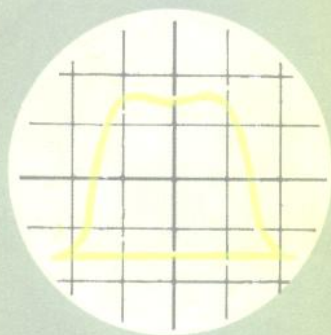




扫频仪的 原理与维修

王晓元 编著 · 人民邮电出版社

SAOPINYIDEYUANLIYUWEIXIU

73. 612 11/1

扫频仪的原理与维修

王晓元 编著



人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍了扫频仪（即频率特性测试仪）的工作原理、使用方法、以及对仪器的维修经验。

书中以广泛使用的BT—3型扫频仪为例，较详细地作了分析和介绍。对其他类型的扫频仪如BT—2型、BT—8型、BT—10型等，也作了一般介绍。本书可供使用和维修扫频仪的同志参阅。

扫频仪的原理与维修

王晓元 编著

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 1980年6月第 一 版
印张：6 8/32 页数：100 1980年6月河北第一次印刷
字数：141 千字 插页：2 印数：1—17,000 册

统一书号：15045·总2381-有506

定价：0.55 元

前 言

随着电子科学技术的发展，扫频测量技术日益被人们所重视。扫频仪（即频率特性测试仪）是在五十年代出现的一种新型仪器。目前在科研、教育和生产等单位已得到广泛的应用。

扫频仪能够直接显示被测设备电路的频率特性曲线，它与采用点频测量的仪器比较，具有快速、直观、准确、方便的优点。扫频仪可以测试宽频带放大器、调谐放大器、各种滤波器、有源或无源网络的频率特性，同时也可用来测试鉴频特性。

扫频仪的类型很多，但一般使用较多的是通用扫频仪，BT—3型扫频仪就是其中的一种。我们通过几年来的使用和维修，初步地摸索出一些经验。现以BT—3型扫频仪为例，对扫频技术的基本原理和扫频仪的使用、维修方法作一些介绍。在原理方面，对扫频信号发生器、频标信号发生器等单元电路分别进行了介绍；在应用方面，选用了一些比较典型的电路，简要叙述其测量方法；在维修方面，分析了一些常见故障的产生原因和排除方法。最后对其他类型的扫频仪也作了一些概括性的介绍，供读者参考。

在编写过程中，得到了北京东风电视机厂党委和有关科室特别是仪表组的大力支持和帮助，最后由刘金铎同志对书稿进行了全面地审校。在此一并致谢。

由于水平和经验有限，书中难免有缺点和错误，殷切期望广大读者批评指正。

作 者

一九七九年七月于北京

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 扫频仪的用途.....	(1)
第二节 扫频仪的分类.....	(1)
第三节 扫频仪的发展.....	(2)
第四节 扫频仪的术语与文字符号.....	(3)
第二章 电路工作原理	(7)
第一节 点频测量法.....	(7)
第二节 扫频测量法.....	(9)
第三节 扫频仪的组成部分.....	(12)
第四节 电原理方框图.....	(14)
第五节 扫频部分.....	(16)
第六节 频率标记系统.....	(42)
第七节 垂直放大器和显示部分.....	(46)
第八节 电源部分.....	(49)
第九节 衰减器.....	(52)
第十节 电缆探头.....	(53)
第三章 扫频仪的应用	(57)
第一节 面板旋钮和开关的作用.....	(57)
第二节 测试前的准备工作.....	(61)
第三节 测试前检查仪器的电性能.....	(61)
第四节 具体电路的测试方法.....	(63)

