

# 电网技术

## POWER SYSTEM TECHNOLOGY

**7**  
**2014**

第38卷7期  
Vol.38 No.7

### Sieyuan®

# “球”爱巴西 “电”送全球

## ——思源电气冲出亚洲 挺进巴西

思源电气 252kV GIS

为巴西世界杯贝拉里奥足球场

提供安全、可控、高效的用电保障



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

地址: 上海市闵行区华宁路3399号  
传真: 021-61610900

销售热线: 021-61610977  
网址: www.sieyuan.com

电话: 021-61610502  
E-mail: webmaster@sieyuan.com

ISSN 1000-3673



国家电网公司 主办



9 771000 367141 07>  
万方数据

## 《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

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 汪柁生

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

### • 智能电网技术 •

欧洲智能电网项目的发展与经验

..... 张毅威, 丁超杰, 闵勇, 姜学平, 范明天, 张祖平 (1717)

采用灰色聚类方法的智能变电站技术先进性评价

..... 张道天, 严正, 韩冬, 张娜娜, 陈辉, 余南华 (1724)

### • 直流输电与直流电网 (特约栏目主编汤广福) •

面向直流输电的双馈风电机组并网拓扑及控制技术

..... 年珩, 易曦露 (1731)

基于柔性直流输电的风电场并网故障穿越协调控制策略

..... 李琦, 宋强, 刘文华, 饶宏, 许树楷, 黎小林 (1739)

多落点 HVDC 附加阻尼控制的最优控制点研究

..... 陈实, 李兴源, 赵睿, 林桥, 罗晓伊 (1746)

多直流馈入电网动态无功补偿选点实用方法

..... 周勤勇, 张彦涛, 贺海磊, 刘玉田, 汤涌 (1753)

±800 kV 换流变压器阀侧干式套管的损耗分析

..... 张施令, 彭宗仁, 吴昊 (1758)

### • 高电压技术 •

特高压交流输电系统工频过电压差异性研究

..... 张媛媛, 班连庚, 陈维江, 项祖涛, 韩彬, 周超 (1765)

特高压输电工程中选相断路器开合电容器组特性分析

..... 颜湘莲, 李志兵, 王承玉, 刘北阳, 王浩 (1772)

高电导率雾对复合绝缘子憎水性的影响

..... 王黎明, 梁建瑜, 戴罕奇, 梅红伟, 刘丙财, 等 (1779)

变压器中性点气水两相组合流体保护间隙工频放电特性数学解析

..... 李博江, 文习山, 严玉婷, 李博洋 (1786)

雾霾天气对复合绝缘子运行性能的影响

..... 李永刚, 黄成才, 汪佛池, 张志猛, 李沛然 (1792)

空气中冲击击穿试验在线路绝缘子检测中的应用

..... 宿志一 (1798)

### • 低碳电力技术 (特约栏目主编康重庆) •

计及需求侧响应及区域风光出力的电动汽车有序充电对电网

负荷曲线的影响 ..... 葛少云, 郭建伟, 刘洪, 曾平良 (1806)

考虑电池荷电状态的光伏功率分段平滑控制方法

..... 叶林, 陈政, 赵永宁 (1812)

智能电网环境下空调系统多目标优化控制算法

..... 张延宇, 曾鹏, 李忠文, 汪扬 (1819)

直流微电网储能系统自动充放电改进控制策略

..... 秦文萍, 柳雪松, 韩肖清, 刘佳易, 朱旋, 米晓东 (1827)

基于场景概率的含风电系统多目标低碳经济调度

..... 张晓辉, 闫柯柯, 卢志刚, 钟嘉庆 (1835)

基于椭圆参数拟合和串联时延消除法的逆功率检测

..... 高金艳, 李冬辉 (1842)

基于 PSCAD 的光伏电站仿真与分析

..... 张桦, 谢开贵 (1848)

### • 新能源与分布式发电 •

考虑调度计划的风电场复合储能装置优化设计

..... 熊猛, 高峰, 张海峰, 王兆杰 (1853)



考虑运行风险约束的风电场群准入容量分析

.....曲正伟, 王京波, 王云静, 李燕 (1861)  
双馈风电场等值准确度研究 .....陈继明, 王辉, 仇志华 (1867)

