



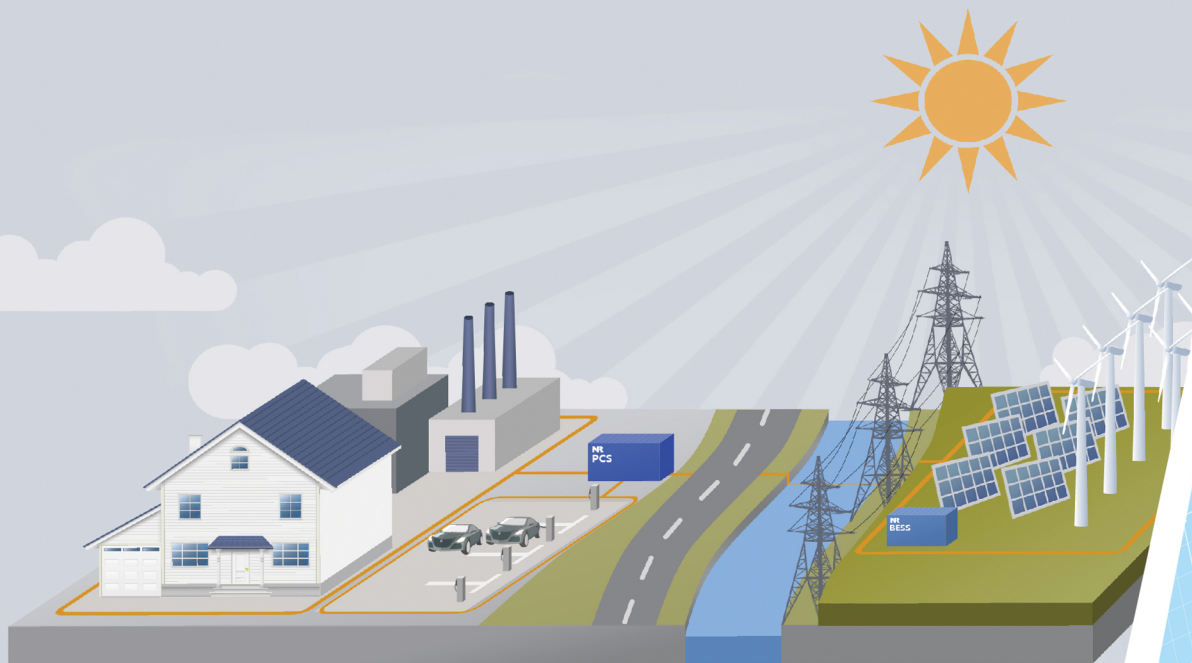
电力自动化设备

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

NR 南瑞继保
NR ELECTRIC

务实 求精 协作 创新
Practice Improvement Cooperation Innovation



更好可控性 更高可用率

南瑞继保PCS-9567储能系统,基于先进的电网控制保护技术、调度监控技术和电力电子技术,可提供全套自主研发的能量管理系统、储能协调控制系统、储能变流器、电池管理系统等储能核心设备。为储能多应用场景提供整体解决方案,包括系统分析、项目可研、系统整体设计集成和EPC服务。南瑞继保储能系统的多机协调控制、集中式一次调频、系统快速响应、黑启动等重要功能为充分发挥储能应用价值提供强有力的技术支撑。

南京南瑞继保电气有限公司
南京南瑞继保工程技术有限公司

NR ELECTRIC CO., LTD.
地址 江苏省南京市江宁区苏源大道69号,211102
电话 025-87178911 传真 025-52100511
Market@nrec.com

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

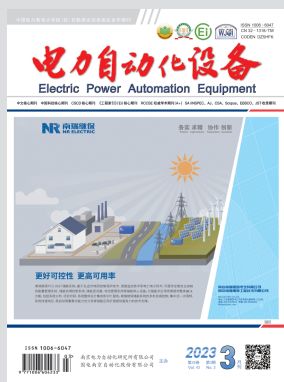
2023 **3** 月刊
第43卷 第3期
Vol. 43 No. 3



电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI

(月刊,1973年创刊)



3月
2023年
第43卷第3期
(总第347期)
2023年3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 吴复立 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 周雄维 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

