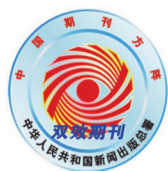


电测与仪表
Electrical Measurement & Instrumentation
Vol.59 No.3 2022 二〇二二年 第五十九卷 第三期
总第七百六十四期

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
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



电测与仪表®

月刊

3

2022

第59卷 第3期

Vol.59 No.3

Electrical Measurement & Instrumentation



www.tunkia.com

电工钢电磁性能检测与分析

· 产业链全线覆盖 · 参与制定多项国际国家标准



TD9100 硅钢片磁性能在线检测系统



TD9900 电工钢试样磁性能自动测量系统



TD8560



TD9800



TD8520

电工钢实验室
检测系统系列产品

长沙天恒测控技术有限公司 Tunkia Co., Ltd.

0731-84930888



ISSN 1001-1390



9 771001 139228

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 59 卷 第 3 期

2022 年 3 月

(总第 764 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：刘 文

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：哈尔滨星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：哈尔滨星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：哈尔滨星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：哈尔滨市邮局

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 柔性直流配网继电保护关键技术评述
..... 韩笑, 刘建婷, 张益伟, 梅雨菲, 张森

电能质量技术专题

- 10 基于 SVM 的直流电能质量扰动分类算法
..... 丁琰, 张宸宇, 李丹奇, 沙浩源, 梅飞
- 18 基于一维卷积神经网络多任务学习的电能质量扰动识别方法
..... 王伟, 李开成, 许立武, 王梦昊, 陈西亚
- 26 区域电网电能质量治理市场化运营模式的设计
..... 黄伟钢, 吴江, 康鹏, 乐健, 毛涛

理论与实验研究

- 32 基于失谐的无线电能传输系统抗偏移性研究
..... 秦伟, 张文杰, 吝伶俐, 宋建成, 田慕琴, 乔玮
- 38 基于最大信息挖掘宽度学习系统短期电力负荷预测研究
..... 杨光雨, 李晓航
- 46 基于小波 AlexNet 网络的配电网故障区段定位方法
..... 侯思祖, 郭威, 王子奇, 刘雅婷
- 58 量子粒子群算法在配电网重构中的改进和应用
..... 刘迪, 张强, 吕千云
- 66 计及电流潮流控制器的直流电网潮流计算
..... 甄浩, 王谱宇, 孙晓蕾, 杨伟
- 75 一种碳化硅器件三电平电路的损耗计算方法
..... 吕志通, 李雪, 迟颂

能源互联网

- 82 基于生命周期法和碳权交易的综合能源系统低碳经济调度
..... 黄景光, 熊华健, 李振兴, 汪潭
- 92 基于离线高斯模型的输电线路无人机巡检缺陷智能识别方法研究
..... 王红星, 陈玉权, 张欣, 吴媚, 毛伟平, 李红斌
- 100 基于分阶段求解的 DG、BESS 和自动重合闸选址定容综合优化
..... 王超, 洪潇, 王林炎, 朱思嘉
- 108 孤岛型多能互补系统的规划与运行优化模型研究
..... 侯磊, 马涛, 蔡毅, 李娜, 贾永会, 金泰, 潘崇超
- 117 考虑风电-负荷及综合需求响应不确定性的能量枢纽双层优化运行及配置方法
..... 江友华, 屈靖洁, 曹以龙, 汪源
- 125 基于混合储能系统的高电压穿越控制策略
..... 蒋子傲, 崔双喜

