

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·《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)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

QK1900817

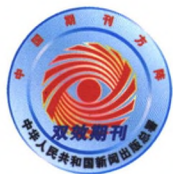
半月刊

1

2019

第56卷 第1期

Vol.56 No.1



# 电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation



领略前沿科技 创新电磁测量

## 全面满足 OIML R46 指令的新型电能表检定装置

交流电流输出最小低至 0.1mA, 是满足被检表起动试验的基本条件

宽达 1kHz 基波带宽, 是各种复杂波形功率/电能准确计量的保证

### 功率源

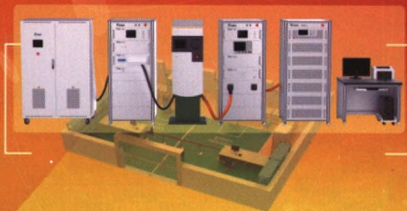
- ACV: 0 ~ 576 V
- ACI: 0.1mA ~ 120 A
- 基波: 45 Hz ~ 1 kHz, 谐波: 2 ~ 128次
- 复杂波形输出: 尖顶波、方顶波、半波、次谐波等
- 支持自定义复杂波形输出

## 实验室 & 车载式 & 现场充电设施检测方案

全性能实验室

车载式检测

现场检测



+86-731-84930888

更多产品详情请访问 [www.tunkia.com](http://www.tunkia.com)

ISSN 1001-1390

哈尔滨电仪表研究所有限公司  
中国仪器仪表学会  
电磁测量信息处理仪器分会

主办



[www.emijournal.net](http://www.emijournal.net)



9 771001 1390198



# 电测与仪表

DIANCE YU YIBIAO

(半月刊 1964 年创刊)

第 56 卷 第 1 期

2019 年 1 月 (上)

(总第 702 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  
中国仪器仪表学会电磁测量信息  
处理仪器分会

社 长：刘 文

主 编：刘献成

副 主 编：关志杰

责任编辑：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：中国建设银行股份有限公司  
哈尔滨松北支行

账 号：23050186685100000101

在线投稿：<http://www.emijournal.net>

邮 箱：dcyb@vip.163.com

稿件查询：0451-86611021

广告邮箱：haoqiuhaoku@163.com

广告咨询：0451-86693434

广告联系人：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：SM4150

刊 号：ISSN 1001-1390  
CN23-1202/TH

广告经营许可证：2301070000001

出刊日期：每月 10 日，25 日

国内定价：15.00 元 / 期

# 目 次

## 理论与实验研究

- 01 一种基于迭代抑制谱泄漏的改进相位差算法  
.....李剑飞, 王纲, 陈隆道
- 08 基于改进能量集中度的 S 变换与随机森林的电能质量扰动识别  
.....高健, 崔雪, 邹晨露, 刘洋
- 15 基于改进型 IQC 算法的时延电力系统控制方法研究  
.....蔡东升, 黄琦, 李坚, 易建波, 胡维昊, 滕予非
- 22 复杂配电网系统单相接地故障选线算法  
.....徐玉琴, 张婧婷, 边华跃
- 28 基于 FFT 与形态加权动态时间规整的电压暂降源辨识新方法  
.....夏杰, 张建文, 王金川
- 35 多支路开断潮流自转移和互转移识别算法研究  
.....聂宏展, 王禹
- 41 超谐波引发的电能质量问题及相关研究  
.....庄双勇, 赵伟, 何学农, 黄松岭

## 智能电网

- 53 对称电压暂降情况下含无功补偿功能的虚拟同步发电机控制策略  
.....杨贇, 缪惠宇, 梅飞, 张宸宇, 陈虹妃, 郑建勇
- 60 规模化电采暖设备对配电网电能质量的影响分析  
.....袁译, 宝海龙, 周鹿鸣, 张宏宇, 杨建华
- 69 用于配电网分布式抗差状态估计的自动分区  
.....任星, 王克文

## 信息与能源

- 76 基于回归-马尔科夫链的光伏发电功率预测  
.....王继拓, 王万成, 陈宏伟
- 82 基于变分模态分解和 Hilbert 变换的平滑风电出力混合储能容量优化配置  
.....李亚楠, 王倩, 宋文峰, 王昕钰, 郝勇奇
- 89 基于虚拟同步机的风光储一体系统运行控制研究  
.....闵亮, 王小红, 牟晓春, 黄磊

