

1. 概述

ZC4121A 自动失真仪是采用集成电路的电子测量仪器。具有测试精度高、体积小重量轻、操作方便、性能可靠等优点。

本仪器主要用来测量音频信号及各种音频设备的非线性失真,又可作为音频电压表使用。并能对放大器及各种音频设备进行信噪比和频率特性的测试。

由于仪器具有电平自动校准和频率自动跟踪装置,使得失真度测量大为简便,即使含有调幅的信号或含有频率抖动成份的信号,也能进行方便而稳定的失真度测试。适用于科研、生产、通讯、教育、维修等部门及一切需要使用失真仪的场合。

2. 技术参数

2.1 失真度测量:

2.1.1 测量频率范围: 10Hz—109kHz 分四个频段

2.1.2 失真度测量范围:

a. 20Hz—20kHz, 0.01%—30%

b. 10Hz—109kHz, 0.03%—30%

2.1.3 失真度测量误差:

a. 300Hz—5kHz, 不大于满度值的 $\pm 7\% \pm 0.01\%$ *

b. 20Hz—20kHz, 不大于满度值的 $\pm 10\% \pm 0.015\%$ **

c. 10Hz—109kHz, 不大于满度值的 $\pm 15\% \pm 0.025\%$

2.1.4 机内引入失真:

a. 300Hz—5kHz, 不大于 0.015%*

b. 20Hz—20kHz, 不大于 0.025%**

c. 10Hz—109kHz, 不大于 0.035%

2.1.5 输入电压自动调整范围: 大于 10dB

2.1.6 失真度最小可测电压: 100mV

2.2 电压测量:

2.2.1 电压测量范围: 300 μ V—300V

2.2.2 电压测量基本误差: 不大于满度值的 $\pm 5\%$ (1kHz)

2.2.3 电压频率附加误差:

输入量程开关 100V 以下:

a. 20Hz—50kHz 不大于 0.5dB

b.5Hz—300kHz 不大于 1dB

输入量程开关 300V:

a.20Hz—20kHz 不大于 0.5dB

b.10Hz—100kHz 不大于 1dB

2.2.4 电压噪音底度: 不大于 50 μV

2.2.5 最大可测信噪比: 120dB

2.3 失真仪输入阻抗: 100kΩ ±2%, 输入电容不大于 100pF

2.4 输出阻抗: 600Ω

* 400Hz 高通, 30kHz 低通, 在失真度 0.03% 档时均接入。

** 在失真度 0.03% 档, 当基波频率大于 10kHz 时, 接入 400Hz 高通和 80kHz 低通, 当基波频率小于 300Hz 时, 只接 30kHz 低通。

3. 工作原理

3.1 原理方框图

本仪器电路结构可分为九大部分: 输入电路、自动电平调整系统、桥 T 型基波抑制器、频率自动调谐系统、放大器、滤波器、表头电路、电平判别电路和稳压电源。其原理框图见图 1。

3.2 失真度测量原理

失真度测量时, 输入被测信号经过输入电路至自动电平调整电路, 在此稳定输出 1 伏, 并送至桥 T 型基波抑制器, 在这里把测量信号的基波分量抑制掉, 保留所有谐波成分, 然后通过表头电路测其大小, 该大小则为被测信号的失真度。

$$\text{根据失真度的定义: } K_o = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{u_1} \dots\dots (1)$$

本仪器测试失真度定义为:

$$K_r = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}} \dots\dots (2)$$

$$(1) \text{ 式与 (2) 式之间的关系为: } K_o = \frac{K_r}{\sqrt{1 - k_r^2}} \dots\dots (3)$$

