



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.

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

2024

第44卷 Vol. 44
第1期 No. 1

1
月刊



电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI

(月刊,1973年创刊)



1月
2024 年

第 44 卷 第 1 期
(总第 357 期)

2024 年 1 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 肖先勇 吴文传
吴在军 吴 峰 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 陈启鑫 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 顾 伟 徐丙垠 徐 政
徐殿国 高仕斌 高厚磊 郭创新 郭庆来
郭效军 唐 炬 涂春鸣 黄学良 黄悦华
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
谢开贵 谢少军 蔡泽祥 廖瑞金 薄志谦
穆 钢 鞠 平

主 编 郭效军

目次 Contents

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

- 1 考虑光储协调的配电网多阶段就地-分布式电压控制策略
王守相,程耀祥,赵倩宇,董逸超
- 10 考虑移动式储能的综合能源系统冰灾后抢修与调度协同优化
孙 亮,孙萌萌,赵海猛,孙艳学
- 17 兼顾碳减排和新能源消纳的火电机组深度调峰与复合储能协调规划
朱健宇,潘学萍,王正风,王吉文,孙晓荣,史 雯,秦景辉
- 24 面向新能源高渗透系统调峰和调频的系统级储能容量需求分析
王 森,李凤婷,张高航,尹纯亚,李 源
- 32 基于共享储能的台区多元负荷协同控制策略
吕 斌,黄 丹,丁 宏,吕朋朋

智能配电系统专题

- 40 基于改进仿射算法的主动配电网区间调度
程 杉,左先旺,杨 堃,傅 桐,王 灿
- 49 基于分布式电源主动控制的配电网合环电压波动抑制方法
欧阳金鑫,陈纪宇,袁毅峰,许守东
- 57 基于模型预测控制的高频隔离型混合配电变压器
王秀云,高 硕,裴忠晨,刘 闯,李瑞峰,杨卫平
- 64 计及制冷系统和过热保护的含高温超导电缆配电网可靠性评估方法
吕忠麟,顾 洁,金之俭
- 73 基于节点网元的韧性配电网时-空调度序列协同优化负荷恢复策略
孙明琦,郑予容,林 苑,刘振宇

清洁能源

- 80 光伏多功能并网逆变器不同出力状态下无功谐波优化方法
王 果,武 旭,李 龙,张梦圆,李旭哲,成 柯,张建雄
- 88 抑制风电场经 LCC-HVDC 并网系统交流过电压的无功功率分散协同控制方法
赵东君,郭春义,叶 全,樊 鑫,赵 峥,李 探
- 95 计及静态电压稳定性的风光电站选址定容协同规划方法
路 亮,魏明奎,张怀远,江 粟,沈 力,廖 凯

