



Q K 1 8 3 0 4 0 3

电网技术

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

6
2018

第42卷6期
Vol.42 No.6



精准仿真计算分析 · 促进综合能源利用 · 提升优质用电服务水平

- 作为我国久负盛誉的电力系统专业研究机构,中国电科院电力系统研究所长期服务于大型电力企业的规划和运行,拥有自主产权的仿真技术和丰富的工程经验。
- 系统所根据国家电网公司为用户提供更优质服务的要求,采用仿真分析技术,建立实际电网数字镜像,可以对整个电力系统进行建模定量开展分析,向电力需求侧的用电企业提供以电为核心的能源综合解决方案。

服务内容

电力系统规划运行咨询
能源仿真系统平台建设实施
电网仿真数据托管
电力系统测试实验

服务对象

大型用电企业(化工、采掘、交通等)
工业园区、微电网工程
综合能源服务公司、新型售电公司
电力设计单位

核心优势

久负盛誉的研发机构
领先成熟的仿真工具
按需而变的仿真模型
精准海量的仿真数据



业务咨询微客服

联系方式

联系人:刘经理 01082812392 邮箱:liuyz@epri.sgcc.com.cn

ISSN 1000-3673



9 771000 367189

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 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

· 面向园区微网的综合能源系统运行规划关键技术

（特约专栏主编 刘敦楠）·

面向园区微网的综合能源系统多目标优化设计

.....周灿煌, 郑杰辉, 荆朝霞, 吴青华, 周孝信 (1687)

综合能源系统建模及效益评价体系综述与展望

.....曾鸣, 刘英新, 周鹏程, 王雨晴, 侯孟希 (1697)

配售分离环境下高比例分布式能源园区电能日前优化调度

.....吴界辰, 艾欣, 张艳, 王坤宇, 胡俊杰 (1709)

基于交替方向乘法法的微电网群双层分布式调度方法

.....王皓, 艾芊, 吴俊宏, 谢胤喆, 周晓倩 (1718)

冷热电联供型多微网主动配电系统日前优化经济调度

.....徐青山, 李淋, 盛业宏, 霍现旭, 赵宝国 (1726)

含热泵和储能的冷热电联供型微网经济运行

.....杨志鹏, 张峰, 梁军, 韩学山, 徐震 (1735)

基于脆弱度分层的微电网分级优化动态重构

.....李咸善, 鲁伦, 徐浩, 张晋维, 方婧, 陈铁, 范雨萌, 易茗 (1743)

· 国家重点研发计划 ·

柔性直流输电线路保护配置方案

.....董新洲, 汤兰西, 施慎行, 邱宇峰, 孔明, 庞辉 (1752)

输电网规划模型中失负荷概率约束的嵌入及转化方法研究

.....徐谦, 方卜珣, 兰洲, 程浩忠, 刘佳 (1760)

基于多维变量筛选-非参数组合回归的长期负荷概率预测模型

.....彭虹桥, 顾洁, 宋柄兵, 马睿, 时亚军 (1768)

基于改进标签传播算法的电力系统并行恢复分区方法

.....和敬涵, 李长城, 张沛, 王小君, 冯丽 (1776)

风电爬坡事件研究综述及展望

.....张东英, 代悦, 张旭, 张婧, 汪志成, 薛磊 (1783)

风电参与电力系统调频技术研究的回顾与展望

.....张旭, 陈云龙, 岳帅, 查效兵, 张东英, 薛磊 (1793)

次同步扰动下的双馈风机系统多频率响应分析

.....薛安成, 吴雨, 王子哲, 李景一, 毕天姝 (1804)

基于电力需求响应的多时间尺度家庭能量管理优化策略

.....张禹森, 孔祥玉, 孙博伟, 王继东 (1811)

基于动态自适应粒子群算法的非侵入式家居负荷分解方法

.....孙毅, 张璐, 赵洪磊, 刘耀先, 李彬, 李德智, 崔高颖 (1819)

基于双自由度控制的直流微网中多 DG 负极接地故障环流抑制

.....张勇, 夏杨红, 朱洁, 赵贺, 于淼, 韦巍 (1827)

