



4.7 晶体管倍频器（自学）

倍频器 (Frequency Doubler) 是一种输出信号频率等于输入信号频率整数倍的变换电路。

晶体管倍频器有两种主要形式：

一种是利用丙类放大器电流脉冲中的谐波来获得倍频，叫做丙类倍频器；

另一种是利用晶体管的结电容随电压变化的非线性来获得倍频，这是半导体器件所特有的性质，可叫做参量倍频器。在此只对丙类倍频器进行研究。



丙类放大器的电流是余弦脉冲状，含有丰富的谐波。其集电极电流 i_C 的傅立叶级数分解式为

$$i_C = I_{C0} + I_{c1m} \cos \omega t + I_{c2m} \cos 2\omega t + I_{c3m} \cos 3\omega t + \dots$$

(倍频器动画)

如果集电极选频回路不是谐振在基频上，而是谐振在 n 次谐波上，那么，回路对基频和其他谐波的阻抗很小，而对 n 次谐波的阻抗最大，且呈纯电阻性。于是回路的输出电压和功率就是 n 次谐波。这就起到了倍频作用。



需要说明的是，用丙类谐振功率放大器实现倍频，在采用最佳通角值的情况下，二次倍频器和三次倍频器的输出功率要比作为谐振功率放大器工作时分别减小 $\frac{1}{2}$ 和 $\frac{1}{3}$ ，而且倍频次数越高，输出功率越小。

基于上述原因，丙类倍频器的倍频次数一般只限于2~3次，少数情况取4~5次。



章末小结

1. 高频谐振功率放大电路可以工作在甲类、乙类或丙类状态。相比之下, 丙类谐振功放的输出功率虽不及甲类和乙类大, 但效率高, 节约能源, 所以是高频功放中经常选用的一种电路形式。

2. 丙类谐振功放效率高的原因在于导通角 θ 小, 也就是晶体管导通时间短, 集电极功耗减小。但导通角 θ 越小, 将导致输出功率越小。 所以选择合适的 θ 角, 是丙类谐振功放在兼顾效率和输出功率两个指标时的一个重要考虑。



3. 解析近似分析法是工程上常用的一种近似方法。利用解析近似分析法可以对丙类谐振功放进行性能分析, 得出它的负载特性、放大特性和调制特性。

若丙类谐振功放用来放大等幅信号(如调频信号)时, 应该工作在临界状态; 若用来放大非等幅信号(如调幅信号)时, 应该工作在欠压状态; 若用来进行基极调幅, 应该工作在欠压状态; 若用来进行集电极调幅, 应该工作在过压状态。折线化的动态线在性能分析中起了非常重要的作用。



4. 丙类谐振功放的输入回路常采用自给负偏压方式, 输出回路有串馈和并馈两种直流馈电方式。为了实现和前后级电路的阻抗匹配, 可以采用LC分立元件、微带线或传输线变压器几种不同形式的匹配网络, 分别适用于不同频段和不同工作状态。

5. 谐振功放属于窄带功放。

6. 宽带高频功放采用非调谐方式, 工作在甲类状态, 采用具有宽频带特性的传输线变压器进行阻抗匹配, 并可利用功率合成技术增大输出功率。