

电气技术

1

2023

ELECTRICAL ENGINEERING

第24卷 第1期
(总第280期)



CW6系列 智能型万能式断路器

旗舰性能 处处惊喜

- 高分断、高短耐、MCR 可选可关闭，全面满足选择性协调
- 全方位智能配电保护，健康诊断、主动运维
- 高精度电量测量内置化，能效管理简单化
- 全系列 Ui 达 1250V，主弧触头设计，高刚度新机构，运行高可靠
- 智能互联、标配蓝牙，可选各类数字模块，即插即用



ISSN 1673-3800



9 771673 380232

0 1 >

常熟开关制造有限公司 (原常熟开关厂)

CHANGSHU SWITCHGEAR MFG. CO., LTD. (FORMER CHANGSHU SWITCHGEAR PLANT)

更多信息敬请关注: www.riyue.com.cn



微信公众号

电气技术

DIANQI JISHU

主管单位 中国科学技术协会
主办单位 中国电工技术学会

《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊
《中国期刊全文数据库》(CJFD)全文收录期刊
《中国学术期刊文摘》(CSAC)收录期刊
《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊
超星域出版平台收录期刊
RCCSE 中国准核心学术期刊(第六版)

2000 年创刊·月刊
第 24 卷第 1 期(总第 280 期)
2023 年 1 月 15 日出版

《电气技术》第六届编辑委员会

主任委员 王秋良

副主任委员 唐炬

委 员 (按姓氏笔画排序)

兀鹏越 马文忠 马俊鹏 王卫 王玉琴 王春华 王洪智 元复兴 韦统振 卞星明 邓富金 付银仓 付强
兰志勇 刘扬洋 刘进军 刘杰 刘炜 刘清瑞 安志国 许烽 许寅 许德智 孙涌 阳同光 严陆光
李立毅 李争 李进 李建林 李崇坚 李斌 杨津听 杨晓峰 杨爱军 杨强 肖迁 肖淞 吴淑群
宋洪磊 张文亮 张立伟 张灵 张洪阳 张银峰 陈俊 苑舜 周亚宁 周远翔 周孝信 郑天文 单晖
赵峰 南寅 袁立强 耿英三 顾伟峰 顾国彪 徐丙垠 徐建军 奚大华 唐任远 黄旭虹 黄际元 黄金杰
商立群 彭晶 韩杨 雷二涛 鲍海波 熊瑞

顾 问 陆燕荪 沈烈初 孙昌基 周鹤良

社 长 闫卓

副 社 长 王文光

主 编 王秋良

执行主编 唐炬

副 主 编 李建林 杨晓峰 肖淞

责任编辑 阴柳霞

地 址 北京市西城区莲花池东路 102 号天莲大厦 10 层

邮 编 100055

电 话 010-63256943(编辑部) 010-63256838(报道部)
010-63256867(广告部) 010-63256817(发行部)

网 址 www.cesmedia.cn

邮 箱 dianqijishu@126.com(编辑部)
cesmedia@126.com(市场部)

新 媒 体 “电气技术”微信号: CES 电气
“电工技术学报”微信号: dgjstxb
今日头条号: 电气技术
新浪官方微博: @电气技术杂志社

出版单位 《电气技术》杂志社有限公司

印 刷 廊坊市蓝海德彩印有限公司

发行范围 国内外公开发行

国内定价 10.00元/期
120.00元/年

中国标准连续出版物号 ISSN 1673-3800
CN 11-5255/TM

广告经营许可证 京西工商广字第 20170092 号

户 名 《电气技术》杂志社有限公司

开户银行 工商银行北京礼士路支行

账 号 0200 0036 0920 1115 091

版权声明

向我刊投稿的作者需要保证拥有所投文章的全部版权,文章一经在《电气技术》杂志上发表,则视为作者同意将该文章的版权(包括电子出版、多媒体出版、网络出版及以其他形式出版的权利)自动转让给我刊。

本刊已许可中国知网、万方数据、重庆维普数据、超星域出版平台等机构在其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。上述机构著作权使用费与本刊稿酬一并支付。

作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。

Electrical Engineering

(Monthly, Started in 2000)

Vol.24 No.1 (Serial No.280)