当失真度小于 10% 时, $K_o=K_r$, 当失真度大于 10% 时, 应按 (3) 式修正。

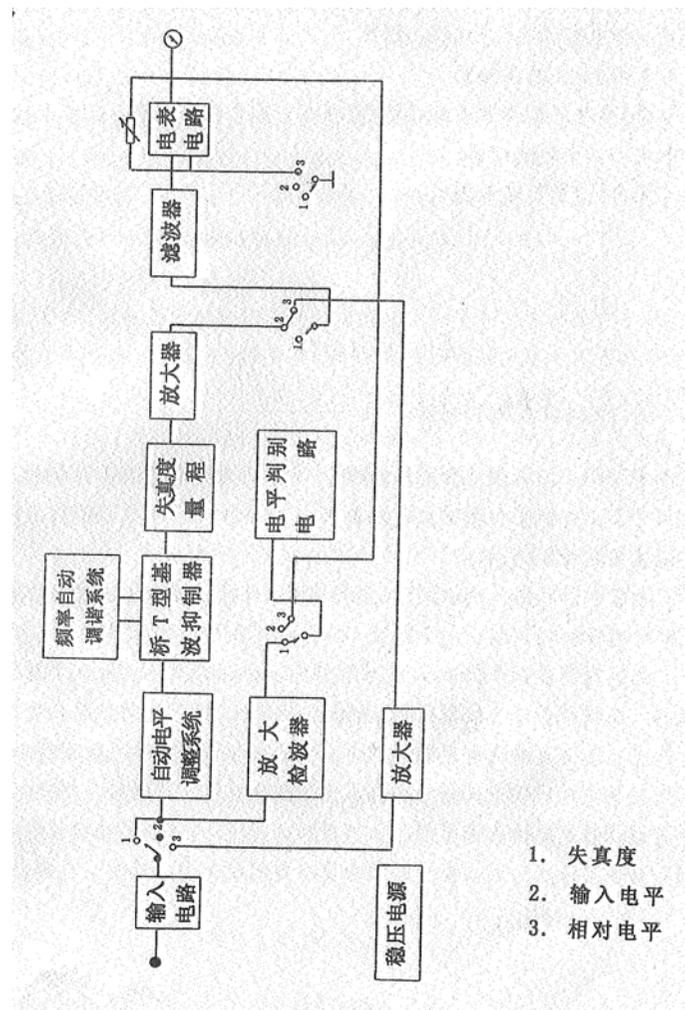


图 1 原理框图

由 (2) 式可知, 失真度则为输入信号的谐波分量与总输入信号之比。

3.3 电路介绍

3.3.1 输入电路

这实际上是一个高输入阻抗的跟随器，以减少对输出衰减器的影响，输入电路输入端接有由两个稳压二极管和两个电阻组成的正反向过压保护电路。

3.3.2 自动电平调整电路

输入被测信号经衰减以后，使其送至自动电平调整电路的电压约为 100—316mV，在该电压范围内，自动电平调整电路能自动调整可变衰减器中的光敏电阻值，使电路稳定输出 1 伏，则使 (2) 式分母为 1。

3.3.3 桥 T 型基波抑制器

桥 T 型基波抑制器由无源桥 T 型网络、基波抑止运放、谐波正反馈跟随器、中和电路四个部分组成。

无源桥 T 型网络如图 2。

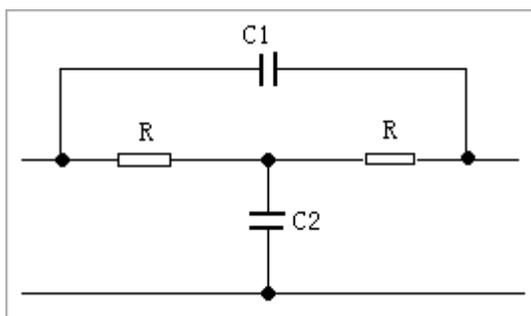


图 2 无源桥 T 型网络

图 2 网络的基波抑制频率 $f = \frac{1}{2\pi R\sqrt{C1C2}}$ ，当 $C1=10C2$ 时，其基波抑制

量约 16dB，二次谐波衰减约为 60%，显然不可能满足失真仪要求。为了满足失真仪对基波抑制量和谐波衰减的要求。因此加入一个有源的基波抑制运放和一个谐波正反馈跟随器。