目次

- 131 基于改进萤火虫算法和多分类支持向量机的变压器故障诊断
..... 李俊, 冯俊杰, 武文吉, 刘迎澍

测量与控制

- 136 区域设备最优化控制的精准配网多级画像应用研究
..... 杨小磊, 路轶, 陈刚, 胡佳佳, 周哲民
- 143 基于中值滤波的铁磁材料缺陷漏磁检测信号处理
..... 李小娟, 李岩松, 田硕文, 刘君, 王麒翔
- 151 含直流馈入的弱受端电网暂态电压稳定预防控制
..... 朱瑞金
- 157 微网逆变器双模式自抗扰控制策略
..... 樊梦蝶, 曾成碧, 苗虹
- 163 三电平逆变器并联系统零序环流分析与抑制
..... 陈甜甜, 苏建徽, 汪海宁, 杨向真
- 169 基于 RMPPT/PID 双模控制的光伏发电 MPPT 研究
..... 闫根弟, 赵晋斌, 张广勇, 戴丽莉
- 174 基于多场景技术的冷热电虚拟电厂两阶段优化调度
..... 韩志永, 张宇华, 李兵

仪器仪表

- 181 一种基于安装式标准电能表的智能电能表误差在线检测比对方法研究
..... 杨蒂黎, 侯兴哲
- 187 弱电网下电压源型逆变器锁相环的改进
..... 王静茹, 张福民, 李占凯, 刘国鑫, 牛运腾
- 195 低功率射频能量收集系统设计及优化
..... 李建坡, 赵佳琪, 尹月琴, 张华健

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE 中国核心学术期刊(A)
- 中国期刊方阵双效期刊
- 中国学术期刊(光盘版)收录期刊
- 美国《剑桥科学文摘》(CSA)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
- 《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)

龙 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)
李天初(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 刘 文

委员 (按姓氏笔画排序)

于晓洋	王立欣	王有元
王学伟	王 雷	王群京
王 磊	公茂法	付志红
冯庆东	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	李建坡
李 辉	杜新纲	杨俊华
肖 勇	陆以彪	陈 玉
陈向荣	陈向群	周宗发
孟 宗	陆祖良	郑建勇
赵永平	徐永海	钱 政
高云鹏	章 欣	黄松岭
黄 琦	雷 民	谭志强
蔡昌春	魏 国	



Electrical Measurement & Instrumentation
(Monthly, Founded in 1964)
Vol. 59 No.3 (Ser. 764) March, 2022

Competent Authority:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

Sponsor:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

Prisident: Liu Wen

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: Harbin Post Office

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** Summary of key technology of relay protection in flexible DC distribution network
..... Han Xiao, Liu Jianting, Zhang Yiwei, et al

Power Quality Technology Column

- 10** Classification algorithm of DC power quality disturbance based on SVM
..... Ding Yan, Zhang Chenyu, Li Danqi, et al
- 18** Power quality disturbance recognition method based on multi-task learning and one-dimensional convolutional neural network
..... Wang Wei, Li Kaicheng, Xu Liwu, et al
- 26** Design of the market-oriented operation pattern of power quality governance for regional power grid
..... Huang Weigang, Wu Jiang, Kang Peng, et al

Theory & Experimental Research

- 32** Research on anti-misalignment performance of wireless power transfer system based on detuning
..... Qin Wei, Zhang Wenjie, Lin Lingyan, et al
- 38** The short-term power load forecast in wide area learning system based on maximum information mining
..... Yang Guangyu, Li Xiaohang
- 46** Fault segment location method for distribution network based on wavelet AlexNet network
..... Hou Sizuo, Guo Wei, Wang Ziqi, et al
- 58** Improvement and application of quantum-behaved particle swarm optimization in distribution network reconfiguration
..... Liu Di, Zhang Qiang, Lv Ganyun
- 66** Power flow calculation for DC power grid considering current flow controller
..... Zhen Hao, Wang Puyu, Sun Xiaolei, et al
- 75** Loss calculation method for three-level circuit based on silicon carbide device
..... Lv Zhitong, Li Xue, Chi Song

Energy Internet

- 82** Low-carbon economic dispatch of integrated energy system based on life cycle method and carbon trading
..... Huang Jingguang, Xiong Huajian, Li Zhenxing, et al
- 92** Research on intelligent recognition method of transmission line UAV inspection defects based on offline Gaussian model
..... Wang Hongxing, Chen Yuquan, Zhang Xin, et al
- 100** Optimal location and size of DG, BESS and automatic reclosers based on staged solution
..... Wang Chao, Hong Xiao, Wang Linyan, et al

