

常用微波测试仪表

Changyong Weibo
Ceshi yibiao

3



人民邮电出版社

内 容 提 要

本书主要介绍SZ-3型失真度测量仪和BT3型磁调制扫频图示仪。对这两部仪表的工作原理、使用和计量方法、常见故障与检修方法都作了较详细、系统的介绍，并提供了有关的数据资料，可供使用与维修时参考。

本书适用于仪表使用与维修人员阅读，也适合于电信专业学校的学生和有关训练班学习参考。

常用微波测试仪表

第 三 辑

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1985年4月第 一 版

印张：7 页数：112 1985年4月河北第一次印刷

字数：161千字 插页：2 印数：1—5,500 册

统一书号：15045·总2991—无6318

定价：1.45 元

出 版 说 明

为了适应维护工作的需要，我们将针对目前微波接力通信系统中常用的各种测试仪表、组织编写有关使用和维护的较详细的资料，汇编成册，陆续分辑出版。

本书是第三辑，主要介绍SZ-3型失真度测量仪和BT3型调制扫频图示仪。

过去已出版的第一辑，介绍GX2A型微瓦功率计、BE-1型调制度测量仪和BT2型超高频频率特性测试仪；第二辑介绍PW-10型外差式频率计和PS-43数字式频率计。

诚恳希望读者对本书的内容安排和编写方式给予指正。

1984年4月

目 录

SZ—3型失真度测量仪

.....北京无线电仪器二厂 冯鸿麟 黄振松 马晓黎 (1)

一、工作原理..... (1)

二、使用方法..... (41)

三、常见故障及排除方法..... (51)

四、工作特性和计量方法..... (70)

BT3型磁调制扫频图示仪 于钦堂 (88)

一、扫频电路原理..... (90)

二、显示器及控制电路原理..... (107)

三、频标电路分析..... (125)

四、扫频图示仪的调整..... (140)

五、使用及误差分析..... (179)

六、常见故障及排除方法..... (201)

SZ-3型失真度测量仪

在电子技术的发展中，一个很重要的问题是要在保持或放大信号的同时，检测和抑制由于传输或技术设备特性不好所造成的失真。SZ-3型失真度测量仪就是在电子设备传输音频信号时，测量其产生的失真程度的一种仪器，其外型如图1-1所示。

在我国，失真度测量仪在五十、六十年代应用的是电子管电路程式仪器，有SZ-1型、SZ-1A型、SZ-3型等型号。在七十年代前后，则采用半导体电路程式的仪器。随着技术的发展和集成电路的应用，全自动失真仪和超低失真度测量仪已陆续出现。在音响技术领域，为进一步改善和提高音响效果，已经采用互调失真仪。目前为进一步对信号进行瞬态分析，正在设计瞬态互调失真度测量仪。

SZ-3型失真度测量仪是较早期开始应用的测量仪器，介绍其原理和使用方法等有关知识，除了为帮助用户正确使用和维护外，还希望能引起读者们对声频放大设备失真分析的兴趣。

一、工 作 原 理

SZ-3型失真度测量仪采用电子管电路，其电路原理方框图组成如图1-2所示。该仪器由电压表电路、平衡输入变压器、电桥电路、示波管电路和稳压电源组成。当控制工作选择开关 K_1 处于“1”（分贝）位置，仪器可用作平衡电压表；处于“2”（电压）位置，仪器用作不平衡电压表；处于“3”

