



# 电力自动化设备

Electric Power Automation Equipment

中文核心期刊 《工程索引》(Ei)核心期刊 中国科学引文数据库(CSCD)、英国《科学文摘》(SA, INSPEC)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊



致力于发展“电厂自动化、电网自动化、轨道交通自动化、电力企业信息化”等业务

## 为能源领域提供全面解决方案

自动化、智能化成就未来

Be Automation Be Intelligence Be Future

更清洁 更安全 更有效  
more Clean more Security more Efficiency  
更清洁 更安全 更有效

详情请访问<http://www.sac-china.com>, 或致电400-1-600268

SAC 国电南京自动化股份有限公司  
GUODIAN NANJING AUTOMATION CO., LTD.

ISSN 1006-6047



南京电力自动化研究所有限公司  
国电南京自动化股份有限公司

主办

2016 7  
第36卷 第7期  
Vol.36 No.7





# 电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI



## 编辑委员会

名誉主任委员 李庆奎

特邀顾问 云公民 杜至刚

主任委员 邓建玲

副主任委员 张涛 王日文 姜家仁 孙耀唯  
胡红升 唐义良 张东晓 毛科  
应光伟

名誉编委 (按姓氏笔画排序)

王维俭 王锡凡 卢强 史世文 严璋  
李文毅 杨以涵 杨奇逊 吴青华(英国)  
吴复立 余贻鑫 辛耀中 宋永华 宋璇坤  
张宁 张丽英 张树文 陈陈 陈德树  
周有庆 周孝信 侯卫东 洪军 洪佩孙  
贺家李 钱清泉 徐文远(加拿大) 崔吉峰  
韩英铎 韩祯祥 程时杰 舒印彪 袁峰源  
Lai, L. L. (英国) Lee, S. T. (美国)  
Phadke, A. (美国)

编委 (按姓氏笔画排序)

丁明 马文龙 王成山 王增平 韦化  
文劲宇 文福拴 尹项根 冯庆东 朱守真  
任晓辉 庄荣 刘玉田 刘向杰 刘俊勇  
刘宪林 许立昌 孙元章 孙宏斌 严干贵  
束洪春 邱夕兆 何奔腾 闵勇 张尧  
张伯明 张言苍 张波 张保会 张道农  
陆于平 陈云仑 陈星莺 林中达 林湘宁  
周浩 周雄维 赵争鸣 赵建国 胡敏强  
段献忠 袁越 贾宏杰 夏清 高仕斌  
郭效军 唐炬 黄震 曹一家 康重庆  
康勇 董新洲 粟小华 程浩忠 廖瑞金  
颜汉荣 薄志谦(英国) 穆钢 鞠平

