

阴极直耦驱动型

2A3甲乙类推挽放大器

□ 徐 岩

本文介绍一款输出管选用2A3、驱动级选用双三极管12BH7A构成阴极输出器直接驱动输出级的甲乙类推挽放大器。最大输出功率可达18W。

一、电路

图1是该功率放大器的电路图。放大电路由四级放大级组成。输入端接有音量电位器，其他分别是输入级、阴极耦合裂相级、阴极输出器构成的驱动级和输出级。输入级与裂相级之间采用直接耦合，驱动级与输出

级之间也同样采用直接耦合，而裂相级与驱动级之间采用交流耦合。从裂相级板极电路开始至输出变压器初级绕组为止，电路具有上下对称的特点。

输入级的作用是电压放大，采用栅极输入板极输出的倒相放大器，选用双三极管12AX7作放大管，为了增大放大量，将两个三极管并联使用，栅极偏压采用自给偏压。整个放大器的大环路负反馈信号从输出级的阴极电路输入。

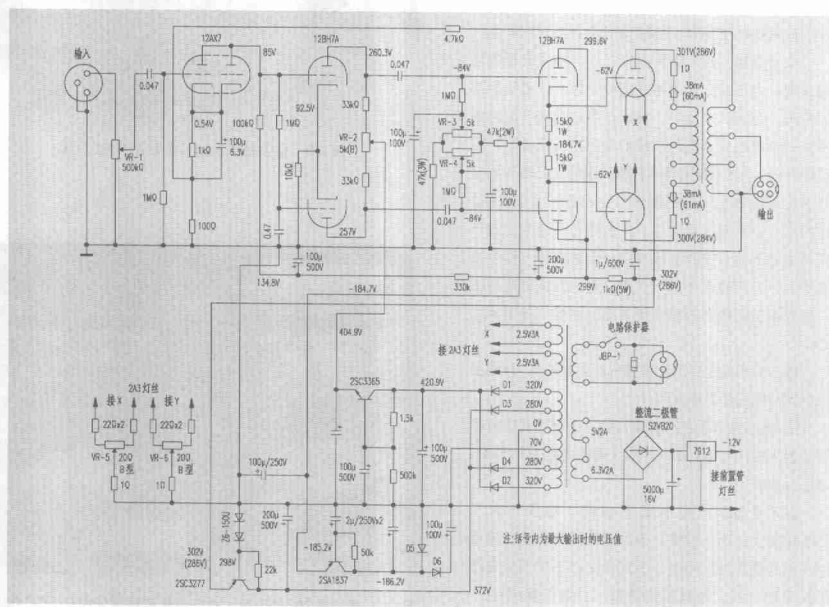


图1 2A3推挽功率放大器的电路图

输入级之后是裂相电路,该机的裂相电路采用阴极耦合裂相电路,输出的相位相反的两个信号由两个三极管的板极分别输出。该级选用12BH7A,在电路图中上面的三极管是共阴极电路,下面的三极管是共栅极电路。共阴极和共栅极电路间的信号耦合,是借助于两管共用的阴极电阻来完成的。为了使裂相电路在工作时能达到平衡,即两个三极管板极输出的音频信号相位相反但振幅一致,两个三极管的板极负载电阻的值应该下边比上边稍大。这里为了便于调整,在上下两个三极管板极负载电阻33k Ω 之间接入了一个5k Ω 的电位器。在调整时只需旋动电位器就可很方便、准确地实现上下两个放大电路的输出幅度完全一致。输入级和裂相级间的耦合采用常见的直流耦合方式,裂相级的工作点是由输入级的板极电位决定的。改变输入级的工作点,改变12A7 \times 7的板极电压就可以改变裂相级的工作点。

该放大器的输出管驱动方式采用直接驱动方式。输出管的直接耦合驱动有两种方式,即分为阴极输出器驱动和板极输出器驱动(所谓的罗夫亭——怀特电路)两种。这里采用阴极输出器直接驱动输出管2A3,是因为阴极输出器在阴极电路中引入有很强的直流负反馈,所以输出的直流电压非常稳定。也就是说,为输出管2A3提供的栅偏压非常稳定。即使是阴极输出器所用的真空管出现电子发射能力严重下降等故障时,阴极输出器输出电压的变化只会使输出管截止,不会导致输出管板极电流骤然增大的状况。如果采用罗夫亭——怀特电路情况则正好相反,当驱动管电子发射能力下降时,输出管的工作点将向板极电流增加的方向偏移,存在有输出管板极电流突然增大的危险。若使用板极输出器做直流驱动级,必须针对这一问题采取相应的防范措施。

对于阴极输出器和阴极耦合裂相电路这样的电路来说,由于真空管的灯丝和阴极间的电位差较大,对一般的双三极管来说灯丝和阴极间的耐压不高,即使在制作时可以获得良好的结果,但是在使用了一段时间之后往往会因灯丝与阴极间的绝缘被击穿而产生故障。