# 目次

## 《电测与仪表》 编辑委员会

### 测量与控制

- 96 基于机器学习的中压配电网断线不接地故障检测  
..... 苏运, 赵琦, 瞿海妮
- 102 经济新常态下基于 Verhulst-SVM 的中长期负荷预测模型  
..... 张冠英, 姜一鸣, 葛磊蛟, 王莹, 赵滨滨, 王尧
- 108 基于 NSCT 域 FAST 角点检测的电气设备红外与可见光图像配准  
..... 戴进墩, 刘亚东, 毛先胤, 盛戈皞, 江秀臣
- 115 无通讯模块无线充电系统的控制策略研究  
..... 杨鹏, 杨世春
- 121 基于层次分析法的智能电能表供应商评价方法  
..... 蔡文嘉, 李红斌, 龚慧, 度璟, 刘岑岑, 焦洋
- 128 基于 SVG+ 智能电容的混合式无功补偿系统研究与设计  
..... 孙曙光, 刘建强, 刘旭林, 杜太行

### 仪器仪表

- 136 应用于电流激励传感器的高稳定恒流源设计  
..... 应之璇, 曹建安
- 141 一种航天用高增益 Weinberg 放电调节电路  
..... 丁敏, 吴桂清, 胡锦涛
- 146 WPT 系统磁耦合特性测量方法研究与装置开发  
..... 李榜, 陈为

### 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)

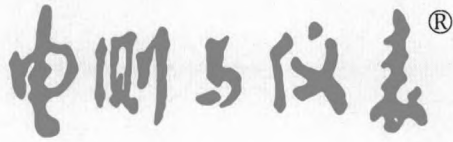
#### 副主任委员

赵伟 贺青 李照阳

#### 委员 (按姓氏笔画排序)

- |     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 于晓洋 | 王立欣 | 王有元 |
| 王学伟 | 王晓琪 | 王雪  |
| 王群京 | 公茂法 | 付志红 |
| 冯庆东 | 白凤山 | 刘文  |
| 刘念  | 刘国海 | 刘健  |
| 刘献成 | 孙天雨 | 孙金玮 |
| 曲延滨 | 许志红 | 余涛  |
| 张彤  | 张革  | 张国荣 |
| 张峰  | 李仁发 | 李开成 |
| 李红斌 | 李辉  | 杜新纲 |
| 杨俊华 | 陆以彪 | 陈向群 |
| 周宗发 | 孟宗  | 陆祖良 |
| 林德浩 | 郑建勇 | 姚陈果 |
| 赵永平 | 徐永海 | 徐和平 |
| 钱政  | 高云鹏 | 章欣  |
| 黄琦  | 雷民  | 谭志强 |

- 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



**Electrical Measurement & Instrumentation**  
(Semimonthly, Founded in 1964)  
No.1 Vol.56 January, 2019

**Competent Authority:**  
Harbin Research Institute of Electrical  
Instrumentation Co., Ltd.

**Sponsor:**  
Harbin Research Institute of Electrical  
Instrumentation Co., Ltd.  
Electromagnetic Measuring and  
Information Processing Instruments  
Branch of China Instrument and  
Control Society

**Director:** Liu Wen  
**Editor-in-chief:** Liu Xiancheng  
**Deputy Editor:** Guan Zhijie  
**Responsibility 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  
**Email:** dcyb@vip.163.com  
**http:** //www.emijournal.net  
**Tel:** +86-451-86611021  
**Fax:** +86-451-86693434

**Advertisement Email:**  
haoqiuhaqiu@163.com

**Advertisement Contact:** Wang Jialong  
**Advertising 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. (P.O.Box399, Beijing)

**F.P.Code:** SM4150  
**CSSN:** ISSN 1001-1390/CN23-1202/TH  
**Publication Date:** 10th, 25th per month

# CONTENTS

## Theory & Experimental Research

- 01** An improved phase difference algorithm based on iteration of suppressing spectrum leakage  
.....Li Jianfei, Wang Gang, Chen Longdao
- 08** S-transform based on modified energy concentration and identification of power quality disturbance in random forest  
.....Gao Jian, Cui Xui, Zou Chenlu, et al
- 15** Research on control method of power system with time-delays based on improved IQC algorithm  
..... Cai Dongsheng, Huang Qi, Li Jian, et al
- 22** An algorithm for earth fault line selection in complex distribution network system  
.....Xu Yuqin, Zhang Jingting, Bian Huayue
- 28** A novel method of voltage sag source identification based on FFT and shape-based weighted dynamic time warping  
.....Xia Jie, Zhang Jianwen, Wang Jinchuan
- 35** Research on self and mutual transferring identification algorithm for multi-branch removal power flow  
..... Nie Hongzhan, Wang Yu
- 41** Power quality problems caused by supraharmonics and related research  
.....Zhuang Shuangyong, Zhao Wei, He Xuenong, et al

## Smart Grid

- 53** Virtual synchronous generator control strategy with reactive power compensation in symmetrical voltage sagging  
..... Yang Yun, Miao Huiyu, Mei Fei, et al
- 60** Analysis on the impacts of large-scale electric heating radiators to power quality of distribution networks  
.....Yuan Ze, Bao Hailong, Zhou Luming, et al
- 69** Automatic partition for distributed and robust state estimation of distribution network  
..... Ren Xing, Wang Kewen

