

# 电网技术

## POWER SYSTEM TECHNOLOGY



第39卷6期  
Vol.39 No.6

### 中国电力科学研究院 输变电工程研究所

中国电力科学研究院输变电工程研究所是我国输变电工程力学领域的专业研究机构，拥有国家电网公司特高压杆塔试验基地和三个公司重点实验室，主要研究领域涵盖超/特高压输变理论技术、输变电工程设计施工与环保技术、输变电设备运行及防灾技术等领域。“十二五”期间，先后完成了国家科技部门、国家电网公司等各类科研项目百余项，取得了一大批具有国际领先水平的科研成果，为公司重大输变电工程建设和电网安全运行提供了坚强有力的技术支撑。

专业研究方向：杆塔结构、导地线与金具、地基基础、抗震减振、施工技术与装备、设计技术、监测与评估、电力土建试验检测、软件开发与仿真



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

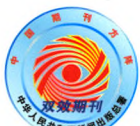
邮编：100192  
电话：(010) 82812114

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

ISSN 1000-3673



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  
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: 陆廷昌

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 汪柰生  
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 (特约栏目主编 康重庆) ·
  - 微电网群特征分析及示范工程设计 ..... 赵敏, 陈颖, 沈沉, 黄秀琼 (1469)
  - 基于出行链随机模拟的电动汽车充电需求分析 ..... 温剑锋, 陶顺, 肖湘宁, 骆晨, 廖坤玉 (1477)
  - 光伏组件形状参数工程解析模型 ..... 赵钊卿, 谷廷坤, 刘丹, 孙学武 (1485)
  - 基于改进型变步长电导增量法的最大功率点跟踪策略 ..... 周东宝, 陈渊睿 (1491)
- 智能用电技术 (特约栏目主编 刘建明、杜蜀薇) ·
  - 主动配电系统规划和运行中的重要问题 ..... 马钊, 梁惠施, 苏剑 (1499)
  - 基于多种主动管理策略的配电网综合无功优化 ..... 邢海军, 程浩忠, 张逸 (1504)
  - 主动配电网分层分布控制策略及实现 ..... 钟清, 张文峰, 周佳威, 刘东, 陈炯聪, 陈云辉 (1511)
  - 基于状态变量分析的有源配电网电磁暂态仿真自动建模方法 ..... 于浩, 李鹏, 王成山, 丁承第, 富晓鹏, 俞悦, 邢峰 (1518)
  - 基于本体差异化分析的信息模型映射技术 ..... 杜哲, 刘东, 陆一鸣, 吕广宪, 张弘, 谢婧 (1525)
- 输变电工程电磁环境 ·
  - 交流输电线路附近民房平台处工频电场限值研究 ..... 吴桂芳, 陈维江, 毛继兵, 宋倩, 陆家榆, 谢莉, 等 (1532)
  - 同塔双回交流线路改直流线路合成电场分析 ..... 马晓倩, 陆家榆, 鞠勇 (1538)
  - 以通量线法为初值的直流线路离子流场计算优化 ..... 莫江华, 张波, 尹晗 (1546)
  - 输电网电磁扰动定位与认知研究 ..... 吕英华, 张南 (1551)
  - 基于大地电导率分层模型的油气管网地磁暴干扰评估方法 ..... 刘连光, 张鹏飞, 王开让, 毕武喜 (1556)
  - 交流电网地磁感应电流分析的全模型及其应用 ..... 徐碧川, 潘卓洪, 刘玉, 文豹, 鲁海亮, 文习山 (1562)
  - 电缆隧道中盾构接地系统特性分析及其与人工接地系统的对比 ..... 杜学龙, 仇天骄, 张晓颖, 马学良, 尹凡, 郭健, 等 (1568)
  - 高压直流导线绝缘薄膜表面电荷分布测量 ..... 马文祚, 卢铁兵 (1573)
- 直流输电与直流电网 (特约栏目主编 汤广福) ·
  - 特高压换流站设备检修若干关键问题 ..... 常勇, 沈志刚, 王鑫, 张鹏, 曹力潭 (1579)
  - 基于组合方式的多端柔性直流输电系统控制策略 ..... 熊凌飞, 韩民晓 (1586)
  - 多端柔性直流输电系统直流电压混合控制策略 ..... 吴金龙, 刘欣和, 王先为, 姚为正 (1593)
  - 溪浙特高压直流隔直装置存在的问题分析及改进 ..... 王华伟, 林少伯, 王祖力, 王明新, 黄勇, 雷霄, 等 (1600)
  - 基于键图法的直流电网系统模型 ..... 刘先正, 王兴成, 温家良, 郭高朋, 李金元 (1605)