- 103 耦合调峰与通航需求的梯级水电站群短期多目标优化调度的 MILP 方法

吴慧军,李树山,唐红兵,马翔宇,张 玺,廖胜利

▶▶ 微电网专题

- 111 基于 MAS 的多电力弹簧分布式协同控制策略

程启明,沈章平,张家领,吴浩强,程尹曼

- 119 基于动态扩散算法的直流微电网简化分布式二层控制

廖达威,高 飞

▶▶ 分析与研究

- 126 考虑谐波严重程度的长时间尺度谐波责任划分方法

张 逸,郭俊煜,邵振国

- 134 提高储能 VSG 并网有功响应性能的暂态阻尼策略

石荣亮,张群英,王国斌,兰才华,黄 冀,王 斌

- 141 基于图像分类网络的非侵入式负荷辨识算法的运算成本优化

杨舒惠,黎静华,韦善阳

- 147 复合电压薄弱性指标及以其为导向的无功优化策略

刘庆珍,黄君莹,王少芳

- 153 计及静态电压稳定约束的最少发电机优化调度方法

邓晓帆,王 蕾,刘建涛,郑春旭

- 160 适用于中点箝位型三电平逆变器的多目标调制策略

姜卫东,董 浩,王金平,吉耀聪

- 167 磁脱扣器动作响应分析及储能电容匹配设计

李 奎,佟 盟,武 一,卢志伟,胡博凯,徐子健

- 174 LCC-MMC 混合三端直流输电系统送端交流故障下的不间断运行协调控制策略

唐 岚,濮永现,邢 超,耿 樾,王成磊,束洪春,卜祥帅

- 181 星-三角接法的分数槽永磁电机匝间短路故障分析

陈演斐,凌志豪,范晨阳,李志新,万向民

- 188 应对变电站二次直流失电的超高压输电线路相间保护方案

高钰堃,赵 明,李本瑜,石恒初,李银红,陈金富

- 196 基于正弦同源-概率空间协同互补的涌流闭锁方案

陈 勇,张员宁,黄景光,刘 琦,李浙栋,林湘宁

- 203 考虑用电和馈电模式的变流器电驱系统建模与稳定性分析

王 凯,吕 敬,林鸿飞,柴 炜

- 209 基于 MMC 闭锁与负直流电压无闭锁的综合直流故障限流策略

王 琛,魏子文,王 毅,韩 创,曹 赛

- 217 超、特高压交流线路反时限零序过流后备保护的整定建议

刘 阳,陈祥文,王玉龙,李会新,李 勇,王英英

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《电气工程领域高质量科技期刊分级目录》(T1)

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 李 玮

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

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



关注微信



访问官网

CONTENTS

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

- 9 Multi-stage local-distributed voltage control strategy of distribution network considering photovoltaic-energy storage coordination
WANG Shouxiang,CHENG Yaoxiang,ZHAO Qianyu,DONG Yichao
- 56 Cooperative optimization of emergency repair and dispatch for integrated energy system considering mobile energy storage after ice disaster
SUN Liang,SUN Mengmeng,ZHAO Haimeng,SUN Yanxue
- 23 Coordinated planning of thermal generator deep peak regulation and composite energy storage considering carbon emission reduction and new energy consumption
ZHU Jianyu,PAN Xueping,WANG Zhengfeng,WANG Jiwen,SUN Xiaorong,SHI Wen,QIN Jinghui
- 31 Capacity demand analysis of system-level energy storage for peak regulation and frequency regulation of power system with high penetration of renewable energy
WANG Sen,LI Fengting,ZHANG Gaohang,YIN Chunya,LI Yuan
- 39 Multivariate load collaborative control strategy in transformer district based on shared energy storage
LÜ Bin,HUANG Dan,DING Hong,LÜ Pengpeng

SPECIAL COLUMN:SMART DISTRIBUTION SYSTEM

- 48 Interval scheduling of active distribution network based on improved affine arithmetic
CHENG Shan,ZUO Xianwang,YANG Kun,FU Tong,WANG Can
- 56 Loop-closing voltage fluctuation suppression method of distribution network based on active control of distributed generators
OUYANG Jinxin,CHEN Jiyu,YUAN Yifeng,XU Shoudong
- 87 High frequency isolated hybrid distribution transformer based on model predictive control
WANG Xiuyun,GAO Shuo,PEI Zhongchen,LIU Chuang,LI Ruifeng,YANG Weiping
- 72 Reliability evaluation method of distribution network with HTS cable considering cooling system and overheating protection
LÜ Zhonglin,GU Jie,JIN Zhijian
- 79 Load recovery strategy considering time-space scheduling sequence co-optimization for resilient network based on web of node
SUN Mingqi,ZHENG Yurong,LIN Yuan,LIU Zhenyu

CLEAN ENERGY

- 87 Optimization method of reactive power and harmonic for photovoltaic multi-function grid-connected inverter under different output states
WANG Guo,WU Xu,LI Long,ZHANG Mengyuan,LI Xuzhe,CHENG Ke,ZHANG Jianxiong
- 94 Reactive power decentralized cooperative control method for restraining AC overvoltage of wind farm via LCC-HVDC grid-connected system
ZHAO Dongjun,GUO Chunyi,YE Quan,FAN Xin,ZHAO Zheng,LI Tan
- 102 Coordinated siting and sizing planning method of wind and photovoltaic power stations considering static voltage stability
LU Liang,WEI Mingkui,ZHANG Huaiyuan,JIANG Li,SHEN Li,LIAO Kai
- 110 MILP method for multi-objective short-term optimal scheduling of cascaded hydropower stations coupling peak-shaving and navigation demands
WU Huijun,LI Shushan,TANG Hongbing,MA Xiangyu,ZHANG Xi,LIAO Shengli

