

中国电力

2

2017

ELECTRIC POWER



天瑞星
TRXSOLAR

天瑞星真空集热管
为电站健康工作25年



航天神舟产业园 长寿命涂层 中国航天 航天级真空品质 标准化生产线



地址:北京市海淀区知春路61号康拓科技大厦
电话:010-68378919
邮箱:info@spaceman.com.cn

邮编:100190
传真:010-68116170
网址:www.spaceman.com.cn

ISSN 1004-9649



中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 50 卷第 2 期 2017 年 2 月

目次

《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 张运洲

副主任委员

陈维江 邓建玲 陈小良 蒋敏华
王成山 叶 泽 康重庆 朱法华

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 卢 强 史玉波 刘吉臻
杜祥琬 周孝信 黄其励 韩祯祥
潘自强 薛禹胜

委 员(按姓氏笔画排序)

丁 明 王继业 王锡凡 文福拴
甘德强 司马文霞 刘建明 孙献斌
李若梅 李明节 李庚银 邱忠涛
何金良 余 军 余贻鑫 辛耀中
汪小刚 沈 沉 宋永华 张伯明
张保会 岳光溪 胡兆光 姚 强
姚良忠 徐 政 郭剑波 曹一家
程时杰 程浩忠 翟永平 穆 钢

国际顾问(以姓名英文字母为序)

Kevin DU (Canada) Laili LAI (UK)
Wei-jen LEE (USA) Hao LIU (Canada)
Kwok Lun LO (UK) Jianhui WANG (USA)
Xiaofeng ZHANG (USA) Henry ZHAO (USA)
Suyan ZHOU (France)

主 编 邱忠涛

副主编 李 琼

本期执行主编 李 博

责任编辑 杨 静 李秀平 张重实 韩 峰
辛培裕 张 燕 张子龙 杨 娜
刘 明

发行广告 杨 娜 孙 洁 李蔚君

专稿

“十三五”中国能源低碳转型的关键期 杜祥琬 (1)

电网—特高压输电专栏

特高压大跨越输电线路防振设计系统的研究

..... 齐翼,芮晓明,朱宽军,王景朝 (5)

特高压输变电设备状态监测数据通信仿真研究

..... 张博文,王峰,韩帅,毕建刚 (11)

1 000 kV 户外型 GIS 现场工厂化安装方案及应用

..... 刘建楠,倪向萍,张国强,阎国增,卞秀杰 (17)

基于熵权理论的特高压电网落点规划

..... 牛新生,李雪亮,柴赟,施啸寒,贾善杰,刘晓明,牟宏,汪湲,张杰 (23)

特高压送端接入系统方式及输电能力研究 艾琳,郭雁珩,徐国新 (29)

特高压直流工程阀控通用接口技术 卢亚军,宋胜利,肖鲲,李凤祁 (34)

特高压直流输电线路山区边坡塔研究 宋刚,陈稼苗,潘峰 (40)

平行线路在特高压线路上产生的感应电压和电流研究

..... 赵康伟,张超,彭珑,蔡宇飞,柯清华,魏苒 (46)

发电

大型汽轮发电机组轴系静特性分析方法研究

..... 李汪繁,蒋俊,孙庆,王超,王坤 (52)

接触热阻对双 H 型鳍片管传热系数的影响

..... 葛铭,赵利杰,舒少辛,张守玉,吕俊复 (57)

电站循环水泵进水流道水力特性及整流优化研究

..... 王为术,崔强,苗世昌,吴小川,张斌 (64)

一次调频设置问题引起机组甩负荷的实例及分析

..... 盛锴,陈彦峰,周年光 (70)

超超临界二次再热锅炉热力计算系统的研发及工程应用

..... 石书雨,李志,赵超,张勇,杨天亮 (75)

300 MW 锅炉卫燃带改造对燃烧影响的数值模拟

..... 闫顺林,孙志强,朱光明,段学农 (82)

四角切圆锅炉温度场闭环控制研究 马平,刘南南,王真,赵倩 (88)

集流导叶对喷嘴射流刚性的影响

..... 张立栋,李伟伟,邵天成,于婷俐,周阳 (95)

