 唐勇俊, 徐文进, 沈阅 (769)

逐步回归模型在互联网主振模式辨识中的应用  
.....林波, 吕林, 刘俊勇, 刘友波, 温丽丽 (776)

基于虚拟同步发电机原理的模拟同步发电机设计方法  
.....侍乔明, 王刚, 付立军, 徐力, 陈宇航, 蒋文韬 (783)

计及直流功率日调节次数约束的交直流系统无功优化实用化方法  
.....张元, 刘明波, 李清 (791)

计及网络约束的有序用电综合决策方法  
.....彭勃, 邱一苇, 陈俊全, 吴浩, 宋永华 (797)

基于模块化回声状态网络的实时电力负荷预测  
.....肖勇, 杨劲锋, 等 (804)

基于寿命数据的电力变压器经济寿命预测  
.....王慧芳, 赵婉芳, 杜振东, 兰洲, 何奔腾 (810)

· 电能质量 ·

树状分布的多谐波源治理系统解耦与稳定性寻优  
.....江友华, 王林, 曹以龙 (817)

考虑用户定量需求的优质电力园区 DVR 优化配置  
.....刘阳, 肖先勇, 刘旭娜, 汪颖 (823)

新型大功率级联式二极管 H 桥整流器  
.....王聪, 王畅, 蒋向北, 等 (829)

交错并联反激式三电平逆变器.....李磊, 项泽宇, 胥佳梅 (837)

空间矢量变环宽滞环电流控制方法  
.....杨仁增, 张光先, 赵学良 (843)

· 自动化 ·

基于改进拉普拉斯分值的开关柜故障特征选择和诊断方法  
.....周念成, 周川, 王强钢, 张静, 李题印 (850)

一种计及 MOV 动作特性的串联补偿线路故障位置识别方法  
.....张金虎, 徐振宇, 杨奇逊 (856)

智能高压开关设备可靠性自评估方法.....刘有为, 肖燕 (862)

· 高电压技术 ·

交直流电场对雨淞覆冰特性的影响研究  
.....陈吉, 蒋兴良, 郭钢, 舒立春, 邓雪茹 (867)

交流输电线路附近民房曝露处工频电场计算  
.....吴桂芳, 谢莉, 王勋, 赵志斌 (873)

声明..... (600)

《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 39 卷 第 3 期 (总第 376 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: 刘浩芳 010-82812536

广告部经理: 齐 华 010-58386112

发 行: 闫 岷 010-82812465

编 辑: 010-82812523/2543/2980/2981/2982

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: 010-82812980

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

2015, Vol. 39 No. 3 (Ser. 376)

## Contents

### • , Planning and Simulation for Clean Energy Grid Integration •

**An Active Power Control Model of PV Power Station Suitable for Full Dynamic Simulation**  
..... Ye Xiaohui, Liu Tao, Song Xinli, Zhong Wuzhi, Wu Guoyang, et al (587)

**A Stepwise Method to Identify Controller Parameters of Photovoltaic Inverter**  
..... Jin Yuqing, Ju Ping, Pan Xueping, Sun Lixia, Zhang Yantao (594)

**A Control Strategy for Peak Output Current of PV Inverter Under Unbalanced Voltage Sags**  
..... Tan Qian, Xu Yonghai, Huang Hao, Liu Haitao, Lü Zhipeng, Ai Xin (601)

**A Typical Wind Power Generation Set Model of Suitable for Full Dynamic Simulation of Power Grid**  
..... Liu Tao, Dai Hanyang, Song Xinli, Zhong Wuzhi, Hou Junxian, Ye Xiaohui, et al (609)

**Electromechanical Transient-Electromagnetic Transient Hybrid Simulation of Doubly-Fed Induction Generator**  
..... Gu Zhuoyuan, Tang Yong, Liu Wenzhuo, Yi Jun, Zhang Jian, Dai Hanyang, Yu Qiang (615)

**Coherency-Based Dynamic Equivalence of Wind Farm Composed of Doubly Fed Induction Generators**  
..... Pan Xueping, Zhang Chi, Ju Ping, et al (621)

**Dynamic Equivalence of Wind Farm Composed of Double Fed Induction Generators Considering Operation Characteristic of Crowbar**..... Gao Yuan, Jin Yuqing, Ju Ping, Zhou Qinyong (628)

**A Frequency-Domain Based Method to Identify Parameters of Grid Side Converter Controller for Doubly Fed Induction Generators**..... Pan Xueping, Wen Rongchao, Ju Ping, Jin Yuqing, Zhang Yantao (634)

**Control Strategies of Large Wind Farms Integration Through AC/DC Parallel Transmission System Based on VSC-HVDC**..... Lü Jing, Shi Gang, Cai Xu, Rao Hong, Li Xiaolin (639)

