

中文核心期刊·中国科技核心期刊·RCCSE中国核心学术期刊(A)·中国学术期刊(光盘版)收录期刊
《仪器仪表领域高质量科技期刊分级目录》·《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告》收录期刊
《能源电力领域高质量科技期刊分级目录》·英国《科学文摘》(SA, INSPEC数据库)收录期刊
美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊·《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊

ISSN 1001-1390

CN 23-1202/TH

CODEN DYYIA7

月刊

9

2023

第60卷 第9期

Vol.60 No.9



电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation



TD6600 继电保护测试仪检定装置

满足JJG 1112-2015《继电保护测试仪检定规程》

6 通道交/直流电压
200 mV~1100 V

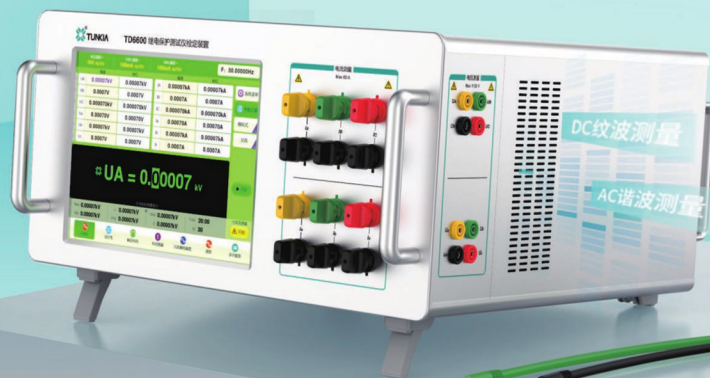
6 通道交/直流电流
1 mA~60 A

12 通道交/直流小信号
1 mV~7.7 V

TD6610 电子负载



功率因数可调
0.2L~1.0~0.2C



长沙天恒测控技术有限公司 Tunkia Co.,Ltd.

0731 - 8493 0888



ISSN 1001-1390



9 771001 139235

万方数据

哈尔滨电工仪表研究所有限公司 主办





DIANCE YU YIBIAO

(月刊 1964 年创刊)

第 60 卷 第 9 期

2023 年 9 月

(总第 782 期)

主管单位：哈尔滨电工仪表研究所有限公司

主办单位：哈尔滨电工仪表研究所有限公司

社 长：赵 斌

主 编：刘献成

执行主编：王艳丽

本期责编：田春雨

英文编辑：金 鑫

编辑出版：哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

通信地址：哈尔滨市松北区创新路 2000 号

邮政编码：150028

户 名：哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

开 户 行：中国银行股份有限公司哈尔滨新
区分行

账 号：172746320870

联 行 号：104261004009

在线投稿：<http://www.emijournal.net>

编 辑 部：0451-86611021

邮 箱：dcyb@vip.163.com

广 告 部：0451-86693434

广告邮箱：dcyyb_wjl@163.com

广告联系：王家隆

广告设计：王晓雪

排 版：哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

印 刷：哈尔滨华德印务有限公司

国内发行：中国邮政集团有限公司哈尔滨市
分公司

邮发代号：14-43

订 购 处：全国各地邮局

国外发行：中国国际图书贸易集团有限公司

国外代号：M4150

刊 号：ISSN 1001-1390
CN 23-1202/TH

国际刊名代码 (CODEN)：DYIYA7

出刊日期：每月 15 日

国内定价：45 元 / 期

目 次

无人机技术在电力系统中的应用专题

- 01 电力巡检无人机电磁场测距及校准技术研究
.....董灵鹏, 邹国平, 杨仕友
- 07 基于无人机载 LiDAR 的输电线路树障单木识别
.....刘凤莲, 曹永兴, 高润明, 郭裕钧, 刘凯
- 14 基于仿真优化智能变电站巡检机器人路径研究
.....马锋, 高明亮, 许崇耀, 张慈杭, 于萌, 高际惟