第五节	用扫频仪来查测电路故障·····	(80)
第四章	扫频仪的维修·····	(81)
第一节	扫频仪的故障分析·····	(81)
第二节	显示器和电源部分的常见故障·····	(85)
第三节	扫频部分的常见故障·····	(93)
第四节	频标系统的常见故障·····	(103)
第五节	对疑难障碍的检修·····	(107)
第六节	仪器的定期检修和调整·····	(108)
第七节	仪器的附加配件·····	(118)
第五章	几种常用扫频仪的简介·····	(121)
第一节	常用扫频仪的指标·····	(121)
第二节	主控部分的区别·····	(128)
第三节	磁调制扫频仪的比较·····	(131)
第四节	频标系统的区别和显示系统的区别·····	(133)
第五节	其他型式的扫频振荡器·····	(134)
第六节	XS-7型超高频频率特性测试仪·····	(149)
附录一、	有关的测试记录及参数·····	(152)
一、	扫频仪的测试记录表·····	(152)
二、	常用变容二极管电参数表·····	(152)
附录二、	BT-3型频率特性测试仪·····	(插页)
一、	电原理图·····	(插页)
二、	元件一览表·····	(162)
三、	变压器绕制数据·····	(169)
四、	各级电子管电极对地电压参考值·····	(170)
五、	仪器结构图·····	(172)
六、	仪器各单元部分的主要元件分布图·····	(173)
附录三、	BT-8型频率特性图示仪·····	(176)

一、方框图	(176)
二、电原理图	(插页)
三、元件一览表	(177)
四、变压器绕制数据	(188)
五、电子管各脚对地电压及对地电阻参考值	(189)
六、常见故障及其维修	(191)

第一章 概 述

第一节 扫频仪的用途

扫频仪，又称频率特性测试仪。它能够直接显示被测电路的频率—幅度特性。

一般示波器只能显示幅度与时间关系的曲线，而扫频仪由于把调频和扫描技术相结合，能显示频率与幅度关系的曲线，所以称它为扫频仪。其调频信号也称为扫频信号。

扫频仪可以用来测定调谐放大器、宽频带放大器、各种滤波器、鉴频器、以及其他有源或无源网络的频率特性（即频幅特性的简称）。在这种测试中，它利用示波管直接显示被测电路的频率响应曲线、摒弃了传统的逐点测试方法，因而对无线电通信、广播电视、雷达导航、卫星地面站等设备的测试、以及有关电路的分析和研究，提供了方便。

第二节 扫频仪的分类

扫频仪的分类有以下几种方式：

一、按组成形式分

有显示器的：如BT—3型频率特性测试仪、BT—8型频率特性图示仪等。

没有显示器的：如QF774型扫频振荡器、XS—14型扫频信号发生器等。

二、按用途划分

有通用扫频仪、专用扫频仪、收音机统调图示仪、电视机统调仪、载波通信专用扫频仪、阻抗图示仪、微波综合测量仪等。

三、按频率划分

按仪器使用的频率范围来划分，有收音机中频（即465 KHz）图示仪、电视机视频扫频仪等。

第三节 扫频仪的发展

早期测量频率特性是用不同频率的信号来进行单点测试，叫点频测量法。这种测试方法操作繁琐、工作效率低，不适应现代化生产的需要。为了解决这个矛盾，早在四十年代就有人提出扫频测量技术的设想。到五十年代出现了用机械方法产生扫频信号的扫频仪，以后随着电抗管的出现，人们又利用电抗管来产生扫频信号。由于扫频测量法可以大大简化测量操作、提高工作效率，达到快速、直观、准确、方便的目的，在生产上得到很大的应用。但是，用上面两种方法产生的扫频信号频率很低，还满足不了测量的需要，所以当时没有得到广泛地应用。

到六十年代，由于铁氧体的出现，用铁氧体作为扫频振荡器的元件，使扫频信号的频率范围展宽了，这种型式的扫频仪现在已被普遍应用。此后，由于新型元器件的制造成功，如返

波管、YIG磁球（即钇铁石榴石）、变容二极管等相继出现，为扫频技术的发展开拓了新的途径。随着现代电子技术的不断发展，如雷达技术、微波通信、卫星地面站等电子装备出现，对扫频测量技术又提出了新的要求，所以又制作了多种类型的专用扫频仪。

