

通信电缆工频条件下理想屏蔽系数测试系统

许博¹, 毛庆传², 涂建坤², 甘屹¹

(1. 上海理工大学机械工程学院, 上海 200093; 2. 上海电缆研究所, 上海 200093)

摘要: 通信电缆的金属屏蔽层在传输信号的过程中具有屏蔽外界电磁场干扰的作用, 这种作用的大小可以用理想屏蔽系数来表征。文中介绍了以通信电缆工频条件下理想屏蔽系数为测试对象, 以单片机为处理核心的理想屏蔽系数测试系统设计原理和基本组成。该系统可以快速测量电缆的理想屏蔽系数, 测量精度符合要求, 操作也比较方便。

关键词: 通信电缆; 工频 (50 Hz); 理想屏蔽系数; 单片机

中图分类号: TM206

文献标识码: A

文章编号: 1672-6901(2010)04-0015-04

System to Test the Ideal Screening Factor of Communication Cables at Commercial Frequency

XU Bo, et al

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The metal shield of communication cables has the function to shield the interference of the outside electric and magnetic fields when the cable transmits signals. This function may be characterized by the ideal screening factor. This paper presents the design principle and basic components of the testing system which aims at testing the ideal screening factor of communication cables at commercial frequency and which employs a single chip processor. This system can quickly measure the ideal screening factor of the cable with the required accuracy and easy operation.

Key words: communication cable; commercial frequency (50Hz); ideal screening factor; single chip processor

0 引言

通信电缆的金属护层不仅具有一定的机械性能、密封性能和防腐蚀性能, 而且具有一定的屏蔽外界电磁场干扰的作用。计算和测量通信电缆在工频 (50 Hz) 条件下各种金属护层的屏蔽特性, 这对于通信电缆线路防护输电线路、电气化铁路和无线电台等干扰具有重要意义。

将通信电缆的金属护层和铠装钢带接地, 便能屏蔽来自输电线路以及其他的外电磁场干扰。所谓通信电缆的理想屏蔽系数, 就是假设电缆金属护层的接地电阻等于零 (理想的接地条件) 时的屏蔽系数。

本文设计和讨论的测试系统就是旨在测量工频下通信电缆的理想屏蔽系数, 至于接地电阻对通信电缆屏蔽效果的影响, 则不在本测量系统考虑范围之内。

1 通信电缆理想屏蔽系数的数学描述

通信电缆线路在与输电线路平行或交越时, 在交变电磁场的作用下, 往往通过通信线路与输电线路间的耦合电容和耦合电感 (埋地电缆主要是通过耦合电感) 对通信电缆线路产生电磁干扰并危及通信的安全。如图 1 所示, 当干扰回路 1 有电流 I_1 流过, 若电缆金属护层两端接地电阻为零的理想情况时, 在电缆护层上有感应电流 I_2 流过。假定通信线路与输电线路邻近的长度为 L , 则通过干扰回路 1、被干扰回路 2, 及其两回路构成的感应回路 3 之间的关系可由以下各式表示:

$$I_1 Z_{12} L - I_2 Z_2 L = 0 \quad (1)$$

$$I_1 Z_{13} L - I_2 Z_{23} L = E_3 L \quad (2)$$

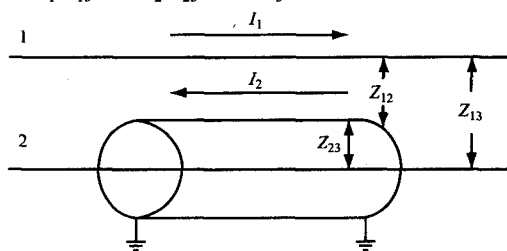


图 1 通信电缆屏蔽原理

收稿日期: 2010-01-18

作者简介: 许博 (1985 -), 男, 在读硕士。

作者地址: 上海市军工路 516 号 [200093].

式中, Z_2 为电缆金属护层阻抗; Z_{12} 为干扰线路与电缆金属护层之间的互感阻抗; Z_{13} 为干扰线路与电缆导电线芯之间的互感阻抗; Z_{23} 为电缆金属护层与电缆导电线芯之间的互感阻抗; E_3 为电缆金属护层接地时电缆导电线芯上的感应纵向电动势。

假如电缆无金属护层时, 电缆导电线芯上的感应电动势为 $E'_3 = I_1 Z_{13}$ 。但是, 由于电缆具有接地的金属护层后, 产生了与 E'_3 方向相反的感应电动势 E_3 , 抵消输电线路的部分干扰作用, 使导电线芯上的感应电动势降低, 金属护层的这种作用, 即为屏蔽作用。表征电缆金属护层对外界电磁场影响屏蔽效果的参数即为电缆金属护层的理想屏蔽系数, 可由下

