

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》T2级·《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·英国《科学文摘》(SA, INSPEC数据库)收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA)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

3

2023

第60卷 第3期

Vol.60 No.3



电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation



电流互感器检测方案

TA1700 宽频电流互感器校验装置



- $F: 45 \text{ Hz} \sim 1 \text{ kHz}$
- I_1 标称输入: $20 \text{ mA} \sim 6 \text{ kA}$ (可定制)
- IV 转换标准: 0.01 级/0.005 级

TH0690 电流互感器综合测量分析仪

- 准确度: 0.005 级
- 频率: $45 \text{ Hz} \sim 65 \text{ Hz}$
- 支持比差和相位的多频点测量



长沙天恒测控技术有限公司 Tunkia Co., Ltd. ☎ 0731-8493 0888 www.tunkia.com



ISSN 1001-1390



哈尔滨电工仪表研究所有限公司 主办



电测与仪表

DIANCE YU YIBIAO

(月刊 1964 年创刊)

第 60 卷 第 3 期

2023 年 3 月

(总第 776 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：王克祥

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：朱月娇

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

综述

01 电力碳排放计量技术现状及展望

… 招景明, 李经儒, 潘峰, 杨雨瑶, 黄家嘉, 林国营, 邓凯, 蔡嘉慧

智能配电网技术专题

09 基于主从博弈的配电网源网协调扩展规划

… 赵志强, 辛超山, 姜小琳, 于志勇, 于娜, 马成廉

19 高渗透率下兼顾光伏出力及网损的配电网运行优化方法

… 陈思佳, 赵诗琰, 王广君

26 配电网孤岛划分的启发式方法

… 端木浚程, 袁越

33 基于暂态零序电流图像识别的配电网单相接地故障区域定位

… 徐玉琴, 许佳敏

40 面向数字孪生低压配电网的基于 Gabor-YOLO 算法的架空线高效识别方法研究

… 陆煜铎, 赵云, 肖勇, 蔡梓文, 王鹏

理论与实验研究

47 直流电网输电线路短路故障的单端化近似解析计算方法

… 刘麒麟, 张英敏, 张明奇, 陈若尘, 彭宇峰

53 基于 PCA-LSTM 算法的非侵入式负荷辨识方法

… 刘影, 彭鑫霞, 王童, 袁瑞铭, 王皓, 张长帅

59 电力谐波对电缆电流的影响特性及抑制策略研究

… 姜东飞, 张陵, 赵普志, 唐志国

65 一种考虑时间和电价的电动出租车充电推荐策略

… 叶文浩, 吕凤仪, 龙雪梅, 杨东文, 刘一科, 杨军

72 大型调相机转子气隙偏心故障的复合特征分析

… 李永刚, 姜猛, 马明晗, 李婷, 贺鹏康

79 基于变电站试验现场移动式智慧实验室系统研究

… 吴灏, 许晓, 彭紫楠, 王少博, 郭宁辉, 王洪锋

86 协同电力系统仿真平台的混合仿真技术研究及应用

… 郑秀杰, 吴宁, 张国洲, 易建波

92 电力电缆局放及温度的多维度检测方法研究

… 秦剑华, 刘洋, 杨景刚, 贾勇勇, 肖小龙, 唐志国

能源互联网

97 考虑光伏集成 5G 基站用能模式的多主体共享储能优化配置

… 张翔, 王翌, 周振宇, 尹喜阳, 王忠钰, 刘乙召

107 考虑风光不确定性的微网经济风险博弈模型

… 郑元黎, 龚锦霞, 梅光银, 叶耀

115 考虑风电消纳多向量流系统的遗传优化方法

… 张启龙, 陈湘萍

目次

- 122 考虑 P2G 及多能融通的分布式能源网络优化调度
..... 彭艳, 郭于明, 韩淑媛, 龚祝平

测量与控制

- 130 负荷虚拟同步机惯性与阻尼自适应控制策略
..... 龚仁喜, 顾佳宇
- 136 基于分布参数模型的混合输电线路精确测距及重合闸方案的研究
..... 杨东海, 许艳华, 方正, 董新涛, 都磊
- 145 基于注意力特征融合 YOLOv5 模型的无人机输电线路航拍图像金
具检测方法
..... 赵振兵, 王帆帆, 刘良帅, 赵建利
- 153 基于脉冲反射法的耐张线夹压接质量超声检测技术研究
..... 张睿哲, 周恺, 蔡瀛森, 叶宽, 杨亮, 李春生
- 157 基于滑动迭代离散傅里叶的并网设备多目标协同控制方法研究
..... 王清, 李琮琮, 荆臻, 代燕杰, 张志

