



D 类功率放大器在水声发射机中的应用

孙 思 萍

(国家海洋局海洋仪器研究所)

1984 年 1 月 24 日收到

为了减小水声功率发射机的能源消耗,提高工作效率,用较小功耗的晶体管发射较大功率,采用晶体管 D 类功率放大器较为理想。实际应用中已得到了充分的证明。本文以实用电路为例介绍了电路基本特点和调试方法。

一、前 言

水声功率发射机在一切水声设备中是不可缺少的。随着电子技术的发展对其要求也越来越高。如输出功率大,体积小,效率高,工作稳定可靠,造价低等。水声发射机一般由信号源、控制电路,功率推动级,功率放大级和水声换能器组成。要达到输出功率大,效率高,则功率放大级成为关键的一环。前几年我们研制的水下声信标,在功率放大级采用乙类或甲乙类电路。功率管工作在伏安特性曲线的有源区,集电极电流和电压受基极注入信号的控制作相应的变化。这样在工作时晶体管要消耗相当一部分功率。就是在静态时,晶体管也要消耗一定的功率。这对提高放大器的效率受到了很大的限制。作为一个水下声信标,在电源能源有限的情况下,要长期在水下工作就变得很困难。作为大功率发射机,选用大功耗的管子也是问题。我们在水声发射机中采用了 D 类功率放大器。简化了电路,提高了效率,节约了能源,使水下信标长时间工作于水下成了现实;使大功率管的功耗减到最小。提高了电路工作的可靠性。

二、电路工作原理

D 类放大器的主要特征是使用矩形脉

冲^[1]。图 1 为水下声信标机的功率推动级及功率放大级电原理图。BG₁、BG₂ 组成推挽式电流开关型 D 类功率放大器。BG_{1,2} 是推动级, BG₁ 为推动前级。在没有信号来时,所有管子都处于截止状态。当信号来时, BG₁ 以开关的形式将信号传递给推动级。推动级以具有一定能量的矩形波激励功率放大级。这样 D 类功率放大器就将晶体管这个有源器件作为接通和断开的开关使用。晶体管工作在伏安特性曲线的饱和区和截止区。由于晶体管的饱和压降较小,使晶体管的功率损耗降低到最低限度。提高了放大器的能量转换效率。

三、电路器件的选取及电路调试

晶体管 D 类功率放大器的显著优点就是晶体管集电极的高效率。效率由下式决定^[2]:

$$\eta = \frac{V_{cc} - V_{ces}}{V_{cc}}$$

式中: V_{cc} 为电源电压, V_{ces} 为晶体管饱和压降。从式中可以看出,随着电源电压的升高 (u_{ces} 为恒定,很小。) 电路的效率可以很高。典型的可以超过 90%^[2]。要达到这个水平,设计调试电路时应注意以下几点。1. 欲使晶体管的损耗减到最小,提高电路效率,选择功放级晶体管是关键。图 1 电路采用饱和压降小,开关特性好的国产晶体管 3DD8F (或 3DD21D)。在

