

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

1
2018

第42卷1期
Vol.42 No.1



中国电力科学研究院有限公司
恭祝各界朋友春节如意、顺遂平安!



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

单位: 中国电力科学研究院有限公司
地址: 北京清河小营东路15号

邮编: 100192
电话: (010) 82812114

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 汪轶生
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

· 特约专稿 ·

柔性直流与直流电网仿真技术研究 贺之渊，刘栋，庞辉（1）

· 直流输电与直流电网（特约专栏主编 汤广福）·

直流电网联网设备与控制策略研究综述

..... 王渝红，阳莉汶，江伟，刘程卓，王媛（12）

基于广域量测的多直流馈入/馈出电网稳态频率控制策略研究

..... 胡益，滕予非，王晓茹（25）

多端柔性直流接入对交流系统功角稳定性的影响

..... 付强，杜文娟，王海风（34）

直流微电网 DC/DC 双向换流器时间-状态协调最优控制

..... 李鹏，李鑫明，陈安伟，李继红（41）

直流微网接地方式及新型保护原理

..... 薛士敏，齐金龙，刘冲，廉杰（48）

直流固态变压器控制技术研究 孙贺，张建成，付超，孙玉巍（56）

基于试验数据的 6250A 换流阀逆向校核分析

..... 周建辉，盛财旺，杨勇，高冲，张静，段昊，张娟娟（65）

混合式高压直流断路器型式试验及其等效性评价

..... 丁晓，汤广福，韩民晓，高冲，王高勇（72）

· 电力市场（特约专栏主编 李永刚、张粒子）·

边缘计算在电力需求响应业务中的应用展望

..... 李彬，贾滨诚，曹望璋，田世明，祁兵，孙毅，朱伟义，郑爱霞（79）

考虑多种用户价格机制下的综合型能源售电公司购电竞价策略

..... 尹龙，刘继春，高红均，宁世超，李阳（88）

基于不确定性测度的居民小区电动汽车充电分时电价制定策略

..... 杨健维，苟方杰，黄宇，何正友（96）

基于风火网非合作博弈的电力市场均衡模型

..... 赵文会，闫豪楠，何威（103）

风电商与 DR 聚合商联营对电力市场竞争的影响

..... 王睨，王留晖，张少华（110）

新电改背景下基于多属性决策的电力客户评估和选择研究

..... 曹清山，郑梦莲，丁一，宋永华（117）

· 特高压输电技术

特高压交直流接入下山东断面输电能力提高措施

..... 贺庆，张宝家，马士聪，易俊，张健，贾俊川（126）

特高压直流换流站选相合闸装置现场参数整定及测试方法

..... 李辉，刘伟良，徐浩，郭思源，刘海峰，赵永生，敖非，李刚，余斌（133）

±800kV 特高压直流穿墙套管地震模拟振动台试验研究

..... 谢强，何畅，杨振宇，卓然（140）

· 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）·

直驱永磁同步风电机组高电压穿越技术研究与试验

..... 代林旺，秦世耀，王瑞明，李少林，陈晨（147）

大规模风电并网下多区域互联系统热电综合调度模型

..... 张文韬，王秀丽，李言，钱涛（154）

计及不确定性因素的家庭并网风-光-蓄协同经济调度优化方法
.....孟安波, 林艺城, 殷豪 (162)

考虑氢能-天然气混合储能的电-气综合能源微网日前经济调度优化
.....刘继春, 周春燕, 高红均, 郭焱林, 朱雨薇 (170)

基于能源集线器的微能源网能量流建模及优化运行分析
.....马腾飞, 吴俊勇, 郝亮亮, 李玉君, 闫华光, 李德智, 陈宋宋 (179)

基于统计学方法的微网混合储能容量优化配置
.....王利猛, 刘久成, 田春光, 李国庆, 魏文震 (187)

主从控制微电网的动态区间潮流计算
.....彭寒梅, 昌玲, 郭颖聪, 李帅虎, 李辉 (195)

一种适用于孤岛运行的逆变器控制方法
.....程启明, 高杰, 程尹曼, 张宇, 余德清, 谭冯忍 (203)