· 电力系统 ·

电网每日运行评价指标体系研究

.....戴远航, 陈磊, 闵勇, 成涛 (1611)

大规模电网分层分区无功优化.....阳育德, 龚利武, 韦化 (1617)

城市电网输配全局最大供电能力分析

.....卢志刚, 陈伟坤, 张晓辉, 张丹, 马丽叶 (1623)

基于分层搜索算法的超高层建筑供用电可靠性评估

.....潘明明, 丁坚勇, 周凯, 田世明 (1631)

基于禁忌搜索算法的直流融冰计划优化决策

.....陈亮, 傅闯, 李兴源 (1637)

电压不平衡条件下并网逆变器的直流电压控制

.....林永朋, 陶顺, 肖湘宁 (1643)

三电平逆变器并联系统的中点电位控制策略

.....姚修远, 金新民, 李金科, 吴学智, 李会南 (1650)

一种组合全波整流式高频链逆变器..吴冬春, 阚加荣, 等 (1658)

模块化多电平变流器桥臂电感参数设计

.....刘普, 王跃, 雷万钧, 姚为正 (1665)

· 新能源与分布式发电 ·

大规模风电并网的电力系统运行灵活性评估

.....李海波, 鲁宗相, 乔颖, 曾平良 (1672)

多风电场与梯级水电站协调运行对电力系统可靠性的影响

.....代倩, 曾平良, 周勤勇, 赵峰, 李柏青 (1679)

基于动态调峰裕度的风电并网协调优化调度

.....曾雪婷, 刘天琪, 李茜, 陈振寰, 王福军, 关铁英 (1685)

间歇式电源并网系统的中长期特性仿真研究

.....叶小晖, 戴汉扬, 赖旬阳, 宋新立, 刘涛, 等 (1691)

考虑随机性的风电布局优化模型..黎舒婷, 刘岩, 韩杏宁, 等 (1697)

· 高电压技术 ·

降雨对绝缘子表面污秽的清洗作用

.....王黎明, 王耿耿, 黄睿, 梅红伟, 项阳 (1703)

接地电阻对风机桨叶引雷能力影响模拟试验

.....方超颖, 李炬添, 张曾, 文习山, 王羽, 鄂盛龙, 等 (1709)

直流电场下变压器油中电场分布特性..刘凯, 王鹏, 王伟 (1714)

特高频方法用于套管局部放电检测的可行性研究

.....肖天为, 张强, 黄炎光, 印海洋, 王勇, 郑书生, 等 (1719)

考虑粗糙表面接触的气体绝缘开关设备接头接触电阻数值计算

与影响因素分析.....金向朝, 黄松波, 谢志杨, 等 (1725)

灰色关联模型在高压断路器故障诊断中的应用

.....杨志泽, 梁良, 李小勇, 巫世晶 (1731)

· 自动化 ·

基于电流波形匹配的高压直流输电线路纵联保护

.....刘剑, 邵能灵, 范春菊 (1736)

换流器直流差动保护动作特性分析与优化

.....余超耘, 蔡泽祥, 李晓华, 李佳曼, 周全, 王海军 (1744)

基于母线测量导纳变化的微电网保护

.....姜斌, 牟龙华, 郭文明, 庄伟 (1751)

