

检验与测试

5520A型多功能校准器校准示波器的方法

方乃军

(苏州市计量测试研究所, 江苏 苏州 215006)

摘要: 5520A多功能校准器,除了对示波器的输入电阻、绝缘性能项目的测量外,该校准器可用作模拟示波器检定的标准器,同时还能满足对数字示波器的一些常用项目的校准。介绍了用多功能校准器校准示波器的方法,并对其测量不确定度进行了评定。

关键词: 多功能校准器; 校准; 示波器; 测量不确定度评定

中图分类号: TM935.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-3175-(2006)01-0041-03

Method of Calibration of Oscilloscope by Model 5520A Multifunction Calibrator

FANG Nai-jun

(Suzhou Institute of Measurement and Testing, Suzhou 215006, China)

Abstract: Model 5520A Multifunction calibrator, except for tests of input resistance and insulation performance items of oscilloscope, it can also be used as the standard calibrator for analog oscilloscope, and in the mean time it can also meet the calibrations for normal items of digital oscilloscope. Introduction was made to the method to use multifunction calibrator to calibrate oscilloscope and as well as the evaluation to the uncertainty of its measurements.

Key words: multifunction calibrator; calibration; oscilloscope; measurement uncertainty evaluation

5520A型是一款FLUKE公司生产的多功能校准器,现在许多计量检测机构已配备用来校准数字多用表。用示波器校准选件来替代示波器校准仪,既充分发挥了多功能校准器的功能,又扩大了被校准示波器的频带宽度范围,随着生产的技术发展,使用频带宽度为500 MHz以上示波器的单位越来越多,以前使用的示波器校准仪一般只能校准频带宽度为500 MHz以下的示波器,已无法胜任校准工作了。使用5520A型多功能校准器来校准示波器就成了水到渠成的事。

5520A型多功能校准器,示波器校准模块技术指标如下:电压准确度:±0.25%,时间准确度:±0.000 25%,上升时间:≤300 ps,频带宽度:1100 MHz。

开机后打开SCOPE键,进入示波器校准模式,在选择V/DIV菜单后,既可以用UP, DOWN键选择所需的校准点,也可以直接输入数字,就可以对示波器的垂直偏转系数的示值误差进行测量,误差可直接从校准器上读出,选择marker模式可以对示波器的水平偏转系数示值误差进行测量,误差同样也可直

接从校准器上读出,选择levsine模式,和edge模式可分别测量示波器的频带宽度和上升时间,顶部不平度,上冲等技术指标,使用十分直观,方便。

但有一点需注意,5520A型多功能校准器,除在V/DIV模式外,其输出阻抗是1 MΩ外,其他模式下,其输出阻抗均是50 Ω,需配置50 Ω/1MΩ匹配器,才能对输入阻抗是1MΩ的示波器进行校准。

1 示波器垂直偏转系数示值误差测量结果的不确定度评定^[1]

1.1 概述

1.1.1 测量依据:JJG262-96《模拟示波器检定规程》。

1.1.2 环境条件:温度15~25℃,相对湿度≤80%,电源电压220(1±0.05)V,电源频率(50±1)Hz。

1.1.3 测量标准:5520A型多功能校准仪。

1.1.4 被测对象:5460A型示波器。

1.1.5 测量方法:示波器垂直偏转系数的测量是采

作者简介: 方乃军,男,工程师,从事电磁和无线电试验研究。

用标准方波幅度法进行的。多功能校准仪输出一个幅度可精确细调的标准方波,使得该方法在被测示波器上显示6格,读取多功能校准仪上所显示的方波幅度偏差 δ 其值就是示波器垂直偏转系数的示值误差。

