中国电工技术学会 主办

ISSN 1673-3800
CN 11-5255/TM

电气技术

ELECTRICAL ENGINEERING

10
2026
第27卷 第10期
（总第325期）

常熟開關

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



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

ISSN 1673-3800
9 771673 380263 10>

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 27 卷第 10 期（总第 325 期）
2026 年 10 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　谢　庆
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　陈　诚

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：dgjsxb
　　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　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

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.27 No.10 （Serial No.325）

October 15, 2026

The 6th Editorial Committee of Electrical Technology

Director Member: WANG Qiuliang (academician)

Vice Director Member: TANG Ju

Members:

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 Liqun	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: XIE Qing

Editor-in-Chief: WANG Qiuliang

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

Responsible Editor: CHEN Cheng

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

Electrical Engineering Electrical Engineering Electrical Engineering

电气技术
ELECTRICAL ENGINEERING
第 27 卷第 10 期 （总第 325 期） 2026 年 10 月 15 日出版

目 次

研究与开发

1 融合高斯 - 拉普拉斯金字塔多尺度格拉姆角场表征与双路径网络的电能质量复合扰动分类 ..... 钟文轩 王文波 何陈程
12 基于虚拟电流分解的模块化多电平换流器跟网/构网融合控制及其阻抗分析 ..... 李强盛 吴 迪 李明明 柏 祥
21 基于图形化阻抗特征的锂离子电池健康状态预测方法 ..... 徐 超 骆 可 张轩铭 孟锦豪
28 基于 Ostrowski 迭代的五轴轮廓误差估计与补偿控制 ..... 李 爽 王丽梅

工程教育研究

34 基于成果导向教育理念与线上三维仿真操作的控制类实训课程改革探究 ..... 张 娜 周徐博 左天炬 李 意 蔡 颂
42 面向课程目标实现的教学改革与实践——以“空管通信系统（I）”课程为例 ..... 左盼盼 王 磊 李冬霞 李钦伟
49 人工智能辅助编程工具支撑下高职“PLC 控制技术”课程教学改革研究 ..... 岳玉环 张海玮 赵永华 张 申

技术与应用

55 换流变压器接地电流监测及诊断装置的设计与研究 ..... 田 天 周 秀 马宇坤 牛 勃 刘英男
64 基于分层异构特征融合的同源异步波形对齐方法 ..... 吕 航 王 亮 龚 啸 赵国勇
72 1 000 MW 火电机组接入 220 kV 电网适应性研究 ..... 聂更生 王 静 赖东升 熊 云 谭玉华
79 一种抽水蓄能电站开关设备隔离开关触头位置智能监测方法 ..... 张永强 陈国顺 刘 赛 孙 欢 郑建国

电气技术
ELECTRICAL ENGINEERING
Vol.27 · No.10 · Serial No.325 · October 15, 2026

Contents

Research & Development

1 Power quality composite disturbance classification based on Gaussian-Laplacian pyramid multi-scale Gramian angular field representation and a dual-path network .....ZHONG Wenxuan WANG Wenbo HE Chencheng

12 Fusion control of grid-following and grid-forming modular multilevel converter based on grid-current decomposition with impedance characterization.....LI Qiangsheng WU Di LI Mingming BAI Xiang

21 A graphical impedance feature-based method for state of health prediction of lithium-ion batteries .....XU Chao LUO Ke ZHANG Xuanming MENG Jinhao

28 Five-axis contour error estimation and compensation control based on Ostrowski iteration .....LI Shuang WANG Limei

Engineering Education Research

34 Exploration of control engineering practice curriculum reform based on outcome-based education philosophy and online three-dimensional simulation operations .....ZHANG Na ZHOU Xubo ZUO Tianju LI Yi CAI Song

42 Teaching reform and practice for achieving course objectives: taking the “air traffic control communication system (I)” course as an example .....ZUO Panpan WANG Lei LI Dongxia LI Qinwei

49 Research on teaching reform of PLC control technology course in higher vocational colleges supported by artificial intelligence aided programming tools.....YUE Yuhuan ZHANG Haiwei ZHAO Yonghua ZHANG Shen

Technology & Application

55 Monitoring and fault diagnosis of grounding current in converter transformers .....TIAN Tian ZHOU Xiu MA Yukun NIU Bo LIU Yingnan

64 A hierarchical heterogeneous feature fusion-based method for alignment of co-sourced asynchronous waveforms .....LÜ Hang WANG Liang GONG Xiao ZHAO Guoyong

72 Research on adaptability of integrating 1 000 MW thermal power units into the 220 kV power grid .....NIE Gengsheng WANG Jing LAI Dongsheng XIONG Yun TAN Yuhua

79 An intelligent monitoring method of isolating switch contact position for switchgear in pumped storage power station .....ZHANG Yongqiang CHEN Guoshun LIU Sai SUN Huan ZHENG Jianguo

DC2000V+赋能能源未来



京人® 首瑞（天津）电气设备有限公司
SVRUI（TIANJIN） ELECTRICAL EQUIPMENT CO.,LTD.

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8077号　　定价: 10.00 元/期 / 120.00元/年