

电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

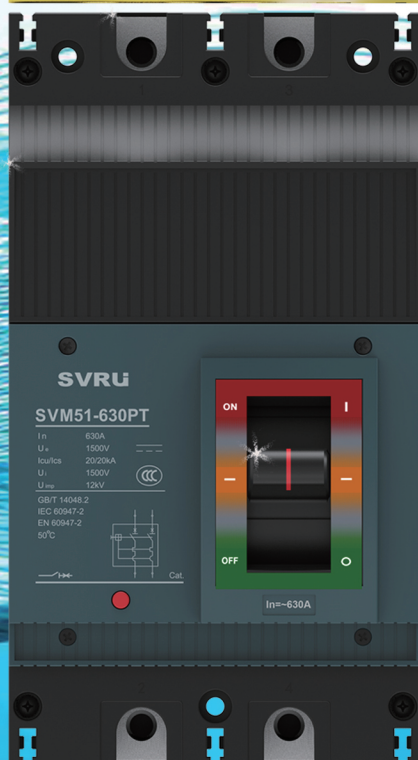
9
2025

第26卷 第9期
(总第312期)

真安型直流断路器

储能用 零飞弧

铜排



DC1500V/2P



DC3000V/2P

ISSN 1673-3800



SVRU 天津首瑞智能电气有限公司
TianjinSVRUI Intelligent Electrical Apparatus 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
CACJ 中国应用型核心期刊

2000 年创刊·月刊
第 26 卷第 9 期(总第 312 期)
2025 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: 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.26 No.9 (Serial No.312)

September 15, 2025

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

目次

新型储能调频技术

- 1 基于材料创新与混合系统优化的超级电容器在电网调频中的应用综述 刘若婷 兀鹏越 杨恩东 李海平 姜永兵
- 13 耦合蒸汽熔盐储热的燃煤机组调频响应特性研究 栾俊 马勇 宋磊 葛明明 尚志杰
- 21 高能量密度超级电容器单体设计与制备及其在火电调频中的应用 党国举 徐文浩 兀鹏越 郑昀 邱逢涛
- 28 调频储能超高功率场景钛基超级电容器模组液冷系统设计优化 江斌 彭宇 朱景辉 李卫东

研究与开发

- 34 基于二次分解和混合深度神经网络的短期风电功率预测 何宁静 张程
- 45 物流分拣机无线供电耦合结构设计 刘霞 邵璇 陶国彬
- 54 一种储能用电池管理系统绝缘检测方案 龙宇舟 吴纶贤
- 62 基于深度学习的架空输电线路绝缘子识别方法研究 宋欣杰 金一鸣

工程教育研究

- 69 专业认证和成果导向教育理念下课程目标达成情况评价机制研究——以人工智能专业课程为例
..... 胡祝华 赵瑶池 王威鹏 岳春漪 渠杭州
- 79 基于光学字符识别技术的教学信息采集与评价数字化平台 朱永佳 闫茂德 朱礼亚

Contents

Technologies of New-Type Energy Storage for Frequency Regulation

- 1 A review on the application of supercapacitors in grid frequency regulation based on material innovation and hybrid system optimization..... LIU Ruoting WU Pengyue YANG Endong LI Haiping LOU Yongbing
- 13 Study on frequency regulation response characteristics of a coal-fired unit integrating steam molten salt thermal energy storage LUAN Jun MA Yong SONG Lei GE Mingming SHANG Zhijie
- 21 Design and preparation of high-performance supercapacitor units and their application in thermal power frequency regulation..... DANG Guoju XU Wenhao WU Pengyue ZHENG Yun QIU Fengtao
- 28 Design optimization of liquid cooling system for titanium-based supercapacitor module in ultra high power scenarios of frequency regulation energy storage system JIANG Bin PENG Yu ZHU Jinghui LI Weidong

Research & Development

- 34 Short term wind power forecasting model based on secondary decomposition and hybrid deep neural network HE Ningjing ZHANG Cheng
- 45 Design of wireless power supply coupling mechanism for logistics sorting machines LIU Xia SHAO Xuan TAO Guobin
- 54 A battery management system insulation detection solution for energy storage LONG Yuzhou WU Lunxian
- 62 Research on deep learning based insulator recognition method for overhead transmission lines SONG Xinjie JIN Yiming

Engineering Education Research

- 69 Research on the evaluation mechanism of course objective achievement under professional accreditation and outcome-based education concept: a case study of artificial intelligence courses HU Zhuhua ZHAO Yaochi WANG Xianpeng YUE Chunyi QU Hangzhou
- 79 Digital platform for teaching information collection and evaluation based on optical character recognition technology ZHU Yongjia YAN Maode ZHU Liya



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%, I^2t 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