

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



# 电测与仪表

4  
2020

Electrical Measurement & Instrumentation

第57卷 第4期  
Vol.57 No.4



www.tunkia.com

## 全面满足 OIML R46 指令的新型电能表检定装置



### TD3650 三相电能表检定装置

- 3~16表位 / 0.01级 / 0.02级 / 0.05级可选
- ACV: 0~576 V, ACI: 0.2 mA~120 A
- 基波: 45 Hz~400 Hz, 谐波: 2~64次
- 支持尖顶波、方顶波、半波、次谐波、自定义等复杂波形输出

### TD3720 负载电流快速改变试验装置

- 0.05级 / 三相标准源输出最大456 V / 120 A
- 开关由微处理器控制, 时间可自定义设置
- 支持 GB/T 17215.211新国标和JJF 1245.4-2019 要求的负载电流快速改变试验



TD3810R 三相电能装置现场检测系统 · TD3525 单相电能表检定装置 · TD3700 电能表工频磁场试验装置 · TD3710 电能表恒定磁场试验装置



全国服务热线 0731-84930888

长沙天恒测控技术有限公司

ISSN 1001-1390



9 771001 139204

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

# 电测与仪表<sup>®</sup>

DIANCE YU YIBIAO

(半月刊 1964 年创刊)

第 57 卷 第 4 期

2020 年 2 月 (下)

(总第 729 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：任美辉

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：haoqiuhaoqiu@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 基于无迹卡尔曼滤波的电力系统抗差动态估计  
..... 孙怡, 何光宇, 翟少鹏
- 07 VSC-HVDC 适应感应电动机负荷稳定性研究  
..... 郑勇, 罗雍溢, 曾琦, 秦浩庭, 李文帆, 雷宇
- 15 隔离型直流模块式光伏并网系统控制研究  
..... 浦仕应, 姚钢, 周荔丹, 周翔
- 22 电动汽车直流充电互操作性测试方法研究  
..... 朱贤文, 肖勇, 田阳, 王子衡, 谷建成, 颜湘武, 何佳
- 30 一种适用于全桥 MMC 的闭环调制策略  
..... 王楚娇, 王勤, 王楚扬, 肖岚
- 36 电气寿命试验监测方法研究及其保护装置的设计  
..... 周俊刚, 李玲玲
- 43 基于复小波变换和 Teager 能量算子的电压跌落检测方法研究  
..... 李天博, 顾勇, 陈坤华

### 智能电网

- 49 含分布式电源多点接入的配电网新型纵联保护  
..... 王珊珊, 吕飞鹏, 张国星
- 55 基于等效半波注入法的小电流接地故障选线  
..... 周军, 刘娜, 李曙光
- 61 220 kV 单芯交流电缆蛇形敷设下热机械效应有限元分析  
..... 张德, 尚秋峰
- 66 基于知识图谱智能变电站二次安措票生成研究  
..... 汪凤月, 罗敏, 杨文丽, 王少飞, 王鹏, 李惠民
- 71 基于高分辨率 SAR 影像和深度学习的输电杆塔智能识别研究  
..... 杨知, 欧文浩, 费香泽, 李闯, 马潇, 赵斌滨
- 78 基于 S&TT 变换与 PSO-SVMs 的电能质量混合扰动识别  
..... 赵洛印, 庄磊, 丁建顺, 马亚彬, 李宏伟, 王振
- 87 智能变电站三维实景无人值守感知系统的应用研究  
..... 黄金魁

### 信息与能源

- 93 基于 DTW-FCBF-LSTM 模型的超短期风速预测  
..... 董治强
- 99 基于混沌灰狼算法的交直流混合微网经济调度  
..... 邓长征, 冯朕, 邱立, 余利, 杨楠

# 目次

108 基于改进遗传算法的海上风电场无功优化  
..... 吴星, 刘天羽, 江秀臣, 盛戈皞

## 测量与控制

114 分数阶混沌系统风机间歇故障变幅值检测方法  
..... 高丙朋, 王维庆

122 基于改进蚁群算法的输电线路路径规划关键技术  
..... 谢景海, 苏东禹, 卢诗华, 贾祎轲, 孙密, 郭嘉

129 基于多维正态云模型的电力变压器状态评估  
..... 章亮, 杨俊杰

## 仪器仪表

136 基于灰色关联度的智能电能表性能评价方法研究  
..... 刘小平, 刘谋海, 黄瑞, 陈向群, 徐慧婷, 徐人恒

142 基于 LMS 自适应滤波的电能计量箱数据采集与处理方法研究  
..... 陈慧, 张颖, 魏晓莹, 王孙安

147 基于改进人工搜索群算法的欠压脱扣器优化  
..... 陈堂功, 王梦莹, 黄涛, 刘超, 周小婷

## 《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 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	陈玉
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	魏国	

- 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



**Electrical Measurement & Instrumentation**  
 (Semimonthly, Founded in 1964)  
 Vol. 57 No.4 (Ser. 729) February, 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:** Guan Zhijie