主编 郭效军

英文编审 许立昌

## 目次

### 中国电力教育大学院(校)长联席会学术论文专栏

- 1 大规模风电并网系统容量效益裕度计算模型研究

李国庆, 刘 玢, 陈厚合

### 清洁能源

- 7 含风电系统的有功和备用协调优化方法

李 茜, 刘天琪, 何 川, 等

- 15 PI 控制参数对双馈风电机组短路电流特性的影响分析

郑 涛, 魏旭辉, 李 娟, 等

- 22 计及需求响应的风电-电动汽车协同调度多目标优化模型

侯建朝, 胡群丰, 谭忠富

- 28 风电背靠背 PWM 变流器直流能量平衡新方法

王 冕, 陈国柱

- 34 双馈风电机组孤岛机理与防孤岛保护试验

李少林, 秦世耀, 王瑞明, 等

- 41 基于近邻传播聚类 and 回声状态网络的光伏预测

李 乐, 刘天琪

### 特高压技术论坛

- 47 铁塔横担侧向避雷针对特高压交流线路的绕击保护效果分析

于竞哲, 周 浩

### 分析与研究

- 53 基于多目标粒子群优化算法的连锁跳闸预防控制

任建文, 魏俊姣, 谷雨峰

- 60 考虑智能配电网谐波谐振模式不确定性的抑制措施  
余光正, 林 涛, 陈汝斯, 等
- 67 自动需求响应背景下考虑用户满意度的分时电价最优制定策略  
董 军, 张晓虎, 李春雪, 等
- 74 基于校准导航的广域电力系统负荷模型校准  
郝丽丽, 岳浩永, 王昊昊
- 82 基于深度回收机制的专用用户接入费和使用费研究  
江岳文, 钱佳琦
- 90 异步起动永磁电机最大去磁工作点计算新方法 & 抗退磁新结构  
卢伟甫, 赵海森, 朴润浩, 等
- 97 水轮机水门、励磁与电气制动系统非线性综合控制  
李啸骢, 郑 涛, 梁志坚, 等
- 104 适合直流配电的有源前端控制器  
刘 闯, 崔剑锋, 刘海洋, 等
- 111 基于单周期控制的三相三电平 PFC 整流器中点电压平衡方法  
高铁峰, 仲宙宇, 张 森, 等
- 118 桥臂轮流导通换流器谐波特性  
冯亚东, 汪 涛, 汪楠楠, 等
- 125 基于变分模态分解和 1.5 维谱的轴承早期故障诊断方法  
王晓龙, 唐贵基
- 131 电解锰新型综合节能可断流 6 脉波整流系统  
李世军, 罗隆福, 余双翔, 等
- 138 调频式串联谐振试验电源数字控制器设计  
黄新波, 刘 斌, 张周熊, 等
- 143 无插值仿真平台中抑制数值振荡的阻尼电路设计方法  
姬煜轲, 许建中, 徐延明, 等

## 探讨与应用

- 150 基于广域响应的大电网暂态稳定判别技术仿真软件的开发与应用  
赵晋泉, 章玉杰, 张 盼, 等
- 156 设计模式在调度主站监控系统兼容性处理中的应用  
屈志坚, 徐振清, 林宏平, 等
- 163 智能变电站继电保护在线运维系统关键技术的研究及实现  
葛 峻, 叶 翔, 葛立青, 等

## 现场运行

- 169 舟山多端柔性直流输电控制保护系统 董云龙, 凌卫家, 田 杰, 等

第三届全国期刊奖提名奖获奖期刊  
中国国际影响力优秀学术期刊  
中文核心期刊  
《工程索引》(Ei) 核心期刊  
中国科学引文数据库 (CSCD) 收录期刊  
中国科技核心期刊  
RCCSE 中国权威学术期刊  
英国《科学文摘》(SA, INSPEC) 收录期刊  
美国《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊  
俄罗斯《文摘杂志》(AJ, VINITI) 收录期刊  
美国《乌利希期刊指南》(UPD) 收录期刊  
荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus) 来源期刊  
第四届华东地区优秀期刊  
中国电力报刊协会优秀期刊

# 电力自动化设备

(月刊, 1973 年创刊)

主管单位 中国华电集团公司  
主办单位 南京电力自动化研究所有限公司  
国电南京自动化股份有限公司  
编辑出版 电力自动化设备杂志社  
地 址 南京高新技术产业开发区星火路 8 号  
邮政编码 210032  
社 长 康鲁豫  
编辑部主任 李育燕  
编辑部副主任 李 玲、李 莉  
广告部主管 张芳芳  
发行部主任 段 炼  
本期栏目统筹 李 莉  
电 话 (025) 51859278 (社长室)  
(025) 83537347, 51859279 (编辑部)  
(025) 83537349 (广告部)  
(025) 51859280 (发行及读者服务部)  
(025) 51183898 (平面设计部)  
传 真 (025) 83537349  
网 址 www.epae.cn  
电子信箱 epae@sac-china.com  
发行范围 国内外公开发行  
印 刷 中国集团南京印务有限公司  
国内发行 江苏省邮政局  
邮发代号 28-268  
订 阅 处 全国各地邮局  
国内定价 每期 35.00 元, 全年 420.00 元  
国外发行 中国国际图书贸易集团有限公司  
(100048)  
国外发行代号 MO-4802  
中国标准连续出版物号 ISSN 1006-6047  
CN 32-1318/TM  
国际刊名代码 (CODEN) DZSHFK