“国家期刊奖”获奖期刊
中文核心期刊
中国期刊方阵期刊
中国科学引文数据库(CSCD)收录期刊
中国科技核心期刊
RCCSE 中国核心学术期刊(A)
英国《科学文摘》(SA,INSPEC)收录期刊
俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊
中国科技论文统计源期刊
中国科技文献数据库收录期刊
中文科技期刊数据库收录期刊
中国期刊网收录期刊
中国电力报刊协会优秀期刊

考虑气耗特性及一次能源约束的燃机日前发电计划优化
..... 刘林,罗凯明,周挺,刘盛松,李海峰,陆晓 (101)

核电电极浸入式锅炉汽水参数反向控制电功率方法
..... 吴炳晨,吴航宇 (107)

现场总线系统在火电厂的应用探讨 赵新成,伏军军,芦明珠 (113)

动力装置余热回收系统的性能和应用
..... 吴昕,潘福敏,欧大生,陈萍,骆平平 (117)

新型多腔孔陶瓷复合绝热材料保温性能测试
..... 徐帅,周张健,张笑歌,胡雪利,陈灵芝,龚梦强 (124)

节能环保

湿式相变凝聚器协同多污染物脱除研究
..... 谭厚章,熊英莹,王毅斌,曹瑞杰,杨祖旺,郑海国 (128)

内蒙古某电厂逃逸氨浓度测试与灰分影响分析
..... 李允超,赵大周,李凯,张海珍,郑文广,何胜 (135)

新能源

弃风供暖模式下风电接纳能力评估及效益分析
..... 许彦平,王跃峰,唐林,何晓洋,金鹏 (139)

基于灵敏度分析的直驱永磁风机并网系统小干扰稳定优化研究
..... 郭永明,游晓科,刘观起 (144)

电网

考虑地表高阻层的直流接地极跨步电压限值计算方法
..... 杨剑,潘文霞,孙宏航 (150)

接地网垂直接地极地表传导电流分析
..... 徐嘉龙,祝邴伟,王晓宇,严华江,杨帆,沈晓明 (157)

PSS 参数计算与仿真综合软件的设计与开发
..... 徐俊华,李啸骢,裴云庆,谢伟山,廖二斯 (162)

多直流馈入受端电网两段式频率安全紧急控制策略研究
..... 李碧君,李兆伟,吴雪莲,刘福锁,李威 (169)

温湿变化对北京城区气象敏感电力负荷的影响分析
..... 赵娜,石玉恒,李乃杰,沈建红 (175)

基于曲线相似性分析的窃电用户判断 吴迪 (181)

电力动态 (161)

中国电力

(月刊,1956 年创刊)
第 50 卷第 2 期(总第 579 期)
2017 年 2 月 5 日出版

主管单位: 国家电网公司
主办单位: 国网能源研究院
中国电机工程学会

编辑出版: 《中国电力》编辑部

地 址: 北京市昌平区北七家镇未来科技城北区国家电网办公区 B315

邮政编码: 102209

电 话: 010-66603808 (编辑部)
010-66603803 (广告)
010-66603802 (发行)

传 真: 010-66603578

电子信箱: ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn

网 址: www.chinapower.org

印 刷: 北京科信印刷有限公司

总 发 行: 北京报刊发行局

订 购: 全国各邮局

国内邮发代号: 2-427

国内定价: 50.00 元/期
600.00 元/年

国外发行代号: M-276

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱)

中国标准连续出版物号: ISSN 1004-9649
CN 11-3265/TM

广告经营许可证号: 京宣工商广字第 8004 号

声明

本刊已与相关数据库合作, 许可在其数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 该数据库著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。

ELECTRIC POWER

Vol.50 No.2 Feb. 2017

MAIN CONTENTS

Special Contribution

The 13th Five-Year Period: A Key Period of China's Energy Low-Carbon Transition DU Xiangwan (4)

Column of UHV Transmission

Research on Anti-Vibration Design System for UHV Large Crossing Transmission Line QI Yi, RUI Xiaoming, ZHU Kuanjun, WANG Jingchao (10)

Simulation Research on UHV Equipment Condition Monitoring Data Communication ZHANG Bowen, WANG Feng, HAN Shai, BI Jiangang (22)

Industrialized Installation Process and Its Implementation of 1 000 kV Outdoor GIS in Construction Site LIU Jiannan, NI Xiangping, ZHANG Guoqiang, YAN Guozeng, BIAN Xiujie (22)