CONTENTS



电测 计量 检定 校验

南昌市新海通实业有限公司

Nanchang New Sea Passes Lnastry Pment Co., Ltd

BS2001J型 多表位全自动电压监测仪检定装置

触摸屏 / 交流标准源

输出与测量
MAX: 450V
负载 50VA
谐波 81次

0.1级
0.05级

装置具有全自动检定：电压基本和综合误差，时钟误差（超上下限时间），报警电压测定，灵敏度测试，频率和谐波影响，负载、功耗、失真度测量，闭环控制、软件校准、自我保护，档案统计管理等功能；彩色触摸屏液晶显示，中文菜单方式；设有232、485和USB接口，支持鼠标操作和U盘存储数据。

系列产品【交流标准源】

▲ BS6003型多功能变频电量分析仪	▲ BS2003型多功能仪表检定装置
▲ BS2003D型多功能电能表检定装置	▲ BS2003J型三相交流采样检定装置

BS2103型 三相多功能仪表检定装置

交直流标准源

MAX:
AC 800V
DC 1000V
AC 40A
DC 30A

★电阻：10Ω~20MΩ

0.1级
0.05级

装置的核心技术是ARM+FPGA；高速高精度D/A转换器与直接数字合成技术（DDS）；高精度大功率精密运放；双重输出保护，高保真、高抗冲击能力。产品融合交流采样器、交流直流指示仪表、多功能电能表、万用表四大检定功能为一体。

系列产品【交直流标准源】

▲ BS2101H型交流直流毫安毫伏表检定装置	▲ BS2200型多功能直流标准源
-------------------------	-------------------

BS5100型 交流采样变送器仪表检定装置

交流采样 / 变送器 / 交直流仪表 / 电能表四合一检定功能

MAX:
AC 800V
DC 1000V
AC 20A
DC 30A

0.1级
0.05级

变送器
测量 直流电压：±1、±5、±10、±20
直流电流：±1、±2.5、±5、±10、±20

系列产品【源表一体】

▲ BS5100A型变送器仪表电能表检定装置	▲ BS5101A型多功能万用表检定装置
▲ BS5101型绝缘电阻表（兆欧表）检定装置	▲ BS5003型大功率电能表检定装置

BS3003B型三相变频电量分析仪

频率测量：3Hz~120Hz（可定制扩展）
误差：≤±0.002Hz

0.1级
0.05级

MAX:
AC 1500V
AC 100A

有功、无功功率测量：0W~±120000W（每相）
量程：电压、电流量程任意组合。

特点：该分析仪符合国家JJG1559-2016《变频电量分析仪检定规范》；高速同步采样达50kHz，单次测量300ms/次；特有的数字滤波技术，数字滤波，精确计算有功、无功功率；对采样波形进行失真度和0~63次谐波计算数字分析；量程自动切换、自动切换；不开盖内置精密基准定期自校准。

标签：变频电量测试仪器、变频功率标准表
功率测试仪、多功能校验仪

系列产品

▲ BS3103型单、三相交流多功能标准表	▲ BS3200型直流数字多功能标准表
▲ BS3003Z型单、三相中频多功能标准表	▲ BS3001P型高精度多功能频率表

地址：南昌市湖滨南路银湖大厦 网址：www.jxht.com.cn
电话：0791-88591685 88591789 88591980 传真：0791-88591980
联系人：徐方根 13037212818 邮箱：xfg51@163.com 邮编：330077

- 108** Research on optimization of planning and operation for islanded integrated energy system
..... Hou Lei, Ma Tao, Cai Yi, et al
- 117** Double-layer optimal operation and configuration method for energy hub considering uncertainty of wind power-load and integrated demand response
..... Jiang Youhua, Qu Jingjie, Cao Yilong, et al
- 125** High voltage ride through control strategy based on hybrid energy storage system
..... Jiang Ziao, Cui Shuangxi
- 131** Fault diagnosis of power transformer based on improved firefly algorithm and multi-classification support vector machine
..... Li Jun, Feng Junjie, Wu Wenji, et al

