



Q K 1 8 2 0 1 7 2

ISSN 1000-3673

CN 11-2410/TM

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY



第41卷8期

Vol.41 No.8

SGIT 国网信通产业集团
STATE GRID INFO & TELECOM GROUP

棋 立足能源 行 天下

运维

芯片

通信

数据

咨询

信息

互联·共享 让能源更智慧

+86-10-53727219

网址: <http://www.sgitg.sgcc.com.cn>

地址: 北京市昌平区未来科技城国家电网园区C座



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
KL 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 汪樵生
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

· 直流输电与直流电网（特约专栏主编 汤广福）·

中欧高压直流电网技术论坛综述

..... 安婷, Bjarne Andersen, Norman MacLeod, 王伟男 (2407)

应用于南澳多端柔性直流工程中的高压直流断路器关键技术参数研究

..... 张祖安, 黎小林, 陈名, 黄莹, 许树楷, 赵晓斌 (2417)

受端分层特高压直流阀区保护优化策略

..... 刘孝辉, 赵森林, 阮思辉, 张庆武, 卢东斌, 王振曦, 王永平 (2423)

含 VSC-HVDC 的交直流系统电压稳定分析与控制

..... 陈厚合, 黄亚磊, 姜涛, 李雪, 李国庆 (2429)

混合双馈入直流输电系统中 LCC-HVDC 对 VSC-HVDC 系统强度的影响

..... 倪晓军, 赵成勇, 郭春义, 刘栋 (2436)

MMC-HVDC 系统冗余容错模型预测控制

..... 刘英培, 杨海悦, 梁海平, 王敬海, 王正平, 赵玮 (2443)

不对称电网电压下 VSC-HVDC 模型预测直接功率控制

..... 梁营玉 (2455)

· 电力市场（特约专栏主编 李永刚、张粒子）·

基于风险节点电价的互联系统分散协同调度方法

..... 何宇斌, 郭嘉, 沈俭荣, 郭创新, 朱炳铨, 徐立中 (2462)

多微电网参与下的配电侧电力市场竞价博弈方法

..... 刘一欣, 郭力, 王成山 (2469)

基于信息互动的分布式可再生能源多代理交易竞价模型

..... 左坤雨, 刘友波, 向月, 刘俊勇, 刘文亮, 熊军, 唐早 (2477)

基于合作博弈论的常规能源与新能源发电权置换交易模式研究

..... 何永秀, 宋栋, 夏天, 刘文雅 (2485)

· 电力系统 ·

强直弱交的定义、内涵与形式及其应对措施

..... 郑超, 马世英, 申旭辉, 刘道伟 (2491)

电力系统功角失稳与局部感应电动机失稳相互影响机理分析

..... 顾卓远, 汤涌, 易俊, 于强, 沈政委, 王一哲, 李英彪 (2499)

用于电网安全校正的传输线切换策略研究综述

..... 李明扬, 方连航, 赵千川, 朱望诚, 万信书 (2506)

基于特征椭圆和支持向量机复合映射的暂态稳定预测模型

..... 杨跃, 刘俊勇, 黄媛, 刘友波, 刘挺坚, 魏巍 (2514)

基于矩阵对角化的电磁暂态时间并行计算方法

..... 汪芳宗, 王永, 宋墩文, 杨学涛, 宋新立 (2521)

考虑系统内部扰动的戴维南等值参数跟踪方法

..... 李东东, 尹睿, 杨银台, 程云志, 林顺富, 杨帆, 边晓燕 (2528)

基于模块化功率注入模型的含 UPFC 电力系统潮流算法研究

..... 王毅, 董毅峰, 侯俊贤, 汤涌, 李海峰 (2537)

基于 Hamilton 系统方法的 VSG 控制研究

..... 马燕峰, 俞人楠, 刘会强, 赵书强 (2543)

风电参与一次调频下电力系统的动态潮流计算

..... 彭寒梅, 吕玲, 郭颖聪, 李帅虎 (2553)

双馈风机接入对电力系统失步振荡中心迁移的影响

..... 刘佳乐, 唐飞, 廖清芬, 刘添尘, 王一哲, 唐旭辰 (2561)

美国智能电网测试环境发展特点和行动策略

..... 朱晓燕, 陈晰, 陈星莺, 史迪 (2569)