1.1.6 评定结果的使用:在符合上述条件下的测量结果,一般可使用本不确定度的评定结果。

1.2 数学模型

$$y = \delta_1 + \delta_2 \quad (1)$$

式中: y —被测示波器垂直偏转系数的示值误差

δ_1 —多功能校准仪上显示的偏差

δ_2 —测量重复性引入的测量误差

1.3 输入量的标准不确定度评定

1.3.1 输入量 δ_1 的标准不确定度 $u(\delta_1)$ 的评定

输入量 δ_1 的不确定度主要来源于5520A型多功能校准仪的示值误差,根据使用说明书给出的技术指标,采用B类方法进行评定。

5520A型多功能校准仪使用说明书给出的输出方波电压的极限误差为 $\pm 0.25\%$,即区间半宽度值为 0.25% ,可认为在区间内误差是均匀分布的,取包含因子 $k = \sqrt{3}$,则标准不确定度 $u(\delta_1)$ 为

$$u(\delta_1) = a/k = 0.14\% \quad (2)$$

估计 $|\Delta u(\delta_1)/u(\delta_1)|$ 为 0.10 ,则自由度为 $\nu(\delta_1) = \nu_1 = 50$ 。

1.3.2 输入量 δ_2 的标准不确定度 $u(\delta_2)$ 的评定

输入量 δ_2 的不确定度来源于被检示波器的测量重复性,对 $1V/div$ 档通过测量得到测量列。

表1 垂直偏转系数示值误差测量值 (%)

m	n										S _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.64	0.58	0.52	0.58	0.56	0.54	0.58	0.56	0.60	0.58	0.033
2	0.60	0.56	0.52	0.58	0.62	0.56	0.60	0.58	0.58	0.60	0.028
3	0.56	0.60	0.64	0.54	0.58	0.58	0.60	0.62	0.60	0.58	0.029
4	0.64	0.60	0.62	0.58	0.54	0.56	0.58	0.56	0.54	0.60	0.033
5	0.56	0.56	0.56	0.58	0.60	0.64	0.56	0.64	0.64	0.62	0.033

则合并样本标准差:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}} = 0.031\% \quad (3)$$

单次测量的标准差: $u(\delta_2) = S_p = 0.031\%$ 。

自由度: $\nu_2 = m(n-1) = 45$ 。

1.4 合成标准不确定度的评定

1.4.1 灵敏系数

数学模型: $y = \delta_1 + \delta_2$ 。

灵敏系数: $c_1 = \partial y / \partial \delta_1 = 1, c_2 = \partial y / \partial \delta_2 = 1$ 。

1.4.2 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度汇总于表2。

表2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u(X_i)$	不确定度来源	标准不确定度 / %	c_i	$ c_i u(\delta_i)/\%$	ν_i
$u(\delta_1)$	多功能校准仪	0.14	1	0.14	50
$u(\delta_2)$	测量重复性	0.031	1	0.031	45

1.4.3 合成标准不确定度的计算

$$U_c^2(y) = [c_1 u(\delta_1)]^2 + [c_2 u(\delta_2)]^2 \quad (4)$$

$$U_c(y) = \sqrt{(0.14\%)^2 + (0.031\%)^2} = 0.14\%$$

1.4.4 合成标准不确定度的有效自由度为

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(y)}{\frac{[c_1 u(\delta_1)]^4}{\nu_1} + \frac{[c_2 u(\delta_2)]^4}{\nu_2}} \approx 45 \quad (5)$$

1.5 扩展不确定度的评定

取置信概率 $P=95\%$,按有效自由度 $\nu_{\text{eff}} = 45$,根据 t 分布表得到

$$k_p = t_{95}(45) = 2.01 \quad (6)$$

扩展不确定度

$$U_{95}(y) = t_{95}(45) u_c(y) = 2.01 \times 0.14\% = 0.28\% \quad (7)$$

1.6 测量不确定度的报告与表示

示波器垂直灵敏系数测量结果的扩展不确定度为在 $1V/div$ 档测量时:

$$u_{\text{eff}} = 0.28\%, k = 2.01。$$

2 示波器水平偏转系数示值误差测量结果的不确定度评定^[2]

2.1 该项目的测量依据、环境条件、测量标准、测量对象同示波器垂直偏转系数的示值误差测量一致

2.1.1 测量方法:示波器水平偏转系数的测量是采用时标信号测量法进行的。多功能校准仪输出一个周期可精确细调的时标信号,使得被测示波器上每格显示一个周期的时标信号,读取多功能校准仪上所显示的时标偏差 δ ,其值就是示波器水平偏转系数的示值误差。