• 1 •

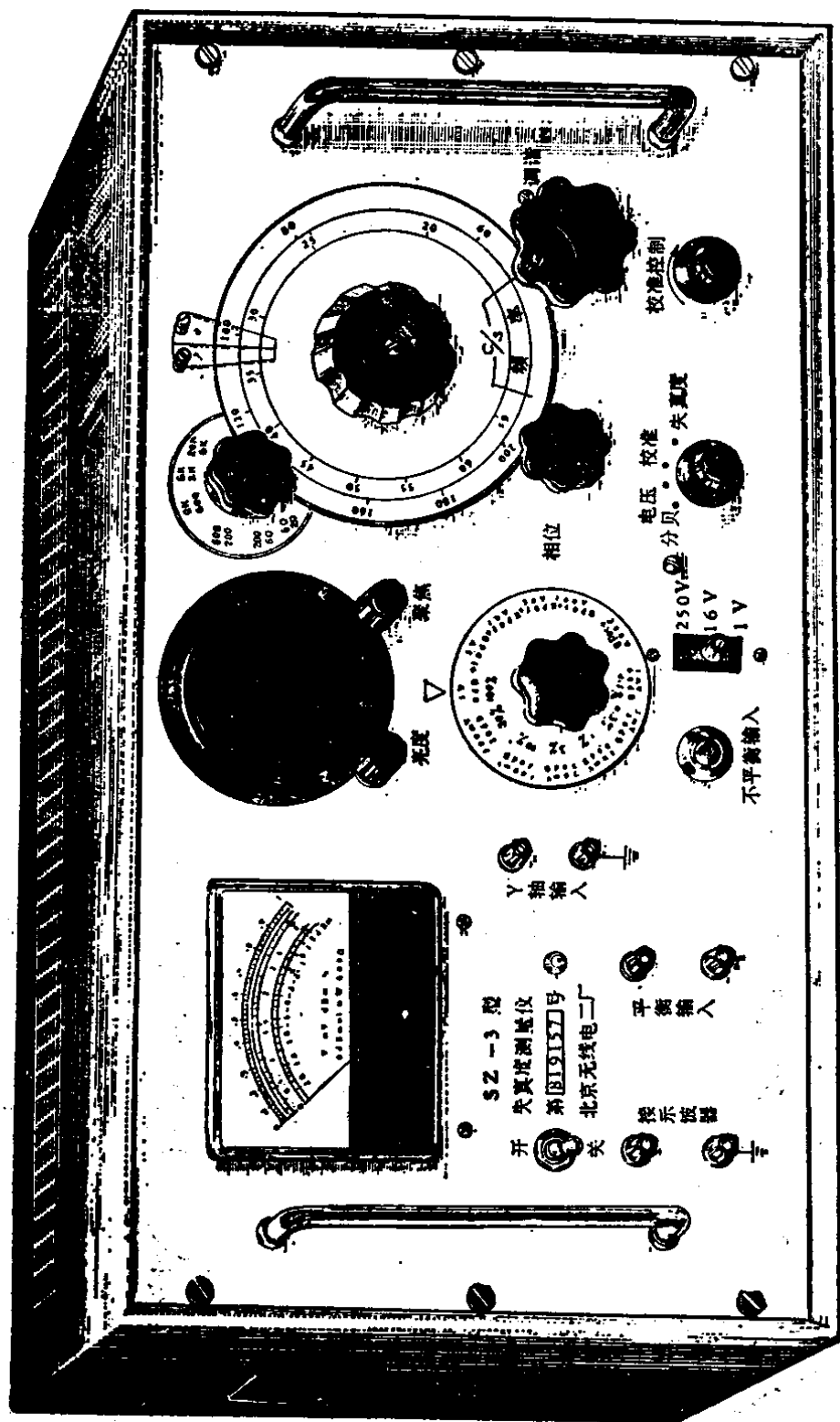


图 1-1 SZ-3型失真度测量仪

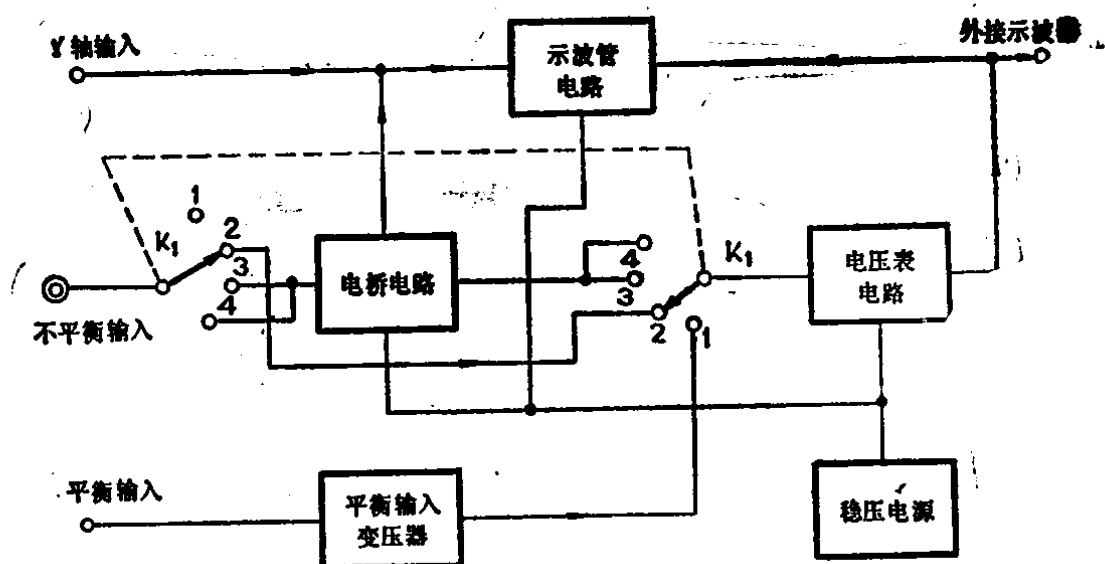


图 1-2 SZ-3失真度测量仪方框图

(校准)位置,是仪器进行失真度测量的准备位置;置于“4” (失真度)位置时,仪器进行失真度测量。

本仪器利用“Y轴输入”,示波管电路,电压表电路的密切配合,可对被测网络进行定性的相位失真分析。此外,在进行失真度测量时,本仪器的示波管所显示的图形,协助监视失真度测量的最佳调整状态,分析谐波失真成分,显示测试条件可能受到的外界干扰信号的影响。同时本仪器在电压表电路输出端引出外接示波器端,可外接示波器,以观测被测信号波形;在失真度测量时,可考查滤除基波后的总谐波分量的复合波形。