Terminal Planning of UHV Power Grid Based on Entropy Weight Theory NIU Xinsheng, LI Xueliang, CHAI Yun, SHI Xiaohan, JIA Shanjie, LIU Xiaoming, MOU Hong, WANG Yuan, ZHANG Jie (28)

Research on Grid-Connection Modes of Sending Ends and Transmission Capability of UHV Transmission Lines AI Lin, GUO Yanheng, XU Guoxin (39)

General Interface Technology of Valve Control System in UHVDC Project LU Yajun, SONG Shengli, XIAO Kun, LI Fengqi (39)

Study on Slope Tower in UHVDC Transmission Line in Mountainous Area SONG Gang, CHEN Jiamiao, PAN Feng (45)

Research on Induced Voltage and Current of UHV Circuits Produced by Parallel Lines ZHAO Kangwei, ZHANG Chao, PENG Long, CAI Yufei, KE Qinghua, WEI Ran (87)

Generation Technology

Analysis Method of Shafting Static Characteristics for Large Steam Turbine-Generators LI Wangfan, JIANG Jun, SUN Qing, WANG Chao, WANG Kun (56)

Impact of Thermal Contact Resistance on Heat Transfer Coefficient of Double H-Type Finned Tubes GE Ming, ZHAO Lijie, SHU Shaoxin, ZHANG Shouyu, LV Junfu (63)

Hydraulic Characteristics and Rectification Optimization of Circulating Water Pump Inlet Duct of Power Plant WANG Weishu, CUI Qiang, MIAO Shichang, WU Xiaochuan, ZHANG Bin (69)

Case Study on Load Rejection Caused by Configuration Problems of Primary Frequency Regulation SHENG Kai, CHEN Yanfeng, ZHOU Nianguang (74)

Development and Engineering Application of Thermal Calculation System for Double-Reheat Ultra-Supercritical Boilers SHI Shuyu, LI Zhi, ZHAO Chao, ZHANG Yong, YANG Tianliang (81)

Numerical Simulation of the Effects of Refractory Belt Retrofit on the Combustion in the 300-MW Boilers YAN Shunlin, SUN Zhiqiang, ZHU Guangming, DUAN Xuenong (87)

Study on Tangential Boiler Temperature Field Using Closed-Loop Control MA Ping, LIU Nannan, WANG Zhen, ZHAO Qian (94)

The Impact of Guide Vane on Nozzle Jet Rigidity ZHANG Lidong, LI Weiwei, SHAO Tiancheng, YU Tingli, ZHOU Yang (100)

Optimization of Day-Ahead Gas Turbine Generation Scheduling with Gas Consumption Characteristics and Primary Energy Constraints in Consideration LIU Lin, LUO Kaiming, ZHOU Ting, LIU Shengsong, LI Haifeng, LU Xiao (106)

Research on the Method of Steam and Water Parameters Reverse Control Power of Immersion-Type Electrode Boiler for Nuclear Power Plants WU Bingchen, WU Hangyu (123)

Discussion on the Application of FCS in Thermal Power Plants ZHAO Xincheng, FU Junjun, LU Mingzhu (127)

Performance and Application of Heat Recovery System of Power Equipment WU Xin, PAN Fumin, OU Dasheng, CHEN Ping, LUO Pingping (123)

Thermal Insulation Performance Testing on New Composite Ceramic Insulation Materials XU Shuai, ZHOU Zhangjian, ZHANG Xiaoge, HU Xueli, CHEN Lingzhi, GONG Mengqiang (127)

Energy Conservation and Environmental Protection

Study on Synergistic Removal of Multi-Pollutants by WPTA TAN Houzhang, XIONG Yingying, WANG Yibin, CAO Ruijie, YANG Zuwang, ZHENG Haiguo (134)

Ammonia Escape Testing and Ash Impact Analysis for an Inner Mongolia Power Plant LI Yunchao, ZHAO Dazhou, LI Kai, ZHANG Haizhen, ZHENG Wenguang, HE Sheng (138)

New Energy

Benefit Analysis and Evaluation of Wind Power Integration Capability Based on Abandoned Wind Power Heating Mode XU Yanping, WANG Yuefeng, TANG Lin, HE Xiaoyang, JIN Peng (149)

