

# 电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

4  
2021

第22卷 第4期  
(总第259期)



## CA1W大容量 自动转换开关电器 基于强者 更进一步

- 配用 CW3 系列智能型万能式断路器，额定工作电流 200A~6300A，继承了 CW 系列断路器的所有功能和优秀特色
- 具有两路电源转换、两进线一母联转换及三电源转换等多种转换解决方案，具有手动、自投自复、自投不自复（互为备用）、强制等转换模式，并提供强制并联转换功能，满足负载侧不间断供电的要求。
- 控制器集成度高，减少外围器件和电缆数量，简化外围电路；  
面板式 LED 和 LCD 组合显示，旋钮式工作模式选择，显示直观、操作简便



ISSN 1673-3800



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](http://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

2000 年创刊·月刊  
第 22 卷第 4 期(总第 259 期)  
2021 年 4 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: dianqijishu  
“电工技术学报”微信号: dgisxb  
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 ISSN1673-3800  
CN11-5255/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)自动转让给本刊。

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.22 No.4 (Serial No.259)

April 15, 2021

## The 6<sup>th</sup> 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     | WAG 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 Ya'ning   |
| 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:** +86-10-63256943

**E-mail:** dianqijishu@126.com

**Website:** www.cesmedia.cn

# 电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

第 22 卷第 4 期 (总第 259 期) 2021 年 4 月 15 日出版

## 目次

### 综述

- 1 多旋翼无人机输电线路巡检避障技术综述 ..... 吕学伟 宋福根

### 研究与开发

- 7 基于变分模态分解的光纤电流传感器小波去噪方法 ..... 刘 美 纽春萍 姬忠校 刁兆炜 牛立壮
- 12 考虑电池储能运行特性的微网优化运行 ..... 傅晓梅 温步瀛 唐雨晨
- 20 青豫直流受端中点分压器投退策略研究 ..... 刘 凯 邹 强 张庆武 肖建民 刘孝辉
- 26 考虑辅助服务含储能区域电网运行优化 ..... 孔昱凯 温步瀛 唐雨晨
- 33 基于相似日算法及集成学习的短期光伏预测模型 ..... 武明义 焦超凡 瞿博阳 焦岳超 付 凯
- 38 智能变电站通信网络状态评价方法 ..... 熊 楠 王 军 宋 尧
- 43 智能变电站高可靠无缝冗余环网性能测试平台的研究和实现 ..... 张 峰 徐 晨 穆云龙 陈洪波 李 德
- 50 10kW 三电平有源功率因数校正的控制方法 ..... 张治国

### 技术与应用

- 57 气体绝缘金属封闭开关设备运输振动风险评估算法设计与系统实现 ..... 方 舟 刘 辉 张 伟 张冰冰
- 63  $\pm 800\text{kV}$  特高压直流输电换流阀核相试验 ..... 郭绯阳 张 涛 吴 鑫 李国楷 杨云龙
- 69 运行功耗动态变化的配电终端研发与应用 ..... 王霄翔 王文龙
- 73 简易变电站的 10kV 线路保护越级跳闸故障分析 ..... 蒲 军
- 78 定日镜指向偏差校正方法研究 ..... 沈志华
- 81 基于增强现实技术的电力设备工程技术服务应用探究 ..... 刘 贵 刘 亮 帅 伟 曹 杰 孙 旭
- 86 城市轨道交通变电所智能运维关键技术及其应用 ..... 张春晓 李国玉 葛 欢
- 91 基于 PLC 的消防控制系统设计 ..... 兰 洲
- 94 一起 1100kV 气体绝缘金属封闭开关设备母线放电故障分析 ..... 余 爽 赵 科
- 98 220kV 气体绝缘金属封闭组合电器断路器 SF<sub>6</sub> 低气压闭锁回路改进方案 ..... 何振宇 袁明哲 卿俊杰 刘 鑫 邹经鑫
- 102 一种断路器弹簧操动机构弹簧压力监测系统的设计与实现 ..... 张 旭 孔志武 彭跃辉 王岩妹
- 105 380V 框架断路器保护整定探讨 ..... 王 旅