下面,我们将逐项详述电路的基本工作原理和具体结构。

1. 电压表电路

电压表电路的原理方框图如图1-3所示。它是由两组衰减器,两组组合放大器和检波器组成。电路设计必须符合下述要求:

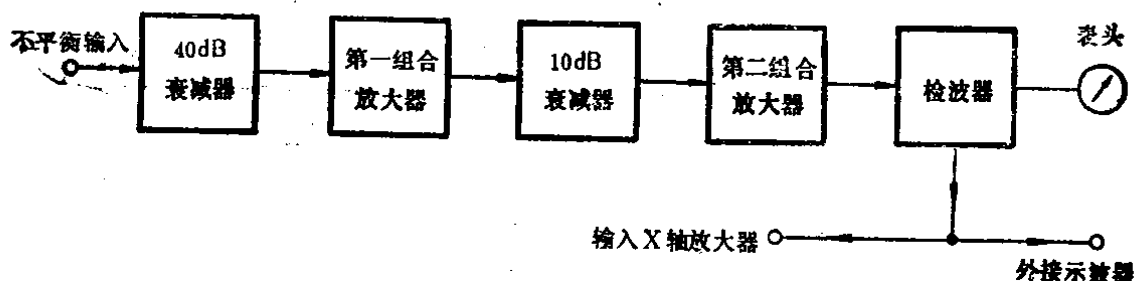


图 1-3 电压表电路方框图

A. 由于仪器最小可测满刻度信号要求为 $1mV$ ，为使直流表头指示满度，检波器前的交流信号必须有 $5V$ ，因此必须保证有 5000 倍的增益。

B. 它必须保证有较宽的音频响应特性。由于在测量 $20KHz$ 信号的谐波失真度时，为保证十倍频的高次谐波信号分量有理想的频率响应，要求电压表电路高频响应至 $200KHz$ 。

C. 放大器非线性失真应小于 0.1% 以下，其噪声也应小于 $0.02mV$ 。

D. 由于在失真度测量时，谐波信号的复合波为非正弦波，因此要求检波器的检波特性最好为平方律检波特性。

(1) $40dB$ 衰减器

电压表电路对交流电压的测量范围为 $1mV—300V$ ，加入衰减器，使第一组合放大器有合理的输入信号。其电路结构如图1-4。

衰减器的特点是每转换四次衰减一次，即由 $1mV$ 至 $100mV$ 、 $100mV$ 至 $10V$ 、各衰减 100 倍（ $40dB$ ）。它的衰减量靠电阻衰减器取得，衰减器本身的频率特性可用图中的电容器 C_{10} 和 C_{11} 来调整。

电阻衰减器的衰减倍数计算如下：

$$\frac{R_{20}}{R_{10} + R_{20}} = \frac{100\Omega}{(9900 + 100)\Omega} = \frac{1}{100}$$

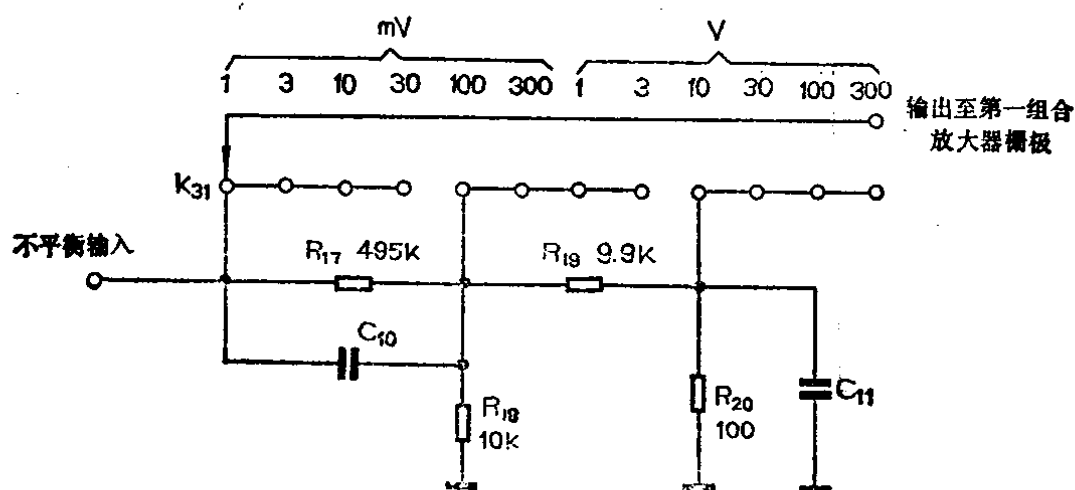


图 1-4 40dB衰减器

设

$$R_0 = \frac{(R_{18} + R_{20}) \times R_{18}}{R_{18} + R_{19} + R_{20}} = 5K\Omega$$