电池储能技术专题

- 21 基于多样性增强集成学习的电池健康状态评估
.....冯雪松, 向勇
- 27 基于改进集成经验模态分解和高斯过程回归的锂离子电池剩余容量及寿命预测方法
.....向铭, 何怡刚, 张慧
- 34 储能电池与常规机组配合参与一次调频的自适应控制策略
.....朱晓荣, 韩啸
- 43 锂电池内部低温加热方法的研究
.....李宁, 谢贵文, 李波, 庞小龙, 邹伟华

理论与实验研究

- 49 配电网 PMU 的 P 类性能指标设定研究
.....张琳, 李叶, 宋美艺, 曹苗, 刘书翔, 赵伟
- 57 多信息耦合下的充电站信息预测方法研究
.....赵宇明, 李玉璟, 苏粟
- 65 中压级联 H 桥换流器提高输出电能质量的锯齿载波 NL-PWM 策略
.....丁一博, 徐永海, 张雪垠, 牟杰, 龙云波
- 72 基于粒子群算法适应度的变压器匝间短路保护方案
.....王雪, 丁嘉
- 81 新型电力系统下电能质量信号的分数域降噪方法研究
.....陈蓉, 杨勇, 樊明迪
- 88 柔直配电系统混合型 MMC 可靠性评估
.....艾小清, 袁旭峰, 熊炜, 徐玉韬, 谈竹奎, 赵真
- 96 影响油浸式电力变压器振动因素的研究
.....李琪菡, 张振东, 刘浩, 黄小龙, 罗英

能源互联网

- 102 基于改进环网编码法的配电网辐射性判别方法
.....傅长熠, 杨镜非, 胡继匀
- 109 基于 CEEMDAN-BO-LSTNet 的风电出力短期预测
.....庞博文, 丁月明, 杜善慧, 谭亲跃, 康定毅, 尚文强

目次

- 117 考虑激励型需求响应的多区域综合能源系统协同规划
..... 范宏, 鲁家阳, 陆骁霄
- 125 计及煤改电的华北农村地区配电网改扩建规划研究
..... 邵晨, 陈丽, 张敬平
- 132 基于改进电流相差保护的微电网保护方案
..... 周石金, 何晋, 杨凡, 骆通, 管恩齐
- 138 一种面向智能电网的交流电源失真度校准方法
..... 刘春艳, 张守亮, 胡元元, 刘天畅, 蒙丹
- 145 改进型 DNN 的配电网接地故障选线方法
..... 姜学文, 罗冰, 李豪, 刘伟, 李奔, 陈亮

测量与控制

- 151 三相不平衡条件下有载调容变压器经济调容方法
..... 陶顺, 孙志鹏
- 157 基于自适应虚拟阻抗和相位补偿的改进下垂控制
..... 崔明勇, 彭步鑫
- 165 基于 MMC 的柔性直流输电线路双极性故障检测方法研究
..... 晁武杰, 李智诚, 唐志军, 林国栋, 郭健生, 刘龙辉

仪器仪表

- 171 基于机器视觉的拆回旧电能表参数信息检测技术研究
..... 王敏, 郑鹏
- 177 微型光谱仪数据采集系统设计与标定
..... 黄龙平, 林慧, 胡立坤
- 183 智慧变电站计量系统综合误差模型研究
..... 王尚鹏, 唐登平, 雷鸣, 郑欣, 夏天, 田猛
- 188 基于 SSHM 模型的智能电能表操纵行为检测算法研究
..... 李蕊
- 195 结合模板匹配和深度神经网络的电能表信息识别
..... 吴彬彬, 朱雅魁, 葛云龙, 吕云彤

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE中国核心学术期刊(A)
- 《仪器仪表领域高质量科技期刊分级目录》
- 《能源电力领域高质量科技期刊分级目录》
- 《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告》收录期刊
- 美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊
- 美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊
- 英国《科学文摘》(SA, INSPEC数据库)收录期刊
- 《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊

《电测与仪表》 编辑委员会

顾问委员会 (按姓氏笔画排序)