## CONTENTS

- ❖ **ACADEMIC DISSERTATION COLUMN OF UNIVERSITY ASSOCIATION OF ELECTRICAL ENGINEERING CHINA**
- 14 CBM calculation model for power system with large-scale wind power *LI Guoqing, LIU Bin, CHEN Houhe*
- ❖ **CLEAN ENERGY**
- 14 Coordinated optimization of active power and reserve capacity for power grid with wind farm  
*LI Qian, LIU Tianqi, HE Chuan, et al.*
- 21 Influence of PI control parameters on short circuit current characteristics of DFIG *ZHENG Tao, WEI Xuhui, LI Juan, et al.*
- 27 Multi-objective optimization model of collaborative WP-EV dispatch considering demand response  
*HOU Jianchao, HU Qunfeng, TAN Zhongfu*
- 46 DC energy balance scheme for back-to-back PWM converters of wind power system *WANG Mian, CHEN Guozhu*
- 40 Research of islanding mechanism and anti-islanding protection for DFIG *LI Shaolin, QIN Shiyao, WANG Ruiming, et al.*
- 46 PV power forecasting based on AP-ESN *LI Le, LIU Tianqi*
- ❖ **UHV TECHNOLOGY FORUM**
- 52 Shielding-failure protective effect of sideward rod on tower crossarm of UHVAC transmission line *YU Jingzhe, ZHOU Hao*
- ANALYSIS AND RESEARCH**
- 59 Preventive control based on multi-objective particle swarm optimization algorithm for cascading trips  
*REN Jianwen, WEI Junjiao, GU Yufeng*
- 66 Harmonic resonance suppression considering harmonic resonance mode uncertainty of smart distribution grid  
*YU Guangzheng, LIN Tao, CHEN Rusi, et al.*
- 73 Optimal TOU pricing strategy considering user satisfaction in automated demand response background  
*DONG Jun, ZHANG Xiaohu, LI Chunxue, et al.*
- 89 Load model calibration based on calibration navigator for wide-area power system *HAO Lili, YUE Haoyong, WANG Haohao*
- 89 Connection fee and use fee based on deep recovery mechanism for special user *JIANG Yuewen, QIAN Jiaqi*
- 96 Calculation of worst working point and anti-demagnetization structure for line-start permanent magnet synchronous motor  
*LU Weifu, ZHAO Haisen, PIAO Runhao, et al.*
- 103 Integrated nonlinear control of hydroturbine governor and excitation & TCBR system  
*LI Xiaocong, ZHENG Tao, LIANG Zhijian, et al.*
- 117 Active front-end controller for DC distribution *LIU Chuang, CUI Jianfeng, LIU Haiyang, et al.*
- 117 Neutral-point voltage balancing based on one-cycle control for three-phase three-level PFC rectifier  
*GAO Tiefeng, ZHONG Zhouyu, ZHANG Sen, et al.*
- 124 Harmonic characteristic of AAMC *FENG Yadong, WANG Tao, WANG Nannan, et al.*
- 130 Incipient bearing fault diagnosis based on VMD and 1.5-dimension spectrum *WANG Xiaolong, TANG Guiji*
- 137 Synthetic energy-saving interruptible 6-pulse rectifier system for manganese electrolyzation  
*LI Shijun, LUO Longfu, SHE Shuangxiang, et al.*
- 155 Design of digital controller for frequency-tuned series resonance power source  
*HUANG Xinbo, LIU Bin, ZHANG Zhouxiong, et al.*
- 149 Design of damping circuit for depressing numerical oscillation in interpolation-free simulation environment  
*Ji Yuke, XU Jianzhong, XU Yanming, et al.*
- DISCUSSION AND APPLICATION**
- 155 Development and application of simulation software for large power system transient stability detection technologies based on wide-area response  
*ZHAO Jinquan, ZHANG Yujie, ZHANG Pan, et al.*
- 162 Application of design pattern in compatibility processing for master station of dispatch & monitoring system  
*QU Zhijian, XU Zhenqing, LIN Hongping, et al.*
- 175 Key technologies of online maintenance system for relay protections in smart substation and its implementation  
*DU Jun, YE Xiang, GE Liqing, et al.*

## SITE OPERATION

- 175 Control & protection system for Zhoushan multi-terminal VSC-HVDC *DONG Yunlong, LING Weijia, TIAN Jie, et al.*

**Competent Authorities** China Huadian Corporation

**Publication Number** ISSN 1006-6047

**Sponsor** Nanjing Electric Power Automation Research Institute Co., Ltd.

**Editor and Publisher** Electric Power Automation Equipment Press

Guodian Nanjing Automation Co., Ltd.

**Add** 8 Xinghuo Road, Pukou District, Nanjing, China

**Chairman** DENG Jianling

**Post Code** 210032

**Editor in Chief** GUO Xiaojun

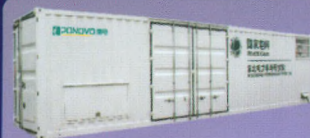
**Tel** 86-25-51859278, 83537347, 83537349 (Fax)

**Web Site** <http://www.epae.cn>

**E-mail** epae@sac-china.com



# 智能电网、新能源及电能质量测试 解决方案提供商



## 可编程电源系列产品

- PHL高/低电压穿越测试装置
- PGA电网适应性测试装置
- PSVT动态无功补偿装置测试装置
- PADS能量回馈式可编程交直流电源
- PBT电池测试系统
- PBS电池模拟器

## 高精度负载 系列产品

- PAL高精度有源负载
- PRLC高精度无源交流负载
- PDR高精度无源直流负载



## 电能质量 系列产品

- PVDG电压扰动发生器
- PHGD可编程谐波发生装置
- PNCS非线性电流模拟源
- PGFA大电流/电压故障模拟装置



## 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（证券简称：博电电气，证券代码：832921）——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”，“新三板”上市企业。

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：010-58731010 传真：010-58731816

地址：北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦C座 100098

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：025-83344652/4653

西藏 四川 云南：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”关注北京博电电气公众平台