

# 行波管输入输出特性动态测试\*

任裕安 刘涌铨

(中国科学院电子学研究所)

## 提 要

输入输出特性是行波管的基本特性,是用户正确设计整机系统所需要的资料;如用逐点测试法来测取,既费时又易遗漏特性的异常部分。本文提出的行波管输入输出特性曲线族的测试方法,能同时显示行波管在各极电压适当搭配下的特性曲线族,并能便捷地确定出每一行波管的工作点。

## 一、前 言

输入输出特性是行波管的基本特性之一。用户为了能正确确定行波管工作点,合理设计整机系统,需要一系列这种特性曲线,以表征各种情况下的输入输出特性。以往我们在测试中是采用逐点测量,对于熟练的操作者来说,测量一组曲线需几十分钟。由于是逐点测量,因而测试时间很长,而且还很可能漏掉曲线的异常部分。我们提出的实验方法就是试图连续地显现不同情况下的输入输出特性,快速无误地反映出行波管的性能。

## 二、输入输出特性逐点测试法

按图1的测试系统,固定行波管的一组工作电压,用可变衰减器控制行波管输入信号的大小,记录下对应每一输入功率值下的输出功率值,再绘制成曲线。然后换用另一组工作电压,重复上述步骤,就可得到另一条曲线。这样重复下去就得到一族曲线。最后由曲线族来确定工作点和观察不同电压下输入输出特性的变化。

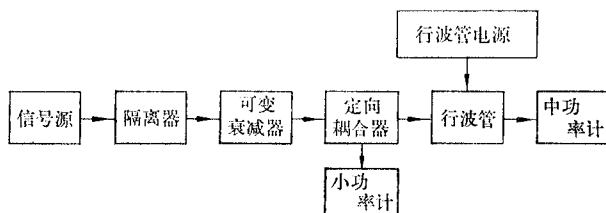


图1 逐点测试所使用的系统方框图

\* 1979年2月1日收到。

### 三、连续测试法

按图 2 的测试系统,单根输入输出特性曲线就可以用示波器显示出来,也可以用 X-Y 记录仪记录下来,这样做比用逐点测试法既快速又直观。这个系统的关键元件是电调衰减器。我们采用的是 PIN 电调衰减器。

PIN 管的特性之一是,当加在它两端的直流电压变化时,它对微波的吸收量也变化。用 PIN 管做成的电调衰减器的特性如图 3 所示。我们用它来控制行波管的输入信号,使行波管的工作状态由小信号到饱和工作状态作周期变化,便能在示波器屏幕上显现出输入输出特性曲线。

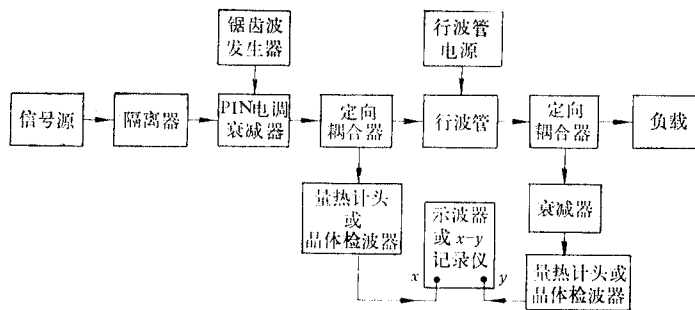


图 2 连续测试用的系统方框图

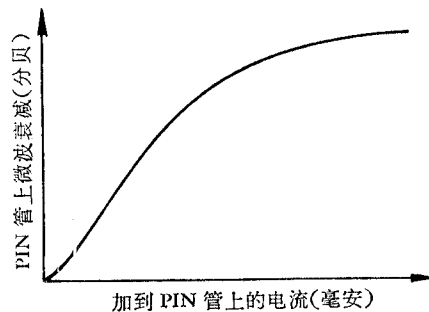


图 3 PIN 管的衰减量与调制电流的关系

原则上,调制 PIN 管可以采用任意波形的电流,我们采用的是锯齿波电流,因为这样比较容易与其他系统搭配。

### 四、输入输出特性曲线族的自动显示

行波管在实际使用中,各极电压应有一个最佳的搭配,使能在线性度最好的情况下得到最高的工作效率。而行波管的电极较多,一般都有 4—5 个,用逐点测试法确定各极电压之间的最佳搭配就比较困难。用我们提出的方法,把特性曲线自动地显示出来,就比较