**Simulation and Analysis on Accommodating Cost for Power Generated by Trans-Regional Renewable Energy Sources**..... Xue Song, Wang Yuejin (647)

### • Low-Carbon Electricity \* Microgrid Subject •

**Research on Generation Expansion Planning in Low-Carbon Economy Environment Under Incentive Mechanism of Renewable Energy Sources**..... Zhang Xiaohui, Yan Pengda, Zhong Jiaqing, Lu Zhigang (655)

**Power Transmission Mode to Promote Low-Carbon Development of Load Center**  
..... Tian Xin, Sun Yanlong, Niu Xincheng, Zhu Xiubo, Zhao Guangfeng (663)

**Economic Operation of Microgrid Containing Charging-Swapping-Storage Integrated Station Under Uncertain Factors of Wind Farm and Photovoltaic Generation**..... Liu Fang, Yang Xiu, Shi Shanshan, Zhang Meixia, et al (669)

**A Fuzzy Adaptive Control Strategy for Composite Energy Storage System to Cope With Output Power Fluctuation of Intermittent Energy Source in Microgrid**..... Xiong Xiong, Wang Jiangbo, Yang Rengang, Ye Lin (677)

**Analysis on Interconnectivity of Multi-Microgrids Under Fault Condition of Distribution Network**  
..... Yu Lei, Chen Qifang, Duan Liming, Liu Nian, Zhang Jianhua (682)

**Reliability Evaluation of Distribution Network Considering Islanded Operation of Microgrid**  
..... Yuan Xiuguang, Huang Chun, Zhang Lei, Yu Haoming (690)

### • HVDC Transmission & HVDC Grid •

**Calculation of Main Circuit Steady State Parameters for MTDC Transmission System**  
..... Fu Xiazhou, Xu Zheng, Yi Xiaoran (698)

**Analysis on Potential Anomalous Commutation Failure in Multi-Infeed HVDC Transmission Systems**  
..... Zhao Tong, Lü Mingchao, Lou Jie, Zou Liang, Zhang Li, Li Qingmin (705)

### • Smart Electricity Consumption Technology •

**Communication Bandwidth Prediction of Aggregation of Multi-Services for Smart Power Distribution and Utilization**..... Xu Zhiqiang, Lu Jun, Zhai Feng, Zhang Chuang, Gong Gangjun (712)

**A Time-of-Use Pricing Based Control Scheme for Intelligent Household Appliances**  
..... Fu Wei, Jing Zhanghao, et al (717)

**Application of M/G/k Queuing Model in Queuing System of Electric Taxi Charging Station**  
..... Zhang Weige, Chen Lianfu, Huang Yu, Niu Liyong, Huang Mei, Zhang Di, Shi Wei (724)

### • New Energy & Distributed Generation •

**Unit Commitment Considering Flexibility and Uncertainty of Wind Power Generation**  
..... Liu Bin, Liu Feng, Wang Cheng, Mei Shengwei, Wei Wei (730)

|                                                                                                   |                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>A Wind Turbine Anomaly Detection Method Based on Information Entropy and Combination Model</b> |                                                               |
| .....                                                                                             | Yan Yonglong, Li Jian, Li Hui, Sun Peng, Zhang Xiaomeng (737) |

• **Power System** •

|                                                                                                                                                   |                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Quasi-Monte Carlo Method Based Power System Reliability Evaluation</b>                                                                       |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Hou Yushen, Wang Xiuli, Liu Jie, Guo Jingli, Tang Lun (744)                                    |
| <b>Operating Reliability Research of Transmission Line Considering TCSC</b>                                                                       |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Cheng Lin, Sun Yuanzhang, Yang Kun, Zhang Shuang, Gao Feng, Song Yunting, Zeng Pingliang (751) |
| <b>Reliability Planning of Distribution Power Network Considering the Characteristics of Short-Term Peak Load</b>                                 |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Feng Mingcan, Xie Ning, Wang Chengmin, Li Hongzhong, Zeng Pingliang, Huang Bin (757)           |
| <b>Compatibility of Series and Shunt Compensators for Radial Distribution Lines</b>                                                               |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Yang Shangjin, Xu Hai, Song Xiaotong, Li Xin (763)                                             |
| <b>Comparative Study on High-Reliability Connection Modes for Switching Station in Distribution Network</b>                                       |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Song Ruochen, Yang Jing, Tang Yongjun, Xu Wenjin, Shen Yue (769)                               |
| <b>Application of Multiple Stepwise Regression in Identifying Critical Inter-Area Oscillation Mode</b>                                            |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Lin Bo, Lü Lin, Liu Junyong, Liu Youbo, Wen Lili (776)                                         |
| <b>A Design Method of Simulative Synchronous Generator Based on Virtual Synchronous Generator Theory</b>                                          |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Shi Qiaoming, Wang Gang, Fu Lijun, Xu Li, Chen Yuhang, Jiang Wentao (783)                      |
| <b>A Practical Reactive Power Optimization Method of AC/DC Power Grid Incorporated With Daily Regulation Constraints of DC Transmission Power</b> |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Zhang Yuan, Liu Mingbo, Li Qing (791)                                                          |
| <b>A Comprehensive Decision Method for Orderly Power Utilization Considering Network Constraints</b>                                              |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Peng Bo, Qiu Yiwei, Chen Junquan, Wu Hao, Song Yonghua (797)                                   |
| <b>Real-Time Load Forecasting Based on Modular Echo State Network</b>                                                                             |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Xiao Yong, Yang Jinfeng, et al (804)                                                           |
| <b>Economic Life Prediction of Power Transformers Based on the Lifetime Data</b>                                                                  |                                                                                                |
| .....                                                                                                                                             | Wang Huifang, Zhao Wanfang, Du Zhendong, Lan Zhou, He Benteng (810)                            |

