

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

月刊

1

2022

第59卷 第1期

Vol.59 No.1



电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation



行业先锋 领跑未来

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三次压降测试、互感器三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
AP2009 在线用电稽查系统
AP2008 电能质量分析仪
AP2015 电能质量标准装置
AP5003 三钳图形相位伏安表
AP6303 三相精密交流标准源
AP2001B 单相电能表现场检验仪

AP2003LD 手持式 IEC61850 电能表现场检验仪
AP2006 高压电能计量装置实时在线监测系统
AP2010 高低压电流互感器变比现场测试仪
AP2051 直流充电桩电能表现场检测装置
AP2053 交流充电桩电能表现场检测装置
AP2003 电能计量装置现场检验仪

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

ISSN 1001-1390



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 1 期

2022 年 1 月

(总第 762 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：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：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：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

新型电力系统技术专题

- 01 面向新型电力系统的最小服务延迟的负载分配算法研究
..... 张秋雨, 蒋云峰, 张常稳, 张一鸣
- 10 面向新型电力系统的电力大数据副本管理算法
..... 丁斌, 袁博, 郑焕坤, 邢志坤, 王帆
- 18 基于量化风电场限功率的电力系统旋转备用优化研究
..... 蒋成成, 陆建宇, 魏云冰, 朱健安, 朱成名
- 25 基于核主成分分析和 AP 聚类算法的电力系统态势感知技术
..... 王艳松, 高鑫, 胡彩娥, 王健, 张禄

理论与实验研究

- 37 新型混合型磁控电抗器的特性研究
..... 赵国生, 张高升
- 45 改变定子铁芯面积对分数槽集中绕组永磁同步电机铁耗的影响
..... 王艾萌, 李大双, 李小双
- 51 基于有源逆变分相注入的电压消弧与位移电压抑制方法
..... 梁洪湘, 曾祥君, 喻锐, 向国杰, 熊一帆
- 61 基于 ANFIS 的变压器寿命预测和状态评估
..... 胡碧伟, 邓祥力, 贾声昊
- 69 考虑弱耦合关系的全维灵敏度矩阵快速 VCA 方法
..... 李英量, 王康, 王德明, 朱豪, 武晓朦
- 77 MPSR-MKSVM 电力负荷预测综合优化策略
..... 徐蕙, 陈平, 李海涛, 王瀚秋, 秦皓, 陈少坤
- 84 特高压直流电压互感器换热结构设计及其对误差特性的影响研究
..... 汪本进, 王睿晗, 吴士普, 叶子阳, 徐思恩
- 93 基于 DBSCAN 聚类和数据筛选的系统谐波阻抗估算
..... 雷达, 常潇, 刘子腾, 赵军, 张世锋, 徐永海
- 99 基于交替迭代优化的同步调相机电气参数分步辨识方法
..... 王继豪, 王安东, 孙福春, 郑竞宏, 曹志伟, 朱文兵
- 106 基于 OpenCV+SSD 深度学习模型的变电站压板状态智能识别
..... 王伟, 张彦龙, 翟登辉, 刘力卿, 许丹, 张旭

能源互联网

- 113 含 SOP 的配电网多阶段供电恢复优化策略
..... 解智刚, 韩蓓, 李国杰
- 120 计及用户电池损耗的电动汽车分布式两阶段调度策略
..... 王晞, 汪伟, 王海燕, 陈博, 苟竞, 李怡然

目次

- 127 微电网与配电网间串联补偿变压器直流偏磁抑制策略研究
..... 王子昂, 孟润泉, 韩肖清
- 134 电源密集型大级差电网短路电流超标综合治理方案
..... 陈伟, 樊艳芳, 张锋, 王衡, 高文森
- 141 基于可分离热电燃气轮机模型的电-气-热联合系统调度运行研究
..... 黄海涛, 林建, 查俊吉
- 148 基于卷积神经网络的非侵入式负荷监测方法
..... 刘一铭, 李惠民, 王乐挺, Hasan RAFIQ
- 155 基于 DQN 的电力物联网 5G 边缘切片资源管理研究
..... 陈俊, 黄飞宇, 黎作明
- 162 直流互联异步电网的 HVDC 与 AGC 协同功率分配
..... 张朝辉, 杨家豪, 苏杰和

测量与控制

- 168 低压配电台区模组化智能融合终端构建方案与实现
..... 刘浩, 赵伟, 温克欢, 何恒靖, 李世松, 黄松岭
- 176 基于五次谐波和混沌系统的谐振接地系统故障选线
..... 薛太林, 靳贰伟, 吴杰
- 183 新型双钳位三电平 PWM 整流器双平衡调制策略研究
..... 石振刚, 吴跃斌, 孙冲, 张林浩, 武超飞, 李涵

仪器仪表

- 190 基于熵权-正态云模型的智能电能表状态评估研究
..... 高书焱, 安泰, 宋剑
- 195 基于集群智能的智能电能表异常检测技术
..... 白志霞, 刘馨卉, 索思远, 陈雯

- 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)

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	王雪	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.1 (Ser. 762) January, 2022

Competent Authority:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

Sponsor:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation Co., Ltd.

