

## 《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 汪槩生

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

### · 支撑新能源跨区输送的新型电网技术 (特约专栏主编 曾平良、周勤勇) ·

扎鲁特—青州特高压直流输电工程投运后东北电网的稳定特性及控制措施研究.....于强, 孙华东, 仲悟之, 顾卓远, 贾俊川, 易俊 (2023)

送端系统机群摆动对直流功率恢复特性影响研究

.....顾卓远, 张健, 易俊, 刘楠, 于强 (2030)

大规模风电与直流综合作用对送端系统暂态稳定影响机理

.....江琴, 刘天琪, 曾雪洋, 艾青, 印月, 刘明忠 (2038)

基于统计学特征的新能源纳入西北电网备用研究

.....张振宇, 孙骁强, 万筱钟, 张小奇, 任景 (2047)

考虑锁相环动态的柔性直流输电机电暂态模型

.....王铁柱, 卜广全, 董毅峰, 侯俊贤, 王毅, 穆世霞 (2055)

柔性直流电网直流线路故障主动限流控制

.....周猛, 向往, 林卫星, 文劲宇, 左文平 (2062)

半波长输电线路潜供电弧工频谐振作用机理及优化控制方案

.....张媛媛, 王毅, 韩彬, 宋修友, 班连庚, 项祖涛, 宋瑞华 (2073)

具有暂态阻尼特性的虚拟同步发电机控制策略及无缝切换方法

.....李新, 刘国梁, 杨再晨, 陈国柱 (2081)

基于 Crowbar 串联电容的双馈风机低电压穿越综合控制策略

.....孙丽玲, 王艳娟 (2089)

新一代调相机与电力电子无功补偿装置在特高压交直流电网中应用的比较.....金一丁, 于钊, 李明节, 蒋维勇 (2095)

### · 国家重点研发计划 ·

以促进可再生能源消纳为目标的我国西北-西南联网容量与送电时序研究

.....吴迪, 王佳明, 李晖, 王智冬, 张宁, 康重庆 (2103)

考虑风电不确定度的风-火-水-气-核-抽水蓄能多源协同旋转备用优化

.....梁子鹏, 陈皓勇, 雷佳, 张聪, 赵文猛 (2111)

考虑相关性的大规模风光互补电网扩展规划

.....李晖, 高涵宇, 张艳, 艾欣 (2120)

提升配电网电压质量的分布式储能经济优化配置方法

.....陈厚合, 刘丽娜, 姜涛, 李雪, 张儒峰, 李国庆 (2127)

多电压等级不平衡主动配电网电压无功自适应多目标协调优化

.....符杨, 周晓鸣, 苏向敬 (2136)

模块化多电平变流器直流短路故障电流计算

.....段国朝, 王跃, 尹太元, 尹诗媛, 李广磊, 孙树敏 (2145)

带电盐雾环境对复合绝缘子硅橡胶材料闪络特性的影响

.....张志劲, 李晨, 梁田, 张翼, 刘小欢 (2153)

### · 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) ·

大规模集群可再生能源有功分层协调控制策略

.....施贵荣, 孙荣富, 徐海翔, 乔颖 (2160)

计及非常规调峰的省级电网调峰形势评估

.....王恺文, 朱全胜, 吕泉, 王海霞 (2168)

考虑电网背景谐波影响的直驱风电机组谐波电流建模与分析

.....李庆, 程鹏, 王伟胜, 周骥, 吴超 (2178)

考虑低电压穿越全过程的双馈风电机组短路电流计算方法  
 .....杨国生, 王增平, 欧阳金鑫, 王晓阳, 郑迪, 熊小伏 (2185)  
 风功率预测误差的 TLS 模型矩估计方法研究  
 .....杨宏, 闫晓然, 闫玉杰, 张铁峰 (2193)  
 神经网络技术在风电机组 SCADA 数据分析中的应用研究  
 .....杜勉, 易俊, 郭剑波, 程林, 马士聪, 贺庆 (2200)  
 考虑补贴的独立微网容量配置优化方法  
 .....潘文霞, 李建成, 方坤豪 (2206)

· 电力市场 (特约专栏主编 李永刚、张粒子) ·

考虑网络外部性的电力增值服务销售策略模型  
 .....王占洋, 赵文会, 高鹏, 赵文哲, 钟孔露 (2213)  
 考虑市场过渡和中长期合约电量分解的水火电短期多目标发电调度  
 .....苗树敏, 罗彬, 申建建, 程春田, 李刚, 孙永军 (2221)  
 面向智能化调度的微网群能量耦合协调控制策略及仿真分析  
 .....王尧, 李欢欢, 鞠立伟, 谭忠富, 喻小宝 (2232)  
 基于在线序列极限支持向量回归的短期负荷预测模型  
 .....蒋敏, 顾东健, 孔军, 田易之 (2240)