则

$$\frac{R_0}{R_{17} + R_0} = \frac{5K\Omega}{(495 + 5)K\Omega} = \frac{1}{100}$$

因此可知，由于40dB衰减器的作用，第一组合放大器输入端信号幅度将分别控制在1-30mV之间。

(2) 10dB衰减器

衰减器每转换一次衰减10dB，转换四次则复位。其结构如图1-5。图中K₃₂与40dB衰减器中的K₃₁为联动开关，互相配合，构成每转换一次衰减10dB的连续衰减器，共十二位。其衰减量靠电阻衰减取得，本身的频率特性可用C₁₈、C₁₉、C₂₀调整。

电阻衰减器的衰减倍数计算如下：

$$\frac{R_{37}}{R_{36} + R_{37}} = \frac{4K\Omega}{12.62K\Omega} \approx 0.316$$

设

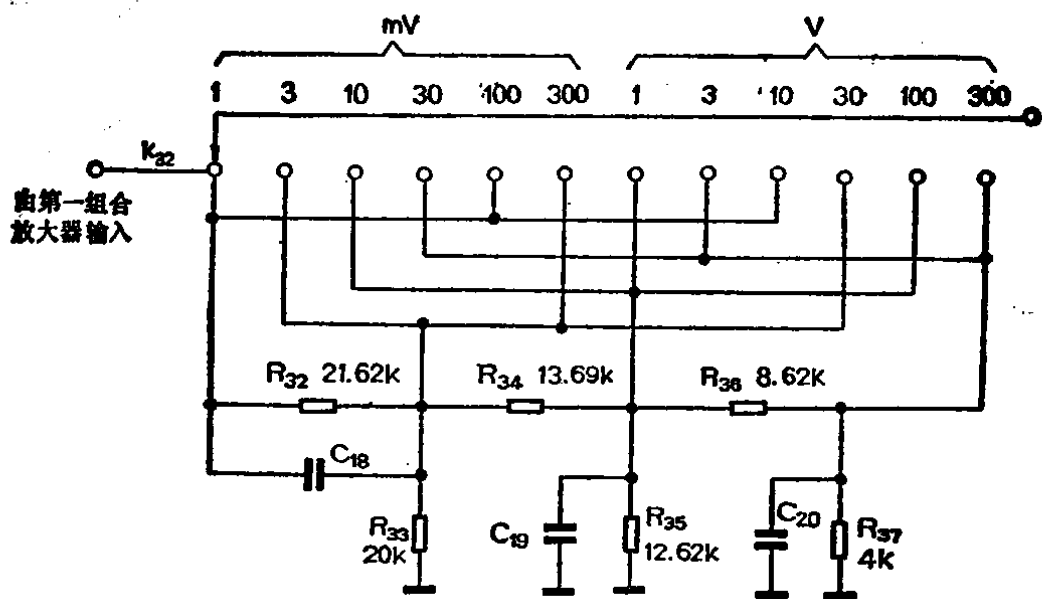


图 1-5 10dB衰减器

$$R_A = \frac{(R_{36} + R_{37}) \times R_{35}}{R_{36} + R_{37} + R_{35}} = 6.31K\Omega$$

则

$$\frac{R_A}{R_{34} + R_A} = \frac{6.31K\Omega}{20K\Omega} \approx 0.316$$

设

$$R_B = \frac{(R_{34} + R_A) \times R_{33}}{R_{34} + R_A + R_{33}} = 10K\Omega$$

则

$$\frac{R_B}{R_{32} + R_B} = \frac{10K\Omega}{31.62K\Omega} \approx 0.316$$

输入的被测信号经 40dB 衰减器控制于 $1 \sim 30mV$ 之间，然后送入第一组合放大器。第一组合放大器的放大倍数固定为 50 倍，这样将被测信号分别放大为 $50mV \sim 1.5V$ 之间。然而电压表电路被设计的总放大倍数为 5000 倍，如果没有 10dB 衰减器控制，电压表电路将无法工作。10dB 衰减器依设计要求每转