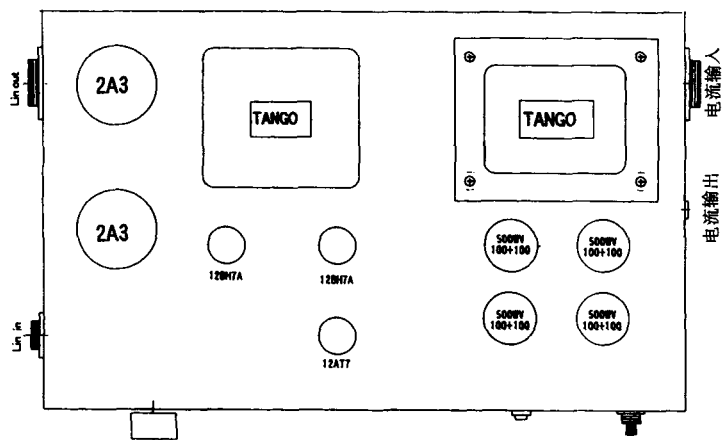


图2 该放大器的金属底板

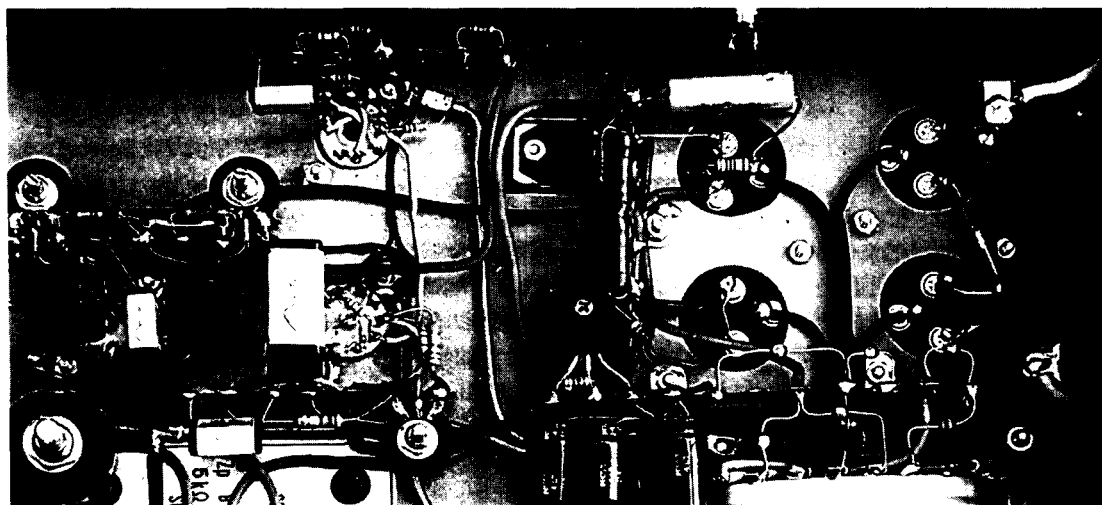
所以对这类灯丝阴极耐压不高的真空管来说,以不采用为好。在该放大器中作为裂相管和驱动管选用的是可在黑白电视机的垂直扫描电路中担任输出管的12BH7A,该管灯丝与阴极间的耐压高,在这种状态下使用不会出现灯丝与阴极间的绝缘被击穿的故障。

用阴极输出器直接驱动输出管2A3,具有安全、稳定性好的优点,只要所提供的负C电压的处理不出错,电路就不会出现什么问题。

在驱动级电路中,阴极电阻接-185V的直流负电压,并用一套分压电路对-185V的负电压进行分压,并经电容器滤波后为驱动管12BH7A的栅极提供栅偏压,栅偏压设计为-84V,其大小可以通过接在栅极电路中分压电路的电位器VR3和VR4分别调整。输出管2A3所需的-62V栅极负偏压就是通过调整电位器VR3和VR4,改变流经阴极输出器阴极电阻上的电流来实现的。

下面谈谈电源电路。该机所用的电源变压器是市场出售的成品电源变压器,设置有5.0V、6.3V、2.5V、2.5V四组灯丝绕组和280V、320V、70V电压输出的高压绕组。为了改善B电源的滤波性能,又使滤波电路小型化,该机的B电源滤波电路没有使用体积较大的扼流圈进行滤波,而是选用了电子滤波电路和简单的串联调整稳压电路。带中心抽头的320V交流电压经全波整流之后在滤波电容器两端可产生420V左右的直流高压,为了滤除直流高压中携带的脉动成分,在滤波电容器的后面接入了一个用晶体三极管2SC3365构成的电子滤波电路,其输出直流电压约为405V。在2SC3365的集电极和发射极之间有15V左右的压降。输出的405V直流高压主要供裂相级使用。