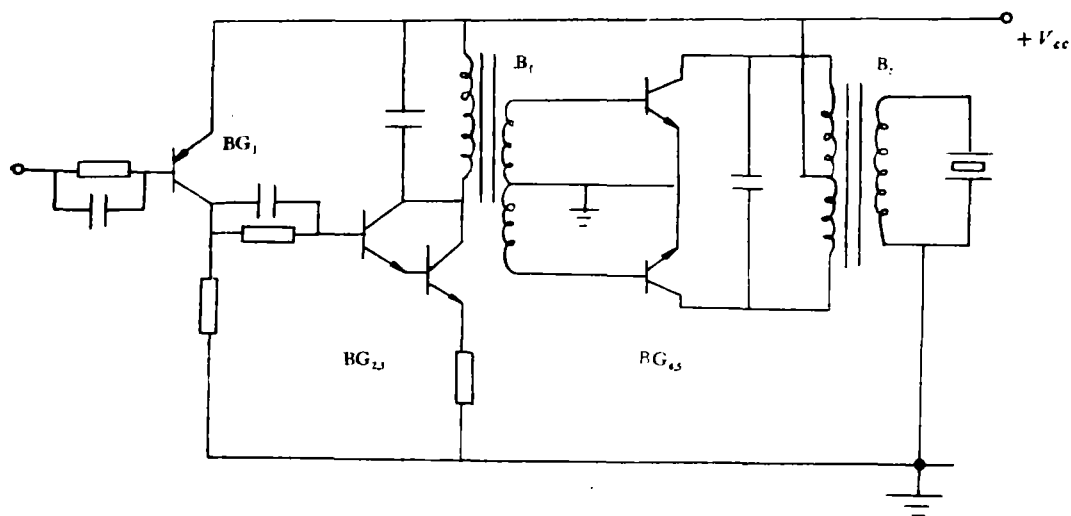


图1 水下声信标机的功率推动级和功率放大级电原理图

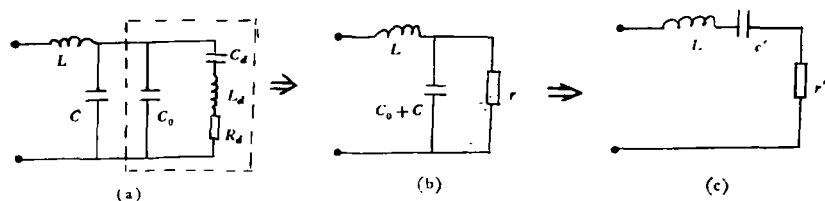


图2 换能器匹配网络

供电电压为 40.5 V, 输入电功率为 220 W, 输出电功率为 200 W 时, 晶体管集电极的损耗不到 20 W (因变压器有一定的损耗)。所以晶体管无需加散热片。2. D 类放大器的推动级必须具有较大的输出功率。所以电路采用了两只 3 DG 27 D 组成复合管。这样有效地提高了输入阻抗, 增大了推动功率。3. 输入输出变压器对提高效率影响也较大。本电路采用脉冲变压器。磁性材料选取 MXD-2000 罐形磁芯。

水声换能器的阻抗特性较复杂。每一个换能器有不同的特性。要使电功率有效地转换为声功率, 对换能器进行匹配是必要的。图 2 是换能器的匹配网络。(a) 中虚线内为换能器的等效电路。L、C 为配谐电感与电容。(b) 等效于 (a)。进行一下转换, 则变为 (c) 的形式, LC' 组成串联谐振。为了使电路具有较高的转换效率, Q 应取得较低, 但又不能太低, 太低波形将受到影响。取 $Q = 2$ 较为合适。

$$\text{这时有 } L = \frac{Qr'}{\omega}, C' = \frac{1}{\omega r'Q}$$

C。在换能器的参数中是给定的, 从而可以求出 C 来, 一般在电路的调试中定。匹配网络在换能器短路(漏水), 开路时, 可以对电路进行保护, 不致使功率管损坏。提高了电路的可靠性。

四、输出功率的测试

图 3 为功率测试电原理图。其中 R、r₁ 和

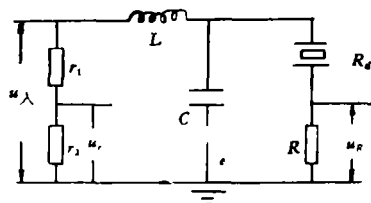


图3 功率测试电原理图

(下转第 42 页)

几点结论:

1. 激光干涉仪测振法容易获得较高的绝对灵敏度,是测量微小振动位移的强有力工具。

2. 简单引入低频相位调制信号,可使结构简化,适宜于快速测量相对位移振幅分布的场合。

3. 由于公式(11)中不包括激光强度项,所以激光强度的起伏,样品表面反射系数的变化,不影响测量结果。

在实验装置的建立过程中,王强、李文峰、庄国胜同志参加了系统组装及测量工作。王顺梯、李有志、田文英同志提供了测试样品及光学元件。

参 考 文 献

- [1] 徐世良等,电声技术, 3 (1978), 33.
- [2] Y. Tsuzuki, et al., Proc. of the 25th Annual Freq. Cont. Symp., April 26—28, 1971, 113—117.
- [3] 张淑仪等,南京大学学报(自然科学版), 2(1978), 31.
- [4] 李德荣等,压电与声光, 2 (1982), 14.
- [5] G. E. Moss, et al., Appl. Opt., 10—11 (1971), 2495.
- [6] K. Iijima, et al., Proc. of the 30th Annual Freq. Cont. Symp., 2—4 June, 1976, 65—70.
- [7] W. M. J. Hassen and Th. Kwaktaal, Rev. Sci. Instrum., 47—4 (1976), 434.
- [8] H. A. Deferrari, J. Acous. Soc. Am., 42-5 (1967) 982.
- [9] 吴凤仪,电测与仪表, 10 (1981), 21.
- [10] H. U. Schwarzenbach, et al., Appl. Phys. Lett., 38-11 (1981), 854.

(上接第 44 页)

r_2 为无感电阻。 r_1 和 r_2 上的电压,反映了换能器上的电压,是功率级的输出电压。 $r_1 = 10R_d$, $r_2 = 10R$ (R 一般取 1Ω)。所以 $u_r = u_R$ 。利用利萨如图形可以判别 u_r 与 u_R 的电压和电流的相位 $\cos\varphi$,即流经换能器的电流和电压的相位。这时换能器所获得的功率为:

$$P = \frac{u_A \cdot u_R}{8R} \cos \varphi$$

其中: u_A 、 u_R 均为峰峰值。

五、结 束 语

经过对发射电功率为几十瓦到几百瓦的发

射机的实验研究,认为晶体管D类功率放大器在水声功率发射机中应用较为理想。我们研制的声学应答释放器中信标发射机采用了D类功率放大器电路。用40.5V“三五牌”高能碱性电池供电,充油恒压圆管换能器(方向性:水平360°,垂直180°半空间辐射。灵敏度:30 $\mu\text{V}/\mu\text{bar}$)发射。在南京工学院消声水池中测试声源级为97dB(参考级为1 μbar)。

参 考 文 献

- [1] 冯秉铨,无线电广播发送设备近年来的某些发展,科学出版社,1978年第一版,第一章。
- [2] W. J. Chudobiak, Journal of Solidstate circuits, SC-4-1 (1969), 26.