换一次衰减10dB，转换四次复位，这样就把50mV—1.5V信号始终控制为50mV信号，作为第二组合放大器的输入。

(3) 第一组合放大器

本部电路提供50倍（约34dB）放大，它与40dB衰减器配合，把输入的1mV、3mV、10mV和30mV信号分别放大为50mV、150mV、500mV和1.5V。其电路结构如图1-6。

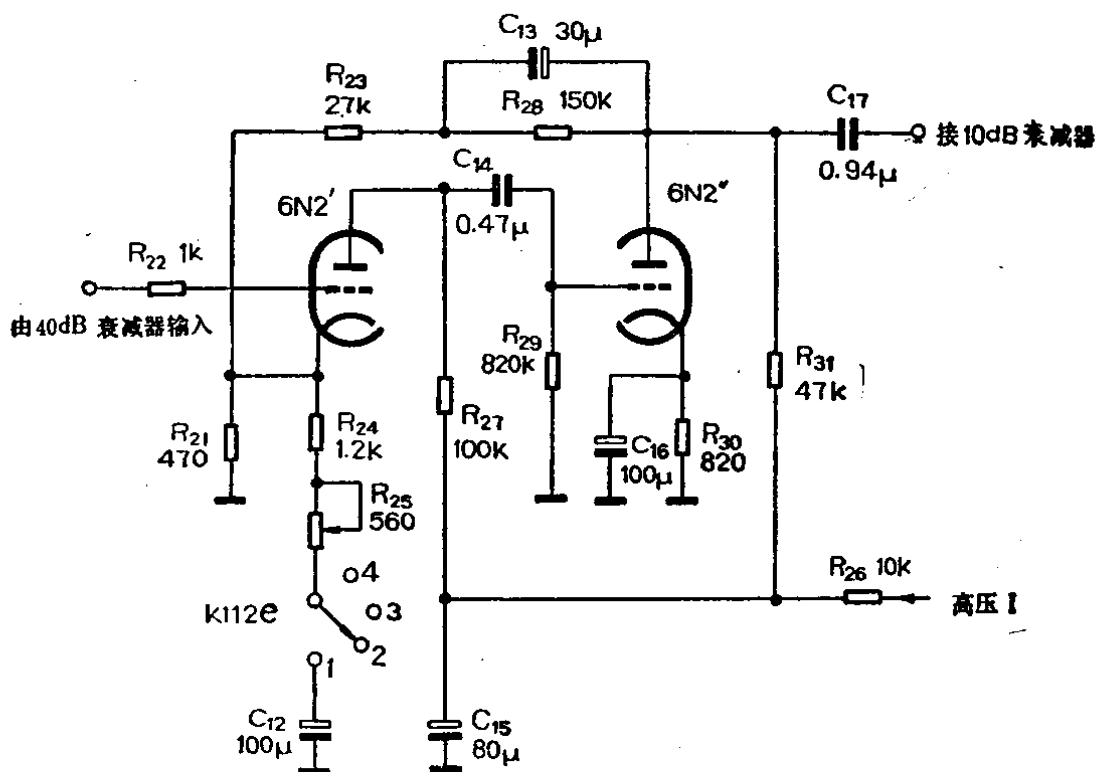


图 1-6 第一组合放大器电原理图

它是由一只双三极管6N2与有关元件组成的组合放大器。第一放大管的阴极电路中设置有开关 K_{112e} ，它是工作选择开关 K_1 的一部分，与 K_1 联动。当 K_{112e} 置于2、3、4位置时，第一放大管仅受阴极电阻 R_{21} 控制，它产生的电流负反馈抑制了本级增益和非线性失真。当 K_{112e} 置于1位置时， R_{21} 电阻与 R_{24} 、 R_{25} 、 C_{12} 并联，使第一放大管负反馈减小，促使第一组合放大器总增益大约提升2~3%，其目的在于通过电位器 R_{24} 。

的调节，恰当地提升增益，以补偿平衡变压器的损耗。这一点将在本章第二节中叙述。

第一放大管输出的信号经第二放大管放大后输出。 R_{28} 、 R_{23} 和第一放大管阴极电阻构成电压负反馈网络，进一步抑制了第一组合放大器的增益和由于6N2的非线性工作特性所引起的非线性失真。

C_{13} 与 R_{28} 并联，交流电压负反馈只取决于电阻 R_{23} 值，但 R_{28} 却促使两放大管工作状态的稳定，因为两管通过它构成直流负反馈。

