

中文核心期刊·中国科技核心期刊(扩展版)·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

ISSN 1001-1390

CN 23-1202/TH

CODEN DYYIA7

半月刊

23  
2020

第57卷 第23期

Vol.57 No.23



# 电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation

RX-33  
RX-31  
RX-30

## 全新RX系列标准表

33系列准确度可达0.005%

0.5mA至200A可保证准确度

Xytronic Three-Phase Reference Standard

专为IR46设计的标准表



Radian Research RX Reference Standards

Guaranteed Accuracy  $\pm 0.005\%$ ,  $0.02\%$ ,  $0.01\%$  (PF=1)

RADIAN  
WEICO  
Power and Energy Measurement Solutions

RX-33

精度标准: 0.005%

RX-31

精度标准: 0.01%

RX-30

精度标准: 0.02%



具体参数请关注公众号  
获取产品资料

联系电话: 13916005550  
邮箱: 13916005550@163.com

ISSN 1001-1390



9 771001 139204

万方数据

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

主办



www.emijournal.net





DIANCE YU YIBIAO

(半月刊 1964 年创刊)

第 57 卷 第 23 期

2020 年 12 月 (上)

(总第 748 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：王艳丽

责任编辑：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>

邮 箱：dcyb@vip.163.com

稿件查询：0451-86611021

广告邮箱：haoqiu haoqiu@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 风机异常及缺失数据的填补方法研究  
..... 遇茜，钱政，聂志鹏
- 09 高海拔景观塔耐雷性能分析及提升措施研究  
..... 小布穷，尼玛，岳嵩，常伟，李畅，乐健
- 17 智能机器人巡检系统在输变电工程中的应用研究  
..... 罗宇亮，沈洁
- 23 Buck\_Boost 变换器恒功率负载优化算法  
..... 田恒杰，郑鹏远
- 30 MMC-HVDC 直流侧极间短路暂态特性分析  
..... 金恩淑，杨筱凡，于新，邓佛良
- 38 高压直流输电系统接入下的交流系统不对称故障下序网等值及短  
路电流算法  
..... 韩伟，孟沛或，刘超，李程昊，马伟东，孙仕达
- 47 基于深度循环卷积模型的非侵入式负荷分解方法  
..... 余登武，刘敏
- 54 多直流单极运行下的偏磁直流分布关键站点辨识方法  
..... 罗立波，赵红军，杨振，马金财，朱咏明，吴伟丽

## 能源互联网

- 63 基于贝叶斯网络的非侵入式家庭负荷动态监测模型  
..... 张恒，邓其军，周东国
- 71 含风电的多种形式储能协调调度多目标优化模型  
..... 陈玉敏，赵冬梅
- 79 基于矩阵形式 F&D 法的智能变电站二次系统危险点分析  
..... 王波，胡军台，张克勇，李晓航，张逸群，孙世勇
- 87 基于云平台的智能电网监测体系研究  
..... 袁龙，栗维勋，李一鹏，赵琰



# 目次

## 测量与控制

- 92 基于 BUCK 降压和红外通信的电动自行车无线充电系统输出功率控制方法  
..... 王杰, 高星冉, 邓其军
- 101 SPWM-H 桥变换器中分岔与混沌的自适应载波调幅控制  
..... 孙黎霞, 周照宇, 温正赓, 王麒云
- 109 中压直流配电系统保护技术研究综述  
..... 张章, 胡源, 罗涛, 吕家乐, 王璐瑶, 吴在军
- 119 电池储能辅助二次调频的模型预测控制方法  
..... 刘起兴, 和识之, 卢伟辉, 王皓怀

## 仪器仪表

- 126 数字化电能表较电子式电能表计量及检测差异性研究  
..... 魏伟, 唐登平, 李帆, 丁黎, 余鹤, 段圣佳
- 135 基于智能电能表采集数据的台户关系识别新方法  
..... 宋晓林, 黄璐涵, 贺云隆, 张院锋, 陈利剑, 陈玥
- 141 基于变压器振动的分布式绕组状态检测装置的开发与应用  
..... 袁鑫锋, 李周晨昕, 宋人杰, 金之俭
- 148 基于 Lagrange 插值法的变压器励磁涌流评估与应用  
..... 何智龙

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊(扩展版)
- 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 | 李红斌 |
| 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 琦 |
| 雷 民 | 谭志强 | 魏 国 |