280V的交流电压经全波整流之后在滤波电容上产生370V左右的直流高压,为了使滤波器的输出电压的变化量尽可能小(放大器输出功率变化时,滤波器的输出电压也随之变化),所以这里没有使用电子滤



照片1 底板内部

波器,而是使用了简单的稳压电路,用 $22\text{k}\Omega$ 电阻和稳压二极管构成的稳压电路稳定大功率晶体三极管的基极电压,从而使发射极的输出电压保持稳定。该简单稳压电路的输出电压设计为 300V ,直接供给输出级使用。由于没有找到合适的 300V 的稳压二极管,所以在电路中使用两只 $26\sim 150\text{V}$ 的稳压二极管串联。经实验证明,用简单的稳压电路替代电子滤波器,可以对放大器在接近最大输出功率时的失真率特性有所改善。

由于输出管2A3采用固定偏压方式,阴极输出器必须为输出管提供一个大于 -62V 的栅极偏置电压。因此电源电路必须能提供一路负C电源。在该电源电路中负电压是利用电源变压器的 70V 抽头,经倍压整流、电子滤波器滤波后得到的。该负C电源的输出电压为 -185V 。

两只2A3用两组 2.5V 的灯丝绕组分别供电,三只双三极管所需的 12V 灯丝电压则是将 5.0V 和 6.3V 两组灯丝绕组串联后经桥式整流、电容滤波,再经三端稳压集成电路7912稳压后得到的 -12V 直流电压。

二、制作

电源变压器、输出变压器、滤波电容和五只真空管在金属底板上的布局如图2所示。

该机电子滤波器和简单稳压器所用的三只大功率晶体三极管均安装在底板内部,用小型散热片散热,或者直接固定在金属底板上,借用金属底板散热。值得注意的是,由于流过稳压器的电流较大,调整管2SC3277的发热较严重,如果散热措施不到位的话,稳压器的输出电压会随2SC3277的温度上升呈上升的趋势。照片1是该机金属底板内部的安装情况,左边是放大电路,右边是电源电路的四个电解电容器,由照片可清楚地看到,

该机将2SC3277用绝缘垫片绝缘后直接用螺钉固定在金属底板上,这样做的散热效果非常好,2SC3277温升很小,B电压在长时间工作后仍能保持不变。

由于2A3的高度较高,所以在安装2A3的管座时有意将管座安装在底板的内部,比底板的顶面下沉了 15mm 。这样做是出于对2A3管的安全考虑。

三、调试

在安装完成之后按下述步骤进行调试。

1.除灯丝 12V 电源之外,将B电源和负C电源的整流二极管断开。接通交流电源,用万用表检查灯丝电压是否为 $\text{DC } 12\text{V}$ 和 $\text{AC } 2.5\text{V}$ (此时真空管还未插入管座)。

2.上一步检查无误后关断交流电源,将金属底板放平,将真空管插入管座,接通交流电源,观察灯丝的点燃情况。旁热式真空管灯丝老化时间应在三小时左右,直热式真空管灯丝的老化时间应在十二小时以上。所以不关断电源开关,老化 $12\sim 24$ 小时。