• 电力系统 •

溪洛渡—浙西特高压直流投运后系统稳定特性及协调控制策略  
..... 吴萍, 张健, 屠竞哲, 卜广全, 陈昊 (1873)

适用于机电波传播的电网框架结构模型  
..... 燕跃豪, 毕天姝, 杨奇逊 (1879)

基于机会约束规划模型降低机组寿命损耗的日调度计划  
..... 李一铭, 李文沅, 颜伟, 赵霞, 贾晓峰 (1885)

考虑网侧控制与机端相位跳变的双馈风电机组对称故障  
暂态特性研究..... 马静, 蓝新斌, 丁秀香, 王增平 (1891)

考虑系统实时响应风险水平约束的风-火-水电力系统  
协调优化调度..... 贺建波, 胡志坚, 仇梦林, 等 (1898)

基于功率介数的电网关键环节辨识  
..... 王涛, 高成彬, 顾雪平, 梁海平 (1907)

梯级水电站发电计划编制与厂内经济运行一体化调度模式  
..... 卢鹏, 周建中, 莫莉, 张睿, 王超 (1914)

基于ADPSS的电力系统和牵引供电系统机电-电磁暂态混合仿真  
..... 徐家俊, 王晓茹, 王天钰, 李宏强 (1923)

改进主成分分析法在火电机组综合评价中的应用  
..... 商立群, 王守鹏 (1928)

基于 WAMS 和 EMS 的电压稳定在线评估系统  
..... 刘道伟, 宋墩文, 王红印, 张毅明, 孙建华, 等 (1934)

• 输配电技术 •

基于模块化多电平换流器的统一潮流控制器桥臂电容电压平衡  
控制策略..... 崔福博, 郭剑波, 荆平, 等 (1939)

基于全节点模型的三华电网地磁感应电流计算  
..... 刘连光, 郭世晓, 魏恺, 郑宽 (1946)

基于分段补偿原理的电缆架空线混合线路双端行波故障测距算法  
..... 薛永端, 李乐, 俞恩科, 李世强, 敬强, 徐丙垠 (1953)

含分布式电源的配电网多目标供电恢复  
..... 戴志辉, 崇志强, 焦彦军 (1959)

基于环间联络和配电自动化的配电网高可靠性设计方案  
..... 宋若晨, 徐文进, 杨光, 顾黎强 (1966)

基于线模行波突变的配电网单相接地故障测距方法  
..... 周聪聪, 舒勤, 韩晓言 (1973)

基于二阶网损无功灵敏度矩阵的配电网无功补偿选点  
..... 高慧敏, 章坚民, 江力 (1979)

• 电能质量 •

工业过程电压暂降风险等级层次化多级模糊综合评估  
..... 刘旭娜, 肖先勇, 刘阳, 汪颖 (1984)

基于频域动态模型的间谐波相量测量方法  
..... 冯玓, 麦瑞坤 (1989)

• 自动化 •

基于 Markov 模型的高压输电线继电保护装置风险评估  
..... 薛安成, 罗麟, 景琦, 曹小拐, 毕天姝, 黄少锋 (1995)

带并联电抗器同杆双回线跨线故障性质判别方法  
..... 林达, 王慧芳, 王庆庆, 杨涛, 张雪松, 何奔腾 (2001)

可适应线路结构动态变化的有源消弧算法  
..... 刘维功, 薛永端, 徐丙垠, 李天友, 沈本合 (2008)

基于改进数据流在线分割的超短期负荷预测  
..... 唐聪岚, 卢继平, 谢应昭, 张露 (2014)

《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 38 卷 第 7 期 (总第 368 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: 马晓华 010-82812523

广告部经理: 齐 华 010-58386112

发 行: 闫 嶝 010-82812465

编 务: 沈 雪 010-82812532

编 辑: 010-82812523/2543/2976

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: 010-82812532

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

2014, Vol. 38 No. 7 (Ser. 368)

## Contents

### • Smart Grid Technology •

#### Development and Experiences of Smart Grid Projects in Europe

.....Zhang Yiwei, Ding Chaojie, Min Yong, Jiang Xueping, Fan Mingtian, Zhang Zuping (1717)