SF₆ 混合气体及替代气体研究进展

.....颜湘莲, 高克利, 郑宇, 李志兵, 王浩, 何洁, 刘焱 (1837)

· 高比例可再生能源并网（特约专栏主编 康重庆）·

面向长期调频的风机非线性下垂控制设计

.....姚亚鑫, 刘锋, 刘璋玮, 梅生伟 (1845)

柴油发电机辅助的风电场黑启动过程及频率控制

.....李新军, 杨超, 顾雪平, 吴琛, 张丹, 刘旭斐 (1853)

风电和光伏随机场景生成的条件变分自动编码器方法

.....王守相, 陈海文, 李小平, 舒欣 (1860)

高渗透联网风电集群有功分层递阶控制策略

.....仲悟之, 李梓锋, 肖洋, 贾俊川, 徐式蕴, 刘燕嘉, 崔杨 (1868)

风电全消纳下的配电网储能可调鲁棒优化配置

.....朱嘉远, 刘洋, 许立雄, 蒋卓臻, 林潇 (1875)

考虑机组组合的梯级水电站短期调峰 MILP 模型

.....苏承国, 王沛霖, 武新宇, 程春田, 王嘉阳 (1883)

考虑水轮机水锤效应的电网频率变化的解析方法

.....饶成骄, 郭成, 马宁宁, 张晨曦, 王德林 (1892)

· 电力系统 ·

基于两级需求响应的并网微电网双层优化调度

.....米阳, 李战强, 吴彦伟, 刘红业, 宋根新, 苏向敬 (1899)

考虑负荷预测误差不确定性的配电网中压线路差异化规划方法研究

.....杨楠, 黎索亚, 李宏圣, 袁景颜, 鄢晶, 王璇, 叶迪 (1907)

机组引发低频振荡的传播特性分析及定位研究

.....伍双喜, 徐衍会, 张莎, 吴国炳, 杨银国, 钱峰, 刘俊磊 (1917)

导入静态转子和虚拟调节阀的虚拟同步电机控制策略

.....李吉祥, 赵晋斌, 李芬, 屈克庆 (1922)

LCL 型有源滤波器电流指令补偿方法

.....聂程, 雷万钧, 王跃, 尹诗媛, 曹穆 (1929)

有源调谐型混合滤波器直流侧电压的研究

.....申明, 张晓斌 (1936)

直流固态变压器新型均衡解耦控制策略

.....付超, 孙贺, 张建成, 孙玉巍 (1945)

基于偏度系数的变压器励磁涌流识别方法

.....胡松, 江亚群, 黄纯 (1954)

断路器均压电容对空载变压器选相关合的影响

.....方春恩, 陈川江, 李伟, 李煜昊, 肖杨, 张彼德 (1960)

基于小样本性能数据的电气设备可靠性评估与预测方法研究

.....周凯, 丁坚勇, 田世明, 卜凡鹏, 朱天瞳 (1967)

基于复杂网络的电力通信网扩容保护策略

.....李彬, 张洁, 陈宋宋, 朱朝阳, 景栋盛, 祁兵 (1974)

· 高电压技术 ·

特高压交流开关型可控避雷器的参数选择和样机研制

.....陈秀娟, 陈维江, 时卫东, 贺子鸣, 宋继军, 余辉, 韩彬, 等 (1981)

特高压交流开关型可控避雷器稳态电压分布

.....陈秀娟, 陈维江, 宋继军, 赵大翠, 贺子鸣, 田宏伟, 时卫东 (1987)

交流斜面法试验中的泄漏电流分析与电弧辨识

.....徐森, 仵超, 梁曦东, 刘瑛岩, 刘博, 黄瑞平 (1992)

一种 10 kV 配电线路防雷复合绝缘子的绝缘设计及防雷性能

.....王博闻, 陆佳政, 方针, 蒋正龙, 彭永晶, 胡建平, 吴伟 (2001)

750 kV 酒杯型复合横担杆塔电场仿真计算及电晕试验

.....杨林, 谭浩文, 王加龙, 彭宗仁 (2009)