好地解决了这个问题。

在测试过程中,我们发现行波管的螺线电压对输入输出特性、相位、交调和增益波动等参数的影响比较大,即使变化量很小,影响也很显著。为了观察螺线电压的微小变化的影响,我们在螺线电源上串接一个晶体管电压可调稳压电源,这样我们可以在固定的高稳定的螺线电压下(约 1800 伏),得到 1 伏的微小变化量。每变化一个微量电压(例如 1 伏或 5 伏)可以测量一根曲线。在这种串接电源方案的启发下,我们联想到如果用一个阶梯波电源代替直流晶体管可调稳压电源,每级阶梯差 2—5 伏,便可以在示波器的屏幕上同时显示出一组曲线族。这曲线族表示不同螺线电压下的输入输出特性,在图形上与普通

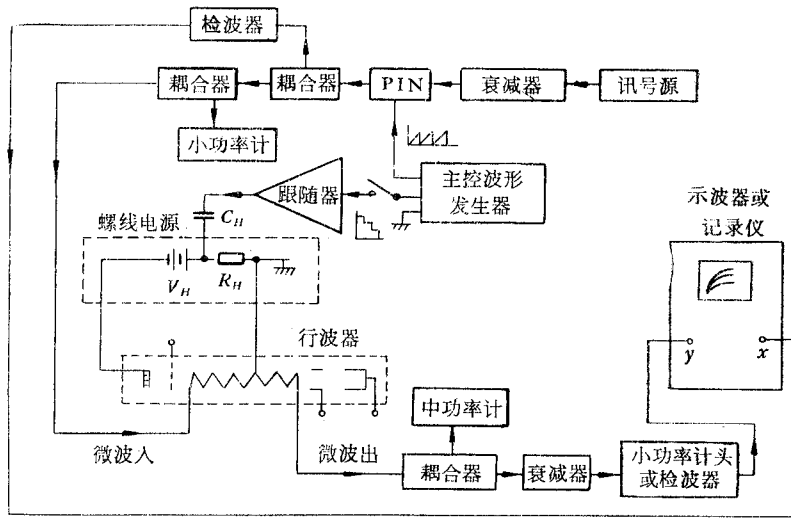


图 4 输入输出特性曲线族自动显示系统示意图

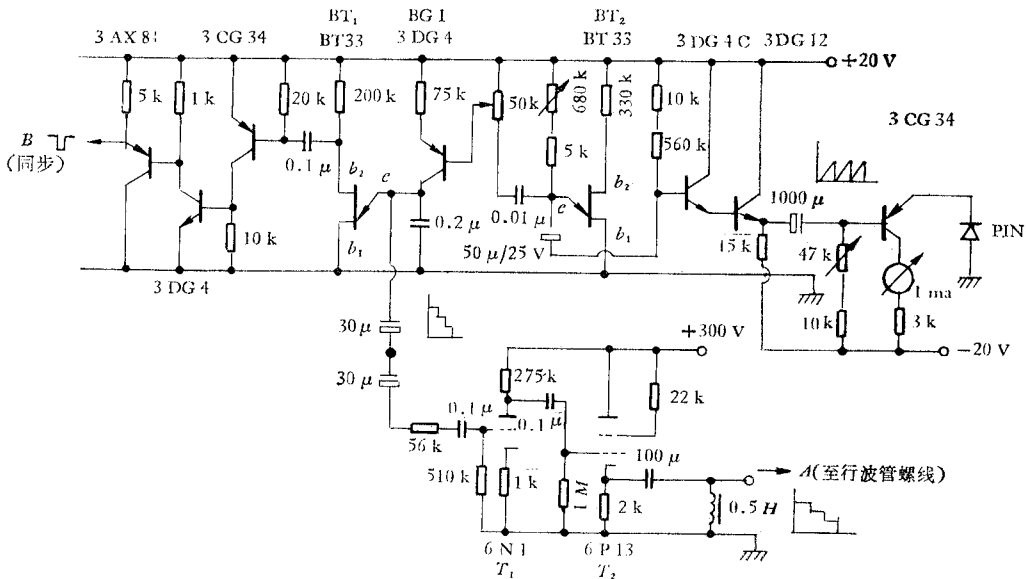


图 5 锯齿波发生器、阶梯波发生器和射极跟随器电路图(文献 [2])

多极电子管的伏安特性曲线相似。测试系统的原理图示于图 4。利用图 4 的测试系统也可以观测其他电极电压,如集电极电压、阳极电压等对输入输出特性的影响。这个系统既直观又便捷,可以在极短的时间内确定出行波管的工作点。