尤 政(院士) 叶声华(院士)
庄松林(院士) 吴 澄(院士)
张广军(院士) 张钟华(院士)
李同保(院士) 房建成(院士)
金国藩(院士) 姜会林(院士)
高 洁(院士) 谭久彬(院士)

编辑委员会

主任委员

张钟华 (院士)

副主任委员

黄松岭 贺 青 赵 斌

委员 (按姓氏笔画排序)

于晓洋	王立欣	王有元
王学伟	王 雪	王 琦
王 磊	公茂法	白凤山
付志红	乐 健	刘开培
刘金权	刘国海	刘建锋
刘 健	刘献成	孙金玮
曲延滨	余 涛	张 彤
张 革	张国荣	张 峰
李仁发	李开成	李世松
李 争	李红斌	李志军
李劲松	李建坡	李 辉
杜新纲	杨俊华	肖 迁
肖 勇	陆以彪	陈 玉
陈向荣	孟 宗	郑建勇
赵 伟	赵永平	桂 林
徐永海	钱 政	高云鹏
袁瑞铭	崔 勇	黄 琦
雷 民	谭志强	蔡昌春
魏文赋	魏 国	



Electrical Measurement & Instrumentation
(Monthly, Founded in 1964)
Vol. 60 No.9 (Ser. 782) September, 2023

Competent Authority:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

Sponsor:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

President: Zhao Bin

Editor in Chief: Liu Xiancheng

Executive Editor in Chief: Wang Yanli

Responsible Editor: Tian Chunyu

English Editor: Jin Xin

Editing & Publishing:

Harbin Jinhe Electrical Measurement &
Instrumentation Magazine Publishing
Co., Ltd.

Address:

No.2000, Chuangxin Road, Songbei
District, Harbin, China

Zip Code: 150028

Online Contribution:

<http://www.emijournal.net>

Editorial Office: 0451-86611021

Email: dcyb@vip.163.com

Advertisement Office: 0451-86693434

Advertisement Email: dcyb_wjl@163.com

Advertisement Contact: Wang Jialong

Advertisement Design: Wang Xiaoxue

Printing: Harbin Huade Printing Co., Ltd.

Domestic Distributor:

Introduction to China Pose Group
Co., Ltd., Harbin Branch

D. P. Code: 14-43

Subscription: Post Offices in China

General Foreign Distributor:

China International Book Trading Group
Co., Ltd.

F. P. Code: M4150

CSSN: ISSN 1001-1390
CN 23-1202/TH

CODEN: DYYIA7

Publication Date: 15th per month

Domestic Price: RMB 45 per issue

CONTENTS

Application of UAV Technology in Power System

- 01** Research on electromagnetic field ranging and calibration technology of electric patrol UAV
..... Dong Lingpeng, Zou Guoping, Yang Shiyu
- 07** Recognition of tree barriers on transmission lines based on UAV-borne LiDAR
..... Liu Fenglian, Cao Yongxing, Gao Runming, et al
- 14** Research on path of intelligent substation inspection robot based on simulation optimization
..... Ma Feng, Gao Mingliang, Xu Chongyao, et al

Battery Energy Storage Technology Column

- 21** Evaluation of battery health state based on diversity enhanced integrated learning
..... Feng Xuesong, Xiang Yong
- 27** Capacity and remaining useful life prediction of lithium-ion battery based on MEEMD and GPR
..... Xiang Ming, He Yigang, Zhang Hui
- 34** The adaptive control strategy of energy storage battery cooperating with conventional generating units to participate in primary frequency regulation
..... Zhu Xiaorong, Han Xiao
- 43** Research on low temperature heating method of lithium battery
..... Li Ning, Xie Guiwen, Li Bo, et al

