# 基于 DSP 的冲击接地电阻测量装置研究

杨新华,来 帅,李润春

(兰州理工大学 电信学院,兰州 730050)

摘要:提出利用波头较缓、幅值较小的入射电流,通过变换及计算,求出冲击接地电阻的方法, 并在此基础上,设计了基于 DSP 的冲击接地电阻测量装置。该装置采用 V/F 变换和红外通信技术,实现了信号采集板与主控板之间的信号隔离,有效地提高了系统的抗干扰能力。

关键词:冲击接地电阻;V/F 变换;DSP

中图分类号:TM934.15 文献标志码:A 文章编号:1000-0682(2010)04-0037-03

The study of impact grounding resistance measurement device based on DSP

YANG Xinhua, LAI Shuai, LI Runchun

(Institute of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: This passage propose the method of using slower and smaller amplitude of the incident current, to find the impulse grounding resistance. And on this principle, we designed a set of measurement devices based on DSP. Using V/F transform and infrared communication technology, the measuring device achieved the full separation between the main control board and SAM, effectively improve the system's anti – jamming capability.

Key words: impulse grounding resistance; V/F transform; DSP

# 0 引言

区别于传统的直流法及交流电位降法<sup>[1-2]</sup>,冲 击法测量接地电阻是指以冲击电流作为入射电流, 测试接地装置的响应电阻。大量研究表明,接地系 统在冲击电流(例如雷电流)作用下与低频下的响 应特征有很大不同<sup>[3-4]</sup>,所以以冲击法测量接地电 阻具有更加实际的意义。而目前,对于冲击接地电 阻的测量主要是用直流或工频电流作用进行测量, 然后乘以冲击系数,得到冲击接地电阻值,此法虽然 简单快速,但精度较差。国内也有研究以标准雷电 流作为入射电流测量冲击接地电阻的,但要产生如 此波头较陡、幅值较大的标准雷电流需要极高的电 压,这在工程上难于实现。同时由于入射电流对地 放电剧烈,导致空间磁场发生迅速变化,这也给系统 的抗干扰设计带来巨大困难。

该设计以波头较缓、幅值较低的冲击电流为人 射电流注入接地体,采集接地体电压、电流信号,依

收稿日期:2009-12-07

次获得冲击接地电阻。为了提高测量系统的抗干扰能力,采用 V/F 变换及红外通信技术,实现采集信号的隔离传输;为了提高测量速度,采用 TMS320F2812 DSP 处理器。

#### 1 测量原理

为了使冲击接地电阻 R<sub>im</sub>有一个明确的意义,定义:

$$R_{im} = \frac{U_m}{I_m} \tag{1}$$

式中: $I_m$ 为流过接地体的最大电流, $U_m$ 为此时的最大电压。因此如果获得在一定的 $I_m$ 下的接地体的最大电压 $U_m$ ,即可将 $R_{i_m}$ 计算出来。

在不考虑火花放电等非线性因素时,接地体可 被等效成一个线性时不变系统。对于线性时不变系统,系统的网络函数

$$H(S) = \frac{R(S)}{E(S)} \tag{2}$$

式中:*R*(*S*)为响应象函数的拉氏变换,*E*(*S*)为激励 象函数的拉氏变换。当*R*(*S*)和*E*(*S*)由系统的同 一端口取得时,网络函数具有输入阻抗或输入导纳 的特性,即:

作者简介:杨新华(1966),男,甘肃省临洮人,教授,主要从事嵌 入式系统应用和开发,电力电子与电力传动,计算机控制等方面的研 究和应用。

$$H(S) = \frac{U(S)}{I(S)} \not\equiv H(S) = \frac{I(S)}{U(S)}$$
(3)

而对于同一线性时不变系统,在频域内网络函数是唯一的,所以有

$$\frac{I_1(S)}{U_1(S)} = \frac{I_2(S)}{U_2(S)}$$
(4)

$$U_2(S)I_1(S) = U_1(S)I_2(S)$$
(5)