SPECIAL COLUMN:MICROGRID

- 118 Multi-electric spring distributed collaborative control strategy based on MAS
CHENG Qiming,SHEN Zhangping,ZHANG Jialing,WU Haoqiang,CHENG Yinman

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

ANALYSIS AND RESEARCH

- 133 Long-time scale harmonic responsibility division method considering harmonic severity
ZHANG Yi, GUO Junyu, SHAO Zhenguo
- 140 Transient damping strategies to improve grid-connected active response performance of energy storage VSG
SHI Rongliang, ZHANG Qunying, WANG Guobin, LAN Caihua, HUANG Ji, WANG Bin
- 146 Computational cost optimization of non-intrusive load identification algorithm based on image classification network
YANG Shuhui, LI Jinghua, WEI Shanyang
- 159 Compounding voltage weakness indicator and reactive power optimization strategy oriented to it
LIU Qingzhen, HUANG Junying, WANG Shaofang
- 159 Optimal dispatch method with minimum generator considering static voltage stability constraint
DENG Xiaofan, WANG Lei, LIU Jiantao, ZHENG Chunxu
- 224 Multi-objective modulation strategy for neutral point clamped three-level inverter
JIANG Weidong, DONG Hao, WANG Jinping, JI Yaocong
- 173 Tripping response analysis and capacitor matching design of magnetic release
LI Kui, TONG Meng, WU Yi, LU Zhiwei, HU Bokai, XU Zijian
- 180 Coordinated control strategy for uninterrupted operation of LCC-MMC hybrid three-terminal DC transmission system under AC fault at sending end
TANG Lan, PU Yongxian, XING Chao, GENG Yue, WANG Chenglei, SHU Hongchun, BO Xiangshuai
- 187 Analysis of interturn short circuit fault of fractional slot permanent magnet machine with star-delta connection
CHEN Zhenfei, LING Zhihao, FAN Chenyang, LI Zhixin, WAN Xiangmin
- 195 Phase-to-phase protection scheme for EHV transmission line coping with substation secondary DC power loss
GAO Yukun, ZHAO Ming, LI Benyu, SHI Hengchu, LI Yinhong, CHEN Jinfu
- 202 Inrush current locking scheme based on sine homologous-probability space collaborative complementation
CHEN Yong, ZHANG Yuanning, HUANG Jingguang, LIU Qi, LI Zhedong, LIN Xiangning
- 208 Modeling and stability analysis of converter-based electric drive system considering power consumption and power feed modes
WANG Kai, LÜ Jing, LIN Hongfei, CHAI Wei
- 216 Integrated DC fault current limiting strategy based on blocking and negative DC voltage non-blocking of MMC
WANG Chen, WEI Ziwen, WANG Yi, HAN Chuang, CAO Sai
- 224 Setting suggestions of inverse-time zero-sequence overcurrent backup protection for EHV and UHV AC lines
LIU Yang, CHEN Xiangwen, WANG Yulong, LI Huixin, LI Yong, WANG Yingying

《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: 高比例电力电子装备电力系统稳定性分析与控制专题

专题特约主编: 浙江大学辛焕海教授



2 新型电力系统关键技术: 电力市场交易理论与支撑技术专题

专题特约主编: 清华大学陈启鑫教授、浙江大学邓瑞龙研究员、清华大学郭鸿业助理研究员



3 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



4 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



5 电动汽车与能源互联网融合发展的核心理论与关键技术专题

专题特约主编: 浙江大学文福拴教授、华北电力大学胡俊杰副教授、四川大学向月副教授



6 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



7 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



8 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



9 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



10 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



《电力自动化设备》祝您万事如意！