



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

为智慧能源提供整体解决方案

自动化、智能化成就未来
be Automation be Intelligence be Future



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

2023

第43卷
Vol. 43

第6期
No. 6

6
月刊



电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI

(月刊,1973年创刊)



6月
2023年

第43卷第6期
(总第350期)

2023年6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

目次 Contents

多能协同综合能源系统专题

- 1 考虑综合需求响应的综合能源系统多能协同优化调度
盛四清,张佳欣,李然,项特
- 10 基于风电-碳捕集电力系统的灵活性调峰策略
崔杨,张聪,张璐,赵钰婷,施浩波,刘新元
- 18 计及需求响应和共享储能的多微网系统双层优化调度
徐艳春,刘海权,孙思涵,MI Lu
- 27 考虑充放电策略的换电站与风电-碳捕集虚拟电厂的低碳经济调度
李翼成,赵钰婷,崔杨,仲悟之,李鸿博

电动汽车技术专题

- 37 双楼宇专变供电充电站负荷的时空双维调控建模
张勇军,周星月,唐渊,杨景旭,姚蓝霓,李其霖
- 46 基于改进延迟接受算法的电动汽车-快充桩匹配策略
李恒杰,夏宇轩,周云,冯冬涵,刘泽宇,方陈,冯琪
- 53 基于V2G技术的城市电网供电恢复策略
胡思洋,廖凯,杨健维,李波,杨威

微电网专题

- 62 基于安全域的并网型微电网能量优化新方法
肖峻,李瑾一,宋晨辉
- 71 基于局部几何参数化和JFNG算法的微电网群分布式连续潮流计算
巨云涛,李嘉伟,陈浩,林毅,王杰

智能配电系统专题

- 78 考虑预设偏移值的多支配电网故障定位方法
谢李为,李勇,罗隆福,曾祥君,喻锐,侯亮,曹一家
- 86 基于多粒度聚类 and 多元特征统计的低压配电网拓扑识别与监测
郭上华,王钢
- 94 计及分时电价的电缆配电网多时段二阶段有功与无功协调快速鲁棒优化调度方法
张剑,崔明建,何怡刚

▶▶ 清洁能源

- 101 基于 VEITD 和 OSMHD 的风电机轴轴承损伤识别
唐贵基, 朱星皓, 王晓龙, 薛 贵, 徐振丽, 周 威
- 108 计及冷负荷效应时变特性的含风储联合系统负荷恢复策略
丁 江, 孙 磊, 丁 明
- 116 基于 DCC-GARCH 的海上风电场出力空间相关性分析及预测
马 欣, 吴 涵, 苗安康, 袁 越, 李振杰, 郝思鹏

▶▶ 综述

- 124 波浪能发电控制技术研究综述 陈 佳, 兰 飞, 郭昊霖, 黎静华

▶▶ 分析与研究

- 137 关于新型电力系统部分特点的思考
高志远, 张 晶, 庄卫金, 张占奎, 孙 芊, 赵 磊, 李 壮
- 144 基于多层随机优化的电网安全稳定控制装置机会检修决策方法
欧阳金鑫, 于 莉, 蒋 航, 余建峰, 熊 俊, 朱开阳
- 152 考虑灵活性的储能容量多阶段分布鲁棒规划 朱晓荣, 山雨琦
- 160 计及模糊随机不确定性的聚合商调度策略
张晶晶, 李淑杨, 齐先军, 杨 熙
- 168 考虑背景波动与量测数据相位缺失的系统侧谐波阻抗估计方法
宋晓庆, 徐永海, 陶 顺, 张 惠, 任有刚, 仝翠芝
- 175 基于时域卷积功率差的多端混合高压直流线路快速纵联保护方法
李海锋, 褚倍钰, 梁远升, 邓成江, 王 钢
- 183 基于矩阵变换器的 UPFC 简化调制模型预测控制
程启明, 张 昕, 赖宇生, 李剑辉, 沈章平, 陈 颖
- 190 级联 H 桥型电力电子变压器平均值模型
徐婉莹, 郑聪慧, 许建中, 赵成勇
- 197 基于电力电子辅助式有载分接开关的 Sen 变压器开关暂态建模与分析
郭 西, 韩 松, 谢舒帆, 卜 亮, 荣 娜
- 204 一种等效微分环节反馈滤波电容电压实现有源阻尼的方法
牛晨晖, 肖华平, 李明明, 曹庆伟, 姚中原, 肖华锋
- 211 汽轮发电机组简单轴系模型扭转刚度的简易计算
张琦雪, 刘 彬, 马志恒, 周文卿, 殷浩浩, 陈 冲, 王 凯, 孟 竹
- 217 多类型热电机群实时负荷动态分配方法
陈 筑, 周运虎, 徐仁博, 韩 旭, 苏子航, 章 艳, 吕 泉

