

多要素防雷装置综合测试仪研发

易秀成^{1,2} 王波¹ 方春明²

(1. 杭州易龙防雷科技有限公司 杭州 310051; 2. 杭州易龙电气技术有限公司 杭州 310051)

摘要: 针对现行防雷检测中检查和测试的防雷装置种类多、测点分散、方法复杂、检测测试记录、数据存储表格自动化程度不高,数据判定客观化欠缺的问题,将防雷装置检测技术与计算机和通信技术相结合,以 STM32 单片机为核心,采用现代电子技术和数据处理算法,研发了多要素防雷装置综合测试仪。实现了防雷检测数据自动显示记录、存储、调用以及与雷电防护业务控制系统实时信息交互功能。现场测试数据表明,采用综合测试仪所测量得到的 SPD、接地电阻和土壤电阻率等参数分别与现有单要素测试仪器 CJ1007 和 ETCR-3000B 所得数据进行比较,一致性较好,测试精度达到了设计要求,所研发的测试仪已应用实际工作中,受到了客户的好评。

关键词: 多要素防雷装置;综合测试仪;防雷检测;一机多用

中图分类号: TN492 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.4017

Design of multi-factors lightning protection tester

Yi Xiucheng^{1,2} Wang Bo¹ Fang Chunming²

(1. Hangzhou E-lord lightning protection technology Co., Ltd, Hangzhou 310051, China;

2. Hangzhou E-lord Electric Technology Co., Ltd, Hangzhou 310051, China)

Abstract: According to the types of lightning protection systems for existing lightning detection, more measuring points scattered, complex method, detection test records and un-automation of data storage, A Multi-factors lightning protection Tester is designed based on the STM32. The equipment is Combined With The Modern electronic technology and data processing algorithms. Digital machine integrated, interactive, multi-function, automatically recording and storing data, real-time information exchange with traffic control system functions are achieved. The tests proved that the tester has a good accordance with the Existing instruments CJ1007 and ETCR-3000B when measuring the parameters of SPD resistance and Soil resistivity. The accuracy of data meets the designing requirements. The proposed equipment has been put into use and is well received by customers.

Keywords: multi-element lightning protection device; tester; lightning detection; multi-purpose machine function

1 引言

防雷装置检测指对已建、改建、扩建的建(构)筑物防雷装置进行检查、测试,并对获取的数据资料进行处理,依据相关防雷标准和规定,确定防雷装置的性能是否符合要求的活动。防雷装置检测分为对专业防雷工程、建设工程等安装的防雷装置的跟踪检测和竣工检测以及对已经投入使用的防雷装置的定期检测。

20世纪90年代以前,我国防雷装置检测技术一直是利用接地摇表对防雷装置接地体的接地电阻进行测试,检测内容单一,手段简单。随着《建筑物防雷设计规范》等国家标准的实施,逐步形成了对建(构)筑物直击雷防护装置接地体接地电阻、防雷装置材质、安装方式、安装工艺以及

材料规格、参数测量的检测技术。进入21世纪后,建筑物电子信息系统雷电防护技术的快速发展,适用于电气、电子系统、危险场所的屏蔽检测、等电位连接检测、共用接地、电涌保护器性能和参数检测等技术也跟着形成。检测的技术方法有目测(含资料查阅)和器测。如使用长度测量工具对防雷现场测量的相关数据,结合滚球法原理检查接闪器的保护范围;确定等电位连接测试的基准点后,根据电桥测量原理,使用等电位测量仪器测量等电位连接的部位、导体或部件间的过渡电阻值,基准点周围的设备、设施与基准点之间的过渡电阻值;使用电压表、电流表、土壤电阻率测试仪、接地电阻测试仪、接地阻抗测量仪等测量土壤电阻率和接地电阻以及测试输变电站、发电厂等大型接地网的性能参数;使用专门的和相应的测量方法;在专门配置有多种混合

波冲击电流、电压波形发生器实验室平台设备上对设计开发或未经使用的 SPD 进行试验。对投入使用的 SPD 加载防雷元件测试仪,测试开关型电涌保护器的绝缘电阻值,限压型电涌保护器的标称启动电压、泄漏电流等,以确定 SPD 在使用过程中的劣化程度,并判定其能否继续正常使用;可用强度测试仪直接测量磁场强度的衰减,确定电磁屏蔽空间的设备能否耐受放置空间的雷电电磁强度或是否符合安全距离的要求^[1-3]。