基于典型故障与环境场景关联识别的城市配电网运行风险预警方法	徐特威, 鲁宗相, 乔颖, 邹俭, 何维国, 郭睿 (2577)
基于最优分割法的含 DG 配电网动态无功优化	李玉琦, 耿光飞, 温渤婴, 李秀磊, 陆凌芝, 魏子睿 (2585)
基于随机森林理论的配电变压器重过载预测	贺建章, 王海波, 李知祥, 孟祥君, 张涛 (2593)
高速铁路牵引负荷谐波分布的非参数估计模型与预测评估	陈民武, 刘洋, 韩旭东, 周应东, 张丽艳 (2598)
基于 StatRF 改进单周控制的谐波滤波器	王磊, 韩肖清, 杨宇, 孟润泉, 王鹏 (2604)
· 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) ·	
基于云模型的用户群负荷调控算法	孙毅, 杨艳敏, 许鹏, 李彬, 陈宋宋, 崔高颖 (2611)
考虑高载能负荷无功特性的高载能-新能源协调调度	晋宏杨, 王维洲, 梁琛, 李晓辉, 孙宏斌, 王彬 (2618)
基于实测数据的大型风电场功率模型研究	潘超, 秦本双 (2625)
超级电容在风电场相变储输一体化系统中的应用及特性分析	朱三立, 卢继平, 梁沛 (2632)
计及系统动态可靠性评估的光伏电站储能经济配置	梁琛, 王鹏, 韩肖清, 秦文萍, 王猛, 宋述勇, 王金浩 (2639)
含电动汽车的微网鲁棒经济调度	梁子鹏, 陈皓勇, 王勇超, 张聪, 郑晓东, 万楚林 (2647)
基于多智能体系统的微网功率经济分配方法	胡健, 马皓 (2657)
主从控制下直流微电网稳定性分析及有源阻尼控制方法	胡辉勇, 王晓明, 于淼, 彭勇刚, 韦巍, 朱文广 (2664)
基于改进型参考滤波电感电流的微电网限流策略	高杰, 程启明, 谭冯忍, 王晓卫, 余德清, 张宇 (2672)
基于改进虚拟同步发电机算法的微网逆变器二次调频方案	李斌, 周林, 余希瑞, 郑晨, 刘晋宏 (2680)
基于模块化多电平变流器的电池储能系统荷电状态均衡控制策略	郭龙, 梁晖, 张维戈 (2688)
考虑迟滞效应影响的动力锂离子电池特性建模	黄凯, 郭永芳, 李志刚 (2695)
· 自动化 ·	
输电线路不对称短路故障关键暂态信息获取方法	梁涵卿, 刘亚东, 盛戈皞, 刘宗杰, 江秀臣 (2702)
配电台区建设与改造智能决策系统设计和实现	段祥骏, 王金丽, 冯德志, 李运硕, 寇凌峰, 王利, 赵晓龙 (2709)
· 高电压技术 ·	
海岸效应对电网地磁感应电流的影响	刘春明, 林晨翔, 王小宁, 李雪, 李文 (2716)
大型无人机电力巡检 LiDAR 点云安全距离诊断方法	陈驰, 彭向阳, 宋爽, 王柯, 钱金菊, 杨必胜 (2723)
染污复合绝缘子受潮过程中特征量 K_{h10} 理论分析	郑广君, 戴罕奇, 张春雷, 谷哲飞, 赵新历, 王海波, 王黎明 (2731)
基于深度信念网络的变压器油中溶解气体浓度预测方法	代杰杰, 宋辉, 杨祎, 陈玉峰, 盛戈皞, 江秀臣 (2737)
“高比例可再生能源并网”专栏征稿启事	(2490)
“支撑新能源跨区输送的新型电网技术”专题征稿启事	(2498)

《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 8 期 (总第 405 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 * 336 * zh * P * ¥ 80.00 * 20000 * 45 * 2017-08 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2017, Vol. 41 No. 8 (Ser. 405)

Contents

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Overview of Sino-European HVDC Grid Technical Forum
..... An Ting, Bjarne Andersen, Norman Macleod, Wang Weinan (2407)

Research on Critical Technical Parameters of HVDC Circuit Breakers Applied in Nan’ao Multi-Terminal VSC-HVDC Project
..... Zhang Zu’An, Li Xiaolin, Chen Ming, Huang Ying, Xu Shukai, Zhao Xiaobin (2417)

Optimal Strategies of Valve Protection of UHVDC With Hierarchical Connection Structure
..... Liu Xiaohui, Zhao Senlin, Ruan Siye, Zhang Qingwu, Lu Dongbin, Wang Zhenxi, Wang Yongping (2423)

Voltage Stability Analysis and Control for AC/DC System With VSC-HVDC
..... Chen Houhe, Huang Yalei, Jiang Tao, Li Xue, Li Guoqing (2429)

Effects of LCC-HVDC on System Strength of VSC-HVDC in Hybrid Dual-Infeed HVDC System
..... Ni Xiaojun, Zhao Chengyong, Guo Chunyi, Liu Dong (2436)

Redundancy Fault-Tolerant Based Model Predict Control of MMC-HVDC System
..... Liu Yingpei, Yang Haiyue, Liang Haiping, Wang Jinghai, Wang Zhengping, Zhao Wei (2443)