电容中和电路是用以减少无源桥 T 型网络输出端分布电容的影响。

3.3.4 频率自动调谐控制电路

失真度测量频率粗调，是由失真仪面板的频段开关和频率数值开关设定的，频段开关改变无源桥 T 型网络的电容值，频率数值开关改变桥 T 型网络的电阻值，失真

度测量频率微调则是由频率自动调谐控制电路进行。

频率自动调谐控制分为相位误差控制和幅度误差控制。相位误差控制是将电平自动调整电路输出信号移相 90 度后，和基波抑制器输出信号一起加入检相器，检相器输出的误差信号经积分器和电流放大器，改变光电耦合器的电流值，从而改变桥 T 电路的一臂电阻 R 值，实现桥 T 网络对频率的准确调谐。幅度误差控制将由自动电平调整电路输出信号和基波抑制输出信号一起加入幅度检测器，检出误差信号经积分器和电流放大器，改变光电耦合器的电流值，从而改变基波抑制运放的负反馈电阻值，实现对基波的全部抑制。

3.3.5 滤波器电路

本仪器有三个滤波器：400Hz 高通滤波器，30kHz 和 80kHz 低通滤波器。其截止频率分别为 400Hz、30kHz 和 80kHz，在截止频率处约有 3dB 衰减，然后以 -40dB/十倍频程下降。

滤波器主要用来滤除交流电源哼声和高频白噪声，以保证小失真度测试精度，因此一般在 0.03% 失真度量程时用，测量频率在 300Hz—10kHz 内可同时使用 400Hz 高通和 30kHz 低通，在 10kHz—20kHz 时可同时使用 400Hz 高通和 80kHz 低通，大于 20kHz 时只能使用 400Hz 高通，低于 300Hz 时只能使用 30kHz 低通。

3.3.6 表头电路

失真度测量时来自基波抑制器的失真度电压和电平测量时来自电压放大器的电压，在表头电路中放大约 300 倍，然后用均值检波器变成直流推动表头指示。均值检波前的交流信号并同时送至面板上的示波器插座，可以接示波器观察谐波失真成份。电路中有一个约 4 伏的限幅电路，同时表头采用毫安表，具有较大过载能力，测量中不必为表头短暂打钉而惊慌。

3.3.7 电平判别电路

正如前面已经指出，自动电平调整系统有一个作用范围，超过该范围，自动电平调整电路就不能稳定输出 1 伏。为了保证失真度测量正确，不致因自动电平调整电路不起作用导致失真度测试值随输入电压大小变化而变化，故用一个电平判别电路来判断输入电压是否在自动电平调整作用范围内。输入电压过大，过压指示灯亮；输入电压过小，欠压指示灯亮；在此范围内，两灯熄灭。