对式(5)分别进行反拉氏变换,得到时域卷积 方程,如下所示:

$$\int_{0}^{t} u_{2}(\tau) i_{1}(t-\tau) d\tau = \int_{0}^{t} u_{1}(\tau) i_{2}(t-\tau) d\tau$$
(6)

式(6)为时间域的卷积。根据卷积的定义,当采样时间间隔足够小时,连续时间域的卷积可以离散化,将式(6)离散化可得到

$$T\sum_{k=1}^{n} u_{2}[(n-k)T]i_{1}(kT) =$$

$$T\sum_{k=1}^{n} u_{1}[(n-k)T]i_{2}(kT)$$
(7)

式中:T 为采样时间间隔。整理上式,并设 T 为时间 单位,得到离散时间域的卷积为:

$$u_2(n) \times i_1(n) = u_1(n) \times i_2(n)$$
 (8)  
式中: $i_1(n), u_1(n), i_2(n)$ 均为时间域中采样值序  
列 求解上式券积得到 $u_2(n)$ 序列。

因此,通过波头较缓的冲击电流  $i_1(n)$ 及其响 应电压  $u_1(n)$ ,经过换算得到标准雷电流  $i_2(n)$ 作用 下的地网响应电压  $u_2(n)$ 。根据式(1)可知, $u_2(n)$ 的最大值与  $i_2(n)$ 的比值即为冲击接地电阻  $R_{im}$ 。

## 2 硬件设计

基于上述的测试原理,设计了基于数字信号处 理器 TMS320F2812 的测量装置。系统由充电单元、 冲击电流发生器、控制单元、主控制器、信号调理与 A/D转换单元、数据存储等模块组成。原理如图1 所示,主控制器通过红外通信与信号采集板的控制 器实现了通信,用来控制冲击电流发生器的触发,同



时也可获得采集板的采样信息。冲击电流发生器经 触发,产生测试电流流过接地装置,信号采集板采集 接地装置的电压、电流信号,通过 V/F 变换传送给 主控制板,在主控板中经 F/V 变换予以恢复然后对 信号进行调理、高速 A/D 转换、数据存储,在 DSP 中 进行运算,得到冲击接地电阻,并将结果显示在 LCD 上。

## 2.1 V/F 变换与红外通信

为了实现采集板与主控制隔离,设计采用 V/F 变换和红外通信技术。图 2 为基于 ADVF32 的光电 发射电路,图 3 是其接收电路,二者之间以光纤连 接。此电路已经过调试,最大非线性误差为 ±0.01 %,完全能满足设计的需要。图 4 为红外通信电路, 设计采用 Microchip 公司 8 位单片机 PIC16F876 作 为信号采集板的控制器。在电路中 PIC16F876 工作 在串行工作方式,占用了一个 USART 口,以中断方 式控制数据的发送与接收,利用 MCP2120 芯片实现 符合 IrDA 协议的数据编码,最后由红外收发器 TM4100 完成光电转换及数据信号的收发。



图 2 V/F 发射部分

#### 2.2 原始数据的存储

鉴于对冲击电流、电压的高速采样,整个系统必须要求快速响应,所以在高速 A/D 转换器与主控制器之间,采用数据缓冲器 FIFO,即先将 A/D 转换结果存入 FIFO,采样完成后,再送主控制器,进行分析

计算。这样不但实现了速度的匹配,同时 也提高了系统的抗干扰能力。原理如图 5 所示。

#### 2.3 分压器分流器的选择

在进行冲击电流和冲击电压测试时, 由于冲击波持续时间较短,一般在微秒级, 因此要求测试仪器具有良好的瞬态响应特 性。





图 3 V/F 接收部分



图4 红外通信电路



目前,最常用的冲击电压测量法主要有冲击分 压器、球隙法、光电测量法等<sup>[5]</sup>,球隙法需要系统预 放电后才能逐渐稳定,而光电测量系统与传统的高 压分压器或分流器相比,稳定性较差<sup>[6]</sup>,因此该设 计选用冲击分压器进行冲击电压的测量;对冲击电 流的测量,主要有分流器和 Rogowski 线圈,分流器 会因为冲击电流的流过,而产生热效应,给测量系统 带来无法确定的误差,而 Rogowski 线圈是基于电磁 感应定理和安培环路定理的,线圈采用空心结构,响 应频带宽,测量幅度大,无磁滞和饱和现象,抗干扰 能力强<sup>[5]</sup>,且与测试回路无电气连接,因此在设计中,选用 Rogowski 线圈对冲击电流进行测量。