对接地电阻、SPD、等电位连接、屏蔽设施等多种防雷装置以及土壤电阻率的检测需要多人分别使用不同的检测仪器进行检测^[4-7]。例如,对一座普通智能办公建筑或商用办公大楼防雷工程检测至少需要 2~3 人,需要携带土壤电阻率测试仪、接地电阻测试仪、微欧计、等电位连接测试仪、绝缘电阻测试仪、场强度测试仪以及相关辅助器材等。仅仅对接地电阻的检测,就需要 2~3 人分别在大楼的顶部、大楼周围不同地方分别操作接地电阻测试仪、金属棒、选择测试点,通过对讲机沟通联系,进行测试、记录。检测设备功能单一,信息沟通不便。费人费力又费时,显而易见。一个防雷工程测试过程中的检查、检测和测试数据一般是由人工读取、手工记录、整理、填表、生成文档(人工输入计算机后才能生成电子文档)、归档、判定、报表,最后由人工编制检测报告。人工操作,同样存在费人费力又费时,信息传输慢,填表、归档、报表格式不一致、容易出错等问题,也与现代化的科技发展现状不适应^[8-10]。

当前防雷装置检测检查、检测和测试的防雷装置种类多,需要使用多种测试仪器设备,测点分散、方法复杂;检测测试手工记录,数据存储表格多样,格式不一,数据判定客观化程度不高等,造成了防雷装置检测费时、费力、检测不规范,检测质量不高。针对实际防雷装置检测中存在的问题,将防雷装置检测技术与计算机和通信技术相结合^[11],利用现代电子技术和数据处理算法,研发多要素防雷综合测试仪器,实现防雷装置性能自动检测、自动传输、自动处理,并实时向用户发送工作状态信息和告警。

2 测试仪器的结构及工作原理

系统由下位机和配备了应用软件的上位机(电脑)等两部分组成。测试仪主要测试功能有接地电阻测量、土壤电阻率测量、压敏电阻的压敏电压及漏电流检测,上位机与下位机之间通过无线通讯将各个参数实时传送并保存,需其他测量工具获得的参数可直接通过电脑输入,最后生成检测报告可直接打印。整个系统如图 1 所示。

测试仪主要功能包括接地电阻测量、接地电压测量、土壤电阻率测量、压敏电阻的压敏电压及漏电流检测,并将数据上传给电脑。

多要素防雷装置综合测试仪实现防雷装置性能自动检测、自动传输、自动处理,并实时向用户发送工作状态信息和告警。测试的数据自动显示记录、存储、调用以及与雷电

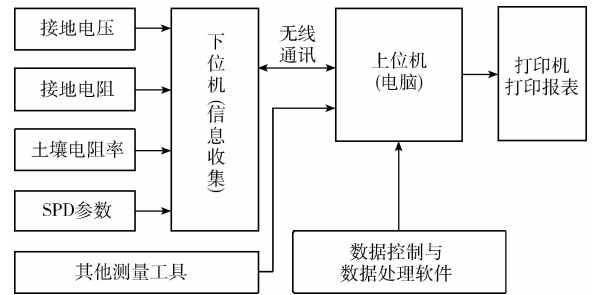


图1 系统组成

防护业务控制系统实时信息交互功能,在防雷减灾决策服务中以及防雷装置检测工作中推广使用。

3 系统设计

3.1 多要素综合测试仪硬件系统设计

测试仪部分以 STM32 单片机为核心,通过单片机控制 DAC 产生频率为 125 Hz 的电流源,注入大地后,通过测量两端电压差,得到接地电阻值。在测量土壤电阻率时,利用所得电阻值,计算出土壤电阻率值。在接地电压的测量时,通过 AD 采样分压电阻取样电压计算电压值。SPD 的参数测量时,通过 DAC 控制高压模块产生持续上升的电压,直到采样电路采集到的电流值为 1 mA 时停止,得到压敏启动电压值,然后加载一个等于启动电压值的 75% 的电压,检测此时的电流值即为泄漏电流。各项参数独立测量,测得值通过液晶显示,设计了通信模块电路,可将测得值实时上传到上位机电脑上。系统的硬件如图 2 所示。