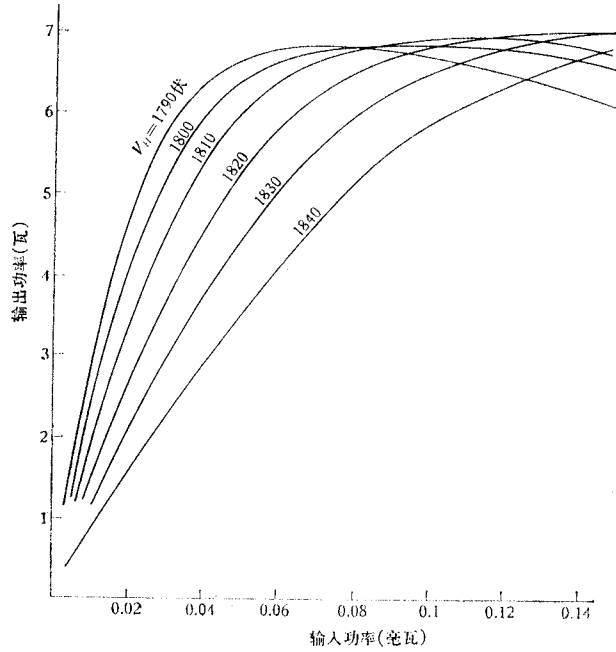


图 6 用图 4 系统测得的某通信用行波管的输入输出特性曲线族(双级降压集电极,各极电压固定,仅以螺线电压为参数)

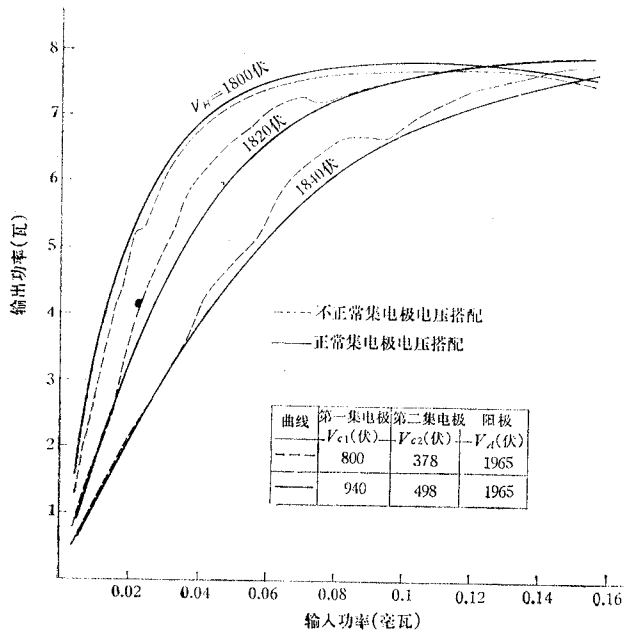


图 7 用图 4 系统测得的某通信用行波管的输入输出特性曲线族(双级降压集电极,集电极电压的不同搭配对特性的影响)

图 4 所示测量系统的关键电路部分是波形发生器电路, 我们采用的电路示于图 5.  $BT_1$ 、 $BG_1$  和  $BT_2$  是波形发生器,  $BT_1$  产生的阶梯波输出送到  $T_1$  放大后, 经阴极输出器  $T_2$  送到行波管的螺线电压端, A 与地之间就成为螺线电源的串接低压电源部分, 由  $BT_2$  产生的锯齿波经放大后接到 PIN 电调衰减器, 以控制行波管的输入微波信号. 显然, 阶梯电压的每一阶梯所占的时间要恰好等于锯齿波周期. 这样, 用阶梯波作为螺线电源的微波变部分, 用锯齿波调制 PIN 电调衰减器, 正好符合显示行波管输入输出特性曲线族的要求. 测得的行波管输入输出特性和集电极电压对特性的影响示于图 6 和图 7.

用图 4 的系统, 以双波信号源代替输入信号源, 并在行波管的输出回路上接一微波接收机, 接收机的检波输出送到示波器的 Y 轴上. 调节接收机的本振, 使接收到双波信号经过行波管放大后产生的三次交调分量, 就能迅速地观测到不同的行波管电压搭配对三次交调的影响.

用图 4 系统只能定性地观测行波管各极电压对输入输出特性及三次交调的影响. 如要作定量地观测, 则需对图形座标作细致的定标工作.

参加这个系统的设计、安装和调试的人员还有李森、吴静贤、颜永平等同志.

### 参 考 文 献

- [1] W. E. Kunz, J. H. Foster and R. F. Lazzdrini, *Microwave J.*, **10** (1967), 41.
- [2] 高福文, 无线电, 1973 年, 第 3 期, 第 21 页.