President: Liu Wen

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: 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

Novel Power System Technology Column

- 01** Research on load distribution algorithm for minimum service delay in new power system
..... Zhang Qiuyu, Jiang Yunfeng, Zhang Changwen, et al
- 10** Research on replica management algorithm of power big data orienting novel power system
..... Ding Bin, Yuan Bo, Zheng Huankun, et al
- 18** Spinning reserve optimization in power system under power-limited of the wind farm
..... Jiang Chengcheng, Lu Jianyu, Wei Yunbing, et al
- 25** Power system situation awareness technology based on kernel principal component analysis and AP clustering algorithm
..... Wang Yansong, Gao Xin, Hu Cai'e, et al

Theory & Experimental Research

- 37** Characteristic research on a novel hybrid magnetically controlled reactor
..... Zhao Guosheng, Zhang Gaosheng
- 45** Influence of changing core area of stator on iron loss of FSCW permanent magnet synchronous machine
..... Wang Aimeng, Li Dashuang, Li Xiaoshuang
- 51** Voltage arc suppression and displacement voltage suppression method based on active inverter separate phase injection
..... Liang Hongxiang, Zeng Xiangjun, Yu Kun, et al
- 61** Transformer life estimation and state assessment based on ANFIS
..... Hu Biwei, Deng Xiangli, Jia Shenghao
- 69** A fast VCA method of full-dimensional sensitivity matrix considering weak coupling relationship
..... Li Yingliang, Wang Kang, Wang Deming, et al
- 77** Comprehensive optimization strategy of power load forecasting based on MPSR-MKSVM
..... Xu Hui, Chen Ping, Li Haitao, et al
- 84** Research on the heat exchange structure designing for UHV DCVT and its influence on error characteristics
..... Wang Benjin, Wang Ruihan, Wu Shipu, et al
- 93** Estimation of system harmonic impedance based on DBSCAN clustering and data filtering
..... Lei Da, Chang Xiao, Liu Ziteng, et al
- 99** A step-by-step identification method of synchronous condenser electrical parameters based on alternative iterative optimization
..... Wang Jihao, Wang Andong, Sun Fuchun, et al
- 106** Intelligent identification of substation pressure plate state based on OpenCV+ SSD deep learning model
..... Wang Wei, Zhang Yanlong, Zhai Denghui, et al

CONTENTS

Energy Internet

- 113** Multi-stage power supply restoration optimization strategy for distribution network with SOP
..... Xie Zhigang, Han Bei, Li Guojie
- 120** Distributed two-stage scheduling strategy of EV considering user battery consumption
..... Wang Xi, Wang Wei, Wang Haiyan, et al
- 127** Research on DC bias suppression strategy of series compensation transformer between micro-grid and distribution network
..... Wang Ziang, Meng Runquan, Han Xiaoqing
- 134** Short-circuit current over-standard comprehensive treatment plan of power supply-intensive large-scale differential grid
..... Chen Wei, Fan Yanfang, Zhang Feng, et al
- 141** Research on dispatching operation of integrated power, gas and heat energy systems based on separable thermoelectric gas turbine model
..... Huang Haitao, Lin Jian, Zha Junji
- 148** Non-intrusive load monitoring method based on convolutional neural network
..... Liu Yiming, Li Huimin, Wang Leting, et al
- 155** Research on DQN-based 5G edge slicing resource management of power internet of things
..... Chen Jun, Huang Feiyu, Li Zuoming
- 162** Collaborative dispatch algorithm for HVDC and AGC in DC interconnected asynchronous power grid
..... Zhang Zhaozhui, Yang Jiahao, Su Jiehe

Measurement & Control

- 168** Construction scheme and realization of modularized intelligent fusion terminal in low-voltage distribution station areas
..... Liu Hao, Zhao Wei, Wen Kehuan, et al
- 176** Fault line selection of resonant grounding system based on fifth harmonic and chaotic system
..... Xue Tailin, Jin Erwei, Wu Jie
- 183** Research on double-balanced modulation strategy of the new twin-clamp three-level PWM rectifier
..... Shi Zhengang, Wu Yuebin, Sun Chong, et al

Instrument & Meter

- 190** Status evaluation of smart meter based on entropy weight-normal cloud model
..... Gao Shuyao, An Tai, Song Jian
- 195** Anomaly detection technology based on swarm intelligence for smart meters
..... Bai Zhixia, Liu Xinhui, Suo Siyuan, et al



电测 计量 检定 校验

南昌市新海通实业有限公司

Nanchang New Sea Passes Lnaustry 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

0.1级
0.05级

★电阻：10Ω~20MΩ

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：该分析仪符合国家标准GB1559-2016《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、自动校准；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



方维电子

保定方维电子科技有限公司



三相电能表现场校验仪（平板式）

- 特点：平板触控
- 精度：0.02/0.05



电能质量分析仪（平板式）

- 特点：平板触控
- 功能：谐波、频谱、波形、闪变、骤升骤降、录波



平板矢量分析仪

- 8路电压、8路电流矢量同屏显示
- 主变差动矢量分析
- 母线差动矢量分析
- 计量装置接线分析



变压器变比测试仪

- 角度测试，可测试各种类型变压器
- 两组低压测试回路
- 三卷变高/中、高/低同时测量，效率加倍
- 速度快，6秒完成测试



多功能标准表

- 高精度：可达0.01级
- 宽量程：500V/100A
- 谐波分析：2-64次



有源变压器容量—特性测试仪

- 任意规格变压器容量、空负载测试
- 7寸彩屏 橡胶按键 操作简单
- 自带高效能锂电池，一次充电可连续测试500台次



无线二次压降及负荷测试仪

- 非GPS同步模式，无需寻星，无线同步
- 压降、比差、角差、负荷测试
- 谐波测试、波形图显示、矢量图显示



电能电质综合测试仪

- 电能表现场校验
- 电能质量分析
- 电能走字
- 矢量分析
- 波形显示



电流互感器现场校验仪

- 精度：0.05级
- 单机即可完成CT的校验
- 完全替代传统方式的六大部件
- 测量PT的变比和极性

地址：保定市高新区北二环路5699号大学科技园2号楼4层
电话：0312-5909802 传真：0312-5883929

网址：www.bdyw.com
邮箱：baodingyw@163.com