1100 kV 特高压气体绝缘开关套管-支架体系抗震性能加固试验研究

.....何畅, 谢强, 杨振宇 (2016)

《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 6 期 (总第 415 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 颀 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 * 336 * zh * P * ¥ 80.00 * 20000 * 42 * 2018-06 版权所有 未经许可不得转载及上网

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2018, Vol. 42 No. 6 (Ser. 415)

Contents

· Key Technologies of Integrated Energy System Operation and Planning in Park-Level Microgrid ·

Multi-Objective Optimal Design of Integrated Energy System for Park-Level Microgrid

.....Zhou Canhuang, Zheng Jiehui, Jing Zhaoxia, Wu Qinghua, Zhou Xiaoxin (1687)

Review and Prospects of Integrated Energy System Modeling and Benefit Evaluation

.....Zeng Ming, Liu Yingxin, Zhou Pengcheng, Wang Yuqing, Hou Mengxi (1697)

Day-Ahead Optimal Scheduling for High Penetration of Distributed Energy Resources in Community Under Separated

Distribution and Retail Operational EnvironmentWu Jiechen, Ai Xin, Zhang Yan, Wang Kunyu, Hu Junjie (1709)

Bi-Level Distributed Optimization for Microgrid Clusters Based on Alternating Direction Method of Multipliers

.....Wang Hao, Ai Qian, Wu Junhong, Xie Yinzhe, Zhou Xiaoxian (1718)

Day-Ahead Optimized Economic Dispatch of Active Distribution Power System With Combined Cooling, Heating and Power-Based Microgrids.....

Xu Qingshan, Li Lin, Sheng Yehong, Huo Xianxu, Zhao Baoguo (1726)

Economic Generation Scheduling of CCHP Microgrid With Heat Pump and Energy Storage

.....Yang Zhipeng, Zhang Feng, Liang Jun, Han Xueshan, Xu Zhen (1735)

Hierarchical Optimization Method for Microgrid Dynamic Reconstruction Based on Vulnerability Stratification

.....Li Xianshan, Lu Lun, Xu Hao, Zhang Jinwei, Fang Jing, Chen Tie, Fan Yumeng, Yi Ming (1743)

· National Key Research and Development Program of China ·

Configuration Scheme of Transmission Line Protection for Flexible HVDC Grid

.....Dong Xinzhou, Tang Lanxi, Shi Shenxing, Qiu Yufeng, Kong Ming, Pang Hui (1752)

Deterministic Transformation of LOLP-Constraints in Transmission System Planning Model

.....Xu Qian, Fang Buxun, Lan Zhou, Cheng Haozhong, Liu Jia (1760)

Long Term Probabilistic Load Forecasting Based on Multivariate Selection and Nonparametric Combination Regression Model

.....Peng Hongqiao, Gu Jie, Song Bingbing, Ma Rui, Shi Yajun (1768)

A Partitioning Method for Power System Parallel Restoration Based on Modified Label Propagation Algorithm

.....He Jinghan, Li Changcheng, Zhang Pei, Wang Xiaojun, Feng Li (1776)

Review and Prospect of Research on Wind Power Ramp Events

.....Zhang Dongying, Dai Yue, Zhang Xu, Zhang Jing, Wang Zhicheng, Xue Lei (1783)

Retrospect and Prospect of Research on Frequency Regulation Technology of Power System by Wind Power

.....Zhang Xu, Chen Yunlong, Yue Shuai, Zha Xiaobing, Zhang Dongying, Xue Lei (1793)

Analysis of Frequency Response of DFIG System Under Subsynchronous Disturbance

.....Xue Ancheng, Wu Yu, Wang Zizhe, Li Jingyi, Bi Tianshu (1804)

Multi-Time Scale Home Energy Management Strategy Based on Electricity Demand Response

.....Zhang Yusen, Kong Xiangyu, Sun Bowei, Wang Jidong (1811)

A Non-Intrusive Household Load Monitoring Method Based on Dynamic Adaptive Particle Swarm Optimization Algorithm

.....Sun Yi, Zhang Lu, Zhao Honglei, Liu Yaoxian, Li Bin, Li Dezhi, Cui Gaoying (1819)

Suppression of Circulating Current Caused by Multiple DG Negative Pole Ground Fault in DC Microgrid Based on Control With Two Degrees of Freedom.....