组合放大器由双三极管构成，第二管专伺放大信号；而第一管专伺抑制两管共同产生的非线性失真。第一组合放大器的总增益为34dB。

(4) 第二组合放大器

本电路提供100倍（40dB）放大，它把由10dB衰减器送来的50mV信号放大为5V。其电路结构如图1-7所示：

它是由两只6J3五极管与有关元件组成的组合放大器。同样由第一只放大管通过电流和电压负反馈抑制两只放大管产生的非线性失真，而第二只放大管专伺放大，本电路中，第一只放大管阴极采用了热敏电阻 R_{123} 参与自偏压控制，从而保证在工作环境变动的条件下（ $-10^{\circ}\text{C}—+40^{\circ}\text{C}$ ）电压表电路增益特性的稳定性。

在 K_{31} 处于1mV位置时，通过调换本电路中自偏压电容器 C_{21} 可以改善电压表电路的高频特性；而调换 C_{26} 将改善电压表电路的低频特性。

电压表电路中的两组衰减器和两组放大器的配合关系可以列成下表。

对表一需要解释的是：输入信号实际为电压表的被测信

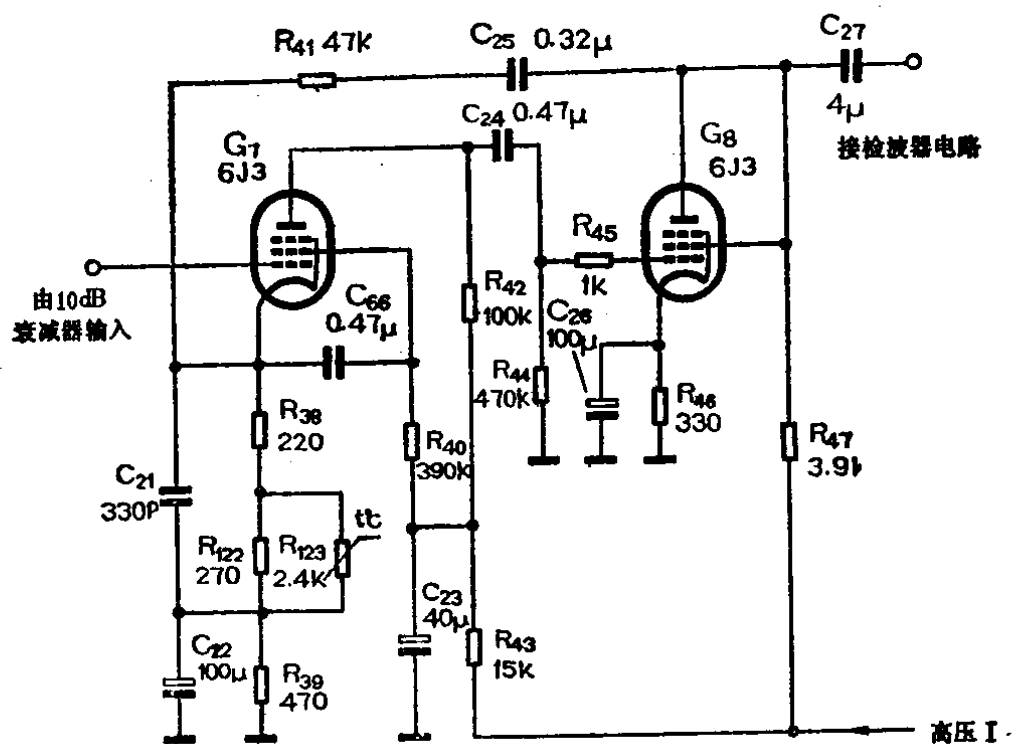


图 1-7 第二组合放大器电原理图

表 1

序 号	档 位	输入信号	40 dB 衰减器	第一组合 放大器输 出	10 dB 衰减器	第二组合 放大器输 出	200 KHz 频响调整 电容器
1	-60 dB	1 mV	0 dB	50 mV	0 dB	5 V	C ₂₁
2	-50 dB	3.16 mV	0 dB	158 mV	-10 dB	5 V	C ₁₈
3	-40 dB	10 mV	0 dB	500 mV	-20 dB	5 V	C ₁₉
4	-30 dB	31.6 mV	0 dB	1.58 V	-30 dB	5 V	C ₂₀
5	-20 dB	100 mV	-40 dB	50 mV	0 dB	5 V	C ₁₀
6	-10 dB	316 mV	-40 dB	158 mV	-10 dB	5 V	
7	0 dB	1 V	-40 dB	500 mV	-20 dB	5 V	
8	10 dB	3.16 V	-40 dB	1.58 V	-30 dB	5 V	
9	20 dB	10 V	-80 dB	50 mV	0 dB	5 V	C ₁₁

10	30 dB	31.6 V	-80 dB	158 mV	-10 dB	5 V	
11	40 dB	100 V	-80 dB	500 mV	-20 dB	5 V	
12	50 dB	316 V	-80 dB	1.58 V	-30 dB	5 V	

