

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

10
2012

第36卷10期
Vol.36 No.10

中国电力科学研究院继电保护研究所

中国电力科学研究院继电保护研究所主要承担继电保护原理和算法、继电保护运行管理、继电保护配置、新型输变电技术和装备的保护控制、继电保护试验检测方面的研究工作，开展相关的前瞻性研究、技术服务及试验检测业务。特别是在新一代智能变电站技术支撑、继电保护运行及平台建设、整定计算及数据平台建设、特高压工程继电保护设备选型、技术条件、设备监造工程中承担了大量工作。

继电保护研究所作为行业内继电保护及安全自动装置检测机构，是电力工业电力设备及仪表质量检验测试中心继电保护及安全自动装置质检站、电力工业电力系统自动化设备质量检验测试中心的挂靠单位，承担着大量的检测试验，在行业内得到高度认可。

继电保护及安全自动装置的型式试验、
动模试验、委托试验及仲裁试验

重大工程装置测试及选型

继电保护专业咨询

主要业务

继电保护装置监造

发电厂及大型工业用户继电
保护整定计算

风电场涉网保护优化配置



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

单位：中国电力科学研究院
地址：北京清河小营东路15号

邮编：100192
电话：(010) 82812114

传真：(010) 62913126
网址：www.epri.sgcc.com.cn

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 (王海凤) 韦化

帅军庆 伍董 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 洛书军 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 汪櫛生

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

· 低碳电力技术 ·

并网光伏电站的发电可靠性评估 汪海瑛, 白晓民, 马纲 (1)
考虑电网电压基波锁相环控制的单级式光伏逆变器柔性并网
方法 邢浩江, 张东来, 李铁才, 王子才 (6)

低碳经济下的智能需求侧管理系统

..... 曹培, 翁慧颖, 俞斌, 郭创新, 周恒俊 (11)
分布式能源微网电压质量的控制策略研究

..... 周龙华, 舒杰, 张先勇, 廖志帆 (17)

基于 QPSO 与 BPSO 算法的动态微网多目标优化自愈

..... 王兆宇, 艾芊 (23)

车电互联削峰填谷的经济成本效益分析

..... 孙波, 廖强强, 谢品杰, 周国定, 施泉生, 葛红花 (30)

含电动汽车充电站的新型直流配电网研究

..... 朱克平, 江道灼, 胡鹏飞 (35)

· 智能电网技术 ·

基于改进逼近理想点法的变电站智能化改造评估

..... 胡元潮, 阮羚, 阮江军, 谢齐家, 杜志叶, 等 (42)

智能电网多属性网络层次组合评价法及其应用研究

..... 孙强, 葛旭波, 刘林, 张义斌, 徐欣 (49)

· 特高压输电技术 ·

± 1100 kV 特高压直流输电换流站内深度限制过电压水平

研究 姬大潜, 刘泽洪, 张进, 张翠霞, 朱艺颖 (55)

· 新能源与分布式发电 ·

含大规模风电场的电力系统小扰动稳定性研究

..... 贾宏杰, 王磊 (61)

动力锂离子电池串并联仿真技术研究

..... 张维戈, 时玮, 姜久春, 姜君, 张彩萍, 孙丙香 (70)

2011年西北电网风机脱网事故分析及启示

..... 孙华东, 张振宇, 林伟芳, 汤涌, 罗旭之, 王安斯 (76)

船舶交直流混合系统相量测量单元优化配置方法

..... 王家林, 夏立, 吴正国 (81)

配电网中分布式电源最大准入容量分析

..... 苏小玲, 韩民晓, 赵正奎, 范瑞祥 (87)

· 输配电技术 ·

不同调制策略下两电平电压源换流器损耗分析

..... 吴锐, 温家良, 于坤山, 陈中圆, 韩健, 蔚泉清, 等 (93)

一种滤波整流变压器的数学模型与工作机理

..... 赵志宇, 罗隆福, 许加柱, 陈清玉, 张志文 (99)

计及动态稳定约束的交直流系统区域间可用输电能力计算

..... 陈厚合, 李国庆, 姜涛 (106)

配电变电站多阶段优化规划模型 葛少云, 贾鸥莎 (113)

基于故障距离分布函数的配电网故障定位

..... 谭丹, 杨洪耕, 曲广龙 (119)

· 电力系统 ·

电力系统仿真不确定度评估中拟合多项式阶次的确定

..... 伍双喜, 吴文传, 张伯明, 孙宏斌 (125)

