

## 《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 汪矸生

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) ·

全球能源互联网标准体系研究 ..... 张晶, 李彬, 戴朝波 (2055)

电能路由器冗余配置设计 ..... 段青, 聂少雄, 盛万兴, 刘斌, 王丹 (2064)

能源互联网中基于 Dijkstra 算法的分布式电能路由策略的实现

..... 江渝, 叶泓炜, 张青松, 王克, 徐志鹏, 杨睿 (2071)

基于复杂混合网络的能源互联网拓扑模型 ..... 张效坤, 孙宏斌 (2079)

### · 直流输电与直流电网 (特约专栏主编 汤广福) ·

基于模块化多电平换流器的高压直流电网机电暂态仿真模型

..... 万磊, 汤涌, 吴文传, 王铁柱 (2085)

混合式直流断路器在柔性直流电网中应用初探

..... 彭发喜, 汪震, 邓银秋, 郑超, 宋云亭 (2092)

含桥臂阻尼的 MMC-HVDC 直流双极短路故障机理分析

..... 马焱, 姚为正, 吴金龙, 行登江, 杨美娟, 孙树敏, 李广磊 (2099)

一种基于 MMC 的新型直流潮流控制器

..... 李国庆, 边竞, 王鹤, 王朝斌, 李兴宝 (2107)

### · 电力市场 (特约专栏主编 李永刚、张粒子) ·

高载能负荷提高风电就地消纳的需求响应模式研究

..... 王健, 鲁宗相, 乔颖, 陈钊 (2115)

一种适用于我国电力市场的分区输电定价方法

..... 陈政, 肖江, 荆朝霞, 张翔, 张皓, 冷媛 (2124)

我国核电机组调峰辅助服务经济补偿机制研究

..... 杨益晟, 张健, 冯天天 (2131)

计及新能源接入的省级电网效率效益评估

..... 方宇娟, 王秀丽, 师婧, 吴雄, 严欢 (2138)

### · 电动汽车与能源互联网 (特约专栏主编 胡泽春) ·

基于多代理技术的电动汽车规模演化模型

..... 杨威, 向月, 刘俊勇, 李媛禧 (2146)

基于迟滞模型的集群电动汽车参与实时需求响应 V2G 控制策略研究

..... 唐佳, 王丹, 贾宏杰, 高爽, 宋毅, 李娟, 孙充勃, 范孟华 (2155)

考虑用户满意度和配网安全的电动汽车多目标双层充电优化

..... 王行行, 赵晋泉, 王珂, 姚建国, 杨胜春, 冯树海 (2165)

下一目的地导向下的电动汽车充电引导策略

..... 黄晶, 杨健维, 王湘, 何正友 (2173)

### · 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) ·

基于态势感知的电网消纳可再生能源发电评估与扩展规划方法

..... 史智萍, 王智敏, 吴玮坪, 王旭冉, 胡泽春 (2180)

基于系统灵活性的可再生能源接纳评估

..... 李则衡, 陈磊, 路晓敏, 张毅威, 徐飞, 严干贵, 等 (2187)

多源多变换微电网大扰动暂态稳定性研究综述

..... 赵卓立, 杨苹, 许志荣, 王月武 (2195)

基于电流跟踪的多直流微源并联运行主从控制策略

..... 涂春鸣, 熊涌辉, 肖凡, 兰征, 姜飞, 吴连贵, 刘贝 (2205)

计及电压/频率静特性的孤岛微电网电压稳定性与薄弱节点分析

..... 潘忠美, 刘健, 石梦, 同向前 (2214)

基于储能多状态模型的含微网配电系统可靠性评估

..... 闫涛, 唐巍, 王越, 张先亮, 徐升 (2222)

考虑天气和空间相关性的光伏电站输出功率修复方法  
..... 于若英, 陈宁, 苗淼, 党东升 (2229)  
微网中的蓄电池循环寿命均衡化管理..... 周天沛, 孙伟 (2237)