光伏-蓄电池联合供电水泵系统用集成式单管 DC/DC 变换器
.....侯虚虚, 秦岭, 熊俊峰, 王亚芳, 罗松, 钱科军 (210)

含高比例户用光伏的低压配电网电压控制研究综述
.....蔡永翔, 唐巍, 徐鸣洋, 张璐 (220)

· 主动配电网关键技术研究 with 示范
(特约专栏主编 刘俊勇、刘广一) ·

主动配电网分布式无功优化控制方法.....梁俊文, 林舜江, 刘明波 (230)

基于二阶锥规划的含分布式电源配电网动态无功分区与优化方法
.....林少华, 吴杰康, 莫超, 王正卿, 郭清元 (238)

考虑可控光伏系统概率模型的主动配电网日前优化调度
.....张世达, 孙永辉, 卫志农, 孙国强, 李逸驰 (247)

用于交直流配电网的模块化多电平换流器分序补偿控制策略
.....张怀天, 荆龙, 吴学智, 王小星, 王帅 (254)

· 电力系统 ·

全过程电压稳定故障筛选和排序方法及辅助决策
.....许鹏飞, 宋墩文, 马世英, 陈勇, 仲悟之 (262)

基于局部电压稳定指标及复杂网络理论的无功电压分区方法
.....刘文通, 舒勤, 钟俊, 李欣然 (269)

大电网静态稳定主导模式在线判别方法研究
.....负志皓, 孙毓婕, 丰颖, 刘道伟 (276)

电热联合系统最优潮流研究.....刘迷欣, 戴赛, 胡林献, 丁强 (285)

基于改进 SLIQ 算法及多粒度气象信息匹配的短期负荷预测
.....李滨, 覃芳璐, 李倍存, 吴茵, 李佩杰 (291)

基于元胞负荷特性分析的 RBF 神经网络空间负荷预测方法
.....肖白, 刘庆永, 牛强, 慕雪松, 王皓 (301)

基于改进 FastICA 及偏最小二乘法的系统谐波阻抗估计
.....林顺富, 李扬, 汤波, 符杨, 李东东 (308)

气象数据驱动的架空线路载流动态定值分析
.....王艳玲, 严志杰, 梁立凯, 韩学山, 周晓峰 (315)

一种基于改进单相 Y 源逆变器的功率解耦方法
.....冉岩, 刘鸿鹏, 刘宽, 王卫 (322)

电网电压不平衡情况下三相并联型 PWM 整流器的控制策略
.....张学, 裴玮, 邓卫, 范士雄, 刘幸蔚, 孔力 (330)

· 自动化 ·

一种配电线路单端全线速动保护方案
.....宋国兵, 黄炜, 王晓卫, 常仲学, 董继民 (338)

基于距离权重向量优化模型的虚端子自动连接方法
.....王文琪, 胡炎, 赵娜, 吴聪颖 (346)

《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 42 卷 第 1 期 (总第 410 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: 010-82812523/2672/2981/2982
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

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2018, Vol. 42 No. 1 (Ser. 410)

Contents

• Special Paper •

Research of Simulation Technologies of VSC-HVDC and DC Grids..... He Zhiyuan, Liu Dong, Pang Hui (1)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Review on Equipment and Control Strategies of DC Power Grid Wang Yuhong, Yang Liwen, Jiang Wei, Liu Chengzhuo, Wang Yuan (12)

The Steady-State Frequency Control Strategy of Power Grid With Multi-Send & Multi-Infeed HVDCs Based on Wide-Area Measurement Hu Yi, Teng Yufei, Wang Xiaoru (25)

Angular Stability of Power Systems Integrated With VSC-MTDC Grid Fu Qiang, Du Wenjuan, Wang Haifeng (34)

Optimal Coordinated Time-State Control of DC/DC Bidirectional Converter in DC Microgrid Li Peng, Li Xinming, Chen Anwei, Li Jihong (41)

A Research of Grounding Mode and New Protection Principle for DC Microgrids Xue Shimin, Qi Jinlong, Liu Chong, Lian Jie (48)