# 3 软件设计

软件设计采用 C 语言作为设计语言。采用 CCS2000 编程软件,编译效率高,程序实现了模块化 设计,易读易维护。

整个系统的软件设计采取模块化设计,除主程 序外,软件的子模块主要包括测量子程序、数据预处 理子程序、计算子程序、自动量程切换子程序、按键 处理及 LCD 显示子程序等,图 6 和图 7 分别为主程 序流程图和测量子程序流程图。

# 4 结论

该文提出利用波头较缓、幅值较小的入射电流 (下转第97页) 软件的设计采用模块化结构设计,主要包括自 检、数据采集、数据处理、通信等模块。矿井火灾软 件总体结构如图3所示。



图 3 矿井火灾软件总体结构图

## 5 结论

多传感器矿井火灾预测系统以多传感器作为火 灾探测元件,从火灾变化的内部规律入手,根据矿井 火灾预测模型,实现了对矿井火灾的实时预测。能 够可靠地实现火灾报警,以及探测到着火点的准确

(上接第39页)



实现冲击接地电阻测量装置的设计。设计中利用了 DSP的高速处理数据的能力,实现变换算法。基于 红外通信和 V/F 变换技术,实现了电压、电流信号 位置。虚警率低,稳定性好,但也存在通信量大等问题。因此如何利用信息压缩阵变换的方法,直接将 原始火灾特征气体数据信息阵加以压缩,减少信息 量,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张文江,宋振骐,杨增夫,等.煤矿重大事故控制研究的现状和方向[J].山东科技大学学报:自然科学版,2006,25(1):5-8.
- [2] 谢国民,付华,王涛,等.基于信息融合的煤层自然发火监测系统研究[J].传感器与微系统,2009,28(4): 27-29.
- [3] 刘彬,冉蜀阳. 采用多传感器数据融合技术的消防报 警系统[J].中国测试技术,2006,32(6):132-134.
- [4] 韩崇昭,朱洪艳,段战胜、多源信息融合[M].北京:清 华大学出版社,2006.
- [5] 厉剑.火灾探测信号处理算法及其性能评估方法研究 [D].大连:大连理工大学,2005.
- [6] 齐冀,彭泓,王涛.基于模糊信息融合的矿井火灾监测 系统研究[J].煤矿机电,2009(3):34-37.
- [7] 付华,王传英,冯爱伟,等.信息融合在煤层自然发火
   预测系统中的应用研究[J].矿业安全与环保,2006, 33(3):36-37.

的隔离传输,有效地提高了系统的抗干扰能力,工程 意义明显。

参考文献:

- [1] 解光润.电力系统接地技术[M].北京:水利电力出版 社,1996.
- [2] ANSL/ IEEE Std 81—1983. IEEE guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of aground systems [S]. 1983.
- [3] CHOI J K, AHN Y H, GOO S G. Direct measurement of frequency domain impedance characteristics of grounding system [J]. Proceedings of International Conference on Power System Technology, 2002, (14):13 - 17.
- [4] HEIMBACH M, GRCEV L D. Grounding system analysis in transients programs applying electromagnetic field approach [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1997, 12 (1):186-193.
- [5] 刘洋,王建国.能化冲击电流实验系统[J].电力自动 化设备,2008(5):103-106.
- [6] 华中工学院,上海交通大学.高电压技术试验[M].北 京:水利水电出版社,1983.
- [7] 潘晓杰,刘涤尘. 电力系统冲击接地电阻测量装置[J]. 电力系统自动化,2006(16):93-96.