目次 Contents

中国电力教育大学院(校)长联席会学术论文专栏

1 基于地震灾害场景的主动配电网多维韧性评估方法

符杨,顾吉平,田书欣,米阳,刘舒

多能协同综合能源系统专题

12 基于气网动态精细化建模的区域电-气综合能源系统机会约束最优能流计算

王敬尧,王程,许康平,毕天姝,王新刚,周专

20 考虑设备变工况特性和灵活性供需匹配的园区综合能源系统优化配置模型

王强钢,吴雪莹,杨龙杰,周念成,张浩,李哲

29 考虑热网管道铺设方式影响的电热耦合系统优化调度

张磊,卢天林,杨宸,叶婧,陈庆,黄悦华,薛田良

38 考虑综合能源聚合商与配电公司利益均衡的配电网故障恢复方法

张筱慧,潘永超,张璐,唐巍,李嘉,蔡永翔

46 考虑碳捕集与甲烷化的综合能源微网分布式优化调度

李玉婷,彭敏放

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

54 风电跟踪调度计划时降低寿命损耗的电池储能分组控制策略

余洋,陈东阳,吴玉威,王卜潇,米增强,蔡新雷,董锴

63 高比例风电渗透下考虑长短期储能的源-储-输联合规划优化

郑扬威,江岳文,张金辉

72 计及运行特性的配电网分布式电源与广义储能规划

刘自发,于普洋,李颀雨

清洁能源

80 考虑机网动态交互作用的光伏场群等值建模

潘学萍,王卫康,黄桦,梁伟,陈海东,雍成立

86 计及跟随型和支撑型分布式光伏的广义综合负荷模型及两阶段参数聚合等效方法

陈忠玉,徐晋,汪可友,李国杰,吴盼,王储君

94 光伏直流变压器不闭锁零电压穿越策略

刘瑞煌,杨景刚,吴丹,姚金杰,张宸宇,袁宇波

- 101 考虑暂态波形特征的风电机组高电压脱网智能故障溯源方法
王玉荣,朱奕飞,汤 奕
- 110 基于气象特征挖掘和改进深度学习模型的风电功率短期预测
杨京渝,罗隆福,阳同光,彭 丽,田飞扬
- 117 基于逆推滑模的混合传动型风力机并网控制方法
王子威,尹文良,刘 琳,彭 克,李军徽,芮晓明
- 124 风电高渗透电网等效惯量概率预测方法
巴文岚,文云峰,叶 希,文 明,黄明增,张武其

▶▶ 特高压技术论坛

- 131 基于谐波测量阻抗偏差的接地极线路保护新方法
李小鹏,张钥朗,卢继平,滕予非,庄 祎
- 138 基于多层感知器的 LCC-MMC 并联型特高压三端混合直流输电线路故障检测方法探讨
邢 超,高敬业,毕贵红,陈仕龙,蔡 旺,王 龙

▶▶ 综述

- 146 配电网用户侧异构电力物联设备安全研究综述及展望
严 康,陆艺丹,于宗超,覃芳璐,刘 绚

▶▶ 分析与研究

- 159 基于 3σ -CEEMDAN-LSTM 的空间负荷预测方法
肖 白,高文瑞,李道明,慕雪松,阚中锋
- 166 基于 DeepWalk 算法的电力系统错误数据注入网络攻击分类方法
连祥龙,钱 瞳,张 银,唐文虎
- 172 基于改进的 Transformer 神经网络辅助的两阶段机组组合决策方法
武新章,赵子巍,代 伟,谢代钰,郭苏杭,王泽宇,张冬冬
- 180 区块链技术在多元融合高弹性电网中的应用初探
周自强,张靖琛,颜 拥,耿光超,江全元
- 188 面向重大社会事件的电力应急资源两阶段规划方法
韩建沛,席嫣娜,刘 念,张思璐,王 舒
- 196 基于多源数据融合的省级电网电压暂降互动平台
张 逸,黄佳铭,林鸿伟,陈晶腾,刘烁洁,罗 骏
- 204 基于直流电流动态上升的高压直流输电系统换相失败分析
苏常胜,尹纯亚,李凤婷
- 210 基于触发角偏差补偿的连续换相失败抑制措施
赵 君,李晓华,王玉麟,谭展鹏,汪娟娟,蔡泽祥
- 217 变速抽蓄机组转子绕组接地故障保护及定位方法
乔 健,尹项根,王义凯,卢庆辉,谭力铭,朱凌进

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

EPAE 电力自动化设备 杂志社
EPAE Periodical Press

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 任思思
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

- 11 Multidimensional resilience evaluation method of active distribution network based on earthquake disaster scene
FU Yang, GU Jiping, TIAN Shuxin, MI Yang, LIU Shu

SPECIAL COLUMN: INTEGRATED ENERGY SYSTEM WITH MULTI-ENERGY COLLABORATION

- 19 Chance-constrained optimal energy flow calculation for regional integrated electricity-gas system based on accurate gas network dynamic modeling
WANG Jingyao, WANG Cheng, XU Kangping, BI Tianshu, WANG Xingang, ZHOU Zhuan
- 37 Optimal allocation model of community integrated energy system considering off-design performance of device and flexible supply-demand matching
WANG Qianggang, WU Xuehui, YANG Longjie, ZHOU Niancheng, ZHANG Hao, LI Zhe
- 37 Optimal dispatching of electric-thermal coupling system considering influence of laying method of heating network pipeline
ZHANG Lei, LU Tianlin, YANG Chen, YE Jing, CHEN Qing, HUANG Yuehua, XUE Tianliang
- 62 Distribution network fault recovery method considering balance of interests between integrated energy aggregators and power distribution company
ZHANG Xiaohui, PAN Yongchao, ZHANG Lu, TANG Wei, LI Jia, CAI Yongxiang
- 53 Distributed optimal dispatching of integrated energy microgrid considering carbon capture and methanation
LI Yuting, PENG Minfang