Theory & Experimental Research

- 49** Research on P-class performance index setting of distribution network PMU
..... Zhang Lin, Li Ye, Song Meiyi, et al
- 57** Research on information prediction method of charging station based on multiple information interconnections
..... Zhao Yuming, Li Yujing, Su Su
- 65** An improved output power quality NL-PWM method based on sawtooth carrier for medium voltage cascaded H-bridge converter
..... Ding Yibo, Xu Yonghai, Zhang Xueyin, et al
- 72** Transformer protection scheme for turn-to-turn fault based on particle swarm optimization fitness
..... Wang Xue, Ding Jia
- 81** De-noising method of fractional domain for power quality signals in novel power system
..... Chen Rong, Yang Yong, Fan Mingdi
- 88** Reliability evaluation of hybrid MMC for flexible DC distribution system
..... Ai Xiaoqing, Yuan Xufeng, Xiong Wei, et al
- 96** Study on factors affecting vibration of oil immersed power transformers
..... Li Qihan, Zhang Zhendong, Liu Hao, et al

CONTENTS

Energy Internet

- 102** Discrimination method of radiation for distribution network based on improved ring network coding method
..... Fu Changyi, Yang Jingfei, Hu Jiyun
- 109** Short-term forecasting of wind power output based on CEEMDAN-BO-LSTNet
..... Pang Bowen, Ding Yueming, Du Shanhui, et al
- 117** Coordinated planning of multi-region integrated energy system considering incentive demand response
..... Fan Hong, Lu Jiayang, Lu Xiaoxiao
- 125** Study on distribution network expansion planning in rural area of north China considering coal-to-electricity conversion
..... Shao Chen, Chen Li, Zhang Jingping
- 132** Micro-grid protection scheme based on improved current phase difference protection
..... Zhou Shijin, He Jin, Yang Fan, et al
- 138** Calibration method for AC power supply distortion oriented to the smart grid
..... Liu Chunyan, Zhang Shouliang, Hu Yuanyuan, et al
- 145** Improved DNN method for grounding fault line selection in distribution network
..... Jiang Xuewen, Luo Bing, Li Hao, et al

Measurement & Control

- 151** Economic capacity regulation method of on-load capacity regulating transformer under three-phase imbalance conditions
..... Tao Shun, Sun Zhipeng
- 157** Improved droop control based on adaptive virtual impedance and phase compensation
..... Cui Mingyong, Peng Buxin
- 165** Research of bipolar fault detection method based on the MMC flexible DC transmission lines
..... Chao Wujie, Li Zhicheng, Tang Zhijun, et al

Instrument & Meter

- 171** Research on detection technology of parameter information of old electric meters removal based on machine vision
..... Wang Min, Zheng Peng
- 177** Design and calibration of data acquisition system for miniature spectrometer
..... Huang Longping, Lin Hui, Hu Likun
- 183** Research on composite error model of metering system in smart substations
..... Wang Shangpeng, Tang Dengping, Lei Ming, et al
- 188** Research on the detection algorithm of rigged behaviors in smart meters based on SSHM model
..... Li Rui
- 195** Information recognition method for electricity meter based on template matching and deep neural network
..... Wu Binbin, Zhu Yakui, Ge Yunlong, et al



中国科技核心期刊

(中国科技论文统计源期刊)

收录证书

CERTIFICATE OF SOURCE JOURNAL
FOR CHINESE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PAPERS AND CITATIONS

电测与仪表

经过多项学术指标综合评定及同行专家
评议推荐,贵刊被收录为“中国科技核心期
刊”(中国科技论文统计源期刊)。

特颁发此证书



Institute of Scientific and Technical Information of China

北京复兴路15号 100038 www.istic.ac.cn

2022年12月

证书编号: 2021-8673-0344
有效期至: 2023年12月



科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告(2022)

收录证书

This is certificate for

电测与仪表

(ISSN 1001-1390 CN 23-1202/TH)

to be indexed in

World Journal Clout Index(WJCI) Report of
Scientific and Technological Periodicals(2022)

