



# 电力自动化设备

## Electric Power Automation Equipment

中文核心期刊 中国科技核心期刊 CSCD 核心期刊 《工程索引》(Ei) 核心期刊 RCCSE 权威学术期刊(A+) SA/INSPEC、AJ、CSA、Scopus、EBSCO、JST 收录期刊



致力于发展“电网自动化、电厂及工业自动化、轨道交通自动化、信息与安全技术、电力电子”等产业

### 为智慧电力提供整体解决方案

更清洁 更安全 更有效

more Clean more Security more Efficiency



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.

广告

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

2023

第43卷 第4期  
Vol. 43 No. 4

4 月刊



# 电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI

(月刊,1973年创刊)



4月  
2023年  
第43卷第4期  
(总第348期)  
2023年4月10日出版

## 名誉编委 (按姓氏笔画排序)

王成山	王锡凡	严璋	杨以涵	杨奇逊
吴青华	吴復立	余贻鑫	辛耀中	宋永华
宋璇坤	张丽英	张伯明	陈陈	陈德树
罗安	周有庆	周孝信	洪佩孙	贺家李
钱清泉	徐文远	韩英铎	韩祯祥	程时杰
舒印彪				

## 编委 (按姓氏笔画排序)

丁明	于继来	卫志农	王守相	王克文
王增平	韦化	文劲宇	文福拴	尹项根
艾芊	艾欣	卢志刚	朱守真	刘天琪
刘玉田	刘向杰	刘明波	刘俊勇	刘宪林
刘健	江全元	孙元章	孙宏斌	毕天姝
阮新波	严干贵	严正	李生虎	李永丽
李庚银	李斌	束洪春	别朝红	何正友
辛焕海	闵勇	张尧	张兴	张波
张保会	张道农	陆于平	陈星莺	陈维荣
陈皓勇	邵能灵	林中达	林湘宁	和敬涵
周浩	周维维	赵争鸣	赵建国	赵剑锋
赵晋泉	胡家兵	胡敏强	段献忠	袁越
贾宏杰	夏清	徐丙垠	徐政	徐殿国
高仕斌	高厚磊	郭创新	郭效军	唐炬
涂春鸣	黄学良	梅生伟	曹一家	符杨
康重庆	康勇	董朝阳	董新洲	程浩忠
曾祥君	曾嵘	谢少军	蔡泽祥	廖瑞金
薄志谦	穆钢	鞠平		

主编 郭效军

## 中国电力教育大学院(校)长联席会学术论文专栏

- 1 基于CLC调谐半波长输电线路边界特性的纵联保护  
束洪春,唐玉涛,张宇,韩一鸣,代月,薄志谦
- 10 基于附加级联陷波滤波器的MMC-HVDC多频段谐振抑制策略  
李国庆,王延旭,辛业春,王威儒,王拓,方辉

## 电力电子技术应用专题

- 16 基于双dq坐标变换的模块化多电平矩阵变换器无源控制策略  
程启明,赖宇生,李剑辉,沈章平,张昕,陈颖
- 23 直流微电网的储-荷虚拟直流电机优化控制技术  
付媛,刘承帅,王耀铎,张祥宇,赵欣艳,甄栋夫
- 30 两级式单相逆变器的二次功率解耦控制  
孙瑞东,曾国宏,王静,吴学智,张子超,刘琦远
- 39 LCC-FHMMC混合直流输电系统受端交流系统故障穿越控制策略  
张楠,徐政,张哲任
- 46 一族具有直流链电压箝位的高升压比Y源逆变器  
马建伟,刘鸿鹏,孔庆朝,王卫
- 54 船载脉冲功率系统动态过程建模及其变换器参数优化  
孙磊,黄文焘,邵能灵,庞宇,孙国亮
- 62 多路LLC谐振变换器交错并联均流控制  
张豪,韩民晓,张夏辉,刘海军
- 69 含构网型MMC的受端电网暂态稳定解析分析方法  
陆秋瑜,郑建平,杨银国,于珍,刘洋,薛翼程,张哲任,徐政

## 清洁能源

- 78 基于相图法的水电二阶切换系统动力学特性与振荡分析  
薛安成,庄文彬,熊鸿韬,王嘉伟,杨滢,刘晓博
- 84 复杂约束下梯级水电站机组尺度负荷逐次降维优化分配  
郭爱军,畅建霞,张春,王义民,顾琦,房俊,赵永龙
- 91 考虑可再生能源不确定性的风-光-储-蓄多时间尺度联合优化调度  
黄炜栋,李杨,李璟延,刘英,吴峰,王子昭
- 99 基于有功指令共享的两级式光伏并网系统低电压穿越控制策略  
王诗雯,刘飞,庄一展,刘沁怡,黄艳辉,查晓明

