

电测与仪表[®]

半月刊

5
2018

Electrical Measurement & Instrumentation

第55卷 第5期
Vol.55 No.5



1998年,世界上领先的,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,世界上领先的,集电能表现场校验、PT二次压降测试、互感器
二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,国际领先的,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,世界上领先的,电能计量二次回路综合误差测试仪在优特奥科问世
2015年,国际领先的,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

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。优特奥科是山西省高新技术企业和山西省首批“双软”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ISO9001:2008质量管理体系认证,并被山西省质量技术监督局评为质量信誉AA级企业。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。

行业先锋 领跑未来



体积:263×168×60(mm)

AP2003L手持式二次压降载波测试仪

- AP2008 企业能量管理系统
- AP2003 电能计量装置现场检验仪
- AP2003LD 手持式 IEC61850 电能表现场检验仪
- AP2001B 单相电能表现场检验仪
- AP2006 高压电能计量装置实时在线监测系统
- AP2009 在线用电稽查系统
- AP2010 高低压电流互感器变比现场测试仪
- AP5003 三钳图形相位伏安表
- AP6303 三相精密交流标准源
- AP2008 电能质量分析仪
- AP2015 电能质量标准装置
- 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

地址:太原高新区长治路258号星荣大厦十层 邮编:030006
电话:(0351)7035681 7035682 7035683
传真:(0351)7023298

网址:www.accupower.com.cn
客服:support@accupower.com.cn
销售:sales@accupower.com.cn



电能计量装置现场检测专家

ISSN 1001-1390



哈尔滨电工仪表研究所
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[®]

DIANCE YU YIBIAO

(半月刊 1964 年创刊)

第 55 卷 第 5 期

2018 年 3 月 (上)

(总第 681 期)

主管单位：哈尔滨电工仪表研究所

主办单位：哈尔滨电工仪表研究所

中国仪器仪表学会电磁

测量信息处理仪器分会

社 长：张金凤

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：haoqiuhaohaoqiu@163.com

广告咨询：0451-86693434(传真)

广告联系人：王家隆

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 基于快速排序算法的模块化多电平换流器电容电压均衡策略
.....王坤, 刘开培, 张志轩, 李威, 秦亮
- 08 基于改进深度学习的刀闸状态识别方法研究
.....张骥, 张金锋, 朱能富, 余娟, 陈子亮
- 14 基于频响曲线稀疏表示的变压器绕组变形模式识别方法
.....刘云鹏, 程槐号, 胡焕, 张重远
- 22 一种基于自适应滤波器的改进 i_p - i_q 无功电流检测方法
.....孙曙光, 刘建强, 杜太行, 刘旭林
- 28 基于注入信号与小波能量的小电流接地故障选线研究
.....王建元, 张峥

智能电网

- 33 储能提高微网稳定性的仿真实验分析
.....田春箐, 孙玉树, 唐西胜, 高超, 付科源, 李锰
- 38 基于改进多目标粒子群算法的微网双层优化调度策略
.....李雪松, 滕欢, 郭宁, 梁梦可, 吴泽穹
- 46 基于多层卷积神经网络的变电站异常场景识别算法
.....孟格格, 高强
- 51 基于电流差动的直流配电网保护方案
.....吉兴全, 孙灏, 陈尔奎, 史小雪, 张玉振

测量与控制

- 57 基于混合 H_2/H_∞ 控制理论的交直流并联系统机网阻尼协调控制
.....张爽, 曾雪洋, 摆存曦, 田蓓, 李保宏, 刘天琪
- 63 同相牵引供电系统中无锁相环的电流检测方法研究
.....彭超敏, 栗时平, 张丰鸣, 陈浩, 施灵卫
- 70 多通道次同步附加阻尼控制器协调优化策略研究
.....陈宝平, 林涛, 陈汝斯, 张健南