号，如果没有特殊解释时均指满刻度信号，为有效值电压。由于两组衰减器配合每一档衰减量为10dB，因此在第一档输入1mV时通过5000倍的放大，使电压表电路输出为5V，表头指示满度。在第二档位时，必须输入3.16mV，经第一组合放大器放大50倍后约为158mV，经10dB衰减，其输出仍为50mV，再经第二组合放大器100倍放大为5V。其余档位依此类推。但有时为方便解说，把满刻度信号说成1mV、3mV、10mV、30mV……，此时在-10dB、-30dB……等位置时实际未满度。

(5)折线式检波电路

本电路是由四只二极管2AP27、直流100μA表头以及有关元件组成的桥式检波电路。它将第二组合放大器输出的交流5V信号整流为直流信号，控制表头满刻度偏转。其电路结构如图1-8所示。

理想的交流有效值电压表的检波电路应选用平方律检波电路，即有效值检波电路，然而由于这种电路受选用元件的限制或电路结构复杂而不便应用。其常用的检波电路有直线式检波电路，即平均值检波电路，但这种电路在指示非正弦信号时将造成较大的误差。本仪器选用的是折线式检波电路，它的工作特性介于有效值和平均值检波电路特性之间，因此常称作准有效值检波电路。其检波特性如图1-9所示。

折线式检波特性随R₄₈和R₄₉的阻值不同而变化，形成折线特性。实际上，R₄₉阻值应包括表头内阻和R₅₀的因素在

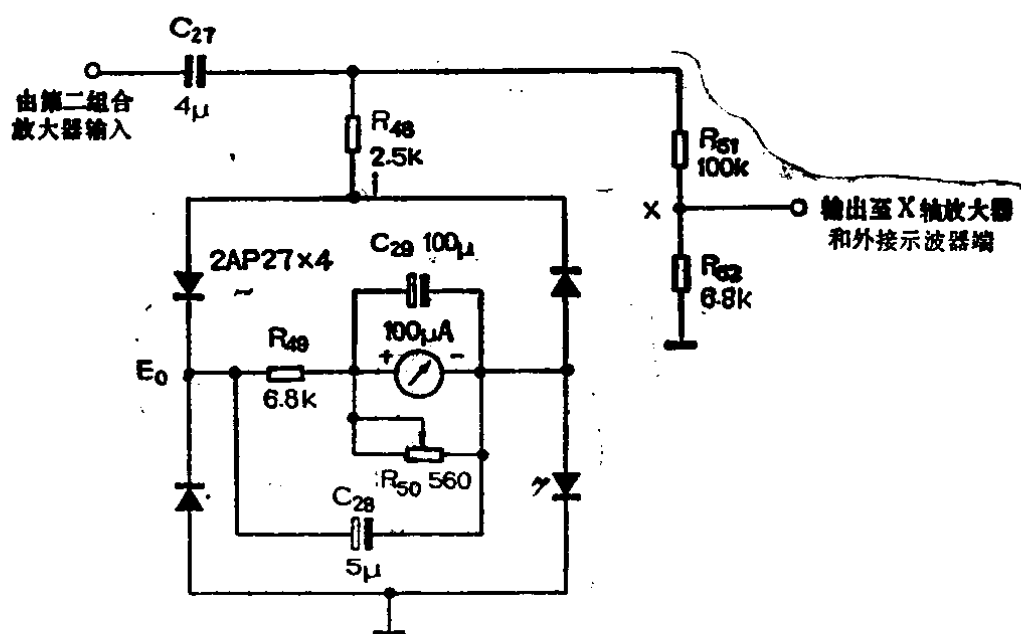


图 1-8 折线式检波电路

内。

折线式检波特性曲线由图1-9中直线(I)和(II)组成。(I)线段随 R_{49} 的变动而增减，(II)线段随 R_{48} 而变化。实验确定当其比值约为2—4时，所形成的检波特性与有效值检波特性比较，当被测非正弦波的波峰系数小于3时，其误差保持在 $\pm 5\%$ 以内。 R_{49} 与 R_{48} 的比值约为2.5倍。它对常见的非正弦波，如三角波、方波、双正弦波，高斯噪声等的指示误差与指示正弦波比较，误差小于 $\pm 3\%$ 。