4. 使用方法

4.1 仪器前面板布置：

仪器前面板布置见图 3。

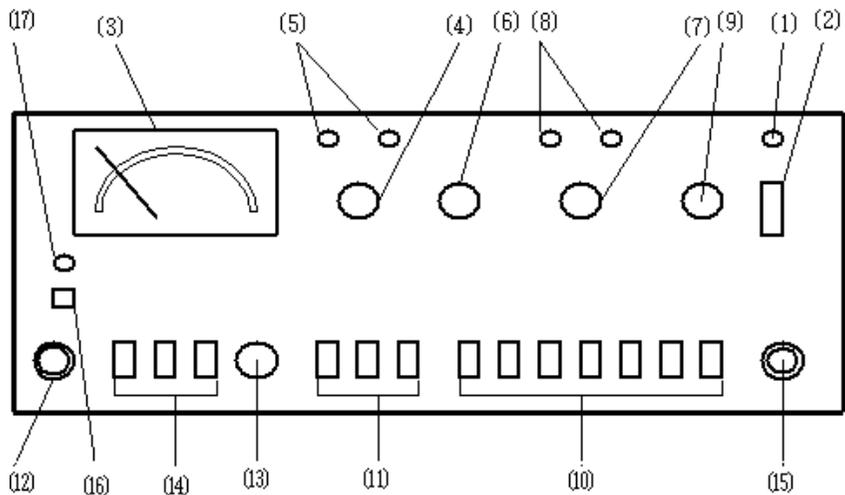


图 3 ZC4121A 前面板布置图

4.2 各部件功能

- (1) 电源指示灯—指示电源接通与否；灯亮接通,灯灭电源断。
- (2) 电源开关—控制电源通断；键按下时电源接通,抬键时电源断。
- (3) 测量表头—与测量过程配合,可读出失真度和电压等大小。
- (4) 输入量程—以 10dB/档跳步衰减输入信号。
- (5) 过欠压指示—输入电压过大时,左边指示灯亮；输入电压过小时,右边指示灯亮。
- (6) 频段开关—改变失真度测量工作频率的频段。
- (7) 频率数值开关(一)—改变失真度测量工作频率的前面一位数。
- (8) 频率调谐指示—当测量信号频率相对失真仪工作频率过低时,左边指示灯亮；当测量信号频率相对失真仪工作频率过高时,右边指示灯亮；正确调谐时两指示灯均灭。
- (9) 频率数值开关(二)—改变失真度测量工作频率的后面一位数。
- (10) 失真度量程—失真度大小量程控制。
- (11) 功能开关—选择失真仪的工作种类。
- (12) 测量输入—被测信号由此送入。
- (13) 相对调节—功能开关在“相对电平”位置时应用。当需要测量放大器的信噪比或频率特性,而被测信号表头指示不满意度时,可通过调节此电位器使表头指示满意度,便

于读出电平的相对值。

- (4) 滤波器—测量小失真度信号时,根据被测信号的工作频率接入相应的滤波器,按键则接入,抬键则断开。
- (5) 示波器插座—当需要观察被测信号的谐波波形时,可以从此插座接至示波器。
- (6) 300V 衰减开关—当测量信号在 100V—300V 时按下该开关,小于 100 伏抬键。
- (7) 300V 衰减指示—当灯亮时,指示 300V 衰减器已接入,输入测量量程实际比面板输入量程指示大 10dB。

4.3 使用方法

接通电源。预热 10 至 15 分钟,输入量程开关(4)置最左位。失真度量程和滤波器按键全部抬键。

4.3.1 失真度测量

失真仪的功能开关(11)置“失真度”位置。

仪器联接如图 4:

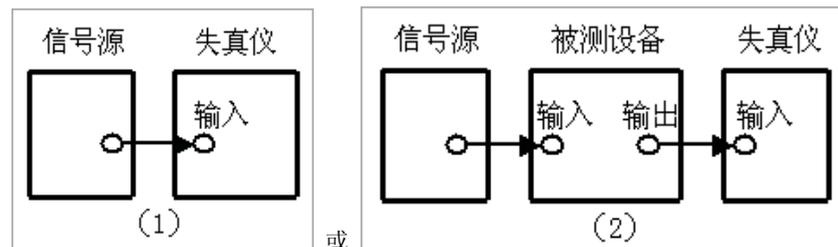


图 4 失真度测量

图 4 (1) 是测量音频信号源的失真度,图 4 (2) 是测量音频设备的非线性失真。

按照要测的工作频率放置好信号源频率开关,按照被测设备输入大小要求,调节好信号源输出幅度;改变失真仪输入量程(4),使过欠压指示灯(5)均熄灭。把失真仪工作频率(7)(9)放在信号源工作频率上,如发现频率调谐指示灯(8)亮及表针指示不能变小,可以适当改变失真仪或信号源的工作频率,逐步改变失真仪量程使表头指示于最便于读数的位置,结合失真度量程就可测得失真度 K_i 。