106 基于统计信息系数和 Wasserstein 生成对抗网络的风火系统暂态特征选择与两阶段稳定评估

赵冬梅,谢家康,杜泽航,魏中庆,田世芳,徐咏盛

114 基于两级轨迹灵敏度分析的DFIG动态全过程仿真简化建模方法

张宇,秦文萍,曹锐,朱志龙,薛邵锴,王科

121 基于统计学特征的新能源消纳平衡模型及灵敏度分析

张小奇,孙晓强,张振宇,段乃欣,霍超,葛鹏江

### 智能配电系统专题

127 基于触发同步的配电网信息物理系统实时仿真方法

朱丽,叶学顺,孙勇

135 基于负荷恢复价值折算的主动配电网电力-通信故障统一修复策略

彭寒梅,王维首,苏永新,谭貌,李辉

143 基于特性参数自适应修正的花瓣式配电网反时限过电流保护方法

陈晓龙,闫若璇,李永丽,李仲青,蒋帅,耿少博

152 考虑通信缺失情景的光伏集群分散式电压控制方法

陈波,贾亦真,汪硕承,刘柳,周煦光,朱晓娟

### 分析与研究

159 计及统一潮流控制器的电力系统双层协调弹性调度

刘瀚琛,王冲,鞠平,李洪宇,孙斌

168 基于累积贡献率和可解释人工智能的静态电压稳定裕度估计特征量筛选方法

高晗,蔡国伟,杨德友,王丽馨,杨浩

177 高比例新能源接入下计及工业负荷特性的电网需求响应调控策略

陈光宇,杨锡勇,江海洋,崔雨,张仰飞,郝思鹏,张玉卓

185 有源型电能质量治理设备电网适应性评估方法

林炜翰,孙建军,唐钰政,钟佩军,查晓明

192 多时空视角下计及源-荷功率不确定性的故障严重度综合评估

吴亚宁,罗毅,周生存,汤木易,雷成

201 基于高耦合电抗器的500kV限流器限流特性等效试验

褚博,唐强,王培人,宇文博,苏海博,修士新,贾申利

207 分布式能源功率倒送引发变压器过电流保护误动场景及对策

饶丹青,翁汉珺,郭祎达,李振兴,黄景光

213 带有大中继线圈的无线充电耦合器抗偏移特性研究

程少宇,王钰博,张雪莹,田子涵,康锦萍,赵海森

220 基于“损耗-时间”最优的超级电容器充电策略

黄鹤,肖飞,杨国润,麦志勤

第三届全国期刊奖提名奖获奖期刊

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)核心期刊

中国科技核心期刊

RCCSE 中国权威学术期刊(A+)

入选《能源电力领域高质量科技期刊分级目录》(T2)

入选《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告》

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

荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus)来源期刊

俄罗斯《文摘杂志》(AJ,VINITI)收录期刊

美国 EBSCO 学术数据库收录期刊

日本科学技术振兴机构数据库(JST)收录期刊

美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊

第七届华东地区优秀期刊

中国电力报刊协会优秀期刊



主管单位 中国华电集团有限公司

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》编辑部

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 李莉、李玲

广告部主管 张芳芳

发行部主管 于娜娜

本期栏目统筹 王锦秀

美术编辑 卞金晶

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)

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 中闻集团南京印务有限公司

国内发行 江苏省邮政管理局

邮发代号 28-268

订阅处 全国各地邮局

国内定价 每期50.00元,全年600.00元

海外总发行 中国国际图书贸易集团有限公司

(100048)

海外发行代号 MO-4802

ISSN 1006-6047

中国标准连续出版物号

CN 32-1318/TM

国际刊名代码(CODEN) DZSHFK



关注微信



访问官网

### ACADEMIC DISSERTATION COLUMN OF UNIVERSITY ASSOCIATION OF ELECTRICAL ENGINEERING CHINA

- 9 Pilot protection based on boundary characteristics of CLC tuned half-wavelength transmission line  
*SHU Hongchun, TANG Yutao, ZHANG Yu, HAN Yiming, DAI Yue, BO Zhiqian*
- 15 Multi-band resonance suppression strategy for MMC-HVDC based on additional cascaded notch filters  
*LI Guoqing, WANG Yanxu, XIN Yechun, WANG Weiru, WANG Tuo, FANG Hui*