基于留数的静止同步补偿器附加阻尼鲁棒控制	蒋平, 叶慧, 吴熙 (131)
基于区间模型和二阶摄动理论的低频振荡模态分析方法	马静, 王彤, 彭明法, 贾京华, 王铁强, 王增平, 等 (136)
大型交直流互联电力系统双向迭代连续潮流算法	薛振宇, 房大中 (141)
直流潮流与交流潮流的对比分析	赵晋泉, 叶君玲, 邓勇 (147)
基于临界机组对的暂态稳定紧急控制策略	卢芳, 于继来, 李彧, 高贺男 (153)
计及故障切除与故障恢复的主接线可靠性分析	王勇, 韩学山, 丁颖 (159)
城市电网自愈控制的分层递阶体系结构	余昆, 陈星莺, 曹一家 (165)
电力系统机电振荡的非线性现象	赵雅博, 张毅威, 陈磊, 闵勇 (172)
低频振荡模式在线辨识的最小平均 M 估计自适应滤波算法	刘贵富, 卢继平, 徐玉韬 (178)
基于自动微分技术的 VSC-HVDC 内点法最优潮流	季聪, 卫志农, 汤涌, 孙国强, 韦延方, 孙永辉 (184)
基于扩张状态观测器和 Terminal 滑模的 HVDC 非线性鲁棒控制器设计	李天云, 张志华, 陈峰, 张宇辉 (190)
湖南电网暂态电压稳定性问题	廖国栋, 谢欣涛, 等 (196)
基于奔德斯算法的安全约束机组组合方法	王楠, 张粒子, 袁喆, 张黎明, 李雪 (203)
求解状态估计问题的内点半定规划法	王雅婷, 何光宇, 刘铠诚, 王彬, 申洪 (209)
考虑量测误差计及等值参数物理约束的外网静态等值方法	郭文鑫, 李世明, 朱柳, 李钦, 林玥廷, 卢建刚, 等 (216)
· 电能质量 ·	
混合型多重化工整流系统数学模型及动态控制模式研究	宁志毫, 罗隆福, 李勇, 许加柱, 张晓虎 (222)
用于谐波、间谐波在线监测的时频混合方法	王建勋, 刘会金, 韩丰收, 王占雷 (229)
· 高电压技术 ·	
电力变压器经济寿命模型及应用实例	刘有为, 马麟, 吴立远, 周岩, 连超 (235)
双回特高压交流输电线路电场沿高度的非单调变化特性分析	左鹏, 周宏威, 杨可, 邹军, 朱普轩, 袁建生 (241)
· 电力市场 ·	
基于模糊综合评价的居民智能用电行为分析与互动机制设计	何永秀, 王冰, 熊威, 张婷, 刘洋洋 (247)
居民分时阶梯电价联合优化模型研究	黄海涛 (253)
· 自动化 ·	
高速铁路牵引供电系统健康管理及故障预警体系研究	何正友, 程宏波 (259)
低频振荡扰动源机组的自动定位方法	董清, 张玲, 颜湘武 (265)
电力系统运行方式计算协同系统的功能设计与实现	张松树, 陈勇, 李芳, 张艳军, 胡扬宇, 等 (270)
与 ECT 混合用于差动保护的电磁型 CT 的校验方法	余祥坤, 吕艳萍, 杨丽, 袁亮, 向黎, 等 (275)
· 征文启事 ·	
2012 年供电及电测量技术高峰论坛征文通知	(48)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
《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
《CAJ-CD》执行优秀奖

《电网技术》(月刊)

第 36 卷 第 10 期 (总第 347 期)

主 管: 国家电网公司
主 办: 国家电网公司
编 辑: 国家电网公司《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: 马晓华 82812523
广告部经理: 齐 华 / 58386112
英文编辑: 杨天和
编 务: 沈 雷 82812532
编 辑: 82812523, 82812543, 82812976
电力系统内部电话: 91871+后四位
地 址: 100192 北京清河小营东路 15 号
中国电力科学研究院内
传 真: 82812532
投稿 E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn
网上投稿: http://www.dwjs.com.cn
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
ISSN 1000-3673
中国标准连续出版物号: CN 11-2410/TM
广告经营许可证号: 京海工商广字第 0168 号

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2012, Vol. 36 No. 10 (Ser. 347)