· 电力系统 ·

以可靠性为中心的维修策略综述及其在海上风电场运维中的应用探讨  
..... 杜勉, 易俊, 郭剑波, 程林, 马士聪, 贺庆 (2247)  
基于火电机组分级深度调峰的电力系统经济调度及效益分析  
..... 林俐, 田欣雨 (2255)  
大规模电力系统静态电压安全评估  
..... 范成国, 陈刚, 王晓茹, 伍文城 (2263)  
基于犹豫模糊决策法的电网脆弱性综合评估  
..... 王涛, 岳贤龙, 顾雪平, 孙聪, 仲悟之 (2272)  
电力市场环境下电网最大输电能力概率优化决策  
..... 祝锦舟, 张焰, 王赛一, 华月中 (2282)  
考虑通信噪声的电力系统分布式经济调度  
..... 张梦凡, 王冠中, 史涪澂, 黄民翔 (2293)  
电力系统网架重构优化中非连通方案的线路编码修正方法  
..... 宋坤隆, 谢云云, 殷明慧, 邹云, 周前, 汪成根 (2300)  
计及参数模糊性的含风电场电力系统概率潮流计算  
..... 柳志航, 卫志农, 孙国强, 臧海祥, 李逸驰 (2308)  
基于惩罚性变权最优综合评价模型的电磁环网解合环方案分析  
..... 蔡万通, 刘文颖, 张宁, 夏鹏, 史可琴, 李亚龙, 郭鹏 (2316)  
计及输入变量相关性的有源配电网可靠性概率评估三点估计数法  
..... 范婷婷, 杜松怀, 刘科研, 苏娟 (2324)  
基于测量值波动特性的 PMU 测量性能在线评价方法  
..... 熊思宇, 符玲, 张佳怡, 麦瑞坤 (2332)  
基于潮流增长率泰尔熵的脆弱支路辨识  
..... 张弘历, 李华强, 杨植雅, 李春海 (2340)

· 自动化 ·

半波长交流输电线路伴随阻抗保护  
..... 王兴国, 杜丁香, 周泽昕, 柳焕章, 郭雅蓉, 李肖 (2347)  
柔性直流配电网接地方式对故障特性的影响分析  
..... 戴志辉, 葛红波, 严思齐, 焦彦军, 陈曦 (2353)  
基于相电压电流突变量特征的配电网单相接地故障区段定位方法  
..... 常仲学, 宋国兵, 黄炜, 郭上华, 张维 (2363)

· 智能用电技术 (特约专栏主编 刘建明、杜蜀薇) ·

基于粒子校正优化的智能小区需求响应调度策略  
..... 陆俊, 彭文昊, 朱炎平, 祁兵, 崔高颖 (2370)  
居民用户需求响应行为影响因素辨识与响应特性提取  
..... 蔡琬, 顾洁, 金之俭 (2378)

· 高电压技术 ·

有屏蔽线时特高压直流输电线路地面电场与离子流场计算与分析  
..... 乔骥, 邹军, 鄂天龙, 马磊, 胡楚芸 (2386)  
500kV 防冰防雷复合绝缘子防雷特性仿真研究  
..... 王博闻, 蒋正龙, 陆佳政, 胡建平, 吴伟, 方针 (2393)  
配电网雷击防护压缩效应切分电弧游离特性  
..... 戴琦, 王巨丰, 郑传啸, 李籽剑, 丰德 (2401)

“高比例可再生能源并网”专栏征稿启事..... (2063)

声明..... (2070)

“支撑新能源跨区输送的新型电网技术”专题征稿启事..... (2123)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊  
2015 年度全国“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 41 卷 第 7 期 (总第 404 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: 010-82812523/2543/2981/2982

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

2017, Vol. 41 No. 7 (Ser. 404)

## Contents

### · Energy Internet ·

- Study on Standard System for Global Energy Interconnection** ..... Zhang Jing, Li Bin, Dai Chaobo (2055)
- Redundancy Design for Energy Router** ..... Duan Qing, Nie Shaoxiong, Sheng Wanxing, Liu Bin, Wang Dan (2064)
- Implementation of Distributed Power Routing Strategy Based on Dijkstra Algorithm in Energy Internet**  
..... Jiang Yu, Ye Hongwei, Zhang Qingsong, Wang Ke, Xu Zhipeng, Yang Rui (2071)
- Energy Internet Topology Model Based on Hybrid Complex Network** ..... Zhang Xiaokun, Sun Hongbin (2079)