目次

75

基于自抗扰控制器的稳定平台控制策略研究

林海军, 杨兆鹏, 王贺, 李莉

81

基于蝙蝠算法优化最小二乘双支持向量机的变压器故障诊断

雷映, 刘明真, 田威

仪器仪表

88

基于可控硅串联技术的新型固态高压直流断路器

胡徐铭, 王丰华, 周荔丹, 姚钢

95

功率开关失效下的电力电子变压器故障特性分析与仿真

周廷冬, 徐永海

104

基于增强功能负控终端的电表远程在线检测系统

李伟华, 尉怡青, 刘涛, 陈垒, 张之涵, 赵伟

110

高压直流输电直流系统保护设备现场检验方法探索

吴晋波, 陈宏, 熊尚峰, 刘海峰, 霍思敏

工程与应用

119

继电保护装置的一种新型评估方法

徐岩, 王士铭, 刘婧妍, 叶远波, 谢民, 黄太贵

125

双有源桥 DC-DC 变换器虚拟直接功率控制策略

宋平岗, 朱维昌

132

LPWAN 上行多跳通信在输电线路监测应用研究

李敬兆, 万露, 杨大禹, 高之翔

2017

智能电能表

元器件选型手册

征订通知

●手册售价：500元/本

学会、协会会员单位

●专享优惠价：¥400/本

(有意者请与学会秘书处联系)

联系方式：中国仪器仪表学会电磁测量信息处理仪器分会秘书处

电 话：0451-86674123 传 真：0451-86674123

邮 箱：hbsvip@126.com 联系人：郑鹏飞、王宏博

- 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
- 英国《科学文摘》(SA,INSPEC 数据库) 收录期刊

《电测与仪表》 编辑委员会

主任委员

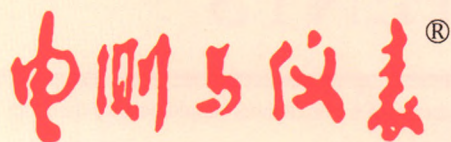
张钟华 (院士)

副主任委员

陆祖良 赵伟 李照阳

委员 (按姓氏笔画排序)

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



Electrical Measurement & Instrumentation
(Semimonthly, Founded in 1964)
No.5 Vol.55 March, 2018

Competent Authority:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation

Sponsor:

Harbin Research Institute of Electrical
Instrumentation

Electromagnetic Measuring and
Information Processing Instruments
Branch of China Instrument and
Control Society

Director: Zhang Jinfeng

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

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** A capacitor voltage balancing strategy based on quicksort algorithm for modular multilevel converter
..... Wang Kun, Liu Kaipei, Zhang Zhixuan, et al
- 08** Research of the switch state recognition method based on the improved deep learning
.....Zhang Ji, Zhang Jinfeng, Zhu Nengfu, et al
- 14** A transformer winding deformation pattern recognition method based on sparse representation of frequency response curve
.....Liu Yunpeng, Cheng Huaihao, Hu Huan, et al
- 22** An improved i_p - i_q reactive current detection method based on adaptive filter
.....Sun Shuguang, Liu Jianqiang, Du Taihang, et al
- 28** Research of fault line selection in small current grounding system based on injected signal and wavelet energy
.....Wang Jianyuan, Zhang Zheng

Smart Grid

- 33** Simulation experiment of energy storage improving micro-grid stability
.....Tian Chunzheng, Sun Yushu, Tang Xisheng, et al
- 38** Bi-level optimization scheduling strategy of micro-grid based on improved MOPSO
.....Li Xuesong, Teng Huan, Guo Ning, et al
- 46** A substation abnormal scene recognition algorithm based on multi-layer convolution neural network
.....Meng Gege, Gao Qiang
- 51** Protection scheme of DC distribution network based on differential current
.....Ji Xingquan, Sun Hao, Chen Erkui, et al

Measurement & Control

- 57** A coordinated damping control of generator and grid in AC/DC parallel power system based on mixed H_2/H_∞ control method
.....Zhang Shuang, Zeng Xueyang, Bai Cunxi, et al
- 63** Single phase current detection method research in cophase traction power supply system
.....Peng Chaomin, Su Shiping, Zhang Fengming, et al



2018年度
广告征订中!