Small Signal Stability Optimal Designing of Direct-Driven Permanent Magnet Wind Power System Based on Sensitivity Analysis Method GUO Yongming, YOU Xiaoke, LIU Guanqi (149)

Power System

Research on Calculation Method for Step Voltage Limitation of DC Grounding Electrode Based on Surface High-Resistance Covering YANG Jian, PAN Wenxia, SUN Honghang (156)

Analysis of Conduction Ground Surface Current at Vertical Grounding Electrode in Grounded System XU Jialong, ZHU Liwei, WANG Xiaoyu, YAN Huajiang, YANG Fan, SHEN Xiaoming (161)

Design and Development of PSS Parameters Calculation and Simulation Software XU Junhua, LI Xiaocong, PEI Yunqing, XIE Weishan, LIAO Ersi (168)

Study on the Two-Stage Frequency Security Emergency Control Strategy for Multi-Infeed HVDC Receiving Systems LI Bijun, LI ZhaoWei, WU Xuelian, LIU Fusuo, LI Wei (180)

The Relationship of Temperature Humidity Index and Meteorology Sensitive Power Load in Beijing ZHAO Na, SHI Yuheng, LI Naijie, SHEN Jianhong (180)

Electricity Theft Identification Method Based on Curve Similarity WU Di (184)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.50 No.2 (Ser. 579) Feb. 2017

Competent Authorities: State Grid Corporation of China

Sponsors: State Grid Energy Research Institute

Chinese Society for Electrical Engineering

Editor and Publisher: Editorial Department of Journal

Editor-in-Chief: QIU Zhongtao

Publication Number: ISSN 1004-9649

General Distribution: Beijing Office of Postal Service

Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation,

P.O. Box 399 Beijing, China

Add: Tower B, SGCC, Future Science & Technology Park, Beijing 102209, China

Web Site: <http://www.chinapower.org>

E-mail: ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn

Tel: +86-10-66603802, 66603803

Fax: +86-10-66603578



发电厂专用、满足暂态特性和变送器精度要求的电气采样装置

传统功率变送器的固有特性：抗干扰能力差、暂态特性差、时间常数大、缺少二次断线闭锁保护功能、当电网出现瞬时故障或者励磁涌流时，输入值发生快速变化，输出值发生严重畸变，导致输入给DEH的功率值严重失真，不能正确反应机组的功率值

如何解决上述问题引发的**AGC退出自动、误动、跳机等故障**

BPT9301发电机智能变送装置

发明专利申请号：201410131932.X

- 高可靠性，电源回路采用双电源，采样回路采用双CT双PT接线，满足保护的可靠性要求，并发出告警信号
- 暂态特性好，不仅保证正常状态下采样精度，还能保证异常状态下采样准确。
- 响应速度快，采用高性能32位处理器，响应时间小于40ms，满足系统故障快速响应的要求
- 抗干扰能力强，严格把关硬件选材，产品通过国家严酷四级兼容实验
- 多电气量输出，8路4~20mA模拟量输出，可根据需要自行定义，如电流、电压、有功功率、无功功率、负序电流、频率等
- 友好人机界面，大液晶显示，操作简便，配置双RS485、以太网通讯接口
- 事件记录、自动录波功能，可记录异常事件的录波信息



发明专利申请号：201310197446.3

SLP632多功能快速变送装置

- 响应速度快，采用高性能32位处理器，响应时间小于40ms，满足系统故障快速响应的要求
- 抗干扰能力强，严格把关硬件选材，产品通过国家严酷四级兼容实验
- 多电气量输出，最大18路4~20mA模拟量输出，可根据需要自行定义，如电流、电压、有功功率、无功功率、负序电流、频率等
- 友好人机界面，大液晶显示，操作简便，配置双RS485、以太网通讯接口
- 事件记录、自动录波功能，可记录异常事件的录波信息
- 用途广泛，可对感性和容性负载实现高精度测量，适用于各种工业控制、测量系统及电力监控系统



上海利乾电力科技有限公司

公司地址：南京市虎踞北路100号3号楼4层

业务咨询：025-83214633, 13451827523 (张)

24小时技术支持：025-83214633, 13382768633 (柯)

邮箱：857701500@qq.com