A Model Predictive Direct Power Control for VSC-HVDC Under Unbalanced Grid Voltages
..... Liang Yingyu (2455)

• Electricity Market •

Decentralized Synergetic Dispatch of Interconnected Power Systems With Risk-Based Locational Marginal Price
..... He Yubin, Guo Jia, Shen Jianrong, Guo Chuangxin, Zhu Bingquan, Xu Lizhong (2462)

Optimal Bidding Strategy for Microgrids in Electricity Distribution Market
..... Liu Yixin, Guo Li, Wang Chengshan (2469)

Multi-Agent Transaction Bidding Model for Distributed Renewable Energy Based on Information Interaction
..... Zuo Kunyu, Liu Youbo, Xiang Yue, Liu Junyong, Liu Wenliang, Xiong Jun, Tang Zao (2477)

Mode of Generation Right Trade Between Renewable Energy and Conventional Energy Based on Cooperative Game Theory
..... He Yongxiu, Song Dong, Xia Tian, Liu Wenya (2485)

• Power System •

Definition, Connotation and Form of Strong HVDC and Weak AC and Countermeasures for Stable Operation of Hybrid Power Grid
..... Zheng Chao, Ma Shiyang, Shen Xuhui, Liu Daowei (2491)

Study on Mechanism of Interrelationship Between Power System Angle Stability and Induction Motor Stability
..... Gu Zhuoyuan, Tang Yong, Yi Jun, Yu Qiang, Shen Zhengwei, Wang Yizhe, Li Yingbiao (2499)

Review on Corrective Transmission Line Switching
..... Li Mingyang, Fang Lianhang, Zhao Qianchuan, Zhu Wangcheng, Wan Xinshu (2506)

A Transient Stability Prediction Model Based on CELL-SVM Composite Projection
..... Yang Yue, Liu Junyong, Huang Yuan, Liu Youbo, Liu Tingjian, Wei Wei (2514)

Parallel-in-Time Algorithm for Electromagnetic Transient Numerical Simulation Based on Matrix Diagonalization
..... Wang Fangzong, Wang Yong, Song Dunwen, Yang Xuetao, Song Xinli (2521)

Online Tracking of Thevenin Parameters Considering System Side Changes
..... Li Dongdong, Yin Rui, Yang Yintai, Cheng Yunzhi, Lin Shunfu, Yang Fan, Bian Xiaoyan (2528)

Research on Power Flow Algorithm of Power System With UPFC Based on Modular Power Injection Model
..... Wang Yi, Dong Yifeng, Hou Junxian, Tang Yong, Li Haifeng (2537)

The Analysis of VSG Control Algorithm Based on Hamiltonian System
..... Ma Yanfeng, Yu Rennan, Liu Huiqiang, Zhao Shuqiang (2543)

Dynamic Power Flow Calculation of Power System With Wind Power Generation Participating in Primary Frequency Regulation
..... Peng Hanmei, Chang Ling, Guo Yingcong, Li Shuaihu (2553)

Impacts of DFIG-Based Wind Power System on Out-of-Step Center Migration
..... Liu Jiale, Tang Fei, Liao Qingfen, Liu Dichen, Wang Yizhe, Tang Xuchen (2561)

Analysis of Development Characteristics and Action Strategies of Smart Grid Testbeds in the United States
..... Zhu Xiaoyan, Chen Xi, Chen Xingying, Shi Di (2569)

A Risk Warning Method for Urban Distribution Network Based on Associated Recognition of Typical Fault and Environment Scenario
..... Xu Tewe, Lu Zongxiang, Qiao Ying, Zou Jian, He Weiguo, Guo Rui (2577)

Dynamic Reactive Power Optimization in Distribution Network With DG Based on Optimal Partition
..... Ji Yuqi, Geng Guangfei, Wen Boying, Li Xiulei, Lu Lingzhi, Wei Zirui (2585)

Heavy Overload Forecasting of Distribution Transformers Based on Random Forest Theory
..... He Jianzhang, Wang Haibo, Ji Zhixiang, Meng Xiangjun, Zhang Tao (2593)