今后扫频仪的发展趋向是小型化、多用性及宽频带化。仪器的小型化主要是新型元器件的应用，它与其他电子仪器发展的途径一样，由电子管、晶体管、集成电路，发展到固体器件的应用，最后达到整机的大部分电路固体化。仪器的多用性是指一机多用，一台扫频仪不但可以作频率特性的测量，而且还可以兼作其他仪器使用，如测量电压、频率、波形、以及频谱等。目前，扫频仪的频率范围还不够宽，随着新型元件的出现，扫频仪的频率范围必将进一步扩大。

第四节 扫频仪的术语与文字符号

一、扫频仪常用术语简介

1. 光点

示波管屏幕受到电子束射击出现的亮点。

2. 辉度

屏幕上光迹的发光强度。

3. 聚焦

控制电子束会聚为一个明亮的小光点称聚焦。通常与“辅助聚焦”配合调节。

4. 频带宽度

放大器的功率增益降低到中心频带增益的0.7倍的频率，称

为截止频率，截止频率上限和下限的频率之差，称为此放大器的频带宽度。

5. 信号

信号是指按时间变化的电压或电流。信号有三个基本指标，即持续时间、频带宽度和强度。

6. 灵敏度

指偏转灵敏度，就是在有效显示屏幕内，显示信号能力的额定因数，以 mV/cm 或 mV/div 为单位。

7. 增益

放大器的增益是：放大器把电压、电流或功率电平增高的数量，通常指电压、电流或功率的输出量与输入量之比，即放大倍数。

8. 衰减

信号在传输系统中，量值的减小称为衰减。

9. 衰减器

能对规定的频率范围给出同一数值的衰减量，这样的网络叫衰减器。

10. 匹配

匹配是指负载阻抗与激励源内阻抗相等而得到最大功率输出的一种工作状态，否则就称为失配。

11. 移相器

就是改变电压或电流相位的装置，通常由阻容元件所构成。

12. 移相网络

只产生移相而不产生衰减的网络。

13. 稳定性

指扫频仪在测试网络特性时，长时间保持波形稳定的能

力。

14. 幅度频率特性

网络的输出电压幅度 U_2 与输入电压幅度 U_1 之比，一般是频率的函数，称为网络的电压幅度频率特性，简称为幅频特性。表示为：

$K(\omega) = \frac{U_2}{U_1}$ 。同样可以表示出电流的幅频特性。幅频特性可以画成曲线，把频率作为横坐标，电压幅度为纵坐标，这样画成的曲线称为幅频特性曲线。