Research on Control Technology of DC Solid State Transformers Sun He, Zhang Jiancheng, Fu Chao, Sun Yuwei (56)

Reverse Checking Analysis of 6250A UHVDC Converter Valve Based on Testing Data Zhou Jianhui, Sheng Caiwang, Yang Yong, Gao Chong, Zhang Jing, Duan Hao, Zhang Juanjuan (65)

Design and Equivalence Evaluation of Type Test for Hybrid DC Circuit Breaker Ding Xiao, Tang Guangfu, Han Minxiao, Gao Chong, Wang Gaoyong (72)

• Electricity Market •

Application Prospect of Edge Computing in Power Demand Response Business Li Bin, Jia Bincheng, Cao Wangzhang, Tian Shiming, Qi Bing, Sun Yi, Zhu Weiwei, Zheng Aixia (79)

Study on Bidding Strategy of Comprehensive Power Retailer Under Multiple User-Price Mechanisms Yin Long, Liu Jichun, Gao Hongjun, Ning Shichao, Li Yang (88)

Residential Area Electric Vehicle Charging Pricing Strategy Based on Uncertainty Measure Yang Jianwei, Gou Fangjie, Huang Yu, He Zhengyou (96)

Equilibrium Model of Electricity Market Based on Non-Cooperative Game of Wind Farms, Thermal Power Plants and Power Grid Company Zhao Wenhui, Yan Haonan, He Wei (103)

Impacts of Cooperation Between Wind Power Producer and DR Aggregator on Electricity Market Equilibrium Wang Xian, Wang Liuhui, Zhang Shaohua (110)

Multi-Attribute Decision Making Model for Customer Evaluation and Selection in Electricity Market Cao Qingshan, Zheng Menglian, Ding Yi, Song Yonghua (117)

• Ultra High Voltages Transmission •

Research on Measures Increasing Transmission Capacity of Shandong Section Under UHV AC/DC Access He Qing, Zhang Baojia, Ma Shicong, Yi Jun, Zhang Jian, Jia Junchuan (126)

On-Site Parameter Setting and Testing Method for Phase-Selection Switching-on Control Device of UHVDC Converter Station Li Hui, Liu Weiliang, Xu Hao, Guo Siyuan, Liu Haifeng, Zhao Yongsheng, Ao Fei, Li Gang, Yu Bin (133)

Shaking Table Tests on ± 800 kV UHV DC Wall Bushing Xie Qiang, He Chang, Yang Zhenyu, Zhuo Ran (140)

• Renewable Energy Generation and Integration •

Research and Experiment on High Voltage Ride Through for Direct-Drive PMSG-Based Wind Turbines Dai Linwang, Qin Shiyao, Wang Ruiming, Li Shaolin, Chen Chen (147)

An Analysis Model of Multi-Area Interconnected Power Systems With Large-Scale Wind Power Involved in Comprehensive Heating and Power System Scheduling Zhang Wentao, Wang Xiuli, Li Yan, Qian Tao (154)

Synergetic Scheduling Optimization Method of Grid-Connected Home Wind-Solar-Storage System Considering Uncertainty Factors Meng Anbo, Lin Yicheng, Yin Hao (162)

A Day-Ahead Economic Dispatch Optimization Model of Integrated Electricity-Natural Gas System Considering Hydrogen-Gas Energy Storage System in Microgrid Liu Jichun, Zhou Chunyan, Gao Hongjun, Guo Yanlin, Zhu Yuwei (170)

Energy Flow Modeling and Optimal Operation Analysis of Micro Energy Grid Based on Energy Hub Ma Tengfei, Wu Junyong, Hao Liangliang, Li Yujun, Yan Huaguang, Li Dezhi, Chen Songsong (179)

Capacity Optimization of Hybrid Energy Storage in Microgrid Based on Statistic Method Wang Limeng, Liu Jiucheng, Tian Chunguang, Li Guoqing, Wei Wenzhen (187)