仪器仪表

- 165 基于 PI+QPR 控制的单相有源电力滤波器研究
..... 马永翔, 权学红, 闫群民, 王雨阳
- 172 基于潮流灵敏度的 IST 安装位置选择
..... 蔡萍, 田翠华, 康翦冰, 孔婧怡
- 178 基于 LabVIEW 的光伏逆变器低电压穿越检测方法研究
..... 王瑞, 商飞, 王良全
- 183 基于红外测温的复合绝缘子老化程度量化评估方法
..... 余海, 姜吉顺, 史晓航, 王卓, 焦提操
- 188 基于 B-S 分布的智能电能表寿命预计方法研究
..... 程磊, 陆茜
- 195 一种零磁通电流传感器适配装置的研制与应用
..... 张煌辉, 董琪琪, 方杰, 魏鹏

- 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》T2级
- WJCI 科技期刊世界影响力指数报告(2022)来源期刊
- 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

赵 伟 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 磊
公茂法	付志红	白凤山
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
赵永平	徐永海	钱 政
高云鹏	崔 勇	黄松岭
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.3 (Ser. 776) March, 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: Wang Kexiang

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: Zhu Yuejiao

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

Summary & Survey

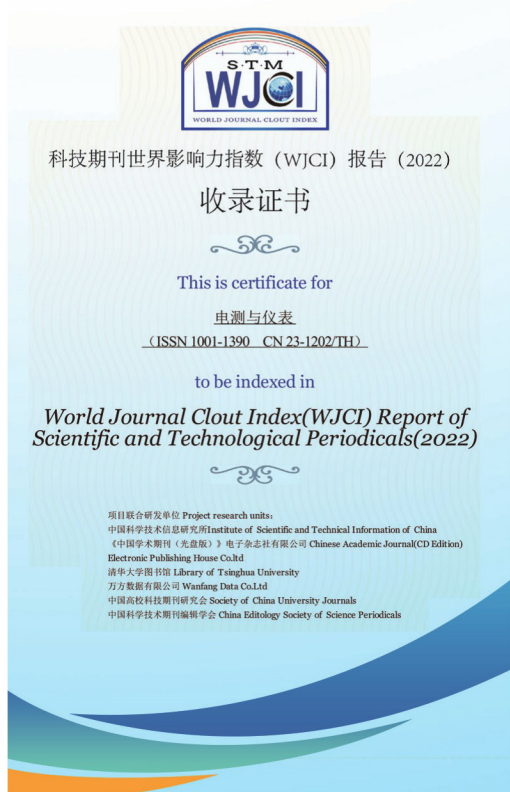
- 01** Current status and future prospects of electricity carbon emission measurement technology
..... Zhao Jingming, Li Jingru, Pan Feng, et al

Smart Distribution Network Technology Column

- 09** Source network coordinated expansion planning of distribution network based on master-slave game
..... Zhao Zhiqiang, Xin Chaoshan, Jiang Xiaolin, et al
- 19** An optimization method of distribution network with high penetration considering PV output and network loss
..... Chen Sijia, Zhao Shiyan, Wang Guangjun
- 26** A heuristic method for island partition of distribution network
..... Duanmu Juncheng, Yuan Yue
- 33** Single-phase ground fault area location of distribution network based on transient zero-sequence current image recognition
..... Xu Yuqin, Xu Jiamin
- 40** Research on efficient identification method of overhead lines based on Gabor-YOLO algorithm for digital twin low-voltage distribution network
..... Lu Yuxin, Zhao Yun, Xiao Yong, et al

Theory & Experimental Research

- 47** A single terminal approximate analytical method for short-circuit fault of transmission lines in DC power grid
..... Liu Qilin, Zhang Yingmin, Zhang Mingqi, et al
- 53** Non-intrusive load monitoring method based on PCA-LSTM algorithm
..... Liu Ying, Peng Xinxia, Wang Tong, et al
- 59** Study on influence characteristics and suppression strategies of power harmonics on cable current
..... Jiang Dongfei, Zhang Ling, Zhao Puzhi, et al
- 65** A charging recommendation strategy for electric taxi considering time and electricity price
..... Ye Wenhao, Lv Fengyi, Long Xuemei, et al
- 72** Composite characteristic analysis of rotor air gap eccentricity fault of large scale condenser
..... Li Yonggang, Jiang Meng, Ma Minghan, et al
- 79** Research on mobile intelligent laboratory system based on substation test site
..... Wu Hao, Xu Xiao, Peng Zinan, et al
- 86** Research and application of hybrid simulation technology for collaborative power system simulation platform
..... Zheng XiuJie, Wu Ning, Zhang Guozhou, et al
- 92** Research on multi-dimensional detection method of partial discharge and temperature of power cable
..... Qin Jianhua, Liu Yang, Yang Jinggang, et al