Measurement & Control

- 136** Research on the application of multi-level portrait of precise distribution network for optimal control of regional equipment
..... Yang Xiaolei, Lu Yi, Chen Gang, et al
- 143** Signal processing of MFL detection of ferromagnetic material defects based on median filter
..... Li Xiaojuan, Li Yansong, Tian Shuowen, et al
- 151** Transient voltage stability preventive control for weak receiving-end power grid with HVDC infeed
..... Zhu Ruijin
- 157** Dual-mode active disturbance rejection control strategy for micro-grid inverter
..... Fan Mengdie, Zeng Chengbi, Miao Hong
- 163** Analysis and suppression of zero-sequence circulating current in parallel system of three-level inverters
..... Chen Tiantian, Su Jianhui, Wang Haining, et al
- 169** Research of photovoltaic generation MPPT based on RMPPT/PID dual-mode control
..... Yan Gendi, Zhao Jinbin, Zhang Guangyong, et al
- 174** Two-stage optimal dispatching of CCHP virtual power plant based on multi-scenario technology
..... Han Zhiyong, Zhang Yuhua, Li Bing

Instrument & Meter

- 181** A method of online error detection and comparison of smart meter based on installation type standard electricity meter
..... Yang Feili, Hou Xingzhe
- 187** Improvement of phase locked loop of voltage source converter in weak grid
..... Wang Jingru, Zhang Fumin, Li Zhankai, et al
- 195** Design and optimization of low power radio frequency energy harvesting system
..... Li Jianpo, Zhao Jiaqi, Yin Yueqin, et al

台区智能融合型终端综合测试系统



台区智能融合型终端综合测试系统采用硬件平台化、功能软件化、结构模块化、软硬件解耦设计，满足高性能并发、大容量存储、多采集对象需求，集配电台区供用电信息采集、采集终端或电能表数据收集、设备状态监测及通讯组网、就地化分析决策、协同计算等功能于一体的智能化终端设备，支撑营销、配电及新兴业务发展需求。根据全新的设计理念，在结构形式、功能划分、业务支撑、维护手段等方面较传统配变终端有较大提升。

该系统通过建立包含台区智能融合型终端功能、互操作（模块功耗、模块接口带载、模块互换性）等相关检测项目的综合测试能力。并具备测试流程管理、测试结果分析、综合评价等功能。

【检测功能】

- 台区智能融合型终端功能测试：数据采集（终端数据、脉冲、状态、交采等）、数据处理、参数设置与查询、控制、事件与上报、本地功能、维护、时钟等；
- 配属模块功耗检测：远程通信单元功耗、本地通信单元功耗、其他外置模块功耗；
- 带载测试：终端外置模块接口带载能力检测；
- 互换性测试：远程通信单元互换性、本地通信单元互换性、其他外置模块互换性等；
- 模块功能测试：HPLC深化应用功能、北斗定位、脉冲输入、状态量输入、控制输出等；

【系统优势】

- 该系统完全按照国网公司制定的现行型式、规约、检测规范进行的标准化测试；
- 高度集成综合性测试，满足融合终端功能、协议一致性、模块端口带载能力、配属模块功耗、配属模块互换性等测试需求。

【依据规范】

- DL/T 645-2007 多功能电能表通信协议
- Q/GDW 130-2005 电力负荷管理系统数据传输规约
- Q/GDW 1376-2013 电力用户用电信息采集系统通信协议
- Q/GDW 1379-2013 电力用户用电信息采集系统检验技术
- DL/T 698.45-2017 电能信息采集与管理系统 第4-5部分：通信协议—面向对象的数据交换协议
- HPLC技术应用手册2.7
- 台区智能融合型终端技术规范
- 台区智能融合型终端检测规范
- 台区智能融合终端功能模块技术规范
- 台区智能融合终端功能模块检验技术规范

南京芯达电子设备有限公司