15. 频率特性

幅频特性和相频特性两者合称频率特性。当不指明幅度或相位时，一般幅频特性就叫频率特性。

16. 扫频信号发生器

信号发生器产生的信号，其频率能随时间在一定范围内作线性变化的，称为扫频信号发生器。

17. 中心频率

是指扫频仪的扫描信号从低频到高频之间的中心位置的频率。

18. 频偏

指在调频波中的瞬时频率与中心频率之间的差值。

19. 寄生调幅

理想的调频波应为等幅波。当调频波的振幅由于某种原因而产生变化时，这种振幅的变化就称为寄生调幅。

20. 调频非线性

就是在屏幕有效显示面内产生的频率线性误差，在屏面上表现为扫频信号的频率分布不均匀。

二、文字符号表

表 1-1

符 号	代 表 意 义	符 号	代 表 意 义
V	伏特	Hz	赫芝
KV	千伏 10^3 伏	KHz	千赫 10^3 赫
mV	毫伏 10^{-3} 伏	MHz	兆赫 10^6 赫
μV	微伏 10^{-6} 伏	GHz	千兆赫 10^9 赫
A	安培	S	秒
mA	毫安 10^{-3} 安	ms	毫秒 10^{-3} 秒
μA	微安 10^{-6} 安	μs	微秒 10^{-6} 秒
nA	毫微安 10^{-9} 安	ns	毫微秒 10^{-9} 秒
Ω	欧姆	m	米
$K\Omega$	千欧 10^3 欧	cm	厘米 10^{-2} 米
$M\Omega$	兆欧 10^6 欧	mm	毫米 10^{-3} 米
H	亨利	f	频率
mH	毫亨 10^{-3} 亨	f_0	中心频率
μH	微亨 10^{-6} 亨	Δf	频 偏
F	法拉	B	通频带宽
μF	微法 10^{-6} 法	f_{max}	最高频率
PF	微微法 10^{-12} 法	f_{min}	最低频率
VA	伏安	$V_{\text{峰}}$	电压峰峰值
W	瓦	M	寄生调幅系数
AC	交流	r	非线性系数
DC	直流	f_0	图象载频
dB	分贝	f_s	伴音载频
N	奈培	f_{sc}	色付载频

第二章 电路工作原理

第一节 点频测量法

为了便于叙述扫频仪的基本原理，首先从点频测量法谈起。

点频测量法是原始的方法，它对被测设备电路的频率幅度特性测试，一般按图2—1连接。信号发生器应输出一定幅度的正弦信号，并能满足被测电路频率范围的要求。用电缆或引线送至被测电路的输入端，在输出端连接一个指示器，指示器一般为高频电压表。机

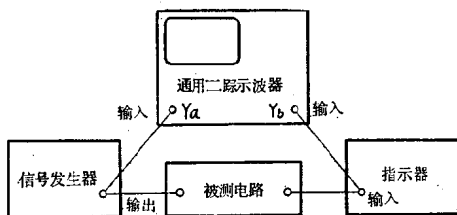


图 2—1 点频测量法的仪器连接

间连接应该注意阻抗的匹配，如有条件，可用通用二踪示波器分别监视输入和输出的信号波形和幅度的变化情况。

测试时先从频率低端开始，送出的信号幅度应保持不变，信号通过被测电路后，在指示器上可以得到一个数值，把这个数值记下来，然后按一定间隔提高频率，用同样的幅度送出信号，并记下输出端指示器上的数值，依此类推，一直达到所需测试的频率高端为止。最后把这些数值用座标纸画出来，一个数值一个点，取其适中位置连接各点，绘制成平滑的曲线，这就

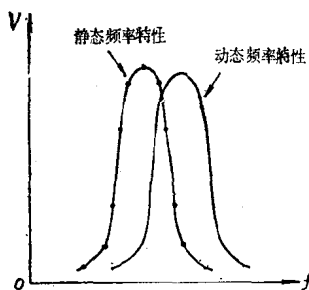


图 2—2 LC谐振回路的频率特性

是被测电路的频率特性曲线，如图 2—2 所示。用点频测量法绘制成的曲线，叫静态频率特性曲线。

点频测量法虽然简单，但由于测试频率是不连续的，如果正好在某两点之间频率特性有突变的情况，那么就会造成被测电路的缺陷。如要更详细和更准确地反映频

率特性曲线情况，那么测试点的间隔就要尽可能的小，测试点的数目应当尽可能的多，越多就越趋正确，这样势必大大地增加工作量，延长测试时间，所以它存在以下缺点：

1. 测量工作繁琐，测试时间长，如果测得的频率特性不合要求，在被测电路中稍改动一下器件或元件数据，又要重测一次，如此反复以得到符合要求的频率特性曲线，则花费的时间就更多。

2. 用单点测试和用扫频测试相比较，对具有高品质因素的 LC 谐振回路的频率特性，测量结果会有一定差别的，可参见图 2—2。由于 LC 电路存在着惰性，所以测试结果就不同，扫频信号是连续变化的，扫频测量法测得的叫动态频率特性，所得结果和电路正常工作状态相近似。