Zhang Yong, Xia Yanghong, Zhu Jie, Zhao He, Yu Miao, Wei Wei (1827)

Progress of Gas Mixture and Alternative Gas of SF₆

.....Yan Xianglian, Gao Keli, Zheng Yu, Li Zhibing, Wang Hao, He Jie, Liu Yan (1837)

· High Share of Renewable Energy Integration ·

Nonlinear Droop Control of VSWTs for Sustained Frequency Regulation

.....Yao Yaxin, Liu Feng, Liu Zhangwei, Mei Shengwei (1845)

Study on Black-Start Process and Frequency Control of Wind Farms Assisted With Diesel Generator

.....Li Xinjun, Yang Chao, Gu Xueping, Wu Chen, Zhang Dan, Liu Xufei (1853)

Conditional Variational Automatic Encoder Method for Stochastic Scenario Generation of Wind Power and Photovoltaic System

.....Wang Shouxiang, Chen Haiwen, Li Xiaoping, Shu Xin (1860)

Active Hierarchical Progressive Control Strategy of Highly Penetrated Networked Wind Power Cluster

.....Zhong Wuzhi, Li Zifeng, Xiao Yang, Jia Junchuan, Xu Shiyun, Liu Yanjia, Cui Yang (1868)

Adjustable Robust Optimization for Energy Storage System in Distribution Network Based on Wind Power Full Accommodation

.....Zhu Jiayuan, Liu Yang, Xu Lixiong, Jiang Zhuozhen, Lin Xiao (1875)

A Compact MILP Model for Short-Term Peak Shaving of Cascaded Hydropower Plants Considering Unit Commitment	Su Chengguo, Wang Peilin, Wu Xinyu, Cheng Chuntian, Wang Jiayang (1883)
Analytical Method of Power Grid Frequency Change Considering Water Hammer Effect of Turbine	Rao Chengjiao, Guo Cheng, Ma Ningning, Zhang Chenxi, Wang Delin (1892)
• Power System •	
Bi-Layer Optimal Dispatch of Grid-Connected Microgrid Based on Two-Stage Demand Response	Mi Yang, Li Zhanqiang, Wu Yanwei, Liu Hongye, Song Genxin, Su Xiangjing (1899)
Differential Planning Method of MV Lines of Distribution Network Considering Load Forecasting Error Uncertainty	Yan Nan, Li Suoya, Li Hongsheng, Yuan Jingyan, Yan Jing, Wang Xuan, Ye Di (1907)
Research on Propagation Characteristics and Locating Method of Low Frequency Oscillations Induced by Turbine Generator Unit	Wu Shuangxi, Xu Yanhui, Zhang Sha, Wu Guobing, Yang Yinguo, Qian Feng, Liu Junlei (1917)
Control Strategy of Virtual Synchronous Generator by Performing Static Rotor and Virtual Regulating Valve	Li Jixiang, Zhao Jinbin, Li Fen, Qu Keqing (1922)
Reference Current Compensation Method for LCL Type Active Power Filter	Nie Cheng, Lei Wanjun, Wang Yue, Yin Shiyuan, Cao Mu (1929)
Research on DC-Side Voltage of Active Tuned Hybrid Power Filter	Shen Ming, Zhang Xiaobin (1936)
A Novel Decoupling Strategy of Balancing Control for DC Solid State Transformer	Fu Chao, Sun He, Zhang Jiancheng, Sun Yuwei (1945)
Identification Method of Transformer Inrush Current Based on Skewness Coefficient	Hu Song, Jiang Yaqun, Huang Chun (1954)
Influence of Breaker's Grading Capacitor on Controlled Switching for Unloaded Transformer	Fang Chun'en, Chen Chuanjiang, Li Wei, Li Yuhao, Xiao Yang, Zhang Bide (1960)
Research on Assessment and Prediction of Electrical Equipment Reliability Based on Small Sample Performance Data	Zhou Kai, Ding Jianyong, Tian Shiming, Bu Fanpeng, Zhu Tiantong (1967)
Expansion Strategy of Power Communication Network Survivability Based on Complex Network	Li Bin, Zhang Jie, Chen Songsong, Zhu Chaoyang, Jing Dongsheng, Qi Bing (1974)
• High Voltages •	
Parameter Selection and Prototype Development of UHV AC Switch Type Controllable Arrester	Chen Xiujuan, Chen Weijiang, Shi Weidong, He Ziming, Song Jijun, Yu Hui, Han Bin, et al (1981)
Research on Steady-State Potential Distribution of UHV AC Switch Type Controllable Metal Oxide Arrester	Chen Xiujuan, Chen Weijiang, Song Jijun, Zhao Dacui, He Ziming, Tian Hongwei, Shi Weidong (1987)
Leakage Current Analysis and Arc Identification in AC Incline Plane Test	Xu Sen, Wu Chao, Liang Xidong, Liu Yingyan, Liu Bo, Huang Ruiping (1992)
Study on Insulation Design and Lightning Protection Performance of Lightning Protection Composite Insulators for 10kV Distribution Line	Wang Bowen, Lu Jiazheng, Fang Zhen, Jiang Zhenglong, Peng Yongjing, Hu Jianping, Wu Wei (2001)
Electric Field Computation and Corona Test for Composite Cross-Arms in 750kV Cup Type Tower	Yang Lin, Tan Haowen, Wang Jialong, Peng Zongren (2009)
Tests on Seismic Retrofitting of 1100 kV UHV GIS Bushing-Supporting Frame System	He Chang, Xie Qiang, Yang Zhenyu (2016)