由于 C_{28} 两端电压 E_0 是随输入信号的幅度变化的，而 R_{48} 是

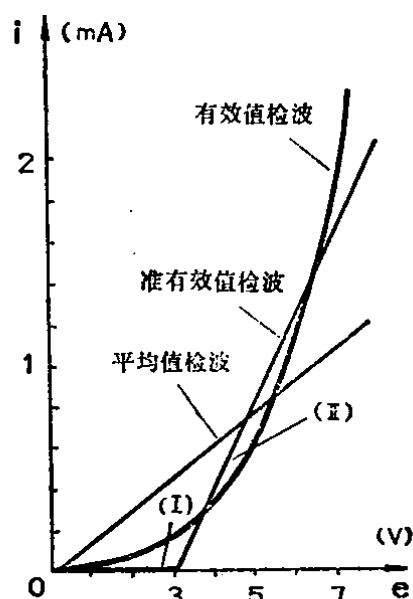


图 1-9 三种检波电路的工作特性曲线

固定的交流负载，于是就形成了一簇检波曲线，如图1-9所示。这种特性造成表盘上分刻度的近似线性，实测证明与有效值检波特性相较有固定的误差。

图1-10的绘制是依据对图1-8电路的测量和计算取得的。以正弦信号为例，当被测信号的有效值为1V时，第二组合放大

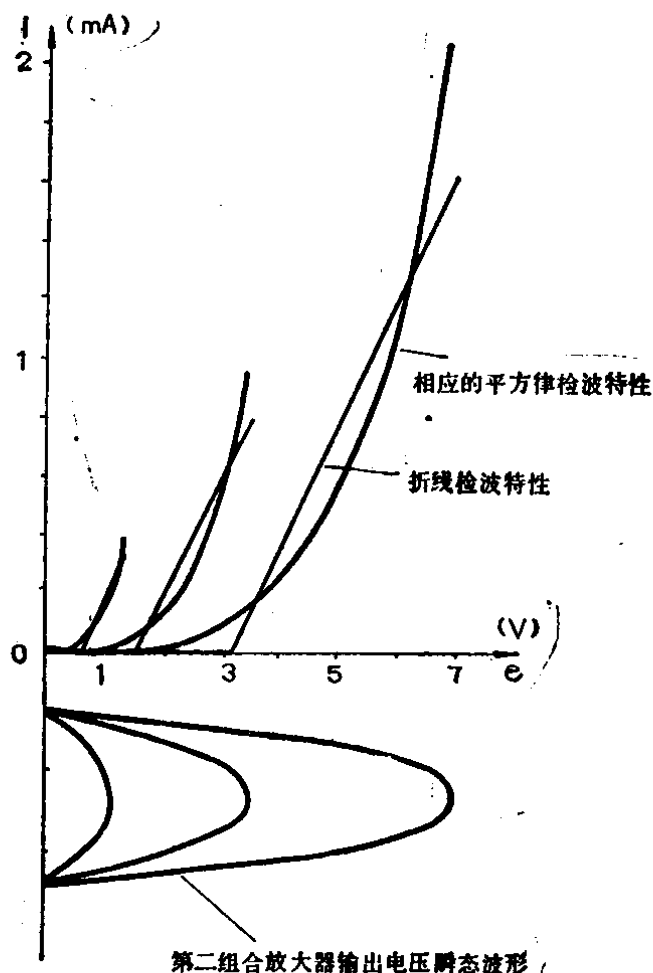


图 1-10 折线检波曲线簇

器输出电压的有效值为 5 V，其峰值为 $\sqrt{2} \times 5 \approx 7 \text{ V}$ ，电表指示值为满度值 1 V。用万用表测得 E_0 值为 3.1 V，同时用万用表测得通过 R_4 中的检波电流为 $440 \mu\text{A}$ ，计算得：

$$\text{峰值电压} = 1.41 \times 5 \approx 7 \text{ V}$$

$$\text{瞬时电流} \approx \frac{\text{峰值} - E}{R_{48}} = \frac{7 - 3.1}{2.5K} \approx 1.62mA$$

当输入被测信号的有效值减小时，相应的在电压表中的指示值也将下降。 E_0 和检波电流也相应下降，其瞬时电流值也将下降。按上述过程分别测出在不同输入信号时的10个检波电流值和 E_0 值，同样按上述方法算出电压表指示为1 V、0.5 V、0.2 V时的瞬时电流值，如表二所列。依表二绘制图1-10三组特征曲线，与有效值电压表指示对比表明，在电压表指示不同分度情况下，误差均在 $\pm 3\%$ 以内。

SZ-3型失真度测量仪的电压表指示与有效值电压表、BS1型失真度测量仪电压表（系折线检波特性）、VP770A型失真

表 2

电压表指示 (V)	第二组合放大器 输出电压有效值 (V)	峰 值 (V)	检波电流 (μA)	E_0 (V)	瞬时电流 (mA)
1	5	7	440	3.1	1.62
0.9			395	2.75	
0.8			340	2.45	
0.7			330	2.1	
0.6			250	1.75	
0.5	2.5	3.5	210	1.5	0.8
0.4			160	1.15	
0.3			120	0.8	
0.2	0.85	1.19	75	0.5	0.27
0.1			30	0.2	
0	0	0	0	0	0