在图 2—2 中画出了某一个 LC 谐振回路的两种频率特性。

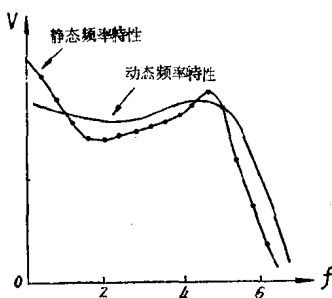


图 2—3 电视机的视频放大频率特性曲线

频放大器的测试情况，它所反映的两种频率特性也有一定的差别。

第二节 扫频测量法

扫频测量法是在点频测量法的基础上发展而来的。人们想从繁琐的操作中解脱出来，使逐点移动频率的速度快一些，开始用手摇的办法，使它在一定的频率范围内连续地从低端向高端变动。后又改进用电机来带动、藉以改变振荡槽路的电容量或电感量，其电机转速同步于扫描的频率，这样周期性地自动地连续变化，再配合与之同步工作的显示器，就能显示出波形来，这就是原始的机械式的扫频信号发生器。

此后，又不断研究了多种形式的调频方法来产生扫频信号，如电抗管式、磁调制式、变容二极管式等，以便满足新技术的需要。

扫频测量法的测试简要方框图如图2—4所示。扫频信号发生器送出扫频信号至被测电路后，在显示器上可以观察到被测电路的频率特性曲线。

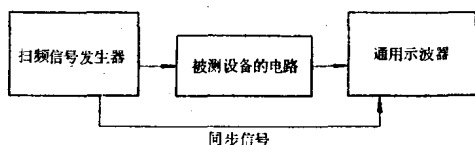


图 2—4 扫频测量简要方框图

图2—5和图2—6分别表示调幅信号和调频信号调制过程的波形图。其中低频信号（如音频信号或视频信号等）称调制信号。高频信号称为载频信号（它在传输过程中仅起“载运”信息的作用）。使高频信号的某一参数，如振幅、频率或相位三者中的一个，随调制信号的变化而变化，这个过程就叫作调制。

如果在调制时，只改变高频信号的振幅，而不改变它的频

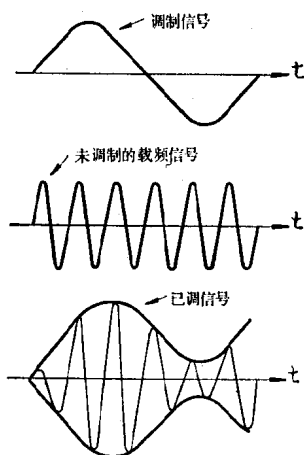


图 2—5 调幅信号波形

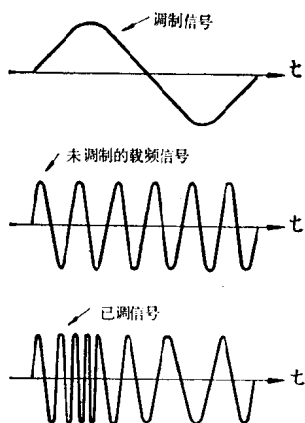


图 2—6 调频信号波形

率和相位，那末，这种调制就称调幅，如图2—5所示。

如果在调制时，使高频信号的频率变化与调制信号幅度的变化成正比，那末，这种调制就称调频，如图2—6所示。

如果在调制时，仅使高频信号的相位变化与调制信号幅度的变化成正比，那末，这种调制就称调相。

由图2—6中可以看出，在调频时，在调制信号的振幅最高处，对应于“已调信号”的频率最稠密处；而在振幅最低处，对应于频率最稀处。

在调频时，频率由低端到高端周期性地连续变化（在扫频仪中叫扫频），其频率变化的范围称频率偏移，简称频偏。在频偏的中心位置的频率，称为中心频率。在扫频仪中，希望有较大的频偏，并可以连续调节其变化范围。

扫频测量原理的简单方框参见图2—7(a)，图(b)为波形的变化过程。