January 15, 2023

The 6th Editorial Committee of Electrical Technology

Director Member: WANG Qiuliang (academician)

Vice Director Member: TANG Ju

Member:

WU Pengyue	MA Wenzhong	MA Junpeng	WANG Wei
WANG Yuqin	WANG Chunhua	WANG Hongzhi	YUAN Fuxing
WEI Tongzhen	BIAN Xingming	DENG Fujin	FU Yincang
FU Qiang	LAN Zhiyong	LIU Yangyang	LIU Jinjun
LIU Jie	LIU Wei	LIU Qingrui	AN Zhiguo
XU Feng	XU Yin	XU Dezhi	SUN Yong
YANG Tongguang	YAN Luguang (academician)	LI Liyi	LI Zheng
LI Jin	LI Jianlin	LI Chongjian	LI Bin
YANG Jinting	YANG Xiaofeng	YANG Aijun	YANG Qiang
XIAO Qian	XIAO Song	WU Shuqun	SONG Honglei
ZHANG Wenliang	ZHANG Liwei	ZHANG Ling	ZHANG Hongyang
ZHANG Yinfeng	CHEN Jun	YUAN Shun	ZHOU Yaning
ZHOU Yuanxiang	ZHOU Xiaoxin (academician)	ZHENG Tianwen	SHAN Hui
ZHAO Feng	NAN Yin	YUAN Liqiang	GENG Yingsan
GU Weifeng	GU Guobiao (academician)	XU Bingyin	XU Jianjun
XI Dahua	TANG Renyuan (academician)	HUANG Xuhong	HUANG Jiyuan
HUANG Jinjie	SHANG Liquan	PENG Jing	HAN Yang
LEI Ertao	BAO Haibo	XIONG Rui	

Competent Authorities: China Association for Science and Technology

Sponsor: China Electrotechnical Society

Editor and Publisher: Electrical Technology Press Co., Ltd.

Printing: Langfang Lanhaide Color Printing Co., Ltd.

President: YAN Zhuo

Vice President: WANG Wenguang

Editor-in-Chief: WANG Qiuliang

Associate Editor-in-Chief: LI Jianlin, YANG Xiaofeng, XIAO Song

Responsible Editor: YIN Liuxia

Publication Number: ISSN 1673-3800

Address: 10th F., Tianlian Building, #102, Lianhuachidong Road, Xicheng District, Beijing, 100055, China

Tel: +86-010-63256943

E-mail: dianqijishu@126.com

Website: www.cesmedia.cn

电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

第 24 卷第 1 期 (总第 280 期) 2023 年 1 月 15 日出版

目次

研究与开发

- 1 基于多策略麻雀搜索算法的微电网容量优化配置 张 萍 陆 霞 孟庆鹤
- 10 基于三相三绕组等效网络的变压器绕组扫频阻抗特性研究 邢 雅 侯 峰 毛燕荣 闫敬东 任富强
- 17 基于威布尔分布的经济性与高可靠度智能电表维修周期预估算法 李维波 苏文斌 徐成虎 张茂杰 方华亮
- 23 基于局部均值分解和极限学习机的锂电池剩余寿命预测 于 沛 王常乐
- 29 基于长短期记忆神经网络的检修态电网暂态稳定评估方法 王步华 朱劲璇 熊浩清 谢 岩 李晓萌
- 36 基于鱼骨图和层次分析法的小型化低压开关柜温升影响因素研究 马晓娟 张明明 梁忠生 郑志广
- 44 智能变电站网络通信测试方法研究 瞿华镇 杨明轩
- 50 基于动模仿真的混合级联直流输电系统控制策略 常昊添 李建春 赵文强 侍乔明
- 60 一种气体绝缘金属封闭开关设备波纹管监测系统设计与实现 汪海光 张 伟 兰 浩 唐 霖 张永强

工程教育研究

- 65 “自动控制原理”课程目标达成度统计分析与持续改进 申富媛 李 炜 刘微容 蒋栋年 毛海杰
- 70 工具变量因果测评方法在工程教育领域的应用研究 杨一帆 段 斌 旷 怡 赵 斌