CONTENTS

Energy Internet

- 97 Optimal configuration of shared energy storage system for multi-entities considering PV integrated 5G base station energy consumption mode Zhang Xiang, Wang Zhao, Zhou Zhenyu, et al
- 107 Economic risk game model of micro-grid considering wind and photovoltaic uncertainties Zheng Yuanli, Gong Jinxia, Mei Guangyin, et al
- 115 Genetic optimization method for multi-vector flow system considering wind power consumption Zhang Qilong, Chen Xiangping, et al
- 122 Optimal scheduling of distributed energy network considering P2G and multi-energy interchanges Peng Yan, Guo Yuming, Han Shuyuan, et al

Measurement & Control

- 130 Adaptive control strategy of inertia and damping for load virtual synchronous machine Gong Renxi, Gu Jiayu
- 136 Research on accurate fault location and re-closing scheme for hybrid transmission line based on distributed parameter model Yang Donghai, Xu Yanhua, Fang Zheng, et al
- 145 Hardware detection method of aerial image of UAV transmission line based on attention feature fusion YOLOv5 model Zhao Zhenbing, Wang Fanfan, Liu Liangshuai, et al
- 153 Research of ultrasonic detection technology for tensioning clamp crimping quality based on pulse reflection method Zhang Ruizhe, Zhou Kai, Cai Yingmiao, et al
- 157 Research on multi-objective cooperative control method of grid-connected equipment based on sliding iterative discrete Fourier transform Wang Qing, Li Congcong, Jing Zhen, et al

Instrument & Meter

- 165 Study on the single-phase active power filter based on PI+QPR control Ma Yongxiang, Quan Xuehong, Yan Qunmin, et al
- 172 Installation location selection of IST based on power flow sensitivity Cai Ping, Tian Cuihua, Kang Jianbing, et al
- 178 Research on low voltage ride through detection method of photovoltaic inverter based on LabVIEW Wang Rui, Shang Fei, Wang Lianguan
- 183 Quantitative evaluation method for aging of composite insulators based on infrared temperature measurement Yu Hai, Jiang Jishun, Shi Xiaohang, et al
- 188 Research on life prediction method of smart electricity meter based on B-S distribution Cheng Lei, Lu Lin
- 195 Development and application of a zero-flux current sensor adaptive device Zhang Huanghui, Dong Qiqi, Fang Jie, et al

太原市优特奥科电子科技有限公司致力于在电力系统二次电量测控领域内以具有竞争力的价格为客户提供高质量的产品及服务,是一家以市场和用户为导向的高科技公司。优特奥科目前专注于电力系统电测仪器设备及其应用软件的设计、开发、生产制造和销售,优特奥科是高新技术企业、“双软”企业、山西省“专精特新”企业,公司积极贯彻“以科技为先导,以质量为中心,为客户提供满意产品及服务”的质量方针,已通过ISO9001:2015质量管理体系认证。优特奥科将本着“务实、求精、协作、创新”的企业精神,以精湛的技术、优良的品质和完善的服务,与广大客户共创辉煌未来。

专利产品



AP2003L手持式二次压降载波测试仪

体积:263×168×60(mm)

- 1998年, 仅重1公斤的0.1级三相电能表现场校验仪在优特奥科问世
- 2001年, 集电能表现场校验、PT二次压降测试、互感器二次负荷测试功能为一体的电能计量装置现场检验仪在优特奥科问世
- 2004年, 测量精度为1级的PT二次压降无线测试仪在优特奥科问世
- 2006年, 电能计量二次回路综合误差测试仪在优特奥科问世
- 2015年, 测量精度为1级的PT二次压降载波测试仪在优特奥科问世

AP2008	企业能量管理系统	AP2003LD	手持式 IEC61850 电能表现场检验仪
AP2009	在线用电稽查系统	AP2006	高压电能计量装置实时在线监测系统
AP2008	电能质量分析仪	AP2010	高低压电流互感器变比现场测试仪
AP2015	电能质量标准装置	AP2051	直流充电桩电能表现场检测装置
AP5003	三钳图形相位伏安表	AP2053	交流充电桩电能表现场检测装置
AP6303	三相精密交流标准源	AP2003	电能计量装置现场检验仪
AP2001B	单相电能表现场检验仪		

太原市优特奥科电子科技有限公司

网址: www.accupower.com.cn

客服: support@accupower.com.cn

销售: sales@accupower.com.cn

地址: 山西综改示范区太原学府园区长治路 258 号星荣大厦十层

电话: (0351) 7035681 7035682 7035683

传真: (0351) 7023298

邮编: 030006