#### A Grey Clustering Based Evaluation on Technical Advancement of Smart Substation

.....Zhang Daotian, Yan Zheng, Han Dong, Zhang Nana, Chen Hui, Yu Nanhua (1724)

### • HVDC Transmission & HVDC Grid •

#### HVDC Power Transmission Oriented Grid-Connection Topology and Control Strategy for Wind Farm

Composed of Doubly Fed Induction Generators .....Nian Heng, Yi Xilu (1731)

#### A Coordinated Control Strategy for Fault Ride-Through of Wind Farm Integration Based on VSC-HVDC

.....Li Qi, Song Qiang, Liu Wenhua, Rao Hong, Xu Shukai, Li Xiaolin (1739)

#### Optimal Control Point of Supplementary Damping Control for Multi-Terminal HVDC Transmission System

.....Chen Shi, Li Xingyuan, Zhao Rui, Lin Qiao, Luo Xiaoyi (1746)

#### A Practical Site Selection Method for Dynamic Reactive Power Compensation in Multi-Infeed DC Power Grid

.....Zhou Qinyong, Zhang Yantao, He Hailei, Liu Yutian, Tang Yong (1753)

#### Analysis on Power Loss of Valve-Side RIP Bushing for $\pm 800\text{kV}$ Converter Transformer

.....Zhang Shiling, Peng Zongren, Wu Hao (1758)

### • High Voltages •

#### Research on Diversities of Power Frequency Overvoltage of UHV AC Transmission System

.....Zhang Yuanyuan, Ban Liangeng, Chen Weijiang, Xiang Zutao, Han Bin, Zhou Chao (1765)

#### Analysis on Characteristics of Phase-Selectable Circuit Breaker for Switching Capacitor Banks in UHV Power

Transmission Project .....Yan Xianglian, Li Zhibing, Wang Chengyu, Liu Beiyang, Wang Hao (1772)

#### Influence of High Conductivity Fog on the Hydrophobicity of Composite Insulator

.....Wang Liming, Liang Jianyu, Dai Hanqi, Mei Hongwei, Liu Bingcai, Lin Guoan (1779)

#### Mathematical Analysis on Power Frequency Discharge Characteristic of Air-Water Two-Phase Flow Combined

Protection Gap for Transformer Neutral Points .....Li Bojiang, Wen Xishan, Yan Yuting, Li Boyang (1786)

#### Influences of Haze Weather on Operating Performance of Composite Insulators

.....Li Yonggang, Huang Chengcai, Wang Fochi, Zhang Zhimeng, Li Peiran (1792)

#### Impulse Puncture Tests in Air Applied in Line Insulator Detecting Test ..... Su Zhiyi (1798)

### • Low-Carbon Electricity •

#### Impacts of Electric Vehicle's Ordered Charging on Power Grid Load Curve Considering Demand Side Response

and Output of Regional Wind Farm and Photovoltaic Generation ..... Ge Shaoyun, Guo Jianyi, Liu Hong, et al (1806)

#### A Segmented Smoothing Control Method for Photovoltaic Power Considering Battery's State of Charge

.....Ye Lin, Chen Zheng, Zhao Yongning (1812)

#### A Multi-Objective Optimal Control Algorithm for Air Conditioning System in Smart Grid

.....Zhang Yanyu, Zeng Peng, Li Zhongwen, Wang Yang (1819)

#### An Improved Control Strategy of Automatic Charging/Discharging of Energy Storage System in DC Microgrid

.....Qin Wenping, Liu Xuesong, Han Xiaoqing, Liu Jiayi, Zhu Xuan, Mi Xiaodong (1827)

#### Scenario Probability Based Multi-Objective Optimized Low-Carbon Economic Dispatching for Power Grid

Integrated With Wind Farms .....Zhang Xiaohui, Yan Keke, Lu Zhigang, Zhong Jiaqing (1835)