· 电力系统 ·

面向调控云的电力调度通用数据对象结构化设计及应用.....许洪强 (2248)  
 锡泰直流工程分层接入 500/1000 kV 交流电网仿真计算与现场系统试验  
 结果分析.....杨万开, 贾一超, 雷霄 (2255)  
 发电机励磁辅助控制功能对特高压直流送端动态无功支撑能力的影响  
 研究.....赵峰, 吴涛, 谢欢, 代倩, 梁浩 (2262)  
 基于核主成分分析的智能电网在线虚假数据注入攻击  
 .....李元诚, 邱日轩, 曾婧 (2270)  
 变结构条件下智能配电软开关暂态快速仿真方法  
 .....王天昊, 李鹏, 于浩, 宋毅, 王成山 (2279)  
 基于自适应阈值和奇异值分解的电能质量扰动检测新方法  
 .....杨晓梅, 罗月婉, 肖先勇, 郭朝云 (2286)  
 台风环境下考虑地理高程信息的输电通道结构失效故障概率评估方法  
 .....陈莹, 王松岩, 陈彬, 徐泰山, 郁琛, 于继来 (2295)  
 基于 E-L 模型的 Z 源 T 型逆变器无源控制策略研究  
 .....李涛, 程启明, 程尹曼, 孙伟莎, 陈路 (2303)  
 基于物理-信息-价值的能源区块链分析  
 .....宁晓静, 张毅, 林湘宁, 魏繁荣, 程晨 (2312)  
 电网多火点山火灾害灭火装备优化调配模型  
 .....简洲, 陆佳政, 郭俊, 吴传平 (2324)

· 高电压技术 ·

160 kV 超快速机械式高压直流断路器的研制  
 .....张祖安, 黎小林, 陈名, 何俊佳, 李岩, 等 (2331)  
 南澳多端柔性直流输电工程高压直流断路器本体故障控制保护策略研究  
 及验证.....黄润鸿, 朱喆, 陈俊, 陈名, 邹常跃, 许树楷 (2339)  
 香港地区雷电风速联合分布.....苏盛, 陈浩, 陈晓国, 等 (2346)  
 基于短间隙模型的直流输电线路极间短路电弧运动仿真研究  
 .....王胜辉, 詹振宇, 陈维江, 杨广华, 王华倩, 邓畅宇, 律方成 (2353)  
 采用频域介电谱法的高压干式套管屏间局部绝缘劣化诊断  
 .....陈铭, 刘轩东, 李原, 吴治诚, 汤浩, 李金忠 (2359)  
 特高压直流接地极线路内部过电压机理及特性分析  
 .....刘守豹, 张星海, 曾宏, 雷满, 廖文龙 (2366)

《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 7 期 (总第 416 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 頔 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 \* 350 \* zh \* P \* ¥80.00 \* 20000 \* 44 \* 2018-07 版权所有 未经许可不得转载及上网

# POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2018, Vol. 42 No. 7 (Ser. 416)

## Contents

### • Novel Technologies for Transregional Transmission of Massive Renewable Power •

- Stability Characteristics and Control Measures of Northeast Power Grid Integrated With Zhalute-Qingzhou UHVDC Transmission Project** ..... Yu Qiang, Sun Huadong, Zhong Wuzhi, Gu Zhuoyuan, Jia Junchuan, Yi Jun (2023)
- Study on Impacts of Generator Cluster Swing in Sending-End Grid on DC Recovery Characteristics** ..... Gu Zhuoyuan, Zhang Jian, Yi Jun, Liu Nan, Yu Qiang (2030)
- Influence Mechanism of Comprehensive Action of Large-Scale Wind Power and HVDC Transmission System on Sending System Transient Stability** ..... Jiang Qin, Liu Tianqi, Zeng Xueyang, Ai Qing, Yin Yue, Liu Mingzhong (2038)
- Research on Reserve of Northwest Power Grid Considering Renewable Energy Based on Statistical Characteristics** ..... Zhang Zhenyu, Sun Xiaoqiang, Wan Xiaozhong, Zhang Xiaoqi, Ren Jing (2047)
- Electromechanical Transient Model of VSC-HVDC Considering Dynamics of Phase-Locked Loop** ..... Wang Tiezhu, Bu Guangquan, Dong Yifeng, Hou Junxian, Wang Yi, Mu Shixia (2055)
- Active Current-Limiting Control to Handle Overhead Line Fault in DC Grid** ..... Zhou Meng, Xiang Wang, Lin Weixing, Wen Jinyu, Zuo Wenping (2062)
- Power Frequency Resonance Mechanism of Secondary Arc and Its Optimal Control Scheme for Half-Wave Length Transmission Lines** ..... Zhang Yuanyuan, Wang Yi, Han Bin, Song Xiuyou, Ban Liangeng, Xiang Zutao, Song Ruihua (2073)
- VSG Control Strategy With Transient Damping Term and Seamless Switching Control Method** ..... Li Xin, Liu Guoliang, Yang Ranchen, Chen Guozhu (2081)
- LV Ride Through Control Strategy of Doubly Fed Induction Generator Based on Crowbar Series Capacitor** ..... Sun Liling, Wang Yanjuan (2089)
- Comparison of New Generation Synchronous Condenser and Power Electronic Reactive-Power Compensation Devices in Application in UHV DC/AC Grid** ..... Jin Yiding, Yu Zhao, Li Mingjie, Jiang Weiyong (2095)

### • National Key Research and Development Program of China •

- Research on Capacity and Delivery Sequence of Interconnected Northwestern-Southwestern Power Grid Towards Renewable Energy Accommodation** ..... Wu Di, Wang Jiaming, Li Hui, Wang Zhidong, Zhang Ning, Kang Chongqing (2103)
- A Multi-Source Coordinated Spinning Reserve Model Considering Wind Power Uncertainty** ..... Liang Zipeng, Chen Haoyong, Lei Jia, Zhang Cong, Zhao Wenmeng (2111)
- Expansion Planning of Large Scale Hybrid Wind-Photovoltaic Transmission Network Considering Correlation** ..... Li Hui, Gao Hanyu, Zhang Yan, Ai Xin (2120)
- Optimal Economic Configuration of Distributed Energy Storage Systems for Improving Voltage Quality in Distribution Network** ..... Chen Houhe, Liu Lina, Jiang Tao, Li Xue, Zhang Rufeng, Li Guoqing (2127)
- Adaptive and Coordinated Volt/Var Optimization for Unbalanced Active Distribution Networks of Multiple Voltage Levels** ..... Fu Yang, Zhou Xiaoming, Su Xiangjing (2136)
- DC Short Circuit Current Calculation for Modular Multilevel Converter** ..... Duan Guozhao, Wang Yue, Yin Taiyuan, Yin Shiyuan, Li Guanglei, Sun Shumin (2145)
- Effect of Charged Salt Fog Environment on Flashover Characteristics of Silicon Rubber for Composite Insulators** ..... Zhang Zhijin, Li Chen, Liang Tian, Zhang Yi, Liu Xiaohuan (2153)

### • Renewable Energy Generation and Integration •

- Active Power Stratification Coordination Control Strategy for Large-Scale Cluster of Renewable Energy** ..... Shi Guirong, Sun Rongfu, Xu Haixiang, Qiao Ying (2160)
- Situation Evaluation of Peak Regulation of Provincial Grid Considering Unconventional Peak Regulation** ..... Wang Kaiwen, Zhu Quansheng, Lü Quan, Wang Haixia (2168)
- Modeling and Analysis of Harmonic Currents in DDWT Considering Grid Background Harmonics** ..... Li Qing, Cheng Peng, Wang Weisheng, Zhou Qi, Wu Chao (2178)
- Short-Circuit Current Calculation Method of DFIGWT Considering Entire LVRT Process** ..... Yang Guosheng, Wang Zengping, Ouyang Jinxin, Wang Xiaoyang, Zheng Di, Xiong Xiaofu (2185)
- Research on Moment Estimation Method of TLS Distribution for Wind Power Forecast Error** ..... Yang Hong, Yan Xiaoran, Yan Yujie, Zhang Tiefeng (2193)
- Research on the Application of Neural Networks on Wind Turbine SCADA Data Analysis** ..... Du Mian, Yi Jun, Guo Jianbo, Cheng Lin, Ma Shicong, He Qing (2200)
- Optimization Method of Capacity Configuration of Standalone Microgrid Considering Subsidy** ..... Pan Wenxia, Li Jiancheng, Fang Kunhao (2206)

---

## · Electricity Market ·

### Sale Strategy Model of Electricity Value-Added Services Considering Network Externalities

..... Wang Zhanyang, Zhao Wenhui, Gao Peng, Zhao Wenzhe, Zhong Konglu (2213)