Harmonic Distribution Modeling Based on Non-Parametric Estimation and Harmonic Prediction Evaluation for High Speed Railway Traction Load	Chen Minwu, Liu Yang, Han Xudong, Zhou Yingdong, Zhang Liyan (2598)
A Modified One-Cycle Control Based on Stationary Reference Frame for Active Power Filter to Compensate Harmonics	Wang Lei, Han Xiaoqing, Yang Yu, Meng Runquan, Wang Peng (2604)
· Renewable Energy Generation and Integration ·	
A User Group Load Control Algorithm Based on Cloud Model	Sun Yi, Yang Yanmin, Xu Peng, Li Bin, Chen Songsong, Cui Gaoying (2611)
Dispatch Strategy for Energy Intensive Enterprise and Renewable Generation Considering Reactive Power Characteristics of Devices	Jin Hongyang, Wang Weizhou, Liang Chen, Li Xiaohui, Sun Hongbin, Wang Bin (2618)
Research on Power Model of Large-Scale Wind Farm Based on Measured Data	Pan Chao, Qin Benshuang (2625)
Application and Characteristic Analysis of Phase-Change Energy Storage and Generating System in Wind Farm With Super Capacitors	Zhu Sanli, Lu Jiping, Liang Pei (2632)
Economic Selection of Energy Storage System for PV Station Considering Dynamic Reliability Evaluation	Liang Chen, Wang Peng, Han Xiaoqing, Qin Wenping, Wang Meng, Song Shuyong, Wang Jinhao (2639)
Robust Economic Dispatch of Microgrids Containing Electric Vehicles	Liang Zipeng, Chen Haoyong, Wang Yongchao, Zhang Cong, Zheng Xiaodong, Wan Chulin (2647)
Multi-Agent System Based Optimal Power Dispatch Algorithm for Microgrid	Hu Jian, Ma Hao (2657)
Stability Analysis and Active Damping Control for Master-Slave Controlled DC Microgrid	Hu Huiyong, Wang Xiaoming, Yu Miao, Peng Yonggang, Wei Wei, Zhu Wenguang (2664)
Current-Limiting Strategy in Microgrids Based on Improved Filtering Inductance Reference Current	Gao Jie, Cheng Qiming, Tan Fengren, Wang Xiaowei, Yu Deqing, Zhang Yu (2672)
Secondary Frequency Regulation for Microgrid Inverters Based on Improving Virtual Synchronous Generator	Li Bin, Zhou Lin, Yu Xirui, Zheng Chen, Liu Jinhong (2680)
State-of-Charge Balancing Control Strategy for Battery Energy Storage System Based on Modular Multi-Level Converter	Guo Long, Liang Hui, Zhang Weige (2688)
Modeling of Power Lithium-Ion Battery Behavior Considering Hysteresis Effect	Huang Kai, Guo Yongfang, Li Zhigang (2695)
· Automation ·	
Research on Method for Obtaining Key Transient Information of Transmission Line at Unsymmetrical Earth Fault	Liang Hanqing, Liu Yadong, Sheng Gehao, Liu Zongjie, Jiang Xiuchen (2702)
Intelligent Decision-Making System Design and Implementation for Distribution Area Construction and Retrofit	Duan Xiangjun, Wang Jinli, Feng Dezhi, Li Yunshuo, Kou Lingfeng, Wang Li, Zhao Xiaolong (2709)
· High Voltages ·	
Influence of Coast Effect on Geomagnetically Induced Currents in Power Grid	Liu Chunming, Lin Chenxiang, Wang Xiaoning, Li Xue, Li Wen (2716)
Safety Distance Diagnosis of Large Scale Transmission Line Corridor Inspection Based on LiDAR Point Cloud Collected With UAV	Chen Chi, Peng Xiangyang, Song Shuang, Wang Ke, Qian Jingju, Yang Bisheng (2723)
Investigation on Theoretical Analysis of Characteristic Parameter K_{h10} in Wetting Process of Polluted Composite Insulators	Zheng Guangjun, Dai Hanqi, Zhang Chunlei, Gu Zhefei, Zhao Xinli, Wang Haibo, Wang Liming (2731)
Concentration Prediction of Dissolved Gases in Transformer Oil Based on Deep Belief Networks	Dai Jiejie, Song Hui, Yang Yi, Chen Yufeng, Sheng Gehao, Jiang Xiuchen (2737)

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

Smart Link
Better Life

智能电网

——长飞特种光纤产品解决方案

长飞光纤光缆股份有限公司是全球实力雄厚的特种光纤光缆供应商之一，在电力电网领域，我们致力于提供特高压直流输电、柔直输电、交流串补及风电控制用全系列特种光纤光缆组件；同时，针对电网运行状态监测需求，长飞提供特高压电流监测、分布式光纤测温及变电站、发电厂等场景周界安防等综合解决方案。在该领域已服务多年，不断推进和实现国家电力电网自主创新和关键性元器件国产化。

未来，长飞光纤光缆股份有限公司将不断致力于为智能、安全、清洁、坚强的电力电网工程贡献坚实力量。

我们的产品服务：

- 输电换流阀：

电力阀用触发光纤(ETT、LTT、柔直阀等)

- 串补工程：

交流串补用特种光纤



- 风电：

风电控制光缆组件



- 特高压电流监测：全光纤电流互感器

- 温度监测：分布式光纤电流监测系统

- 周界安防：变电站、发电厂等周界安防



长飞光纤光缆股份有限公司

www.yofc.com 电话:027-67887348 邮箱:xiongping@yofc.com

YOFCC 长飞

股票代码 06869.HK

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