### · HVDC Transmission & HVDC Grid ·

- Electromechanical Transient Model of HVDC Grids Based on Modular Multilevel Converter**  
..... Wan Lei, Tang Yong, Wu Wenchuan, Wang Tiezhu (2085)
- Potentials of Hybrid HVDC Circuit Breakers' Application to MMC-HVDC Grid**  
..... Peng Faxi, Wang Zhen, Deng Yinqiu, Zheng Chao, Song Yunting (2092)
- Analysis of DC Pole-to-Pole Short Circuit Fault Behavior in MMC-HVDC Transmission Systems With Bridge Arm Damper**  
..... Ma Huan, Yao Weizheng, Wu Jinlong, Xing Dengjiang, Yang Meijuan, Sun Shumin, Li Guanglei (2099)
- A New Type DC Flow Controller Based on MMC** ..... Li Guoqing, Bian Jing, Wang He, Wang Chaobin, Li Xingbao (2107)

### · Electricity Market ·

- Research on Demand Response Mechanism of Wind Power Local Accommodation Utilizing Energy-Intensive Loads**  
..... Wang Jian, Lu Zongxiang, Qiao Ying, Chen Zhao (2115)
- A Zonal Transmission Pricing Approach for Electricity Market in China**  
..... Chen Zheng, Xiao Jiang, Jing Zhaoxia, Zhang Xiang, Zhang Hao, Leng Yuan (2124)
- Study on Compensation Mechanism for Peak-Regulating Ancillary Service of Nuclear Units**  
..... Yang Yisheng, Zhang Jian, Feng Tiantian (2131)
- Research on Operation and Economic Efficiency Evaluation of Provincial Power Grid With Integrated Renewable Energy**  
..... Fang Yujuan, Wang Xiuli, Shi Jing, Wu Xiong, Yan Huan (2138)

### · Electric Vehicles and Energy Interconnections ·

- Multi-Agent Modeling for the Scale Evolution of Plug-in Electric Vehicles** ..... Yang Wei, Xiang Yue, Liu Junyong, Li Yuanxi (2146)
- A Study of V2G Control Strategies of Aggregated Electric Vehicles for Real-Time Demand Response Based on Hysteresis Model**  
..... Tang Jia, Wang Dan, Jia Hongjie, Gao Shuang, Song Yi, Li Juan, Sun Chongbo, Fan Menghua (2155)
- Multi-Objective Bi-Level Electric Vehicle Charging Optimization Considering User Satisfaction Degree and Distribution Grid Security** ..... Wang Xingxing, Zhao Jinquan, Wang Ke, Yao Jianguo, Yang Shengchun, Feng Shuhai (2165)
- Destination Oriented Electric Vehicle Charging Guiding Strategy** ..... Huang Jing, Yang Jianwei, Wang Xiang, He Zhengyou (2173)

### · Renewable Energy Generation and Integration ·

- Evaluation of Renewable Energy Integration Capability and Network Expansion Planning Based on Situation Awareness Theory**  
..... Shi Zhiping, Wang Zhimin, Wu Weiping, Wang Xuran, Hu Zechun (2180)
- Assessment of Renewable Energy Accommodation Based on System Flexibility Analysis**  
..... Li Zeheng, Chen Lei, Lu Xiaomin, Zhang Yiwei, Xu Fei, Yan Gangui, Qi Jun, Hou Youhua, Wang Xiaohai (2187)
- Review on Large-Disturbance Transient Stability Research of Microgrid With Multiple Energy Resources and Multiple Conversions** ..... Zhao Zhuoli, Yang Ping, Xu Zhirong, Wang Yuewu (2195)
- Master-Slave Control Strategy for Parallel Operation of Multiple DC Micro-Source Based on Current Tracking**  
..... Tu Chunming, Xiong Songhui, Xiao Fan, Lan Zheng, Jiang Fei, Wu Liangui, Liu Bei (2205)
- Static Voltage Stability and Weak Bus Analysis of Islanded Microgrids Considering Static Voltage/Frequency Characteristics**  
..... Pan Zhongmei, Liu Jian, Shi Meng, Tong Xiangqian (2214)
- Reliability Evaluation of Distribution Network With Microgrid Based on Multi-State Energy Storage Model**  
..... Yan Tao, Tang Wei, Wang Yue, Zhang Xianliang, Xu Sheng (2222)
- A Repair Method for PV Power Station Output Data Considering Weather and Spatial Correlations**  
..... Yu Ruoying, Chen Ning, Miao Miao, Dang Dongsheng (2229)
- Battery Cycle Life Equalization Management in Microgrid** ..... Zhou Tianpei, Sun Wei (2237)

### · Power System ·

- Review on Reliability Centered Maintenance Strategy and Applications to Offshore Wind Farm Operation and Maintenance**  
..... Du Mian, Yi Jun, Guo Jianbo, Cheng Lin, Ma Shicong, He Qing (2247)