### SPECIAL COLUMN: POWER ELECTRONICS APPLICATION

- 22 Passivity-based control strategy of modular multilevel matrix converter based on double  $dq$  coordinate transformation  
*CHENG Qiming, LAI Yusheng, LI Jianhui, SHEN Zhangping, ZHANG Xin, CHEN Ying*
- 29 Optimal control technology of storage load virtual DC machine in DC microgrid  
*FU Yuan, LIU Chengshuai, WANG Yaoduo, ZHANG Xiangyu, ZHAO Xinyan, ZHEN Dongfu*
- 38 Decoupling control of second-harmonic power for two-stage single-phase inverter  
*SUN Ruidong, ZENG Guohong, WANG Jing, WU Xuezhi, ZHANG Zichao, LIU Qiyuan*
- 53 Receiving-end AC system fault ride-through control strategy of LCC-FHMMC hybrid HVDC transmission system  
*ZHANG Nan, XU Zheng, ZHANG Zheren*
- 53 Family of high step-up Y-source inverters with DC-link voltage clamping techniques  
*MA Jianwei, LIU Hongpeng, KONG Qingchao, WANG Wei*
- 77 Dynamic process modeling and converter parameter optimization of marine based pulsed power system  
*SUN Lei, HUANG Wentao, TAI Nengling, PANG Yu, SUN Guoliang*
- 68 Interleaved parallel current sharing control for multi-channel LLC resonant converter  
*ZHANG Hao, HAN Minxiao, ZHANG Xiaohui, LIU Haijun*
- 77 Analytical method for transient stability of receiving power system with grid-forming MMC  
*LU Qiuyu, ZHENG Jianping, YANG Yinguo, YU Zhen, LIU Yang, XUE Yicheng, ZHANG Zheren, XU Zheng*

### CLEAN ENERGY

- 113 Dynamic characteristics and oscillation analysis of hydropower second-order switching system based on phase diagram method  
*XUE Ancheng, ZHUANG Wenbin, XIONG Hongtao, WANG Jiawei, YANG Ying, LIU Xiaobo*
- 90 Successive dimension reduction optimal load distribution for cascaded hydropower station on unit scale under complex constraints  
*GUO Aijun, CHANG Jianxia, ZHANG Chun, WANG Yimin, GU Qi, FANG Jun, ZHAO Yonglong*
- 98 Multi-time scale joint optimal scheduling for wind-photovoltaic-electrochemical energy storage-pumped storage considering renewable energy uncertainty  
*HUANG Weidong, LI Yang, LI Jingyan, LIU Ying, WU Feng, WANG Zizhao*
- 105 Active-power-command-sharing low-voltage ride-through control strategy for two-stage PV grid-connected system  
*WANG Shiwen, LIU Fei, ZHUANG Yizhan, LIU Qinyi, HUANG Yanhui, ZHA Xiaoming*
- 113 Transient feature selection and two-stage stability assessment of wind-fire system based on uniform information coefficient and Wasserstein-generative adversarial network  
*ZHAO Dongmei, XIE Jiakang, DU Zehang, WEI Zhongqing, TIAN Shifang, XU Yongsheng*
- 120 Simplified modeling method of DFIG full dynamic simulation based on two-level trajectory sensitivity analysis  
*ZHANG Yu, QIN Wenping, CAO Rui, ZHU Zhilong, XUE Shaokai, WANG Ke*
- 142 Renewable energy consumption balance model and sensitivity analysis based on statistical characteristics  
*ZHANG Xiaoqi, SUN Xiaoqiang, ZHANG Zhenyu, DUAN Naixin, HUO Chao, GE Pengjiang*