**Responsibility Editor:** Ren Meihui

**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** Robust dynamic estimation for power system based on unscented Kalman filter ..... Sun Yi, He Guangyu, Zhai Shaopeng
- 07** Study on load stability of VSC-HVDC for induction motor ..... Zheng Yong, Luo Yongyi, Zeng Qi, et al
- 15** Research on control of isolated DC modular PV grid-connected system ..... Pu Shiyong, Yao Gang, Zhou Lidan, et al
- 22** Research on DC charging interoperability test method for electric vehicles ..... Zhu Xianwen, Xiao Yong, Tian Yang, et al
- 30** A closed-loop control strategy for full bridge MMC ..... Wang Chujiao, Wang Qin, Wang Chuyang, et al
- 36** Research on monitoring method of electrical life test and design of its protection device ..... Zhou Jungang, Li Lingling
- 43** Research of voltage sag detection method based on complex wavelet transform and Teager energy operator ..... Li Tianbo, Gu Yong, Chen Kunhua

## Smart Grid

- 49** New longitudinal protection of distribution network with multi-point access of distributed generation ..... Wang Shanshan, Lv Feipeng, Zhang Guoxing
- 55** Small current grounding fault line selection based on equivalent half wave injection method ..... Zhou Jun, Liu Na, Li Shuguang
- 61** Finite element analysis of thermo-mechanical effect of 220 kV single-core AC cable in serpentine laying ..... Zhang De, Shang Qiufeng
- 66** Research on the generation of secondary security ticketing of intelligent substation based on knowledge map expert database ..... Wang Fengyue, Luo Min, Yang Wenli, et al
- 71** Smart identification of transmission tower based on high-resolution SAR image and deep learning ..... Yang Zhi, Ou Wenhao, Fei Xiangze, et al
- 78** Identification of power quality hybrid disturbances based on S&TT transform and PSO-SVMs ..... Zhao Luoyin, Zhuang Lei, Ding Jianshun, et al
- 87** Research on the application of three-dimensional real-scene unattended sensing system in intelligent substation ..... Huang Jinkui

# CONTENTS

## Information & Energy

- 93** Ultra-short term wind speed prediction based on DTW-FCBF-LSTM model  
..... Dong Zhiqiang
- 99** Economic dispatch of AC/DC hybrid micro-grids based on chaotic grey wolf algorithm  
..... Deng Changzheng, Feng Zhen, Qiu Li, et al
- 108** Research on reactive power optimization of offshore wind farm based on improved genetic algorithm  
..... Wu Xing, Liu Tianyu, Jiang Xiuchen, et al

## Measurement & Control

- 114** Intermittent fault amplitude change detection method for wind turbine based on fractional order chaotic system  
..... Gao Bingpeng, Wang Weiqing
- 122** Key technology of transmission line path planning based on improved ant  
..... Xie Jinghai, Su Dongyu, Lu Shihua, et al
- 129** State assessment of power transformers based on multi-dimensional normal cloud model  
..... Zhang Liang, Yang Junjie

## Instrument & Meter

- 136** Research on performance evaluation method of smart energy meter based on grey correlation degree  
..... Liu Xiaoping, Liu Mouhai, Huang Rui, et al
- 142** Research on data acquisition and processing method of electric energy metering box based on LMS adaptive filtering  
..... Chen Hui, Zhang Ying, Wei Xiaoying, et al
- 147** Optimization of under-voltage release based on the improved artificial searching swarm algorithm  
..... Chen Tanggong, Wang Mengying, Huang Tao, et al

## 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

## 2020年度 广告展位 [火热征订中]

### 全方位助力 品牌宣传

纸媒广告

官网宣传

微信推广

《电测与仪表》杂志社

地址：哈尔滨市松北区创新路2000号  
2号楼3层

邮箱：haoqihaoqiu@163.com

电话：0451-86693434 86611021

联系人：王家隆

# 590J-V2 互感器综合特性测试仪

590J-V2型互感器综合特性测试仪是红相公司推出的新一代互感器现场校验设备，仅需一台便携式设备，集成了CT和PT误差测试功能，满足任意变比的电磁式电压互感器和电流互感器在任意环境下的任意测试要求。不论是常规变电站还是GIS式变电站，该设备的测试准确性均优于0.05级，在运行变电站下的抗干扰能力尤其突出，能够为电能计量人员的检定工作带来全新的体验。



## ● 技术亮点：

◎该设备采用红相公司自主专利技术的互感器检测技术，解决了传统法在检测互感器中存在的设备笨重、体积庞大、操作接线复杂、对电源场地要求苛刻等问题；同时也解决了现有的小信号测试方法无法稳定测试GIS内CT、PT和在运行变电站现场环境下抗干扰能力差的问题，实现一台仪器，全面兼容，多场合应用的特点。

## ● 主要功能：

◎可按JJG313、JJG314和IEC60044-1相关标准，自动完成电磁式CT和电磁式PT变比、误差测试（包括空载、轻载、满载及用户自定义负荷点），测试速度快，测试稳定，数据重复性好。

◎测试发电厂大机组出口CT，变压器套管以及GIS内CT/PT，测量变比不受标准限制，可任意输入。

◎能测量1%~400%In范围内任意电流点的误差。

◎能设置1%~100%VA范围内任意负荷进行测量。

◎设备单独设置GIS式PT测试菜单，区别于常规电磁式PT，采用更低的频率进行测试，可一次同时测试两个绕组的误差。

◎主机小于9kg，外观尺寸为：420mmx350mmx210mm（长x宽x高）。