式计算:

$$r = \frac{E_3}{E'_3} \quad (3)$$

式中, r 为接地电阻为零时的理想屏蔽系数; E_3 为电缆金属屏蔽护层接地时导电线芯上的感应纵向电动势; E'_3 为无金属屏蔽护层时导电线芯上的感应纵向电动势。

2 测试系统的实现方案

2.1 测试系统外电路

根据我国国家标准通信电缆试验方法, 外电路接线方案如图 2 所示。

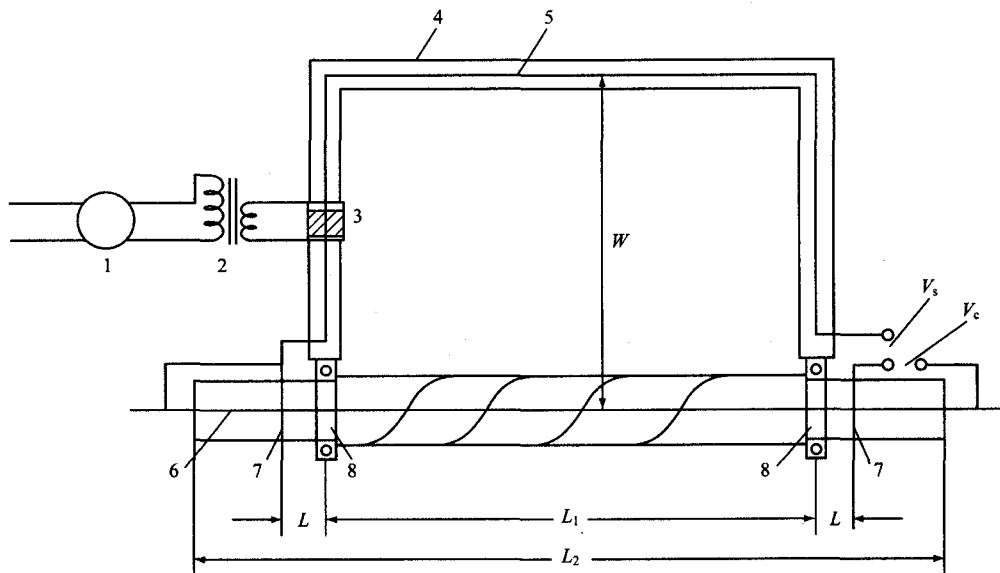


图 2 测试系统外电路接线

1-变电源 2-升流器 3-绝缘块 4-大电流框架回路 5-试样金属套电压测量的连接线 6-试样电缆 7-电压环
8-电流环 W-试样与大电流框架的中心距
($W=400\text{ mm}$; $L_1=1000\text{ mm}$; $L_2=1200\text{ mm}$; $L=20\text{ mm}$)

图中, 变频电源的容量为 10 kVA, 频率为 50 Hz, 电压可在 0 ~ 300 V 之间连续调节, 目的是在一定电压可调范围内测量屏蔽层的电压值。升流器的容量同样为 10 kVA, 输出电压为 4 V, 它的作用是在回路中产生大电流, 从而使电缆产生感应电压。通信电缆试样的长度为 1.2 m, 大电流框架回路能够很好地模拟埋地电缆的导电率。通过绝缘导线将镀银夹环与电缆连接, 并保证使其具有很小的不变化的接触电阻; 两电流夹环中心距离, 即电缆的有效长度 $L_1 = 1\text{ m}$ 。此时, 电缆上的感应电压为 V_c , 纵向干扰电压为 V_s 。由式(3)可知, 其理想屏蔽系数为 $r = \frac{V_c}{V_s}$ 。

2.2 控制系统硬件设计

如图 3 所示, 本测试系统的硬件部分采用 AT89C51 为控制核心, 由放大电路、正弦波转换有效值模块、A/D 转换模块和 RS232 模块等部分组成。

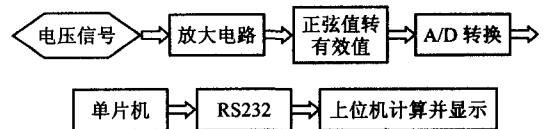


图 3 信号的采集与分析

信号采集使用的控制芯片是 AT89C51 单片机。 V_c 和 V_s 电压信号在几十毫伏到几百毫伏之间, 所以为了能够达到单片机所能处理的信号, 要首先接入放大电路。在进行 A/D 转换之前, 需要将经过放大的交流电压信号转换为有效值。 V_c 和 V_s 两个电压