Dynamic Interval Power Flow Calculation of Microgrid Under Master-Slave Control	Peng Hanmei, Chang Ling, Guo Yingcong, Li Shuaihu, Li Hui (195)
An Inverter Control Method for Islanding Operation	Cheng Qiming, Gao Jie, Cheng Yinman, Zhang Yu, Yu Deqing, Tan Fengren (203)
Single-Switch Integrated DC/DC Converter for Photovoltaic-Battery-Powered Water Pumping System	Hou Xuxu, Qin Ling, Xiong Junfeng, Wang Yafang, Luo Song, Qian Kejun (210)
Review of Voltage Control Research in LV Distribution Network With High Proportion of Residential PVs	Cai Yongxiang, Tang Wei, Xu Ouyang, Zhang Lu (220)
• Research and Demonstration on Key Technologies of Active Distribution Network •	
A Method for Distributed Optimal Reactive Power Control of Active Distribution Network	Liang Junwen, Lin Shunjiang, Liu Mingbo (230)
Dynamic Partition and Optimization Method for Reactive Power of Distribution Networks With Distributed Generation Based on Second-Order Cone Programming	Lin Shaohua, Wu Jiekang, Mo Chao, Wang Zhengqing, Guo Qingyuan (238)
Day-Ahead Optimal Scheduling for Active Distribution Network Considering Controllable Photovoltaic System via Probability Model	Zhang Shida, Sun Yonghui, Wei Zhinong, Sun Guoqiang, Li Yichi (247)
Sequence Decomposition and Compensation Control Strategy of MMC for AC and DC Distribution Network	Zhang Huaitian, Jing Long, Wu Xuezhi, Wang Xiaoxing, Wang Shuai (254)
• Power System •	
Full-Dynamic Voltage Stability Contingency Screening and Ranking Method and Control Strategy	Xu Pengfei, Song Dunwen, Ma Shiying, Chen Yong, Zhong Wuzhi (262)
A New Algorithm for Partitioned Regulation Based on Local Voltage Stability Index and Complex Network Theory	Liu Wentong, Shu Qin, Zhong Jun, Li Xinran (269)
Research on Online Identification Method of Dominant Steady State Stability Mode of Large Power Systems	Yun Zhihao, Sun Yujie, Feng Ying, Liu Daowei (276)
Study on Optimal Power Flow of Combined Electro-Thermal System	Liu Shuxin, Dai Sai, Hu Linxian, Ding Qiang (285)
Short-Term Load Forecasting Based on Improved SLIQ Algorithm and Multi-Granularity Meteorological Information Matching	Li Bin, Qin Fanglu, Li Beicun, Wu Yin, Li Peijie (291)
A Spatial Load Forecasting Method Based on RBF Neural Network and Cellular Load Characteristics Analysis	Xiao Bai, Liu Qingyong, Niu Qiang, Qi Xuesong, Wang Hao (301)
System Harmonic Impedance Estimation Based on Improved FastICA and Partial Least Squares	Lin Shunfu, Li Yang, Tang Bo, Fu Yang, Li Dongdong (308)
Dynamic Rating Analysis of Overhead Line Loadability Driven by Meteorological Data	Wang Yanling, Yan Zhijie, Liang Likai, Han Xueshan, Zhou Xiaofeng (315)
A Power Decoupling Solution Based on Improved Single-Phase Y-Source Inverter	Ran Yan, Liu Hongpeng, Liu Kuan, Wang Wei (322)
Control Strategy of Three-Phase Parallel PWM Rectifier Under Unbalanced Grid Voltage	Zhang Xue, Pei Wei, Deng Wei, Fan Shixiong, Liu Xingwei, Kong Li (330)
• Automation •	
A Whole-Line Quick-Action Protection Scheme for Distribution Lines Based on Single-End Electrical Parameters	Song Guobing, Huang Wei, Wang Xiaowei, Chang Zhongxue, Dong Jimin (338)
Automatic Connection Method of Virtual Terminators Based on Optimization Model of Distance Weight Vectors	Wang Wenqi, Hu Yan, Zhao Na, Wu Congying (346)

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
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

万方数据

国内统一刊号：CN11-2410/TM 广告经营许可证号：京海工商广字第0168号 境内定价：每册80.00元 全年：960元 邮发代号：国内82-604/国外1474M