在图 4 (1) 线路中,失真仪测得数据就是信号源的失真度。在图 4 (2) 线路中,如果信号源失真度为 C_i ,则被测设备的失真度 K 按下式求得:

$$K = \sqrt{K_i^2 - C_i^2} \dots\dots\dots (4)$$

不过在 $C_i \leq K_i/3$ 情况下,可以认为失真仪测得的失真度 K_i 就是被测设备产生的

失真度。

为了提高小失真度测量下限及测试精度，根据工作频率接入相应的滤波器。

当输入信号大于 100V 时，请按下 300V 衰减开关；小于 100V 输入电压，不要按下 300V 衰减开关。

注意：

1.在失真度测量时，有时可能表头指针不往下降，可以改变一下频段开关，然后再打回原测量频段，就可消除不调谐现象。

2.失真度量程全部抬键时，表头指针下降较慢，为了使它下降快一些，可以置于 30% 以下更灵敏的量程，当然这会出现打表针现象，但不会损坏表头。

4.3.2 电压测量

功能开关(1)置“输入电平”，滤波器全部抬键。

将被测信号接至失真仪测量输入端(2)，改变失真仪输入量程使表头指示于最便于读数位置，结合输入量程和表头指示值就可读出被测电压的大小。

在测量大于 100V 的电压时，请按下 300V 衰减开关。

4.3.3 信噪比测量：

功能开关(1)置于“相对电平”

仪器连接如图 5。

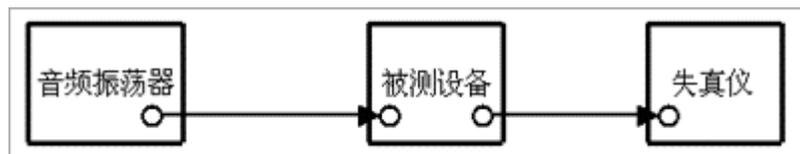


图 5 信噪比测试

根据工作频率，放置好振荡器的频段开关和频率数值开关，根据被测设备输入大小要求设置振荡器输出衰减器，调整振荡器输出电平；根据被测音频设备输出大小适当放置失真仪输入量程，使表头指针不要超过满度。

例如测量频率 1kHz，放大器输出 1V—3V 时的信噪比：将失真仪输入量程(4)置“3V (10dB)”档（设 dB 数为 b_1 ），把被测放大器输出信号送入失真仪测量输入端(2)，调整相对调节旋钮(3)，使表头指针满度；然后断开音频振荡器输出，并使被测放大器输入短路，保持失真仪“相对调节”旋钮(3)位置不变，改变失真仪输入量程(4)（设 dB 数为 b_2 ），使表头指示于最便于读数位置，读出表头指示 dB 数（设为 a ），则测得的信噪比为 $(b_1 - b_2 - a)$ 。

如果 300V 衰减开关在测量放大器输出信号时按下，在测量放大器输入短路噪声时抬键，那末上述求得的信噪比还应加上 10dB。

4.3.4 放大器频率特性测量

功能开关(1)置于“相对电平”为位置。

仪器连接如图 6。

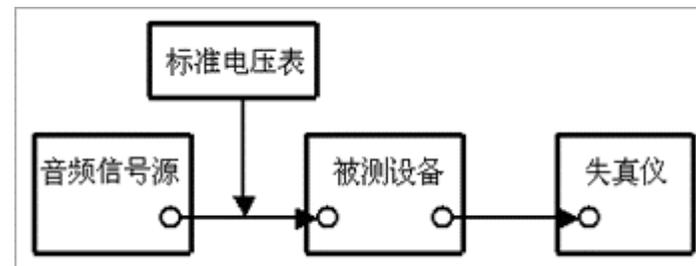


图 6 频率特性测量

把失真仪和信号源频率置“1kHz”，根据被测设备的输入大小要求设置信号源的输出衰减，频响特别好的标准电压表置相应量程，调整信号源输出电平，使标准表满度。被测设备输出送至失真仪测量输入端(2)，改变失真仪输入量程，调整相对调节旋钮(3)，使失真仪表头指示满度。