#### An Elliptical Fitting Algorithm Based Detection Method for Reverse Power ..... Gao Jinyan, Li Donghui (1842)

#### PSCAD Based Simulation and Analysis on PV Power Station ..... Zhang Hua, Xie Kaigui (1848)

### • New Energy & Distributed Generation •

#### Optimization Design for Hybrid Energy Storage Device in Wind Farm Taking Scheduling Into Account

.....Xiong Meng, Gao Feng, Zhang Haifeng, Wang Zhaojie (1853)

#### Analysis on Acceptable Capacity of Wind Farm Group Considering Operation Risk Constraints

.....Qu Zhengwei, Wang Jingbo, Wang Yunjing, Li Yan (1861)

#### Research on Equivalent Accuracy of Wind Farm Composed of DFIGs

.....Chen Jiming, Wang Hui, Zhang Zhihua (1867)

### • Power System •

#### Stability Characteristics and Coordinated Control Strategy of Grid-Integrated UHVDC Transmission Line

From Xiluodu to Zhexi .....Wu Ping, Zhang Jian, Tu Jingzhe, Bu Guangquan, Chen Hao (1873)

#### A Structural Frame Model of Power Networks Suitable for Propagation of Electromechanical Waves

- ..... Yan Yuehao, Bi Tianshu, Yang Qixun (1879)
- Daily Generation Scheduling for Reducing Losses of Unit's Lives Based on the Chance Constrained Programming Model** ..... Li Yiming, Li Wenyuan, Yan Wei, Zhao Xia, Jia Xiaofeng (1885)
- Transient Characteristics of Symmetrical Short Circuit Fault in Double Fed Induction Generators Considering Grid-Side Converter Control and Phase-Angle Jump of DFIG's Terminal Voltage**  
..... Ma Jing, Lan Xinbin, Ding Xiuxiang, Wang Zengping (1891)
- Coordinated Optimal Dispatching of Wind-Thermal-Hydro Power System Considering Constraint of Real-Time Expected Demand Not Supplied** ..... He Jianbo, Hu Zhijian, Zhang Menglin, Wang He, Li Chen, Chen Zhen (1898)
- Power Betweenness Based Identification of Power Grid Critical Links**  
..... Wang Tao, Gao Chengbin, Gu Xueping, Liang Haiping (1907)
- An Integrated Dispatching Mode for Daily Generation Scheduling and Inner-Plant Economic Operation of Cascade Hydropower Plants** ..... Lu Peng, Zhou Jianzhong, Mo Li, Zhang Rui, Wang Chao (1914)
- Electromagnetic-Electromechanical Transient Hybrid Simulation of Electric System and Traction Power Supply System Based on ADPSS** ..... Xu Jiajun, Wang Xiaoru, Wang Tianyu, Li Hongqiang (1923)
- Application of Improved Principal Component Analysis in Comprehensive Assessment on Thermal Power Generation Units** ..... Shang Liqun, Wang Shoupeng (1928)
- Voltage Stability Online Evaluation System Based on WAMS and EMS**  
..... Liu Daowei, Song Dunwen, Wang Hongyin, Zhang Yiming, Sun Jianhua, et al (1934)
- **Transmission and Distribution** •
- A Balance Control Strategy for Bridge Arm Capacitor Voltage of MMC Based UPFC**  
..... Cui Fubo, Guo Jianbo, Jing Ping, Zhou Fei, Song Jieying (1939)
- Calculation of Geomagnetically Induced Currents in Interconnected North China-Central China-East China Power Grid Based on Full-Node GIC Model** ..... Liu Lianguang, Guo Shixiao, Wei Kai, Zheng Kuan (1946)
- A Sectionalized Compensation Based Two-Terminal Traveling Wave Fault Location Algorithm for Hybrid Transmission Line Composed of Power Cable and Overhead Line**  
..... Xue Yongduan, Li Le, Yu Enke, Li Shiqiang, Jing Qiang, Xu Bingyin (1953)
- Multi-Objective Service Restoration of Distribution Network Containing Distributed Generation**  
..... Dai Zhihui, Chong Zhiqiang, Jiao Yanjun (1959)
- A Design Scheme of High-Reliable Distribution Network Based on Tie Line Between Ring-Shaped Distribution Networks and Distribution Automation** ..... Song Ruochen, Xu Wenjin, Yang Guang, Gu Liqiang (1966)
- A Single-Phase Earth Fault Location Scheme for Distribution Network Based on Mutation of Line Mode Traveling Wave** ..... Zhou Congcong, Shu Qin, Han Xiaoyan (1973)
- Optimal Location of Reactive Power Compensation for Distribution Network Based on Second Order Loss-Reactive Power Sensitivity Matrix** ..... Gao Huimin, Zhang Jianmin, Jiang Li (1979)
- **Power Quality** •
- Hierarchical Multi-Level Fuzzy Comprehensive Evaluation on Risk Level of Voltage Sag During Industrial Process**  
..... Liu Xuna, Xiao Xianrong, Liu Yang, Wang Ying (1984)
- Interharmonic Phasor Estimator Based on Frequency-Domain Model** ..... Feng Ding, Mai Ruikun (1989)
- **Automation** •
- Research on Markov Model Based Risk Assessment of Protective Relaying for High Voltage Transmission Line**  
..... Xue Ancheng, Luo Lin, Jing Qi, Cao Xiaoguai, Bi Tianshu, Huang Shaofeng (1995)
- A Method to Identify Properties of Cross-Country Faults Occurred in Common-Tower Double-Circuit Transmission Line With Shunt Reactors** ..... Lin Da, Wang Huifang, Wang Qingqing, Yang Tao, Zhang Xuesong, He Benteng (2001)
- An Active Arc-Suppression Algorithm Adaptable to Dynamic Structure Variation of Transmission Line**  
..... Liu Weigong, Xue Yongduan, Xu Bingyin, Li Tianyou, Shen Benhe (2008)
- Improved Data Stream On-Line Segmentation Based Ultra Short-Term Load Forecasting**  
..... Tang Conglan, Lu Jiping, Xie Yingzhao, Zhang Lu (2014)