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 王欣竹

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 国内外公开发行业

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

Electric Power Automation Equipment (EPAE)

Vol.43 No.6(Sum No.350)

Jun. 2023

CONTENTS

SPECIAL COLUMN: INTEGRATED ENERGY SYSTEM WITH MULTI-ENERGY COLLABORATION

- 9 Multi-energy collaborative optimization scheduling of integrated energy system considering integrated demand response
SHENG Siqing, ZHANG Jiaxin, LI Ran, XIANG Te
- 45 Flexible peak shaving strategy of power system based on wind power-carbon capture
CUI Yang, ZHANG Cong, ZHANG Lu, ZHAO Yuting, SHI Haobo, LIU Xinyuan
- 26 Bi-level optimal scheduling of multi-microgrid system considering demand response and shared energy storage
XU Yanchun, LIU Haiquan, SUN Sihan, MI Lu
- 36 Low-carbon economic dispatching of battery swapping station and wind power-carbon capture virtual power plant considering charging and discharging strategy
LI Yicheng, ZHAO Yuting, CUI Yang, ZHONG Wuzhi, LI Hongbo

SPECIAL COLUMN: ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY

- 45 Time-space two-dimensional regulation modeling of charging station load powered by bi-building special transformers
ZHANG Yongjun, ZHOU Xingyue, TANG Yuan, YANG Jingxu, YAO Lanni, LI Qilin
- 70 Matching strategy between electric vehicles and fast charging piles based on improved deferred-acceptance algorithm
LI Hengjie, XIA Yuxuan, ZHOU Yun, FENG Donghan, LIU Zeyu, FANG Chen, FENG Qi
- 61 Power supply restoration strategy of urban power grid based on V2G technology
HU Siyang, LIAO Kai, YANG Jianwei, LI Bo, YANG Wei

SPECIAL COLUMN: MICROGRID

- 70 New method of energy optimization for grid-connected microgrid based on security region
XIAO Jun, LI Jinyi, SONG Chenhui
- 136 Distributed continuous power flow calculation of microgrid group based on local geometric parameterization and JFNG algorithm
JU Yuntao, LI Jiawei, CHEN Hao, LIN Yi, WANG Jie

SPECIAL COLUMN: SMART DISTRIBUTION SYSTEM

- 85 Fault location method considering preset offset value for distribution network with multi-branch
XIE Liwei, LI Yong, LUO Longfu, ZENG Xiangjun, YU Kun, HOU Liang, CAO Yijia
- 93 Topology identification and monitoring of low-voltage distribution network based on multi-granularity clustering and multivariate characteristic statistics
GUO Shanghua, WANG Gang
- 100 Multi-period two-stage fast robust optimal dispatch method of active and reactive power coordination for cable distribution network considering time-of-use price
ZHANG Jian, CUI Mingjian, HE Yigang

CLEAN ENERGY

- 107 Wind turbine bearing damage identification based on VEITD and OSMHD
TANG Guiji, ZHU Xinghao, WANG Xiaolong, XUE Gui, XU Zhenli, ZHOU Wei
- 115 Load restoration strategy with wind farm-battery energy storage system considering time-variation characteristic of cold load pickup
DING Jiang, SUN Lei, DING Ming

Competent Authorities China Huadian Corporation Ltd.