考虑温度特性的全光纤电流互感器实时动态仿真模型

.....刘青, 傅代印, 马朋, 叶宁 (1759)

英文学术期刊《中国电机工程学会电力与能源系统学报》

首发..... (1524)

2015年中国电机工程学会直流输电与电力电子专委会学术

年会征文启事..... (1642)

声明..... (1708)

“能源互联网”专题征稿启事..... (1730)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊

中国最具国际影响力学术期刊

《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

《电网技术》(月刊)

第39卷第6期(总第379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

编辑部主任: 宋书芳 010-82812532

副主任: 刘浩芳 010-82812536

广告部经理: 齐华 010-58386112

发行: 闫岷 010-82812465

编务: 010-82812980

编辑: 010-82812523/2543/2981/2982

英文编辑: 杨天和

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

E-mail: [pst@epri.sgcc.com.cn](mailto:pst@epri.sgcc.com.cn)

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

# POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2015, Vol. 39 No. 6 (Ser. 379)

## Contents

### • Low-Carbon Electricity •

#### Characteristic Analysis of Multi-Microgrids and a Pilot Project Design

..... Zhao Min, Chen Ying, Shen Chen, Huang Xiuqiong (1469)

#### Analysis on Charging Demand of EV Based on Stochastic Simulation of Trip Chain

..... Wen Jianfeng, Tao Shun, Xiao Xiangning, Luo Chen, Liao Kunyu (1477)

#### Shape Parameter Engineering Analytical Model of PV Module .....

..... Zhao Fanqing, Gu Tingkun, Liu Dan, Sun Xuewu (1485)

#### Maximum Power Point Tracking Strategy Based on Modified Variable Step-Size Incremental Conductance

Algorithm..... Zhou Dongbao, Chen Yuanrui (1491)

### • Smart Electricity Consumption Technology •

#### Important Issues in Planning and Operation of Active Distribution System.....

..... Ma Zhao, Liang Huishi, Su Jian (1499)

#### Reactive Power Comprehensive Optimization in Distribution Network Based on Multiple Active Management

Schemes..... Xing Haijun, Cheng Haozhong, Zhang Yi (1504)

#### Hierarchical and Distributed Control Strategy for Active Distribution Network & Its Implementation

..... Zhong Qing, Zhang Wenfeng, Zhou Jiawei, Liu Dong, Chen Jiongcong, Chen Yunhui (1511)

#### Automated Model Generation of Active Distribution Networks Based on State-Space Analysis for Electromagnetic

Transient Simulations..... Yu Hao, Li Peng, Wang Chengshan, Ding Chengdi, Fu Xiaopeng, Yu Yue, Xing Feng (1518)

#### Mapping of Information Model Based on Ontological Differential Analysis

..... Du Zhe, Liu Dong, Lu Yiming, Lü Guangxian, Zhang Hong, Xie Jing (1525)

### • Electromagnetic Environment of Power Transmission and Transformation •

#### Study on Limits of Power Frequency Electric Field on House Platform Near AC Transmission Lines

..... Wu Guifang, Chen Weijiang, Mao Jibing, Song Qian, Lu Jiayu, Xie Li, et al (1532)

#### Study of Total Electric Field of DC Lines Converted from Double-Circuit AC Lines

..... Ma Xiaoqian, Lu Jiayu, Ju Yong (1538)

#### Optimization of Ion Flow Field Calculation for HVDC Transmission Line by Using Calculation Results of Flux

Tracing Method as Initial Charge Densities for Finite Element Method..... Mo Jianghua, Zhang Bo, Yin Han (1546)

#### Study on the Location and Cognition of Electromagnetic Disturbance in Power Transmission Line

..... Lü Yinghua, Zhang Nan (1551)

#### Assessment of Geomagnetic Induction in Pipeline Based on Layered-earth Conductivity Model

..... Liu Lianguang, Zhang Pengfei, Wang Kairang, Bi Wuxi (1556)