项目联合研发单位 Project research units:
中国科学技术信息研究所 Institute of Scientific and Technical Information of China
(中国学术期刊(光盘版))电子杂志社有限公司 Chinese Academic Journal(CD Edition)
Electronic Publishing House Co.Ltd
清华大学图书馆 Library of Tsinghua University
万方数据有限公司 Wanfang Data Co.Ltd
中国高校科技期刊研究会 Society of China University Journals
中国科学技术期刊编辑学会 China Editorial Society of Science Periodicals

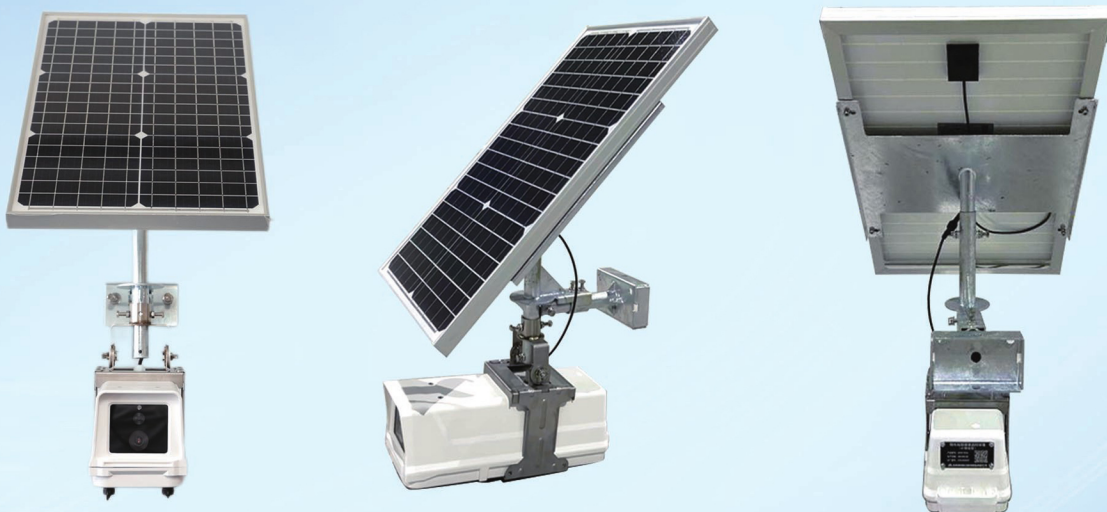


煜邦电力

股票代码：688597

输电线路图像监控装置（AI智能型）

SDTX-YP输电线路图像监控装置（AI智能型）是北京煜邦借鉴了相关产品技术优点，进行深入研究后开发出的输电线路图像在线监控系统（具备短视频录制功能），该系统由太阳能电源、高性能处理器、摄像头和锂电池等组成，用于输电线路通道实时可视化监控，定期对输电通道进行拍照并远程上传可视化平台，可对输电线路通道的导线异物、机械入侵、烟雾和山火进行前置AI智能识别，并将输电线路通道的异常信息上报，实现输电线路通道数据全景化、运行状态透明化、诊断决策智慧化和设备修复高效化，提高运营和维护效率。



产品特点

- 双通道摄像头：普光摄像头像素1600万，夜视摄像头像素200万，最低照度0.005LUX；
- 内置亮度传感器，根据环境自动切换普光和夜视摄像头，具备自动聚焦功能；
- 拍照时间1min-24h可设置，具备短视频录制功能；
- 内置AI智能识别算法，具备输电线路通道异常AI智能识别功能，对导线异物、机械入侵、烟雾和山火进行前置AI智能识别；
- 支持GPS定位/北斗定位；
- 产品低功耗设计，在完全无太阳能充电时，能够连续工作30天；
- 外壳防护等级IP67；
- 适用角钢塔、水泥杆、钢管杆（塔）等不同类型杆塔的安装要求。



北京煜邦电力技术股份有限公司

BEIJING YUPONT ELECTRIC POWRE TECHNOLOGY CO.,LTD.

地址：北京市朝阳区北三环东路19号中国蓝星大厦10层

电话：(010) 84423588 邮编：100029

传真：(010) 84423535 网址：www.yupont.com



免费客服电话：

400-818-0882