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

博电电气

**智能电气检测服务提供商
助力全球能源互联互通**

特高压电网



【特/超高压换流站
电气设备检测】

清洁替代



【新能源/微网/储能
电气设备检测】

智能电网



【智能变电站电气设备检测】

电能替代



【电动汽车与充电设施检测】

博电能源互联网创新园
PONOVO ENERGY INTERCONNECTION INNOPARK

2015年，博电能源互联网创新园被北京经济技术开发区管委会授牌为特色产业园。园区将发展成以智能电网、电动汽车及充电桩、分布式发电、云计算、大数据等关键技术为基础的创新、创业基地，助推国家能源互联网的快速发展。

北京博电新力电气股份有限公司

北京博电新力电气股份有限公司——电力系统检测方案解决商，电气试验及检测、监测设备制造商，新能源、能源互联网电气试验及检测服务提供商。

北京博电2001年注册成立，2011年改制成为现代股份制企业，总部坐落于中关村高科技产业园区，是“国家火炬计划重点高新技术企业”。

北京博电现已发展成为中国电力检测、监测、仿真设备制造领域的龙头企业。公司检测产品范围涵盖智能电网检测（新能源及微网、特高压、智能变电站、智能配电网）、电气化交通检测（电动汽车、轨道交通）、工业电气检测（航空、航天、石化、冶金、煤炭、船舶、国防、军工）、智能用电检测（储能设备、智能电表）等方面。

欲了解产品详情，敬请致电博电总部或各地派出机构

24小时技术服务热线：**400-680-0650** 电话：010-58526100

地址：北京市北京经济技术开发区经海三路139号 100176

内蒙古东、辽宁：024-31314420/31328422	浙江、福建：0571-88867519/0591-62700989
广东、海南：020-38105422	江苏、安徽：025-83344651
西藏、四川：028-85257761/6057	重庆：023-68625013
贵州、广西：0771-5618014	山东：0531-87923775
湖南、湖北：江西：027-59521918/1919	黑龙江、吉林：0451-87535873
河北南、河南、山西：0371-67170077/0078	新疆：0991-6871822
内蒙古西、陕西、甘肃、宁夏、青海：029-89379801	北京、天津、河北北：010-51926050
上海：021-62036771	南京技术服务部：025-83344652/4653

<http://www.ponovo.cn>



“扫一扫”关注北京博电微信公众平台