然后改变音频信号源工作频率，调整信号源输出电平，仍使标准电压表满度，保持失真仪“相对调节”旋钮(3)不动，读出失真仪表头指示的 dB 数，它的大小反映了被测设备的频率特性，dB 数绝对值小频率特性好，反之则差。当然这里也包括了失真仪电压测量的频率附加误差，要准确反映被测设备的频率特性，还应当扣除失真仪电压测量的频率附加误差。

5. 维护与校准

5.1 维护和保养

5.1.1 本仪器电源电压为交流 220V ± 10%，50Hz ± 2Hz。

5.1.2 本仪器连续工作时间不超过 8 小时。

5.1.3 本仪器使用环境条件：

a.温度：0℃—40℃；

b.湿度：20—90%；

c.室内无尘、无酸、碱及其它腐蚀性气体，周围无强烈的机械振动、冲击和电磁

场作用。

5.1.4 在气候潮湿地区或潮湿季节，如长期不使用仪器，每月必须开机通电一次（约 2 小时），以使潮气散发，避免元器件损坏。

5.2 校验

为保证测试精度，经过维修后的仪器以及正常工作的仪器应定期进行校验。

5.2.1 校验孔位置见图 7：

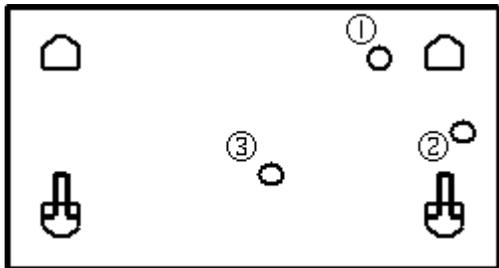


图 7 校准孔位置

- ① 1kHz 三次谐波校准孔
- ② 电压测量校准孔
- ③ 10kHz 三次谐波校准孔

5.2.2 1kHz 三次谐波校准

仪器功能开关(1)置“失真度”，频率波段开关(6)置于“1kHz”，频率数值开关(7)置“1，0”，输入量程开关(4)置“1V”，失真度量程直键开关(10)全部抬键，从测量输入端(12)送入 3kHz 约 1V 信号，表头指示应满度，偏离不能超过 $\pm 2\%$ ，否则在底盖 1kHz 谐波校准孔处用小起子伸进调节自动电平调整板的 W1，如果发生严重偏离（如超过 $\pm 5\%$ ）则可能电路工作不正常，应找出原因。

5.2.3 10kHz 三次谐波校准

仪器功能开关(1)置“失真度”，频率波段开关(6)置于“10kHz”，频率数值开关(7)置“1，0”，输入量程开关(4)置“1V”，失真度量程直键开关(10)全部抬键，从测量输入端(12)送入 30kHz 约 1V 信号（注意：两个低通滤波器全部抬键），表头指示应满度，偏离不能超过 $\pm 2\%$ ，否则在底盖板 10kHz 谐波校准孔处调节基波抑制板的半可变电容 C11。

5.2.4 电压测量校准

仪器功能开关(1)置“输入电平”，输入量程开关(4)置“1V”，从测量输入端(12)

送入 1kHz，1V 的标准信号，表头指示 1V 满度，偏离不能超过 $\pm 2\%$ ，否则在底盖板电压校准孔处调节自动电平调整板的 W3。如果发生严重偏离则可能电路工作不正常，应找出原因。

6. 随机附件

测试电缆 2 根
电源线 1 根
使用说明书 1 本