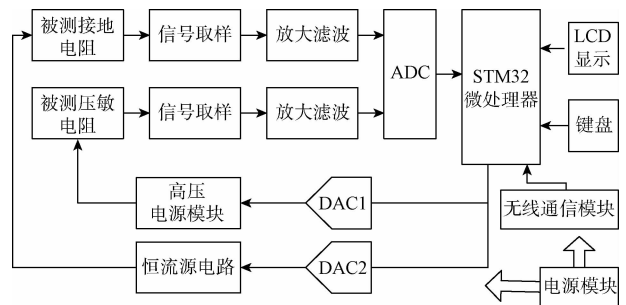


图2 系统硬件

3.2 多要素综合测试仪软件系统设计

测试仪的研制以 STM32F103VET 为核心处理器,测量控制软件主要实现了程控放大控制、电流源信号产生、电压电流信号采集、数据分析与处理、液晶显示控制、按键功能处理以及通讯等功能。主程序流程如图 3 所示,主要实现对时钟、GPIO、SPI、FSMC、液晶、定时器、USART、外部中断、优先级、ADC 等各个模块初始化设置。

采用中断方式响应各个按键以及通讯事件,当接收到命令或有键按下时,系统将响应中断,跳入相应的处理函数实现对应的功能。系统初始化时设置了中断优先级,同时

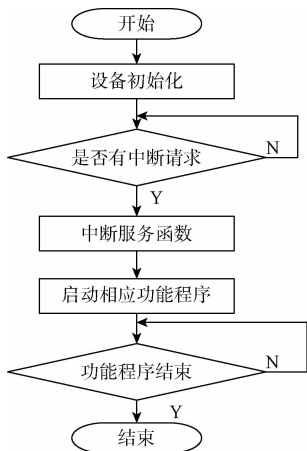


图 3 主程序流程

出现多个中断请求时, 优先级越高的中断先响应。

4 测试与比对实验

4.1 检测流程

检测开始, 开启电脑显示屏, 调用或在电脑显示屏上画出检测项目单体平面图, 标注检测点, 如图 4 所示。选择检测点, 进入如图 5 所示的数据点测量界面, 点击需要检测参量指令, 软件将自动通过串口发送相关指令到测量仪, 测量仪收到指令后在屏幕上相关窗口显示并一直闪烁, 直到测量完成将测量数据在屏幕上显示并发送出去才停止闪烁。

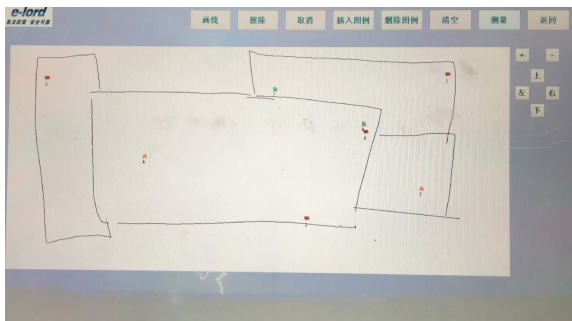


图 4 检测项目检测点绘制界面

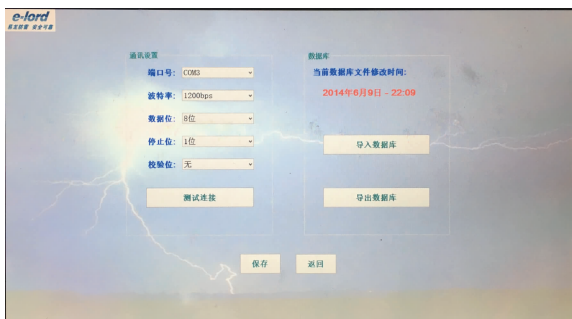


图 5 检测要素测量显示界面

在屏幕停止闪烁后, 测量结果在记录列表界面显示并自动保存在数据库内, 测试结果如图 6 所示。

图 6 检测数据报表记录

现场检测之后, 进入报表管理模块首先呈现的是项目列表, 选中现场检测项目, 进行报表编辑、保存等操作。报表编辑包含原始报告和检测报告两份, 数据内容基本相同, 呈现形式有所区别。报表编辑包含原始报告和检测报告两份, 数据内容基本相同, 呈现形式有所区别。