《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: haoqiu haoqiu@163.com
电 话: 0451-86693434 86611021
联系人: 王家隆

CONTENTS

70	Coordinative optimization strategy of multi-channel supplementary damping controllers for sub-synchronous resonanceChen Baoping, Lin Tao, Chen Rusi, et al
75	Control strategy research of stabilized platform based on active disturbance rejection controller (ADRC)Lin Haijun, Yang Zhaopeng, Wang He, et al
81	Fault diagnosis of transformer based on LSTSVM optimized by bat algorithmLei Yi, Liu Mingzhen, Tian Wei

Instruments & Meter

88	A new solid-state high voltage direct current circuit breaker with series connected SCR technology Hu Xuming, Wang Fenghua, Zhou Lidan, et al
95	Fault characteristics analysis and simulation of power electronic transformer considering power switches failures Zhou Tingdong, Xu Yonghai
104	Remote online detection system for Watt-hour meter based on enhanced load control terminalLi Weihua, Yu Yiqing, Liu Tao, et al
110	Study on on-site test method for DC protection equipment of HVDCWu Jinbo, Chen Hong, Xiong Shangfeng, et al

Engineering & Application

119	A new evaluation method for relay protection deviceXu Yan, Wang Shiming, Liu Jingyan, et al
125	Virtual direct power control strategy of dual active bridge DC-DC converter Song Pinggang, Zhu Weichang
132	Research on application of LPWAN uplink multi-hop communication in transmission line monitoring Li Jingzhao, Wan Lu, Yang Dayu, et al

MeterDataController

电能表检测数据通信管理软件

来完成工作

meterDataController电能表检测数据通信管理软件,是现场检测电能表、大用户电能表、电能计量装置的综合控制管理

中(简称为:MDC)

电能表进行现场检测、

和打印检定原始数据、

数据和检定证书、

的数据、功能和数据、

软件的特点:

化、友好、便于升级和维护、

国内各电能表厂、

拟仪器方式进行检测、不依赖于标准表、

无纸化和无笔化现场检测、减轻工作强度、

界面友好、使用简单、

检测后,现场生

处理等。

MDC软件可利

PRS400.3、PRS

1.3、PRS13、PRS

、SWS1.3等。

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

与EMH公司标准

小型三相0.1级多功能 综合现校仪: PWS2.3Plus

- 现场检测关口表、大用户表和电能计量装置
- 量程: 10...300V(相); 直测: 1mA...12A
- 误差补偿的电流互感器钳: 5A 或 100A
- 电流钳接入: 综合准确度优于0.2%
- 辅助电压: 46...300V(相) 或 测量回路
- 谐波分析、波形曲线和矢量图显示
- 大屏幕背光图形显示器、量数据存储
- 简便的图示对话操作界面,接线方便
- 体积小、重量轻、配橡胶护把

便携式三相0.05级多功能 综合校验仪: Calport300

- 新一代便携式多功能综合校验仪
- 现场检测关口表、大用户表和电能计量装置
- 量程: 0.04...480V(相); 直测: 1mA...120A
- 误差补偿的电流互感器钳: 5A或100A
- 可设置的三路标准脉冲输出和可设置的三路被检脉冲输入
- 高亮度大屏幕彩色图形显示器
- 简便的图示操作界面、接线方便
- 便携式密闭工程塑料机箱、体积小、重量轻
- 数据存储、连接营销计量系统、实现无纸化操作和管理

便携式三相0.02级多功能 综合校验仪: PRS400.3

- 三相功率电能检测的便携式综合标准
- 量程: 5...520V(相); 1mA...120A
- 可设置的三路标准脉冲输出和三路被检脉冲输入
- 波形曲线、矢量图和对称度显示
- 多种电流互感器钳: 30/100/300/1000/3000A
- 测量数据的存储、配套数据处理软件
- 模块化组合设计、蓝牙无线通信控制
- 检测负荷、各类电能表和电能计量装置
- 谐波分析、检测有功、无功和视在的谐波功率
- 检测互感器的负载和变化、检测各类变送器
- 大屏幕彩色图形显示、简便的图示操作界面



德国EMH公司

地址:北京市海淀区上地四街一号科技苑2号楼 邮编: 100085

电话: 010-62981227 传真: 010-62988689

电子邮件: sales@emh.com.cn 网站: www.emh.com.cn