---

<b>Analysis of Deep Peak Regulation and Its Benefit of Thermal Units in Power System With Large Scale Wind Power Integrated</b>	Lin Li, Tian Xinyu (2255)
<b>Static Voltage Security Assessment of Large-Scale Power System</b>	Fan Chengwei, Chen Gang, Wang Xiaoru, Wu Wencheng (2263)
<b>Comprehensive Evaluation of Power Grid Vulnerability Based on Hesitant Fuzzy Decision Making Method</b>	Wang Tao, Yue Xianlong, Gu Xueping, Sun Cong, Zhong Wuzhi (2272)
<b>Probabilistic Optimal Decision-Making for Total Transfer Capability Under Electricity Market</b>	Zhu Jinzhou, Zhang Yan, Wang Saiyi, Hua Yueshen (2282)
<b>Distributed Economic Dispatch for Power Systems Considering Communication Noise</b>	Zhang Mengfan, Wang Guanzhong, Shi Cenwei, Huang Minxiang (2293)
<b>Coding Rectification Method of Transmission Lines in Network Reconfiguration Optimization of Power System</b>	Song Kunlong, Xie Yunyun, Yin Minghui, Zou Yun, Zhou Qian, Wang Chenggen (2300)
<b>Probabilistic Power Flow Calculation of Power System With Wind Farms Considering Fuzzy Parameters</b>	Liu Zhihang, Wei Zhinong, Sun Guoqiang, Zang Haixiang, Li Yichi (2308)
<b>Analysis of Electromagnetic Loop Network on Loop Closing or Opening Based on Model of Optimal Comprehensive Evaluation With Punitive Variable Weight</b>	Cai Wantong, Liu Wenyong, Zhang Ning, Xia Peng, Shi Keqin, Li Yalong, Guo Peng (2316)
<b>Probabilistic Reliability Evaluation of Active Distribution Network Based on Three-Point Estimate Method Considering Correlation of Input Variables</b>	Fan Tingting, Du Songhuai, Liu Keyan, Su Juan (2324)
<b>Online Assessment for PMU Measurement Performance Based on Phasor Measurement Volatility Characteristics</b>	Xiong Siyu, Fu Ling, Zhang Jiayi, Mai Ruikun (2332)
<b>Identification of Vulnerable Line Based on The Theil Entropy of Flow Growth Rate</b>	Zhang Hongli, Li Huaqiang, Yang Zhiya, Li Chunhai (2340)
<b>· Automation ·</b>	
<b>Adjugate Impedance Protection of Half-Wavelength AC Transmission Line</b>	Wang Xingguo, Du Dingxiang, Zhou Zexin, Liu Huanzhang, Guo Yarong, Li Xiao (2347)
<b>Effects of Grounding Mode on Fault Characteristics in Flexible DC Distribution System</b>	Dai Zhihui, Ge Hongbo, Yan Siqi, Jiao Yanjun, Chen Xi (2353)
<b>Phase Voltage and Current Fault Components Based Fault Segment Location Method Under Single-Phase Earth Fault in Distribution Network</b>	Chang Zhongxue, Song Guobing, Huang Wei, Guo Shanghua, Zhang Wei (2363)
<b>· Smart Electricity Consumption Technology ·</b>	
<b>A Scheduling Strategy Based on Particle Correction for Intelligent Power Demand Response</b>	Lu Jun, Peng Wenhao, Zhu Yanping, Qi Bing, Cui Gaoying (2370)
<b>Study on Factor Identification and Feature Extraction of Residential Demand Response Behavior</b>	Cai Long, Gu Jie, Jin Zhijian (2378)
<b>· High Voltages ·</b>	
<b>Calculation of Ground-Level Electric Field and Ion Flow of HVDC Transmission Lines With Shield Wires</b>	Qiao Ji, Zou Jun, E Tianlong, Ma Lei, Hu Chuyun (2386)
<b>Simulation Study of Lightning Protection Performance of 500 kV Anti-Icing and Anti-Thunder Composite Insulator</b>	Wang Bowen, Jiang Zhenglong, Lu Jiazheng, Hu Jianping, Wu Wei, Fang Zhen (2393)
<b>Research on Characteristic of Free Arc Segmented by Compression Effects of Distribution Network Lightning Protection</b>	Dai Qi, Wang Jufeng, Zheng Chuanxiao, Li Zijian, Feng De (2401)

---

**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