### Short-Term Multi-Objective Hydro-Thermal Generation Dispatch Considering Electricity Market Transition and Mid-and

Long-Term Contract Decomposition ..... Miao Shumin, Luo Bin, Shen Jianjian, Cheng Chuntian, Li Gang, Sun Yongjun (2221)

### Coordinated Energy Coupling Control Strategy and Simulation Analysis of Microgrid Cluster for Intelligent Scheduling

..... Wang Yao, Li Huanhuan, Ju Liwei, Tan Zhongfu, Yu Xiaobao (2232)

### Short-Term Load Forecasting Model Based on Online Sequential Extreme Support Vector Regression

..... Jiang Min, Gu Dongjian, Kong Jun, Tian Yizhi (2240)

## · Power System ·

### Structured Design and Application of Power Dispatching Universal Data Object for Dispatching and Control Cloud

..... Xu Hongqiang (2248)

### Analysis of Simulation Calculation and On-site System Test Results for Xitai UHVDC Project With Hierarchical Connection to 500 kV/1000 kV AC Grid

..... Yang Wankai, Jia Yichao, Lei Xiao (2255)

### Study on Effect of Generator Excitation Auxiliary Control on Dynamic Reactive Power Support Capability of UHVDC

Transmission Sending System ..... Zhao Feng, Wu Tao, Xie Huan, Dai Qian, Liang Hao (2262)

### Blind Online False Data Injection Attack Using Kernel Principal Component Analysis in Smart Grid

..... Li Yuancheng, Qiu Rixuan, Zeng Jing (2270)

### A Fast Algorithm of Electromagnetic Transient Simulation for Soft Open Points With Variable Structure Conditions

..... Wang Tianhao, Li Peng, Yu Hao, Song Yi, Wang Chengshan (2279)

### A New Detection Approach of Power Quality Disturbances Based on Adaptive Threshold and Singular Value Decomposition

..... Yang Xiaomei, Luo Yuewan, Xiao Xianrong, Guo Chaoyun (2286)

### Evaluation of the Failure Probability of Power Transmission Corridors During Typhoons Using Digital Elevation Information

..... Chen Ying, Wang Songyan, Chen Bin, Xu Taishan, Yu Chen, Yu Jilai (2295)

### Research on Passivity-Based Control Strategy of Z-Source T-Type Inverter Based on E-L Model

..... Li Tao, Cheng Qiming, Cheng Yinman, Sun Weisha, Chen Lu (2303)

### Energy Blockchain System Based on Integrated Physical-Cyber-Value Perspectives

..... Ning Xiaojing, Zhang Yia, Lin Xiangningb, Wei Fanrongb, Cheng Chena (2312)

### Optimal Dispatch Model of Fire Extinguishing Equipment for Electric Grid Under Wild Fire Disaster With Multiple Fire Points

..... Jian Zhou, Lu Jiazheng, Guo Jun, Wu Chuanping (2324)

## · High Voltages ·

### Research and Development of 160 kV Ultra-Fast Mechanical HVDC Circuit Breaker

..... Zhang Zu'an, Li Xiaolin, Chen Ming, He Junjia, Li Yan, et al (2331)

### Research and Experimental Validation of Control and Protection Strategy of HVDC Circuit Breaker in Fault Condition Application in Nan'ao Multi-Terminal VSC-HVDC System

..... Huang Runhong, Zhu Zhe, Chen Jun, Chen Ming, Zou Changyue, Xu Shukai (2339)

### Joint Probability Distribution of Lightning & Wind Speed in Hong Kong

..... Su Sheng, Chen Hao, Chen Xiaoguo, et al (2346)

### Simulation and Calculation of Pole-to-Pole Short-Circuit Arc Movement in DC Transmission Line Based on Short Air Gap Model

..... Wang Shenghui, Zhan Zhenyu, Chen Weijiang, Yang Guanghua, Wang Huaqian, Deng Changyu, Lü Fangcheng (2353)

### Local Inter-Foil Insulation Deterioration Diagnosis of RIP Bushing Based on Frequency-Domain Dielectric Spectroscopy Method

..... Chen Ming, Liu Xuandong, Li Yuan, Wu Zhicheng, Tang Hao, Li Jinzhong (2359)

### Mechanism and Characteristics of Internal Overvoltage in UHVDC Grounding Electrode Line

..... Liu Shoubao, Zhang Xinghai, Zeng Hong, Lei Xiao, Liao Wenlong (2366)

---

**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