**Electrical Measurement & Instrumentation**  
(Semimonthly, Founded in 1964)  
Vol. 57 No.23 (Ser. 748) December, 2020

**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:** Wang Yanli

**Responsibility 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

**Email:** dcyb@vip.163.com

**http:** //www.emijournal.net

**Tel:** +86-451-86611021

**Fax:** +86-451-86693434

**Advertisement Email:**

haoqiuhaoku@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** Research on filling method of abnormal and missing data of wind turbines  
..... Yu Qian, Qian Zheng, Nie Zhipeng
- 09** Lightning withstand performance analysis and enhancement method of high-  
altitude landscape tower  
..... Xiao Buqiong, Ni Ma, Yue Song, et al
- 17** Application research of intelligent robot inspection system in power transmiss-  
ion and transformation project  
..... Luo Yuliang, Shen Jie
- 23** Optimization algorithm for Buck\_Boost converter with constant power loads  
..... Tian Hengjie, Zheng Pengyuan
- 30** Analysis of DC side pole to pole fault transient characteristic in MMC-HVDC  
..... Jin Enshu, Yang Xiaofan, Yu Xin, et al
- 38** Sequence network equivalence and short-circuit current algorithms for asymm-  
etric faults of AC systems with HVDC connection  
..... Han Wei, Meng Peiyu, Liu Chao, et al
- 47** A non-invasive load decomposition method based on deep circular convolutio-  
nal model  
..... Yu Dengwu, Liu Min
- 54** Identification method of key substation of DC bias distribution under multiple  
DC monopole operation  
..... Luo Libo, Zhao Hongjun, Yang Zhen, et al

## Energy Internet

- 63** Dynamic monitoring model of non-intrusive household load based on Bayesi-  
an network  
..... Zhang Heng, Deng Qijun, Zhou Dongguo
- 71** Multi-objective optimization model for multi-form energy storage coordinated  
scheduling with wind power  
..... Chen Yumin, Zhao Dongmei
- 79** Risk analysis of secondary system of smart substation based on the matrix des-  
cription of the F&D method  
..... Wang Bo, Hu Juntai, Zhang Keyong, , 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 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】

▲BS6003B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《变频电量分析仪标准规范》；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10~63次谐波计算数字分析；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

## Measurement & Control

- ## Instrument & Meter

- 万方数据



### 概述

功耗带载互换性测试装置是针对用电信息采集系统2013版标准开发的测试装置，主要用于集中器本地模块、GPRS模块、采集器模块、单相表模块、三相表模块的静态以及动态功耗的指标测试；集中器Ⅰ型终端、集中器Ⅱ型终端、采集器、单相表、三相表的通信模块接口带负载能力的指标测试；载波模块、GPRS模块、微功率模块与标准采集终端进行互换的能力测试；用电信息采集终端（集中器、专变Ⅲ、采集器、单相表、三相表）与标准通信模块进行互换的能力测试。

该装置是三相四线供电系统，测试过程由计算机软件全程管理和控制，无需人为动手操作，实用性强、准确性好、自动化程度高、性能稳定、易于维护。



### 主要功能

- 1.集中器Ⅰ型本地模块和远程模块、集中器Ⅱ型模块、采集器和单相表模块、三相表模块静态功耗指标和动态功耗指标测试
- 2.集中器Ⅰ型终端、集中器Ⅱ型终端、采集器、单相表、三相表的通信模块接口带负载能力的指标测试
- 3.载波模块、GPRS模块、微功率通信模块硬件接口的一致性以及通信规约的正确性的测试
- 4.集中器、专变Ⅲ、采集器、单相表、三相表硬件接口的一致性以及通信规约的正确性测试
- 5.事件主动上报功能测试

### 系统优势

- 1.该系统完全按照国网公司制定的型式规范以及通信规约（2013版）进行标准化测试
- 2.测试结束后将直接生成测试报告文档，便于用户判定该测试设备是否合格
- 3.便于电网公司统一管理以及维护所有厂家的采集终端设备

### 依据规范

- Q/GDW 1374.3-2013 《电力用户用电信息采集系统技术规范：通信单元技术规范》  
Q/GDW 1379.4-2013 《电力用户用电信息采集系统检验技术规范：通信单元检验技术规范》  
Q/GDW 1376.1-2013 《电力用户用电信息采集系统通信协议：主站与采集终端通信协议》  
Q/GDW 1376.2-2013 《集中器本地通信模块接口协议》  
Q/GDW 1375.1-2013 《电力用户用电信息采集系统型式规范：专变终端型式规范》  
Q/GDW 1375.2-2013 《电力用户用电信息采集系统型式规范：集中器型式规范》  
Q/GDW 1375.3-2013 《电力用户用电信息采集系统型式规范：采集器型式规范》  
Q/GDW 135.6-2013 《三相智能电能表型式规范》  
Q/GDW 135.5-2013 《单相智能电能表型式规范》  
JJG 597 《交流电能表检定装置检定规程》  
JJG 596 《电子式电能表检定规程》  
JJG 307 《机电式交流电能表检定规程》  
DL/T 460 《交流电能表检验装置》  
DL/T 585 《电子式标准电能表技术条件》  
DL/T 731 《电能表测量用误差计算器》  
Q/GDW 1355 《单相智能电能表型式规范》（2013版）



## 南京新联电子股份有限公司