• **Power Quality** •

|                                                                                                              |                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Decoupling and Stability Optimization of Dendroid-Distributed Multi-Harmonic Source Management System</b> |                                                    |
| .....                                                                                                        | Jiang Youhua, Wang Lin, Cao Yilong (817)           |
| <b>Optimal Configuration of DVR in Premium Power Park Considering Customers' Quantitative Demand</b>         |                                                    |
| .....                                                                                                        | Liu Yang, Xiao Xianrong, Liu Xuna, Wang Ying (823) |
| <b>A Novel Cascaded Diode H-Bridge Multi-Level Rectifier</b>                                                 |                                                    |
| .....                                                                                                        | Wang Cong, Wang Chang, Jiang Xiangbei, et al (829) |
| <b>An Interleaved Flyback Three-Level Inverter</b>                                                           |                                                    |
| .....                                                                                                        | Li Lei, Xiang Zeyu, Xu Jiamei (837)                |
| <b>A Space-Vector-Based Variable Band Hysteresis Current Controller</b>                                      |                                                    |
| .....                                                                                                        | Yang Renzeng, Zhang Guangxian, Zhao Xueliang (843) |

• **Automation** •

|                                                                                                                                                   |                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Improved Laplacian Score Based Fault Feature Selection of Switchgear Cabinet and Its Diagnosis</b>                                             |                                                                         |
| .....                                                                                                                                             | Zhou Niancheng, Zhou Chuan, Wang Qianggang, Zhang Jing, Li Tiying (850) |
| <b>A Method to Identify Fault Location in Series-Compensated Transmission Line Considering Conductive Characteristics of Metal Oxide Varistor</b> |                                                                         |
| .....                                                                                                                                             | Zhang Jinhu, Xu Zhenyu, Yang Qixun (856)                                |
| <b>A Self-Evaluation Method of Reliability for Smart High Voltage Switchgear</b>                                                                  |                                                                         |
| .....                                                                                                                                             | Liu Youwei, Xiao Yan (862)                                              |

• **High Voltages** •

|                                                                                                                          |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Effect on the Glaze Icing Characteristics Under the AC and DC Electric Field</b>                                      |                                                                  |
| .....                                                                                                                    | Chen Ji, Jiang Xingliang, Guo Gang, Shu Lichun, Deng Xueru (867) |
| <b>Calculation of Power Frequency Electric Field Around Residential Houses Exposed to Air Near AC Transmission Lines</b> |                                                                  |
| .....                                                                                                                    | Wu Guifang, Xie Li, Wang Xun, Zhao Zhibin (873)                  |

**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:** Liu Haofang  
**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

恭祝广大电力同仁

新年快乐·万事如意

HAPPY NEW YEAR BEST WISHES

**KFH** 江苏滕仓亨通光电有限公司

羊年大吉

滕仓亨通——

全球智能电网系统服务商



亨通电力传输板块已重点形成500千伏以下高、中、低压电子电缆；超高压输电导线；装备用特种电力电缆；35千伏矿用电缆、风缆、铝合金产品、碳纤维、光纤复合缆、海底光电、OPGW、OPLC、OPPC、铁路接触网等一系列重点产品。

提供坚强智能电网系统线缆整体解决方案设计。实施产品主要包括铝合金、碳纤维等超高压输电导线，500千伏以下高中低压电力电缆、智能电网用光纤复合缆、OPGW、架空绝缘电缆、控制电缆、建筑布电线等电缆。

**KFH** 江苏滕仓亨通光电有限公司

地址：江苏省苏州市吴江区七都工业园区

电话：0512-63814318

网址：[www.kfh.net.cn](http://www.kfh.net.cn)

邮编：245234

传真：0512-63818306