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

Editor in Chief GUO Xiaojun

Web Site www.epae.cn

E-mail epae@sac-china.com

Publication Number ISSN 1006-6047

Editor and Publisher Electric Power Automation Equipment
Editorial Department

Add 8 Xinghuo Road, Pukou District, Nanjing, China

Post Code 210032

Tel 86-25-51859278, 83537347, 83537349

- 123 Spatial correlation analysis and prediction of offshore wind farm output based on DCC-GARCH
MA Xin, WU Han, MIAO Ankang, YUAN Yue, LI Zhenjie, HAO Sipeng

SUMMARY AND SURVEY

- 136 Review on wave energy power generation control technology
CHEN Jia, LAN Fei, GUO Haolin, LI Jinghua

ANALYSIS AND RESEARCH

- 151 Thoughts on some characteristics of new style power system
GAO Zhiyuan, ZHANG Jing, ZHUANG Weijin, ZHANG Zhankui, SUN Qian, ZHAO Lei, LI Zhuang
- 151 Opportunistic maintenance decision method for power grid security and stability control device based on multi-layer stochastic optimization
OUYANG Jinxin, YU Li, JIANG Hang, YU Jianfeng, XIONG Jun, ZHU Kaiyang
- 167 Multi-stage distributionally robust planning of energy storage capacity considering flexibility
ZHU Xiaorong, SHAN Yuqi
- 167 Dispatching strategy of aggregator considering fuzzy random uncertainty
ZHANG Jingjing, LI Shuyang, QI Xianjun, YANG Xi
- 210 System side harmonic impedance estimation method considering background fluctuation and phase angle missing of measurement data
SONG Xiaoqing, XU Yonghai, TAO Shun, ZHANG Hui, REN Yougang, TONG Cuizhi
- 182 Fast pilot protection method of multi-terminal hybrid HVDC line based on time-domain differential convolution power
LI Haifeng, CHU Beiyu, LIANG Yuansheng, DENG Chengjiang, WANG Gang
- 189 Simplified modulation model predictive control of UPFC based on DMC
CHENG Qiming, ZHANG Xin, LAI Yusheng, LI Jianhui, SHEN Zhangping, CHEN Ying
- 196 Average-value model of cascaded H-bridge type power electronic transformer
XU Wanying, ZHENG Conghui, XU Jianzhong, ZHAO Chengyong
- 203 Switching transient modeling and analysis of power-electronic-assisted on-load tap-changer based Sen transformer
GUO Xi, HAN Song, XIE Shufan, BU Liang, RONG Na
- 210 Method of achieving active damping by filter capacitor voltage feedback with equivalent differential link
NIU Chenhui, XIAO Huaping, LI Mingming, CAO Qingwei, YAO Zhongyuan, XIAO Huafeng
- 216 Simple calculation for torsional stiffness of steam turbine generator lumped spring mass model
ZHANG Qixue, LIU Bin, MA Zhiheng, ZHOU Wenqing, YIN Haohao, CHEN Chong, WANG Kai, MENG Zhu
- 224 Dynamic allocation method of real-time load for multi-type CHP unit group
CHEN Zhu, ZHOU Yunhu, XU Renbo, HAN Xu, SU Zihang, ZHANG Yan, LÜ Quan

《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 中低压直流配电用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

变电站 二次技改方案

Upgrade Remodeling

方案介绍

仅更换二次设备，不更换屏柜和外部电缆。

分类



开关柜保护改造



组屏保护类改造



组屏测控类改造



厂站系统改造

应用场景

根据《继电保护和安全自动装置运行管理规程》规定，微机继电保护装置使用年限一般为12年。近年来已有大量变电站二次设备投运年限接近或超过12年，设备进入生命周期末期。为保障电网安全稳定运行，提高供电可靠性，需要进行二次设备改造。



用户技改实施主要痛点：

人力资源不足，停电时间紧张，改造风险大，传统改造费用高。

销售业绩

长园深瑞通过掏屏改造方式已实施完成近400个技改项目，其中整站改造项目近100个。

方案价值

缩短改造时间

大幅减少停电时间，以典型110 kV变电站工程改造（2进线、2台主变、24馈线）为例：常规改造时间在50天左右，采用原屏改造方案可缩短至25天左右。其中典型10 kV间隔常规改造时间在8小时左右，原屏改造约3小时。

降低改造成本

大幅降低电缆材料费用、电缆施工费用、运营管理费用，使得技改项目总投资大幅下降。



客服电话 / 400 678 8099

• 地址：深圳市南山区高新技术产业园北区科技北一路13号

• 总机：0755-33018888

• 邮编：518057

• 网址：www.sznari.com

• 微信公众平台：长园深瑞