## Contents

### Overview

- 1 Overview of multi rotor unmanned aerial vehicle transmission line inspection and obstacle avoidance technology ..... LÜ Xuewei SONG Fugen

### Research & Development

- 7 Wavelet de-noising method of all-fiber optical current transformer based on variational mode decomposition ..... LIU Mei NIU Chunping JI Zhongxiao DIAO Zhaowei NIU Lizhuang
- 12 Optimal operation of microgrid considering operation characteristics of battery energy storage ..... FU Xiaomei WEN Buying TANG Yuchen
- 20 Research on entry and exit strategy of midpoint voltage divider in receiving side of Qingyu HVDC ..... LIU Kai ZOU Qiang ZHANG Qingwu XIAO Jianmin LIU Xiaohui
- 26 Operation optimization for regional grid containing energy storage considering auxiliary service ..... KONG Yukai WEN Buying TANG Yuchen
- 33 Short-term photovoltaic power forecasting model based on similarity day algorithm and ensemble learning ..... WU Mingyi JIAO Chaofan QU Boyang JIAO Yuechao FU Kai
- 38 Evaluation method of communication network status in intelligent substation ..... XIONG Nan WANG Jun SONG Yao
- 43 Research and implementation of high-availability seamless redundancy ring network performance test platform in smart substation ..... ZHANG Feng XU Chen MU Yunlong CHEN Hongbo LI De
- 50 A control method for 10kW three-level active power factor correction ..... ZHANG Zhiguo

### Technology & Application

- 57 Design and implementation of risk assessment algorithm and system for transportation vibration of gas insulated switchgear ..... FANG Zhou LIU Hui ZHANG Wei ZHANG Bingbing
- 63 Converter valve phase-check test of  $\pm 800$ kV UHVDC transmission project ..... GUO Feiyang ZHANG Tao WU Xin LI Guokai YANG Yunlong
- 69 Development and application of power distribution terminal with dynamic operation power consumption ..... WANG Xiaoxiang WANG Wenlong
- 73 Analysis of step-over tripping accidents on 10kV power line in simple transformer substation ..... PU Jun
- 78 Research on correction method of heliostat pointing deviation ..... SHEN Zhihua
- 81 Research on application of power equipment engineering technical service based on augmented reality technology ..... LIU Gui LIU Liang SHUAI Wei CAO Jie SUN Xu
- 86 Key technologies of intelligent operation and maintenance and their applications in urban rail transit substation ..... ZHANG Chunxiao LI Guoyu GE Huan
- 91 Design of fire control system based on PLC ..... LAN Zhou
- 94 Analysis of a 1100kV gas-insulated metal-enclosed switchgear busbar breakdown fault ..... YU Shuang ZHAO Ke
- 98 Improvement scheme of SF<sub>6</sub> low pressure locking circuit of 220kV GIS circuit breaker ..... HE Zhenyu YUAN Mingzhe QING Junjie LIU Xin ZOU Jingxin
- 102 Design and implementation of spring pressure monitoring system for spring operating mechanism of circuit breaker ..... ZHANG Xu KONG Zhiwu PENG Yuehui WANG Yanmei
- 105 Study on protection setting of 380V frame-type circuit breaker ..... WANG Lü



欢迎扫描  
二维码了  
解更多详  
细信息。



## GW8 智能型低压万能式断路器和负荷开关

领先技术，造就卓越品质

- 控制器：双MCU保护
- 环境工作温度：+55℃
- 最高工作电压：DC1500V；AC1140V
- 壳架额定电流：2000、4000、6300A
- 壳架体积：6300A、2000A同比缩小2/5

咨询热线：4008851992

[www.securelucky.com.cn](http://www.securelucky.com.cn)