2.1.2 评定结果的使用:在符合上述条件下的测量结果,一般可使用本不确定度的评定结果。

2.2 数学模型

$$t = \delta_1 + \delta_2 \quad (8)$$

式中: t —被测示波器水平偏转系数的示值误差

δ_1 —多功能校准仪上显示的偏差

δ_2 —测量重复性引入的测量误差

2.3 输入量的标准不确定度评定

2.3.1 输入量 δ_1 的标准不确定度 $u(\delta_1)$ 的评定

输入量 δ_1 的不确定度主要来源于5520A多功能校准仪的示值误差,根据使用说明书给出的技术指标来评定,采用B类方法进行评定。

5520A多功能校准仪使用说明书给出的时标信号的极限误差为 $\pm 0.00025\%$,即区间半宽度值为 0.00025% ,可认为在区间内误差是均匀分布的,取包含因子 $k=\sqrt{3}$,则标准不确定度 $u(\delta_1)$ 为:

$$u(\delta_1) = a/k = 0.00014\% \quad (9)$$

估计 $|\Delta u(\delta_1)/u(\delta_1)|$ 为0.10,则自由度为 $\nu(\delta_1) = \nu_1 = 50$ 。

2.3.2 输入量 δ_2 的标准不确定度 $u(\delta_2)$ 的评定

输入量 δ_2 的不确定度来源于被检示波器的测量重复性,对1ms/div档通过测量得到测量列。

表3 水平偏转系数示值误差测量值 (%)

m	n										S_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.071
2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.052
3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.052
4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.053
5	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.063

则合并样本标准差:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}} = 0.059\% \quad (10)$$

单次测量的标准差: $u(\delta_2) = S_p = 0.059\%$ 。

自由度: $\nu_2 = m(n-1) = 45$ 。

2.4 合成标准不确定度的评定

2.4.1 灵敏系数

数学模型: $t = \delta_1 + \delta_2$ 。

灵敏系数: $c_1 = \partial t / \partial \delta_1 = 1$, $c_2 = \partial t / \partial \delta_2 = 1$ 。

2.4.2 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度汇总于表4。

表4 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 / %	c_i	$ c_i u(\delta_i) / \%$	ν_i
$u(\delta_1)$	多功能校准仪	0.00014	1	0.00014	50
$u(\delta_2)$	测量重复性	0.059	1	0.059	45

2.4.3 合成标准不确定度的计算

$$U_c^2(y) = [c_1 u(\delta_1)]^2 + [c_2 u(\delta_2)]^2 \quad (11)$$

$$U_c(y) = \sqrt{(0.00014\%)^2 + (0.059\%)^2} = 0.059\%$$

2.4.4 合成标准不确定度的有效自由度为

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(t)}{\frac{[c_1 u(\delta_1)]^4}{\nu_1} + \frac{[c_2 u(\delta_2)]^4}{\nu_2}} \approx 45 \quad (12)$$

2.5 扩展不确定度的评定

取置信概率 $P=95\%$,按有效自由度 $\nu_{\text{eff}}=45$,根据 t 分布表得到

$$k_p = t_{95}(45) = 2.01 \quad (13)$$

扩展不确定度:

$$U_{95}(t) = t_{95}(45) u_c(t) = 2.01 \times 0.059\% = 0.12\% \quad (14)$$

2.6 测量不确定度的报告与表示

示波器水平偏转系数示值误差测量结果的不确定度为:

在1ms/div档测量时: $u_{\text{eff}} = 0.12\%$, $k = 2.01$ 。

使用5520A型多功能校准器校准示波器,除了对示波器的输入电阻、校准信号、绝缘性能项目的测量外,对JJG262-96模拟示波器检定规程中所规定的检定项目都能完成,因此可用作模拟示波器检定的标准器,同时还能对满足数字示波器的一些常用项目的校准,使用范围较广。

参考文献

[1] JJG262-96 模拟示波器检定规程[S].

[2] JJF1059-1999 测量不确定度评定与表示[S].

收稿日期: 2005-11-25

本刊加入“万方数据—数字化期刊群”的声明

为了实现期刊编辑、出版工作的网络化,我刊现已入网“万方数据—数字化期刊群”。被本刊录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据—数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

“万方数据—数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目。本刊全文内容按照统一格式制作,读者可上网查询浏览本刊内容,并征订本刊。

《江苏电器》编辑部

2006年