信号经过上述转换后得到两个数字信号 D_c 和 D_s ，并通过 RS232 和计算机将所采集到的电压信号传输到计算机中，再由计算机求出比值 D_c/D_s ，即理想屏蔽系数。调节电源电压，重复上述过程，便可以得到在不同电压下的理想屏蔽系数曲线。

各个模块具体采用芯片如下：

在信号放大方面，硬件部分放大电路把 mV 级的输入电压通过 LMC6062 运算放大器放大到单片机能够处理的 5 V 电压。LMC6062 是国家半导体公司生产的双 CMOS 运算放大器，最大额定电压为 16 V，可在 5 ~ 15 V 单电源下工作，性能优良，保证了精度。

正弦波转换有效值芯片采用 AD536AK 芯片。AD536 是美国 AD 公司推出的一种专门用于真有效值-直流转换的单片集成电路，它可直接计算出任何包含交流分量的复杂输入波形的真有效值，并将其转换成直流输出信号。高精度激光校正的最大误差为 0.2%；450 kHz 带宽时的输出电压有效值大于 100 mV，2 MHz 带宽时的输出电压有效值大于 1 V。误差为 ±1% 时，有效值输出范围 0 ~ 7 V；对数输出范围 60 dB；采用单路或双路电源供电工作。

AD 芯片采用 AD1674 芯片。AD1674 是美国 AD 公司推出的一种 12 位并行模/数转换的单片集成电路。它采用逐次逼近工作方式，转换速度快，采样频率可达 100 kHz，且片内自带有采样/保持器和具有三态输出的缓冲器，能使电路设计更为简单且易与各种计算机连接。

在串口 RS232 通信中，为使干扰对数据传输的影响降到最低，将地线、数据连接完全隔开而实现绝缘，地线绝缘使得一个电路对电源震荡和附近电路共用的地线中的噪声干扰具有免疫能力，绝缘数据连接避免了噪声在连接和它所连接到的电路之间的耦合。

2.3 控制系统软件设计

本测试系统控制部分流程如图 4 所示。

2.4 操作界面与结果显示

本测试系统的操作界面由 VC6.0 编写，可对测试系统直接进行控制。其测试界面如图 5 所示，它测试的是某通信电缆的理想屏蔽系数。界面上可以控制系统的初始化，制定电压范围，选择连续或离散测试模式并能够保存和打印。

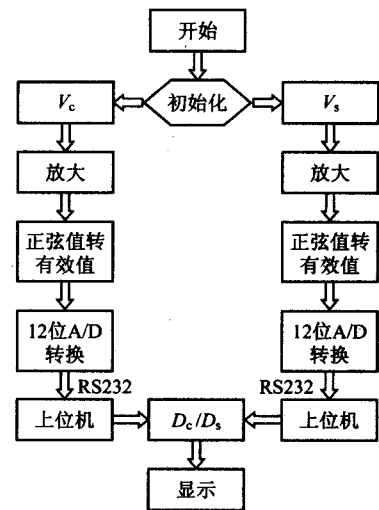


图 4 控制部分流程图

测试结果可以保存并可导出各电压值下的理想屏蔽系数。以上述测试的某通信电缆的结果为例作如下说明。图 5 系统操作界面显示了该产品理想屏蔽系数曲线，通过该曲线可获得任意电压下电缆的理想屏蔽系数（见表 1）；其次，假定该产品技术要求规定理想屏蔽系数应小于 0.6，则可在图中划出一条以理想屏蔽系数为 0.6 的标准合格线，若曲线均在合格线之下，就表明该产品合格。

表 1 30 ~ 150 mV 电压下电缆屏蔽层的理想屏蔽系数

序号	V_0/mV	r	序号	V_0/mV	r
1	30	0.374	8	100	0.434
2	40	0.354	9	110	0.452
3	50	0.353	10	120	0.473
4	60	0.360	11	130	0.476
5	70	0.376	12	140	0.498
6	80	0.390	13	150	0.523
7	90	0.411			

注： r 为理想屏蔽系数

3 结论

所研制的通信电缆工频条件下理想屏蔽系数测试系统符合国家相关标准，控制部分采用高速 51 内核，既满足了工程上的要求又有效控制了成本。通过与计算机的串口通信实现了 PC 对该系统数据采集的控制，并且通过专用的操作界面进行数据分析和图像化显示，便于操作和管理。实际工作表明，该系统运行稳定，精度符合要求。