SPECIAL COLUMN: ENERGY STORAGE PLANNING, REGULATION AND OPERATION FOR POWER SYSTEM WITH HIGH PENETRATION OF RENEWABLE ENERGY

- 62 Grouping control strategy of battery energy storage for reducing life loss under wind power tracking scheduling plan
YU Yang, CHEN Dongyang, WU Yuwei, WANG Boxiao, MI Zengqiang, CAI Xinlei, DONG Kai
- 71 Joint planning optimization of source-storage-transportation considering long- and short-term energy storage under high proportion of wind power penetration
ZHENG Yangwei, JIANG Yuewen, ZHANG Jinhui
- 79 Planning of distributed generation and generalized energy storage in distribution network considering operation characteristics
LIU Zifa, YU Puyang, LI Jieyu

CLEAN ENERGY

- 109 Equivalent modeling of PV station groups considering dynamic interaction between PV and power grid
PAN Xueping, WANG Weikang, HUANG Hua, LIANG Wei, CHEN Haidong, YONG Chengli
- 93 Generalized composite load model and two-stage parameter aggregation and equivalent method considering grid-following and grid-forming distributed photovoltaic
CHEN Zhongyu, XU Jin, WANG Keyou, LI Guojie, WU Pan, WANG Chujun
- 100 Photovoltaic DC transformer with non-blocking zero voltage ride through strategy
LIU Ruihuang, YANG Jinggang, WU Dan, YAO Jinjie, ZHANG Chenyu, YUAN Yubo
- 109 Intelligent fault source identification method for high-voltage trip-off of wind turbines considering transient waveform characteristics
WANG Yurong, ZHU Yifei, TANG Yi
- 116 Wind power short-term forecasting based on meteorological feature exploring and improved deep learning model
YANG Jingyu, LUO Longfu, YANG Tongguang, PENG Li, TIAN Feiyang
- 123 Grid-connected control method of hybrid drive wind turbine based on backstepping sliding mode
WANG Ziwei, YIN Wenliang, LIU Lin, PENG Ke, LI Junhui, RUI Xiaoming

Competent Authorities China Huadian Corporation Ltd.

Publication Number ISSN 1006-6047

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

Editor and Publisher Electric Power Automation Equipment

Guodian Nanjing Automation Co., Ltd.

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

- 165 Probability prediction method of equivalent inertia for high wind power penetration grid
BA Wenlan, WEN Yunfeng, YE Xi, WEN Ming, HUANG Mingzeng, ZHANG Wuqi

UHV TECHNOLOGY FORUM

- 137 New method of grounding electrode line protection based on harmonic measurement impedance deviation
LI Xiaopeng, ZHANG Yuelang, LU Jiping, TENG Yufei, ZHUANG Yi
- 145 Discussion on fault detection method for transmission line of LCC-MMC parallel three-terminal hybrid UHVDC system based on multi-layer perception
XING Chao, GAO Jingye, BI Guihong, CHEN Shilong, CAI Wang, WANG Long

SUMMARY AND SURVEY

- 158 Review and prospect of research on security of user-side heterogeneous power IoT devices in distribution network
YAN Kang, LU Yidan, YU Zongchao, QIN Fanglu, LIU Xuan

ANALYSIS AND RESEARCH

- 165 Spatial load forecasting method based on 3σ -CEEMDAN-LSTM
XIAO Bai, GAO Wenrui, LI Daoming, QI Xuesong, KAN Zhongfeng
- 171 Cyber attack classification method of false data injection in power system based on DeepWalk algorithm
LIAN Xianglong, QIAN Tong, ZHANG Yin, TANG Wenhui
- 179 Two-stage unit commitment decision-making method based on auxiliary of improved Transformer neural network
WU Xinzhang, ZHAO Ziwei, DAI Wei, XIE Daiyu, GUO Suhang, WANG Zeyu, ZHANG Dongdong
- 187 Preliminary study on applications of blockchain technology in multi-factor integrated high-elastic power grid
ZHOU Ziqiang, ZHANG Jingchen, YAN Yong, GENG Guangchao, JIANG Quanyuan
- 224 Two-stage planning method of power emergency resources for major social events
HAN Jianpei, XI Yanna, LIU Nian, ZHANG Silu, WANG Shu
- 203 Voltage sag interactive platform of provincial power grid based on multi-source data fusion
ZHANG Yi, HUANG Jiaming, LIN Hongwei, CHEN Jingteng, LIU Shuojie, LUO Jun
- 209 Commutation failure analysis in HVDC transmission system based on DC current dynamic rise
SU Changsheng, YIN Chunyu, LI Fengting
- 216 Continuous commutation failure suppression strategy based on firing angle deviation compensation
ZHAO Jun, LI Xiaohua, WANG Yulin, TAN Zhanpeng, WANG Juanjuan, CAI Zexiang
- 224 Protection and location method of rotor winding grounding fault for variable speed pumping storage unit
QIAO Jian, YIN Xianggen, WANG Yikai, LU Qinghui, TAN Liming, ZHU Lingjin

《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: 河海大学卫志农教授、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