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 (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing, China



# 触动未来 网罗天下



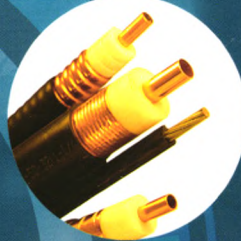
### 轨道交通车辆电缆

额定电压110kV交联聚乙烯绝缘电力电缆  
 直流27.5kV乙丙绝缘电气化铁路用电力电缆  
 直流27.5kV交联聚乙烯绝缘电气化铁路用电力电缆  
 环保型防白蚁电力电缆  
 轨道交通用直流软电缆  
 轨道交通环线电缆



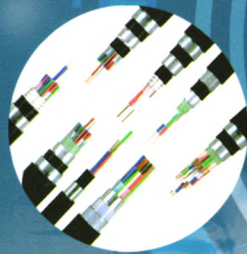
### 电气化铁路用接触网线

电气化铁路用铜及铜合金接触线  
 电气化铁路用铜及铜合金绞线  
 电气化铁路用铜及铜合金吊弦线  
 电气化铁路用27.5kV电缆附件



### 漏泄同轴电缆

漏泄同轴电缆是一种在外导体上开有周期性槽孔的特殊同轴电缆，它具有信号传输和收发的双重功能，其适用于带状分布区域无线系统的信号覆盖。



### 铁路信号通信系统用电缆

铁路信号电缆  
 铁路数字信号电缆  
 铁路计轴信号电缆  
 应答器数据传输电缆  
 铁路长途对称通信电缆



### 环保型铁路贯通地线

铁路贯通地线  
 铁路贯通地线附件

## 江苏藤仓亨通光电有限公司—— 全球铁路线缆系统服务商



### 江苏藤仓亨通光电有限公司

江苏省苏州市吴江区七都工业园

Tel: +86-512-6381 4318

Fax: 86-512-6381-8306

Http://www.kfh.net.cn

始终致力于铁路线缆的研发制造，用高品质的产品服务铁路建设事业。

在接触网线材方面，采用其自主研发的**特殊热处理工艺**，使线材金属晶粒再次结晶，晶粒组织得以细化、强化，线材的耐磨性及机械性能大幅提升，抗疲劳极限是未经热处理的同类产品的**六倍**，能确保机车运行更持久稳定，为铁路运行的**安全、准点、高速**提供有力保障。