3.关断电源开关,接通负压电源的整流二极管。接通电源开关,检查负压电源电子滤波器的输出电压,该电压应为 -190V 左右。

4.关断电源开关,将 300V 和 405V 两个B电源的整流器接通。拔下真空管,接通电源开关,检查电子滤波器和稳压器的输出电压是否正常。

5.插入输入级的12A $\times 7$ 和裂相级的12BH7A,在接通电源开关后检查各只三极管的板极电压和阴极电压是否与图1中所标注的电压值基本一致。

6.插入驱动级的12BH7A,开机后调整VR3和VR4使阴极输出器的输出电压为 -62V 。

7.插入输出管2A3,开机后用万用表检测B电压和

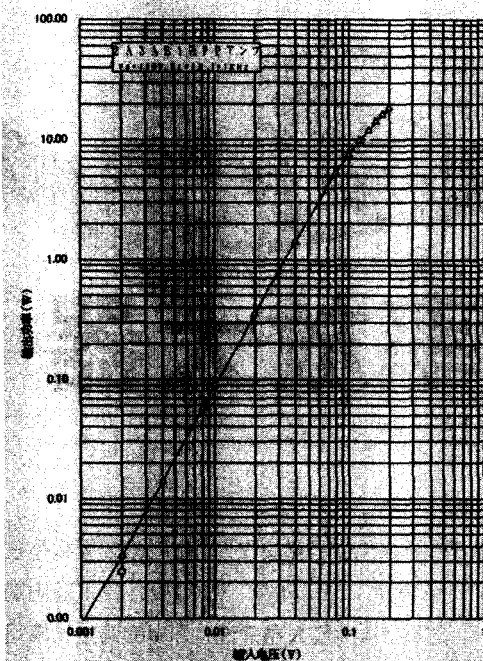


图3 输入输出特性

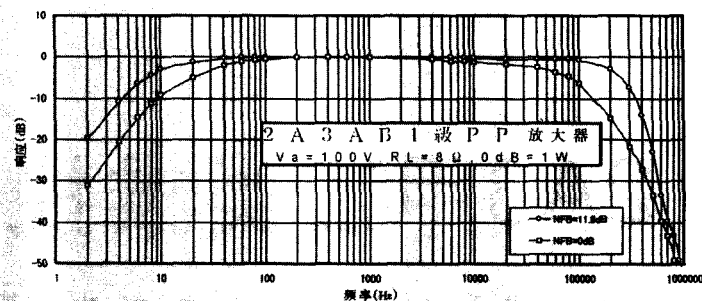


图4 振幅的频率特性

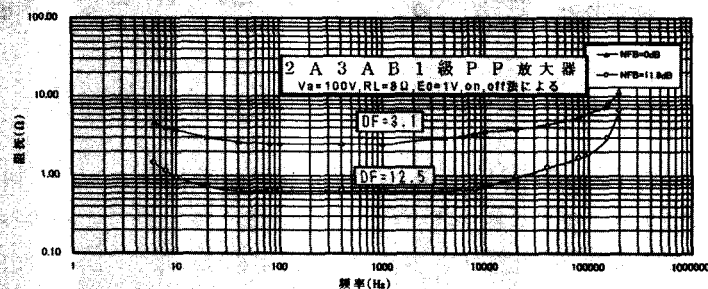


图5 阻抗的频率特性

流过2A3的板极电流（借助串接在板极电路中的 1Ω 电阻测量），正常情况下单只2A3的板极电流应在38mA左右。

8. 输入音频信号，用示波器观察，调节VR2使裂相级上下两路输出幅度一致。

在图1中标注出了该放大器各点的实测电压和电流值。括号内的数值是在最大输出功率时的实测电压和电流值。

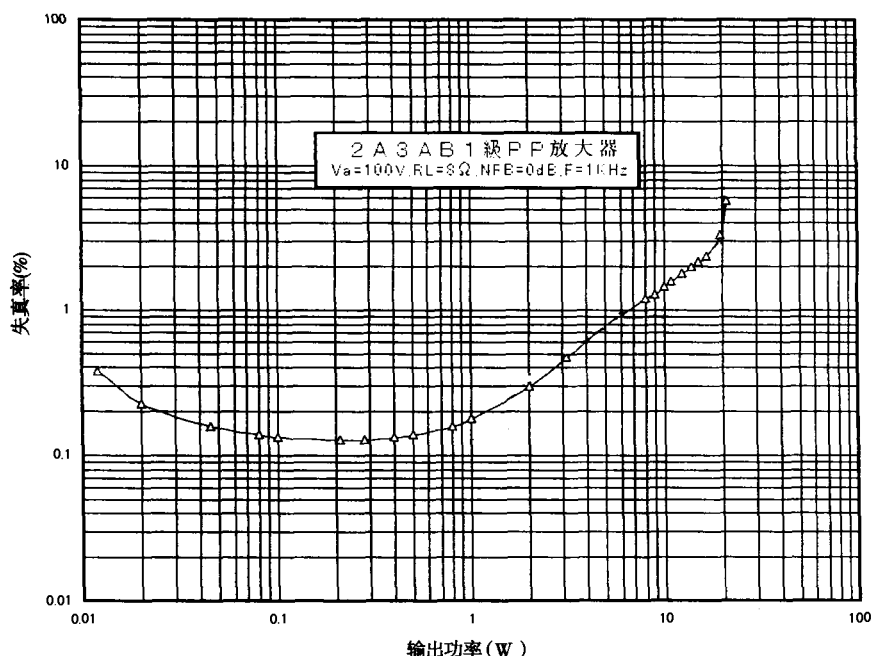


图6 失真率特性

四、特性

图3是该放大器的输入输出特性。由图可以看出输入电压和输出功率在绝大部分范围内均呈线性关系。将输入端的音量电位器旋至音量最大，NFB=0dB时的噪声电压为0.85mV，NFB=11.8dB时的噪声电压为0.35mV。

图4是该放大器的振幅频率特性。由图可以看出频率特性在带内是平坦的，低端和高端的衰减均很平滑，其特性不错。估计与2A3内阻小和板极特性优异有关。

图5是阻抗的频率特性。NFB=0dB时DF=3.1，NFB=11.8dB时DF=12.5。

图6 是该放大器的失真率特性。由图可以看出输出功率达到18.6W时输出波形仍未出现削波现象。[PAV]