## Information & Energy

- 76** Photovoltaic power generation forecasting based on regression-Markov chain  
..... Wang Jituo, Wang Wancheng, Chen Hongwei



# CONTENTS

## 热烈祝贺

《电测与仪表》再次入编  
《中文核心期刊要目总览》2017版  
中文核心期刊

## 即将出版

2017-2018  
《中国电工仪器仪表行业发展报告》



为行业的投资取向  
制定企业发展战略  
及企业经营策略等  
提供有价值的参考

单位: 中国仪器仪表行业协会电工仪器仪表分会秘书处  
地址: 哈尔滨市松北区科技创新城创新路 2000 号  
联系人: 李昂 王丹春  
E-mail: hbsxhmsc@163.com  
电话: 0451-87186030

- 82** Capacity configuration of hybrid energy storage for smoothing wind power outputs based on variational mode decomposition and Hilbert transform  
..... Li Yanan, Wang Qian, Song Wenfeng, et al
- 89** Operation and control research of integrated distributed generation system based on virtual synchronous generator  
..... Min Liang, Wang Xiaohong, Mou Xiaochun, et al

### Measurement & Control

- 96** Disconnected unground fault detection in medium voltage distribution network based on machine learning  
..... Su Yun, Zhao Qi, Qu Haini
- 102** Medium and long-term load forecasting model based on Verhulst-SVM under new normal economy  
..... Zhang Guanying, Xian Yiming, Ge Leijiao, et al
- 108** Registration based on NSCT-domain FAST corner detection for infrared and visible images of electrical equipment  
..... Dai Jindun, Liu Yadong, Mao Xianyin, et al
- 115** Research on control strategy of wireless charging system without communication module  
..... Yang Peng, Yang Shichun
- 121** Supplier evaluation method of smart meter based on analytic hierarchy process  
..... Cai Wenjia, Li Hongbin, Gong Hui, et al
- 128** Research and design of a hybrid reactive power compensation system based on SVG + intelligent capacitance  
..... Sun Shuguang, Liu Jianqiang, Liu Xulin, et al

### Instrument & Meter

- 136** Highly stable constant current source design for current-driven sensors  
..... Ying Zhixuan, Cao Jian'an
- 141** A high gain Weinberg discharge regulating circuit for aerospace use  
..... Ding Min, Wu Guiqing, Hu Jin
- 146** Measurement method research and device development of magnetic coupling characteristics in WPT system  
..... Li Bang, Chen Wei



# 广告索引

封面：长沙天恒测控技术有限公司

封二：《2017-2018年中国电工仪器仪表行业发展报告》预售通知

封三：南京新联电子股份有限公司

封底：上海雷锐精密仪器有限公司

## 文前广告插页：

插一：南京电力自动化设备三厂有限公司

插二：浙江厚达智能科技股份有限公司

插三：保定高新区易维电子设备厂

插四：深圳市创仕鼎电子有限公司

正文前页：《2018年智能电能表元器件选型手册》征订通知

## 文后黑白广告：

- [1] 《电测与仪表》投稿须知... (153)
- [2] 《2018年智能电能表元器件选型手册》征订通知... (154)
- [3] 哈尔滨三达德电力技术有限公司... (155)
- [4] 嘉兴市永信电子有限公司  
安徽千恩智能科技股份有限公司... (156)

# 现已发售

## 2017-2018

# 《中国电工仪器仪表行业发展报告》



为行业的投资取向  
制定企业发展战略  
及企业经营策略等  
提供有价值的参考

单位：中国仪器仪表行业协会电工仪器仪表分会秘书处  
地址：哈尔滨市松北区科技创新城创新路2000号  
联系人：李昂 邮编：150028  
电话：0451-87186030  
网站：www.eima.tc104.org  
hbsxhmsc@163.com

万方数据



## 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 Pmnet 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 31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】

- ▲ BS2001J型电压监测仪检定装置（普通型）
- ▲ 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
- ▲ BS5101J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

MAX:  
AC 1500V  
AC 100A



0.1级  
0.05级

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JG1559-2016《变频电量分析仪校准规范》；高速同步采样达50kHz，单次测量300ms/次；特有的数/频转换，数字移相，精确计算有功、无功功率；对采样波形进行失真度和0~63次谐波成分计算数字分析；量程自动识别、自动切换；不开盖内部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、三相交直流多功能标准表
- ▲ 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](http://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



# RX-30 RX-31

## 专为IR46设计的标准表

0.02/0.01级超便携全功能标准表

0.5mA可保证0.01%准确度

### Xytronic Three-Phase Reference Standard



**Radian Research RX Reference Standards**

Guaranteed Accuracy  $\pm 0.02\%$ ,  $0.01\%$  (PF=1)

联系电话: 13916005550

邮箱: 13916005550@163.com

扫码查看电子  
资料和校准证书

**RADIAN**  
**WECO**  
Power and Energy Measurement Solutions