#### Complete Model for Analysis of Geomagnetically Induced Current in AC Power Grid and Its Application

..... Xu Bichuan, Pan Zhuohong, Liu Yu, Wen Bao, Lu Hailiang, Wen Xishan (1562)

#### Analysis of the Grounding System Using the Tunnel Foundation and Its Comparison With the Artificial Grounding

System..... Du Xuelong, Qiu Tianjiao, Zhang Xiaoying, Ma Xueliang, Yin Fan, Guo Jian, et al (1568)

#### Research on Surface Charge Characteristics of Insulating Film Under HVDC Wires With Corona Discharge

..... Ma Wenzuo, Lu Tiebing (1573)

### • HVDC Transmission & HVDC Grid •

#### Research on Several Key Issues of UHV Converter Station Equipment Maintenance

..... Chang Yong, Shen Zhigang, Wang Xin, Zhang Peng, Cao Litan (1579)

#### A Novel Combined Control Strategy for VSC-MTDC .....

..... Xiong Lingfei, Han Minxiao (1586)

#### Research of DC Voltage Hybrid Control Strategy for VSC-MTDC System

..... Wu Jinlong, Liu Xinhe, Wang Xianwei, Yao Weizheng (1593)

#### Problems Analysis and Improvement for Neutral DC Current Blocking Device Used in Xizhe UHVDC

..... Wang Huawei, Lin Shaobo, Wang Zuli, Wang Mingxin, Huang Yong, Lei Xiao, et al (1600)

#### System Model of DC Grid Based on Bond Graph Method

..... Liu Xianzheng, Wang Xingcheng, Wen Jiangliang, Guo Gaopeng, Li Jinyuan (1605)

### • Power System •

#### Study on the Daily Operation Assessment System of Power Grid....

..... Dai Yuanhang, Chen Lei, Min Yong, Cheng Tao (1611)

#### Reactive Power Optimization of Large Power Grid Under Voltage-Grading and District-Dividing

..... Yang Yude, Gong Liwu, Wei Hua (1617)

#### Global Maximum Power Supply Capability Analysis of City Power Grid

---

.....	Lu Zhigang, Chen Weikun, Zhang Xiaohui, Zhang Dan, Ma Liye (1623)
<b>A Hierarchical Searching Algorithm Based Assessment on Reliability of Power Supply and Consumption of Super High-Rise Building</b> .....	Pan Mingming, Ding Jianyong, Zhou Kai, Tian Shiming (1631)
<b>Optimized Decision-Making of Power Grid DC De-icing Plan Based on Tabu Search Algorithm</b>	.....Chen Liang, Fu Chuang, Li Xingyuan (1637)
<b>DC Voltage Control of Grid-Connected Inverters Under Imbalanced Voltage</b>	..... Lin Yongpeng, Tao Shun, Xiao Xiangning (1643)
<b>A Neutral Point Voltage Control Strategy for Parallel Connected Three-Level Inverters System</b>	..... Yao Xiuyuan, Jin Xinmin, Li Jinke, Wu Xuezhi, Li Huinan (1650)
<b>High-Frequency-Link Inverter Using Combined Full-Wave Rectifiers</b> .....	Wu Dongchun, Kan Jiarong, et al (1658)
<b>Parameter Designing of Arm Reactor for Modular Multilevel Converter</b>	.....Liu Pu, Wang Yue, Lei Wanjun, Yao Weizheng (1665)