Contents

• Low-Carbon Electricity •	
Reliability Assessment of Grid-Integrated Solar Photovoltaic System	Wang Haiying, Bai Xiaomin, Ma Gang (1)
Flexible Grid-Connection Method for Single-Stage Photovoltaic Inverter Based on Phase-Locked Loop Control for Grid Fundamental Frequency Voltage	Xing Haojiang, Zhang Donglai, Li Tiecei, Wang Zicai (6)
Research on Smart Demand Side Management System in Low-Carbon Economy	Cao Pei, Weng Huiying, Yu Bin, Guo Chuangxin, Zhou Hengjun (11)
Control Strategy of Voltage Quality in Distributed Energy Microgrids	Zhou Longhua, Shu Jie, Zhang Xianyong, Liao Zhifan (17)
Multi-Objective Optimal Self-Healing of Dynamic Microgrid Based on Quantum-Based PSO and Binary PSO	Wang Zhaoyu, Ai Qian (23)
A Cost-Benefit Analysis Model of Vehicle-to-Grid for Peak Shaving	Sun Bo, Liao Qiangqiang, Xie Pinjie, Zhou Guoding, Shi Quansheng, Ge Honghua (30)
Study on a New Type of DC Distribution Network Containing Electric Vehicle Charge Station	Zhu Keping, Jiang Daozhuo, Hu Pengfei (35)
• Smart Grid Technology •	
Evaluation on Intelligent Renovation of Substations Based on Improved TOPSIS	Hu Yuanchao, Ruan Ling, Ruan Jiangjun, Xie Qijia, Du Zhiye, et al (42)
Multi-Attribute Network Process Comprehensive Evaluation Method for Smart Grid and Its Application	Sun Qiang, Ge Xubo, Liu Lin, Zhang Yibin, Xu Xin (49)
• Ultra High Voltage Transmission •	
Research on Overvoltage Limitation Inside ± 1100 kV UHVDC Converter Station	Ji Daqian, Liu Zehong, Zhang Jin, Zhang Cuixia, Zhu Yiyang (55)
• New Energy & Distributed Generation •	
Small Signal Stability Analysis of Power Grid Integrated With Large-Scale Wind Farm Composed of Doubly Fed Induction Generators	Jia Hongjie, Wang Lei (61)
Numerical Simulation Technique of Series-Parallel Power Lithium Ion Battery	Zhang Weige, Shi Wei, Jiang Jiuchun, Jiang Jun, Zhang Caiping, Sun Bingxiang (70)
Analysis on Serious Wind Turbine Generators Tripping Accident in Northwest China Power Grid in 2011 and Its Lessons	Sun Huadong, Zhang Zhenyu, Lin Weifang, Tang Yong, Lu Xuzhi, Wang Ansi (76)
Optimal PMU Allocation of Shipboard Hybrid AC/DC System	Wang Jialin, Xia Li, Wu Zhengguo (81)
Research on Maximum Capacity of Grid-Connected Distributed Generation in Distribution Network	Su Xiaoling, Han Minxiao, Zhao Zhengkui, Fan Ruixiang (87)
• Transmission and Distribution •	
Analysis on Power Dissipation in Two-Level Voltage Source Converters Under Different Modulation Strategies	Wu Rui, Wen Jiali, Yu Kunshan, Chen Zhongyuan, Han Jian, Wei Quanqing, et al (93)
Mathematical Model and Working Mechanism of a Kind of Filter Rectifier Transformer	Zhao Zhiyu, Luo Longfu, Xu Jiazhu, Chen Qingyu, Zhang Zhiwen (99)
Calculation of Available Transfer Capability of Hybrid AC/DC Power System Considering Dynamic Security Constraint	Chen Houhe, Li Guoqing, Jiang Tao (106)
Multi-Stage Model for Optimal Distribution Substation Planning	Ge Shaoyun, Jia Ousha (113)
Fault Location for Distribution Network Based on Fault Distance Distribution Function	Tan Dan, Yang Honggeng, Qu Guanglong (119)
• Power System •	
Order Selection for Polynomial Fitting in Uncertainty Evaluation of Power System Simulation by Probability Collocation Method	Wu Shuangxi, Wu Wenchuan, Zhang Boming, Sun Hongbin (125)
Residue-Based Robust Control Method for Additional Damping Controller of Static Synchronous Compensator	Jiang Ping, Ye Hui, Wu Xi (131)
Interval Model and Second Order Perturbation Theory-Based Modal Analysis of Power System Low-Frequency Oscillation	Ma Jing, Wang Tong, Peng Mingfa, Jia Jinghua, Wang Tiejing, Wang Zengping, et al (136)
Continuation Power Flow Method Based on Bi-Directional Iteration in Bulk AC/DC Interconnected Power System	Xue Zhenyu, Fang Dazhong (141)
Comparative Analysis on DC Power Flow and AC Power Flow	Zhao Jinquan, Ye Junling, Deng Yong (147)