工程项目检测数据记录完成后, 还需要进行通信参数、数据库文件的备份与还原功能的系统设置, 为后续的工作提供方便, 结果界面如图 7 所示。

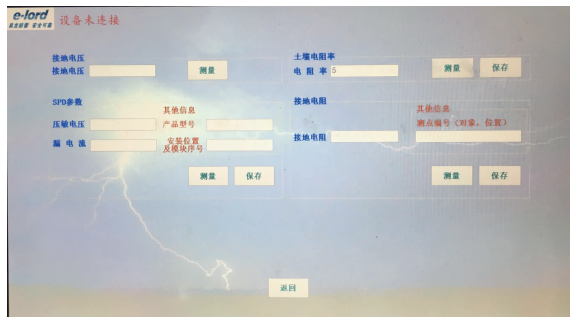


图 7 系统设置页面

检测完成后, 需要检测取样员、测试员、效核人、验收单位负责人亲笔签名, 严把质量关。图 8 所示为对检测审核签字页面。

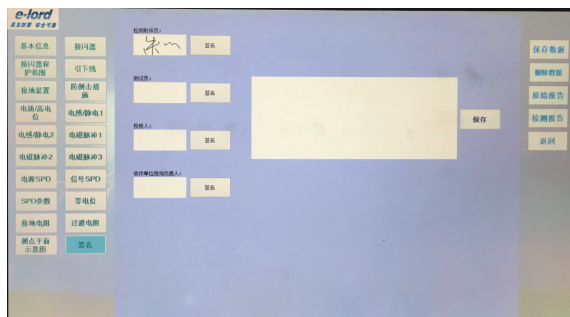


图 8 检测审核签字页面

4.2 多要素防雷装置测试仪比对测试数据

为了评估多要素防雷装置测试仪的测试效果,通过多要素防雷综合测试仪分别进行现场测量 SPD 测试点、接地电阻、土壤电阻率并将测试结果与相应的测量仪测试结果

相对比。

在测试现场采用所研制的多要素防雷装置综合测试仪对线路的 SPD 测试点进行测试,并与亚敏电阻直流参数仪 CJ1007 测试结果对比,得到结果如表 1 所示。

表 1 多要素防雷装置测试仪 SPD 测试数据

SPD 测试编号	测试点	多要素综合测试仪		CJ1007	
		电压/V	电流/ μ A	电压/V	电流/ μ A
1	L1	595.2	3.2	595	3.20
	L2	596.1	4.3	596	3.50
	L3	596.6	3.6	597	2.70
	N	596	2.8	597	2.50
2	L1	608.3	4.0	609	3.50
	L2	607.3	2.7	607	2.12
	L3	608.9	1.8	608	1.32
	N	607.9	2.8	608	2.14
3	L1	601.4	3.1	602	2.50
	L2	599.6	4.8	600	3.70
	L3	601.1	3.6	601	2.89
	N	600.1	2.9	600	2.56
4	L1	609.8	3.0	610	2.53
	L2	610.4	2.9	611	2.81
	L3	610.1	2.4	610	2.21
	N	610.4	2.6	610	2.18
5	L1	601.7	2.8	602	2.44
	L2	599.3	4.3	600	3.15
	L3	600.7	2.9	601	2.45
	N	602.4	2.9	602	2.78

采用所研制的多要素防雷装置测试仪对接地电阻以及土壤电阻率进行现场测试,并将测试结果与 ETCR-3000B接

地电阻/土壤电阻率测试仪所得结果进行对比,得到如表 2、3 所示的接地电阻、土壤电阻率测试结果。

表 2 多要素防雷装置测试仪接地电阻测试数据

型号	接地电阻/ Ω			测试点
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	
多要素综合测试仪	157.4	157.2	157.2	插入绿化带的接地桩(同线同桩同位置)
ETCR-3000B 测试仪	158.4	158.1	158.1	

表 3 多要素防雷装置测试仪土壤电阻率测试数据

型号	土壤电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$				
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
多要素综合测试仪	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1
ETCR-3000B 测试仪	19.0	19.0	19.1	19.1	19.1

