

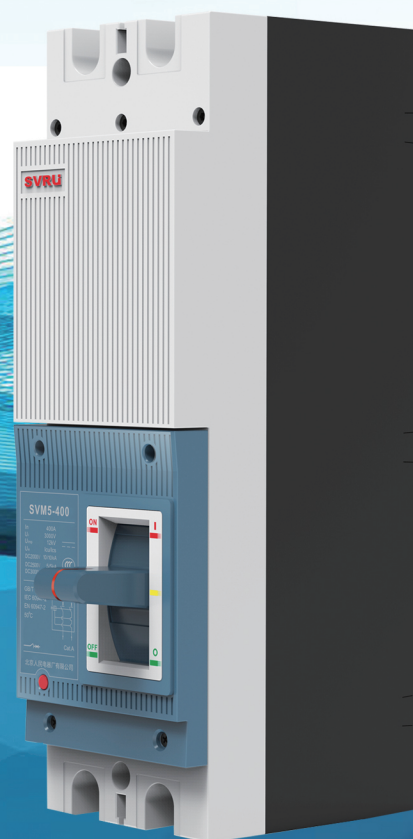
# 电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

9  
2021

第22卷 第9期  
(总第264期)

## 后冷却零飞弧断路器



# DC3000V/2P

ISSN 1673-3800



北京人民电器厂有限公司  
BEIJING PEOPLE'S ELECTRIC PLANT CO., LTD.

# 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 9 期(总第 264 期)  
2021 年 9 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:dgsxb  
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.9 (Serial No.264)

September 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 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

### 目次

#### 研究与开发

- 1 脉冲负载下模糊 PID 调速器控制柴油发电机的研究.....赵志魁 徐 晔 黄克峰 李欣鹏  
7 基于 K-means++和混合深度学习的光伏功率预测 .....陈振祥 林培杰 程树英 陈志聪 吴丽君  
14 基于惯性传感器的穿戴式步态分析系统设计与实现.....李江慧 连春快 李玉榕  
22 电流互感器铁心剩磁影响因素仿真分析.....邓成林 蔡新景 付丁丁

#### 智能电网与能源互联网

- 27 基于模块化多电平换流器的直流融冰装置馈线潮流控制仿真.....班国邦 牛 唯 杨文勇 李建文 李 戎  
34 混合储能参与自动发电控制容量优化配置 .....李 政 刘宏伟 康 健 王 炜  
41 基于智能变电站远动通信的自动对点调试系统 .....王添乐 李永光 南东亮 刘 冉 韩 伟  
46 Dzn0 隔离变压器在不间断电源中的应用.....易龙强  
51 云贵互联通道工程远动通信系统设计 .....李凤龙 贾帅锋 赵冠华 吴春昇  
56 基于 SpringBoot 的智慧变电站监测及诊断系统 .....雷 蓓 查笑春 蒋宗敏 张豪俊 张 咪  
63 基于透明体系架构的新一代智能录波主站系统设计.....李 波 温文剑 杨梓文 颜 丽 曾令森  
70 基于遗传模拟退火算法改进 BP 神经网络的中长期电力负荷预测 .....徐 扬 张紫涛

#### 技术与应用

- 77 小型无人机舵机测试系统的研究 .....张晓磊 孙奕威 魏春双 任少鹏  
82 面向生活污水处理厂的负荷特性及影响因素研究 .....朱昕婷  
86 发电机转子高频段混响室场均匀性仿真.....赵 俊 高会芳 徐大鹏 王 磊 郭浩南  
90 考虑平抑电压波动的交直流配电网储能优化配置 .....郭 沛  
95 结合电压阈值和最右端功率峰值点的光伏阵列故障检测与定位.....冯 锴 林培杰 俞金玲 陈志聪 程树英  
103 并行冗余和高可靠无缝环网冗余技术在智能变电站中的应用.....谢 黎

### Contents

#### **Research & Development**

- 1 Research on fuzzy-PID governor controlling diesel generator under pulsed load  
.....ZHAO Zhikui XU Ye HUANG Kefeng LI Xinpeng
- 7 Photovoltaic power prediction based on K-means++ and hybrid deep learning  
..... CHEN Zhenxiang LIN Peijie CHENG Shuying CHEN Zhicong WU Lijun
- 14 Design and implementation of wearable gait analysis system based on inertial sensor  
..... LI Jianghui LIAN Chunkuai LI Yurong
- 22 Simulation analysis of factors affecting remanence of current transformer core .... DENG Chenglin CAI Xinjing FU Dingding

#### **Smart Grid & Energy Internet**

- 27 Feeder power flow control simulation of direct current ice melting device based on modular multilevel converter.....BAN Guobang NIU Wei YANG Wenyong LI Jianwen LI Rong
- 34 Participation of hybrid energy storage in capacity optimization configuration of automatic generation control system  
.....LI Zheng LIU Hongwei KANG Jian WANG Wei
- 41 Automatic point to point debugging system based on telecontrol communication of smart substation  
..... WANG Tianle LI Yongguang NAN Dongliang LIU Ran HAN Wei
- 46 Application of Dzn0 isolation transformer in uninterruptible power supply ..... YI Longqiang
- 51 Design of remote control interface for Yunnan-Guizhou interconnection channel project  
.....LI Fenglong JIA Shuaifeng ZHAO Guanhua WU Chunsheng
- 56 A smart substation monitoring and diagnosis system based on SpringBoot  
.....LEI Bei ZHA Xiaochun JIANG Zongmin ZHANG Haojun ZHANG Mi
- 63 Design of new generation intelligent recorder master station system based on transparent architecture..... LI Bo WEN Wenjian YANG Ziwen YAN Li ZENG Lingsen
- 70 Medium and long-term power load forecasting based on BP neural network improved by genetic simulated annealing algorithm  
..... XU Yang ZHANG Zitao

#### **Technology & Application**

- 77 Research on the test system of steering gear for small unmanned aerial vehicle  
.....ZHANG Xiaolei SUN Yiwei WEI Chunshuang REN Shaopeng
- 82 Study on load characteristics and influencing factors for domestic sewage treatment plants ..... ZHU Xinting
- 86 Field uniformity simulation of generator rotor reverberation chamber at high frequency  
.....ZHAO Jun GAO Huifang XU Dapeng WANG Lei GUO Haonan
- 90 Optimal configuration of energy storage in AC/DC distribution network considering stabilizing voltage fluctuation.....GUO Pei
- 95 Photovoltaic array fault detection and location based on voltage threshold and rightmost power peak point  
.....FENG Kai LIN Peijie YU Jinling CHEN Zhicong CHENG Shuying
- 103 Application of parallel redundancy and high-availability seamless redundancy technology in smart substation ..... XIE Li



# CAP3系列

## 高性能自动转换开关电器

### 至臻性能 不止于快

- 高性能 PC 级
- 中性极重叠转换、抽出式、旁路型可选
- 电流 16A~4000A，电压 AC230V/240V、AC400V/415V
- 毫秒级转换，使用类别 AC-33A/AC-33iA/AC-33B
- 控制功能全集成、配置灵活，应对不同电源转换需求
- 健康诊断、主动运维
- 智能通信、云端互联



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