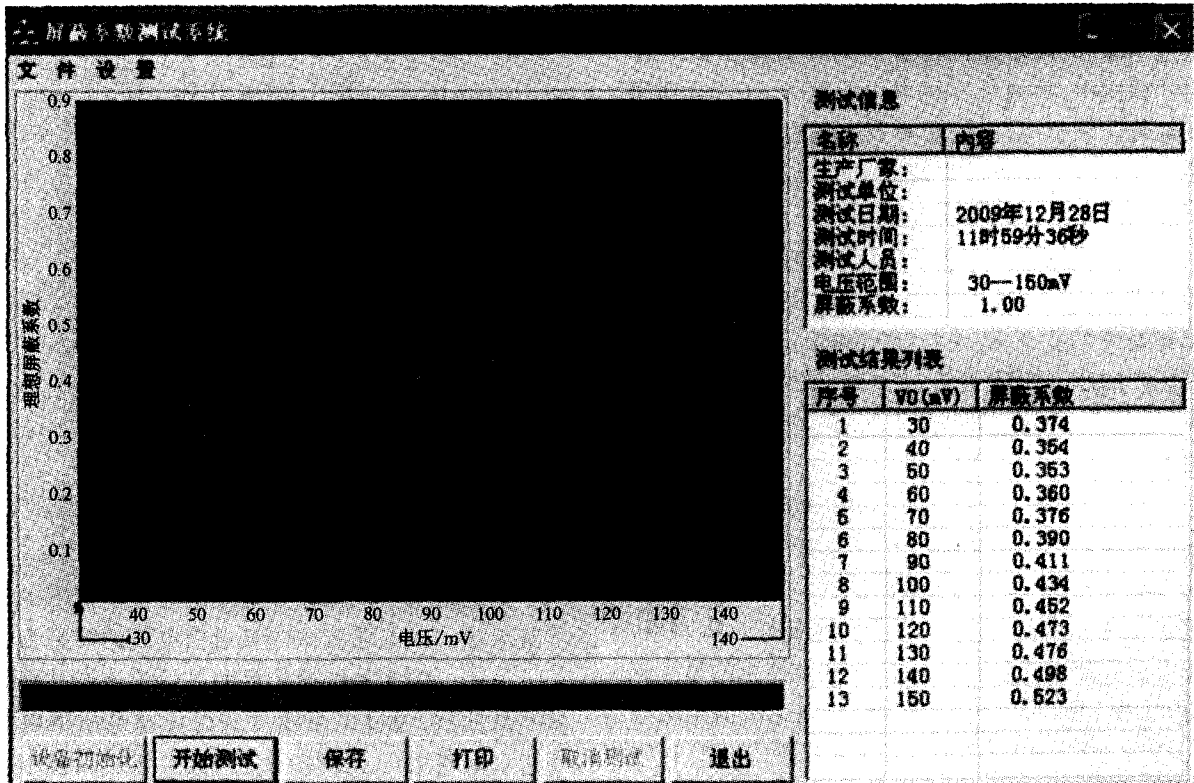


图5 系统操作界面

参考文献:

[1] 齐磊,崔翔,卢铁兵,等.屏蔽电缆的分布参数测量及瞬态分析[J].中国电机工程学报,2005(6):119-123.

[2] 沈远茂,石丹,高攸纲.屏蔽电缆屏蔽特性测试方法的比较和分析[J].现代传输,2006(4):54-57.

[3] GB 5441.9-1985 通信电缆试验方法 工频条件下理想屏蔽系数试验[S].

[4] 严晋德.通信电缆固有屏蔽系数的测量和近似计算[J].电子学报,1964(1):103-108.

[5] Balint T, Szentkuti. Shielding quality of cables and connectors;

some basics for better understanding of test methods[J]. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 1992, (1):294-301.

[6] 于涨.送电线路良导体屏蔽线的工频理想磁屏蔽系数曲线分析[J].电力建设,1995,(4):15-16.

[7] 上海电缆研究所屏蔽系数测试课题组.通信电缆金属护层理想屏蔽系数的理论计算和测量[J].光纤与电缆及其应用技术,1978(2):22-34.

[8] 王幸之,钟爱琴,王雷. AT89 系列单片机原理与接口技术[M].北京航空航天大学出版社,2004.

2011年度《电线电缆》杂志征订和调价通知

2011年度《电线电缆》杂志征订工作将于2010年10月开始办理,请广大订户速到所在地区邮政局(所)的报刊发行处征订。

《电线电缆》杂志原订价每册5元,但实际的每册印制成本约为12元(不含其他费用),委托邮局发行,邮局需提取40%(本市为35%)的发行费。经讨论决定,自2011年起,每册定价改为10元,全年6期共60元,请广大新老读者理解和支持,订阅《电线电缆》杂志。

《电线电缆》的邮局发行代号为4-276,读者也可以向编辑部订购,但需另加邮费20元,即全年共80元。

汇款地址:上海市军工路1000号 电线电缆编辑部 邮政编码:200093 电话:(021) 65494605-2058 传真:(021)65486602 联系人:顾炯

电线电缆编辑部