• **New Energy & Distributed Generation** •

<b>Assessment on Operational Flexibility of Power Grid With Grid-Connected Large-Scale Wind Farms</b>	..... Li Haibo, Lu Zongxiang, Qiao Ying, Zeng Pingliang (1672)
<b>Impacts of Coordinated Operation of Multi Wind Farms With Cascade Hydropower Stations on Reliability of Power Grid</b> .....	Dai Qian, Zeng Pingliang, Zhou Qinyong, Zhao Feng, Li Baiqing (1679)
<b>A Dynamic Peak Load Regulation Margin Based Coordinated Optimal Dispatching Under Grid-Connection of Wind Farm</b> .....	Zeng Xueting, Liu Tianqi, Li Qian, Chen Zhenhuan, Wang Fujun, Guan Tiejing (1685)
<b>Simulation of Medium-and Long-Term Characteristics of Power Grid Integrated With Intermittent Energy Sources</b> .....	Ye Xiaohui, Dai Hanyang, Lai Xunyang, Song Xinli, Liu Tao, et al (1691)
<b>An Optimization Model for Stochastic Wind Power Capacity Allocation</b>	..... Li Shuting, Liu Yan, Han Xingning, et al (1697)

• **High Voltages** •

<b>Cleaning Effect of Rainfall on Surface Contamination of Insulators</b>	..... Wang Liming, Wang Genggeng, Huang Rui, Mei Hongwei, Xiang Yang (1703)
<b>Experimental Study of the Influence of the Grounding Resistance on Triggered Lightning Abilities of Wind Turbine's Flabellum</b> .....	Fang Chaoying, Li Jutian, Zhang Zeng, Wen Xishan, Wang Yu, E Shenglong, et al(1709)
<b>Electric Filed Distribution in Transformer Oil Under DC Electric Field</b> .....	Liu Kai, Wang Peng, Wang Wei (1714)
<b>Experimental Research on Partial Discharge Location for Bushings Using UHF Method</b>	..... Xiao Tianwei, Zhang Qiang, Huang Yanguang, Yin Haiyang, Wang Yong, Zheng Shusheng, et al (1719)
<b>Numerical Calculation and Influence Factors Analysis of Gas Insulated Switchgear Connector Contact Resistance Considering Rough Surface Contact</b> .....	Jin Xiangchao, Huang Songbo, Xie Zhiyang, et al (1725)
<b>Application of the Gray Correlation Model in Fault Diagnosis of High-Voltage Circuit Breakers</b>	..... Yang Zhize, Liang Liang, Li Xiaoyong, Wu Shijing (1731)

• **Automation** •

<b>A Novel Pilot Protection Scheme for HVDC Transmission Line Based on Current Waveform Matching</b>	.....Liu Jian, Tai Nengling, Fan Chunju (1736)
<b>Analysis and Optimization on Operation Characteristics of DC Differential Protection of HVDC Transmission System</b> .....	Yu Chaoyun, Cai Zexiang, Li Xiaohua, Li Jiaman, Zhou Quan, Wang Haijun (1744)
<b>Microgrid Protection Based on Change of Measured Bus Admittance</b>	..... Jiang Bin, Mu Longhua, Guo Wenming, Zhuang Wei (1751)
<b>Real-Time Dynamic Simulation Model of Fiber Optical Current Transformer Considering Temperature Characteristics</b> .....	Liu Qing, Fu Daiyin, Ma Peng, Ye Ning (1759)

---

**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:** Liu Haofang  
**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

思源电气550kV GIS全面通过国家高压电器质量监督检验中心和荷兰KEMA全套型式试验



## 使电能传输与分配更安全、更可控、更高效

思源电气作为国内拥有输配电完整一二次产业链的设备制造商和综合方案解决商，向全球客户提供一流的电气设备与服务，帮助客户安全、可靠、高效地使用和维护电力。



- 气体绝缘组合电器
- 变电站自动化系统
- 中高压断路器
- 中高压隔离开关
- 电力电容器
- 电能质量设备
- 电力电抗器
- 电力自动化设备
- 在线监测设备
- 互感器及套管
- 电力测试设备

**思源电气股份有限公司**  
SIEYUAN ELECTRIC CO.,LTD.

地址：上海市华宁路3399号

邮编：201108

网址：www.sieyuan.com

邮箱：webmaster@sieyuan.com

电话：021-61610502

销售热线：021-61610977