**Competent Authorities** China Huadian Corporation Ltd.

**Publication Number** ISSN 1006-6047

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

**Editor and Publisher** Electric Power Automation Equipment  
Editorial Department

**Editor in Chief** GUO Xiaojun

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

**Web Site** www.epae.cn

**Post Code** 210032

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

**Tel** 86-25-51859278, 83537347, 83537349

## SPECIAL COLUMN: SMART DISTRIBUTION SYSTEM

- 134 Real-time simulation method of distribution network cyber physical system based on trigger synchronization  
ZHU Li, YE Xueshun, SUN Yong
- 142 Power-communication faults unified repair strategy for active distribution network based on load recovery value conversion  
PENG Hanmei, WANG Weishou, SU Yongxin, TAN Mao, LI Hui
- 151 Parameter adaptive correction based inverse-time overcurrent protection method of petal-shaped distribution network  
CHEN Xiaolong, YAN Ruoxuan, LI Yongli, LI Zhongqing, JIANG Shuai, GENG Shaobo
- 167 Decentralized voltage control method of photovoltaic cluster considering communication loss scenario  
CHEN Bo, JIA Yizhen, WANG Shuocheng, LIU Liu, ZHOU Xuguang, ZHU Xiaojuan

## ANALYSIS AND RESEARCH

- 167 Bi-level coordinative resilience dispatching of power system considering unified power flow controller  
LIU Hanchen, WANG Chong, JU Ping, LI Hongyu, SUN Bin
- 176 Feature selection approach based on FCC-eAI in static voltage stability margin estimation  
GAO Han, CAI Guowei, YANG Deyou, WANG Lixin, YANG Hao
- 184 Demand response regulation strategy for power grid accessed with high proportion of renewable energy considering industrial load characteristics  
CHEN Guangyu, YANG Xiyong, JIANG Haiyang, CUI Yu, ZHANG Yangfei, HAO Sipeng, ZHANG Yuzhuo
- 191 Evaluation method of power grid adaptability of active power quality control equipment  
LIN Weihai, SUN Jianjun, TANG Yuzheng, ZHONG Peijun, ZHA Xiaoming
- 200 Comprehensive evaluation of fault severity considering source-load power uncertainty from multiple spatiotemporal perspectives  
WU Yaning, LUO Yi, ZHOU Shengcun, TANG Muyi, LEI Cheng
- 206 Equivalent test of current limiting characteristics of 500 kV current limiter based on high coupling reactor  
CHU Bo, TANG Qiang, WANG Peiren, YU Wenbo, SU Haibo, XIU Shixin, JIA Shenli
- 219 Mal-operation scenarios and countermeasures of transformer overcurrent protection caused by power reversal of distributed energy resources  
RAO Danqing, WENG Hanli, GUO Yida, LI Zhenxing, HUANG Jingguang
- 219 Anti-misalignment characteristics of wireless charging magnetic coupler with large relay coil  
CHENG Shaoyu, WANG Yubo, ZHANG Xueying, TIAN Zihan, KANG Jinping, ZHAO Haisen
- 224 Loss-time-based optimal charging strategy for supercapacitor  
HUANG He, XIAO Fei, YANG Guorun, MAI Zhiqin

## 《电力自动化设备》部分重点专题汇集

近年来，结合中国能源与电力领域发展的新形势，《电力自动化设备》追踪行业热点问题，陆续推出了诸多重点专题。现整理部分专题信息如下，欢迎读者参阅。未来《电力自动化设备》亦将继续推出更多热点专题，敬请关注！



### 1 新型电力系统关键技术：五大动态特性研究专题

专题特约主编：浙江大学徐政教授



### 2 新型电力系统关键技术：广义负荷智能认知与高效调控专题

专题特约主编：河海大学鞠平教授



### 3 面向高比例新能源电力系统的储能规划、调控与运营技术专题

专题特约主编：清华大学梅生伟教授、青海大学陈来军教授、华南理工大学朱建全副教授



### 4 未来能源系统的转型与变革：低碳与清洁技术专题

专题特约主编：东南大学顾伟教授、清华大学郭庆来教授、河海大学陈胜副教授



### 5 中低压直流配电系统稳定与控制专题

专题特约主编：天津大学李霞林副教授、天津大学王成山教授、山东理工大学彭克副教授



### 6 电力系统广义同步稳定性与宽频谐振稳定性专题

专题特约主编：浙江大学徐政教授



### 7 大型交直流混联电网运行控制与保护专题

专题特约主编：清华大学董新洲教授、中国电科院汤涌教授级高工、中国电科院卜广全教授级高工、清华大学王宾副研究员



### 8 综合能源系统安全分析与优化控制技术专题

专题特约主编：河海大学王志农教授、天津大学王丹副教授、河海大学孙国强教授



### 9 “智能电网+”专题

专题特约主编：河海大学鞠平教授、秦川副教授



### 10 多能协同综合能源系统专题

专题特约主编：清华大学郭庆来教授、广州供电局刘育权教授级高工