技术与应用

- 76 新能源电站非直接接地系统电缆端部单相接地保护方法探讨 李 毅 谢铁兵 雷 阳 赵伟刚
- 81 继电保护远程运维可信安全方案设计 汤成俊 李洪池 刘文彪 纪 陵 檀庭方
- 86 考虑时空分布的配电站房巡检策略 裴 超 王大磊 杨占刚 黄宇翔 张杰恺
- 91 电网调控系统集群分布式实时数据库关键技术 张少波 姚阳春 湛 锋
- 96 高载流容量电网的主变保护适应性分析 顾乔根 张晓宇 朱 佳 谢 华 莫品豪

Contents

Research & Development

- 1 Optimal allocation of micro-grid capacity based on multi-strategy sparrow search algorithm
..... ZHANG Ping LU Xia MENG Qinghe
- 10 Sweep frequency impedance analysis of transformer winding based on three-phase three-winding equivalent network
..... XING Ya HOU Feng MAO Yanrong YAN Jingdong REN Fuqiang
- 17 Maintenance cycle prediction method for smart electricity meters based on Weibull distribution with economy and high reliability
..... LI Weibo SU Wenbin XU Chenghu ZHANG Maojie FANG Hualiang
- 23 Remaining life prediction of lithium-ion battery based on local mean decomposition and extreme learning machine
..... YU Pei WANG Changle
- 29 Assessment method of transient stability for maintenance power system based on long short term memory neural network
..... WANG Buhua ZHU Shaoxuan XIONG Haoqing XIE Yan LI Xiaomeng
- 36 Research on influence factors of temperature rise of miniaturized low-voltage switchgear based on fishbone diagram and analytic hierarchy process..... MA Xiaojuan ZHANG Mingming LIANG Zhongsheng ZHENG Zhiguang
- 44 Research on network communication test method of intelligent substation QU Huazhen YANG Mingxuan
- 50 Control strategy for hybrid cascaded direct current transmission system based on dynamic simulation
..... CHANG Haotian LI Jianchun ZHAO Wenqiang SHI Qiaoming
- 60 Design and implementation of monitoring system for gas-insulated metal-enclosed switchgear bellows
..... WANG Haiguang ZHANG Wei LAN Hao TANG Lin ZHANG Yongqiang

Engineering Education Research

- 65 Statistical analysis and continuous improvement of course goal achievement degree of “principle of automatic control”
..... SHEN Fuyuan LI Wei LIU Weirong JIANG Dongnian MAO Haijie
- 70 Research on the application of causality test method of instrumental variables in engineering education
..... YANG Yifan DUAN Bin KUANG Yi ZHAO Bin

Technology & Application

- 76 Analysis and discussion on the protection method of single-phase grounding at the end of the cable of non-grounded power system LI Yi XIE Tiebing LEI Yang ZHAO Weigang
- 81 Design of reliable security scheme for remote operation and maintenance of relay protection
..... TANG Chengjun LI Hongchi LIU Wenbiao JI Ling TAN Tingfang
- 86 Inspection strategy of power distribution station considering temporal and spatial distribution
..... PEI Chao WANG Dalei YANG Zhan'gang HUANG Yuxiang ZHANG Jiekai
- 91 Key technologies of cluster based distributed real-time database for power dispatching and control system
..... ZHANG Shaobo YAO Yangchun ZHAN Feng
- 96 Adaptability analysis of transformer protection in power system with high current carrying capacity
..... GU Qiaogen ZHANG Xiaoyu ZHU Jia XIE Hua MO Pinhao



CM6系列 塑料外壳式断路器

品质匠心 全新演绎

- 全系列Ui达1000V, 加强绝缘设计, 隔离功能增强;
- 体积小巧, 分断能力增强, 相比上一代体积减少25%, I²t减少20%;
- CM6/CM6Z/CM6L 标准化安装尺寸, 附件多, 可视化;
- 智能互联、标配USB, 可选各类数字模块, 功能丰富。



常熟开关制造有限公司 (原常熟开关厂)

CHANGSHU SWITCHGEAR MFG. CO., LTD. (FORMER CHANGSHU SWITCHGEAR PLANT)

更多信息敬请关注: www.riyue.com.cn



微信公众号



常开e选小程序