Transient Stability Emergency Control Based on Critical Generator Pairs	Lu Fang, Yu Jilai, Li Yu, Gao Henan (153)
Reliability Analysis on Main Connection of Power Plants and Substations Taking Fault Clearance and Restoration Into Account	Wang Yong, Han Xueshan, Ding Ying (159)
Hierarchical Architecture for Self-Healing Control of Urban Power Network	Yu Kun, Chen Xingying, Cao Yijia (165)
Study on Nonlinearity in Power System Electro-Mechanical Oscillation	Zhao Yabo, Zhang Yiwei, Chen Lei, Min Yong (172)
A Least Mean M-Estimation Adaptive Filtering Algorithm for On-Line Identification of Low-Frequency Oscillation Modes	Liu Guifu, Lu Jiping, Xu Yutao (178)
A Primal-Dual Interior Point Method-Based Algorithm Adopting Automatic Differentiation for Optimal Power Flow of AC/DC Power Grid Containing VSC-HVDC System	Ji Cong, Wei Zhinong, Tang Yong, Sun Guoqiang, Wei Yanfang, Sun Yonghui (184)
Design of Nonlinear Robust Controller of HVDC Power Transmission System Based on Extended State Observer and Terminal Sliding Mode Control	Li Tianyun, Zhang Zhihua, Chen Feng, Zhang Yuhui (190)
Study on Transient Voltage Stability of Hunan Power Grid	Liao Guodong, Xie Xintao, et al (196)
A Method for Security Constrained Unit Commitment Based on Benders Algorithm	Wang Nan, Zhang Lizi, Yuan Zhe, Zhang Liming, Li Xue (203)
An Semi-Definite Programming Method for State Estimation Problem	Wang Yating, He Guangyu, Liu Kaicheng, Wang Bin, Shen Hong (209)
A Method for Static Equivalence of External Network Considering Measurement Error and Physical Constraints of Equivalent Parameters	Guo Wenxin, Li Shiming, Zhu Liu, Li Qin, Lin Yueting, Lu Jiangang, et al (216)
• Power Quality •	
Study on Mathematical Model and Dynamic Control Method of Hybrid Multi-Pulse Industrial Rectifier System	Ning Zhihao, Luo Longfu, Li Yong, Xu Jiazhu, Zhang Xiaohu (222)
A Hybrid Time-Frequency Domain Method for On-Line Monitoring of Harmonics and Interharmonics	Wang Jianxun, Liu Huijin, Han Fengshou, Wang Zhanlei (229)
• High Voltages •	
Economic Life Model of Power Transformer and Its Application	Liu Youwei, Ma Lin, Wu Liyuan, Zhou Yan, Lian Chao (235)
Analysis on Characteristic of Spatial Electric Field Intensity Non-Monotonically Varying Along Height of Double-Circuit UHV AC Transmission Lines	Zuo Peng, Zhou Hongwei, Yang Ke, Zou Jun, Zhu Puxuan, Yuan Jiansheng (241)
• Power Market •	
Analysis of Residents' Smart Electricity Consumption Behavior Based on Fuzzy Synthetic Evaluation and the Design of Interactive Mechanism	He Yongxiu, Wang Bing, Xiong Wei, Zhang Ting, Liu Yangyang (247)
A Joint Optimization Model of Residential Time-of-Use Block Electricity Rate	Huang Haitao (253)
• Automation •	
Research on Health Management and Early Warning System for Traction Power Supply System of High-Speed Railway	He Zhengyou, Cheng Hongbo (259)
Automatic Location of Generation Units Behaving as Disturbance Source of Low-Frequency Oscillation	Dong Qing, Zhang Ling, Yan Xiangwu (265)
Functional Design and Implementation of Collaborative System for Power Grid Operation Mode Calculation	Zhang Songshu, Chen Yong, Li Fang, Zhang Yanjun, Hu Yangyu, et al (270)
A Verification Method for Electromagnetic Current Transformers Mixedly Applied in Differential Protection With Electronic Current Transformers	Yu Xiangkun, Lü Yanping, Yang Li, Yuan Liang, Xiang Li, et al (275)

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: Ma Xiaohua

Publication Number: ISSN 1000-3673

CODEN: DIJIES Devey#: 621.31

Address: China Electric Power Research Institute, Qinghe, Beijing 100192, China

Tel/Fax: 86-10-82812532

E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn http://www.dwjs.com.cn

Agent of Subscriptions Abroad: China International Book Trading Corporation (GUOJISHIUDIAN) P.O.Box 399, Beijing, China