从表 1~3 的现场测试数据可以得到,多要素防雷综合测试仪便携式测量仪可以较为准确的得到 SPD、接地

电阻以及土壤电阻率等现场测试数据,与其他相应的单要素测试仪所得数据比较,具有较好地一致性,同时多要

素防雷综合测试仪较好的集成了多种防雷测试项目于一身,大大简化了防雷检测的实际流程,针对性地提出的把现有多种防雷检测仪器集成,实现了一机多用;同时实现了下位机测量与上位机管理电脑无线通信,现场测试数据自动记录,即时传输,数据自动判定,电子文档格式自动保存,检测报告自动生成。采用的加汉宁窗的FFT算法,有效减少了泄漏,更好地去除了工频分量的影响,提高了测量精度。

5 多要素防雷装置综合测试仪功能与应用

为了解决传统防雷检测的存在问题,依据防雷装置检测技术规范^[12],检测质量考核通则^[13]和检测文件归档整理规范^[14],研发的防雷装置检测装置具有一机多用功能,同时还要有较强的检测信息传输功能,受相关计算机软件的控制、操作、记录、判定检测信息,整理、报表和自动编制检测报告,实现防雷装置检测的自动化,本文开发的多要素综合测试仪产品如图9所示,产品包括测量主机、测试线、辅助接地桩、通信天线(选装)等。测量主机屏幕采用5.7 inch液晶显示,带背光;3 000 mA大容量锂电池供电,支持不间断测试8 h。

多要素防雷装置综合测试仪的功能包括能检测接地电压、接地电阻、土壤电阻率、SPD直流等参数,功能齐全。本产品已通过国家电子计算机外部设备质量监督检验中心检验,已在东阳、周口、嵊州等多地气象部门投入使用,较好地解决目前现有防雷装置检测功能单一,操作复杂的问题,收到了用户的好评。具有操作简单,工作稳定,精度高,体积小,便于携带等优点。



图9 多要素防雷装置综合测试仪

6 结论与讨论

多要素防雷装置综合测试仪实现了多参数检测技术的集成,实现了一机多用,多参数测试功能,自动记录存储、调用检测数据,并自动生成检测报告,实现了防雷检测

自动化,其测试结果可与雷电防护业务控制系统实时信息交互功能,提高了防雷装置检测的智能化、自动化,提升了防雷装置检测的技术水平。但仍存在需要改进的问题,如:集成的检测仪器设备有限,检测要素项目还没有覆盖检测规范要求的全部内容,仅限于小地网的检测等,需要进一步的完善产品性能,增加检测功能。

参考文献

- [1] 王士元,王占友. 光伏组件受雷影响的因数检测及仪器选择[J]. 电子测量技术, 2012, 35(1):1-7.
- [2] 景华颖,浅谈建筑物防雷装置检测方法[J]. 中小企业管理与科技旬刊, 2010(16): 231-231.
- [3] 周封,朱瑞,王晨光,等. 一种配电网高阻接地故障在线监测与辨识方法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(3): 685-693.
- [4] 陈青娇,梅机,吴毓娟. 多要素自动气象站的防雷设计浅探[J]. 今日科苑, 2008(20):64.
- [5] 周洪伟,罗建,吴英杰,等. 低电压太阳能供电系统设计[J]. 电子测量术, 2011, 34(2):18-21.
- [6] 冯庆玉,夏景林. FY-2 静止气象卫星地面信道监控设计及维护[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(3): 46-50.
- [7] 黄宁宁. 多要素自动气象站系统的设计与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学, 2012.
- [8] QX/T 317 2016. 防雷装置检测机构信用评价规范[S].
- [9] 李智,赵伟,周涛,等. 基于 IEC 61850 的避雷器监测 IED 的数据通信研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(3): 124-128.
- [10] 陈科,张建庭,郑红梅,等. 塔机信号采集与存储系统的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 28(8): 892-900.
- [11] 严中毅,李凯. 测量仪器与现代微电子、计算机和软件技术的融合[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(5): 631-637.
- [12] GB/T21431-2015. 建筑物防雷装置检测技术规范[S].
- [13] QX/T 317 2016. 防雷装置检测质量考核通则[S].
- [14] QX/T 317 2016. 防雷装置检测文件归档整理规范[S].

作者简介

易秀成,1964 年出生,高级工程师,主要从事电子测量仪器与测试技术、雷电防护技术的研究。

E-mail:178140847@qq.com

王波,1983 年出生,助理工程师,主要从事 SPD 研发及气象设备的研究。

E-mail:14314666@qq.com

方春明,1985 年出生,助理工程师,主要从事防雷工程技术的研究。

E-mail:f-chunming@163.com