

## 第4章习题参考解答

**4-1** 为什么谐振功率放大器能工作于丙类，而电阻性负载功率放大器不能工作于丙类？

**解：**两种放大器最根本的不同点是：低频功率放大器的工作频率低，但相对频带宽度却很宽，因而只能采用无调谐负载，工作状态只能限于甲类、甲乙类至乙类（限于推挽电路），以免信号严重失真；而高频功率放大器的工作频率高，但相对频带宽度窄，因而可以采用选频网络作为负载，可以在丙类工作状态，由选频网络滤波，避免了输出信号的失真。

详解：

低频功率放大器不能工作在丙类状态，是因为低频相对频率范围比较宽，例如音频频率的范围 20Hz-20KHz，视频范围更宽。而工作在丙类状态的输出信号是尖顶余弦脉冲，严重产生了失真。这种尖顶余弦脉冲经过付里叶级数分解，除了基波分量外，还有丰富的谐波分量，这些谐波分量可能落在音频或视频的范围内，会形成干扰。而高频功率放大器（或谐振功率放大器）一般只对频带很窄的 FM 波或 AM 波进行放大。它所产生的谐波（ $2f_o, 3f_o, 4f_o, \dots$ ）

已落在  $f_o + \Delta f$  的范围之外。利用谐振网络只取出有用的基波成分，而滤出谐波成分，使之恢复原来的信号。如果高频信号的频率范围很宽，如电视发射机（或电视差转机），其音频是调频的，而视频是条幅的，且相隔 6.5MHz，为了使视频信号不失真，其调制带宽为 8MHz 左右。这么宽的频带信号经过丙类放大，如果输出谐振回路的带宽不能保证在 8MHz 左右，同样会产生失真。因此，电视发射机（或电视差转机）的功率放大器一般工作在甲类状态。

该题的另一种问法：为什么低频放大器不能工作在丙类，而高频功率放大器可以？

**4-2** 一谐振功率放大器，若选择甲、乙、丙三种不同工作状态下的集电极效率分别为：

$\eta_{c甲}=50\%$ ， $\eta_{c乙}=75\%$ ， $\eta_{c丙}=85\%$ 。试求：

（1）当输出功率  $P_o=5W$  时，三种不同工作状态下的集电极耗散功率  $P_c$  各为多少？

（2）若保持晶体管的集电极耗散功率  $P_c=1W$  时，求三种不同工作状态下的输出功率  $P_o$  各为多少？

**解：**通过本题的演算，能具体了解集电极效率对集电极耗散功率和输出功率的影响。

（1）根据集电极效率  $\eta_c$  的定义

$$\eta_c = \frac{P_o}{P_D} = \frac{P_o}{P_o + P_c}$$

可得

$$P_c = \frac{1-\eta_c}{\eta_c} P_o$$

将  $\eta_{c甲}$ 、 $\eta_{c乙}$ 、 $\eta_{c丙}$  分别代入上式可得

$P_{c甲}=P_o=5W$ ， $P_{c乙}=0.33P_o=1.65W$ ， $P_{c丙}=0.176P_o=0.88W$  可看出  $\eta_c$  越高，相应的  $P_c$  就越小。

(2) 从  $P_c$  的表达式可以推导出

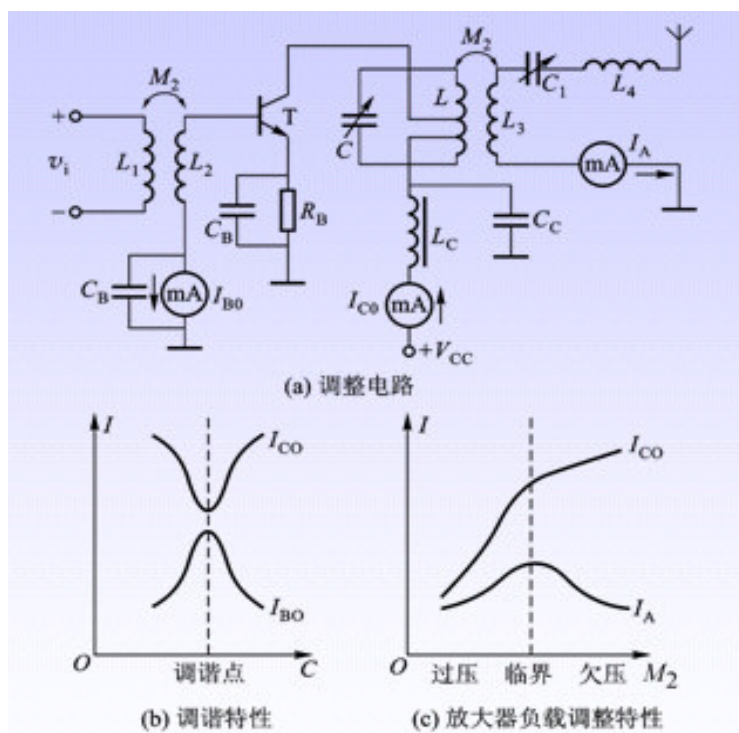
$$P_o = \frac{\eta_c}{1 - \eta_c} P_c$$

将  $\eta_{c甲}$ 、 $\eta_{c乙}$ 、 $\eta_{c丙}$  分别代入上式得

$P_{o甲} = P_c = 1W$ ,  $P_{o乙} = 3P_c = 3W$ ,  $P_{o丙} = 5.67P_c = 5.67W$  可见, 在  $P_c$  相同时, 效率越高, 输出功率就越大。

**4-3** 丙类放大器为什么一定要用调谐回路作为集电极(阳极)负载? 回路为什么一定要调到谐振状态? 回路失谐将产生什么结果?

**解:** 选用谐振回路作为集电极负载的原因是为了消除信号的失真。只有在谐振时调谐回路才能有效地滤除不需要的信号, 只让有用信号输出。此时, 集电极电流脉冲只在集电极瞬时电压最低区间流通, 因而电流脉冲最小, 平均电流  $I_{C0}$  也最小。若回路失谐, 则集电极电流脉冲移到集电极电压较高的区间流通, 因而电流脉冲变大。 $I_{C0}$  上升。同时, 输出功率下降, 集电极耗散功率将急剧增加, 以致烧坏放大管。因此。回路失谐必须绝对避免。



**4-4** 某一晶体管谐振功率放大器, 设已知  $V_{CC} = 24V$ ,  $I_{C0} = 250mA$ ,  $P_o = 5W$ , 电压利用系数  $\xi = 1$ 。试求  $P_D$ 、 $\eta_c$ 、 $R_p$ 、 $I_{cm1}$ 、电流通角  $\theta_c$  (用折线法)。

**解:**  $P_D = V_{CC} I_{C0} = (24 \times 0.25)W = 6W$

$$\eta_c = \frac{P_o}{P_D} = \frac{5}{6} = 0.833 = 83.3\%$$

$$V_{cm} = \xi V_{CC} = 1 \times 24V = 24V$$

$$R_p = \frac{1}{2P_o} V_{cm}^2 = 57.6\Omega \quad (\because P_o = \frac{1}{2} I_{cm1} V_{cm} = \frac{1}{2R_p} V_{cm}^2)$$

$$I_{cm1} = \frac{2P_o}{V_{cm}} = \frac{2 \times 5}{24} A = 0.417 A$$

$$g_1(\theta_c) = \frac{I_{cm1}}{I_{C0}} = \frac{417}{250} = 1.67$$

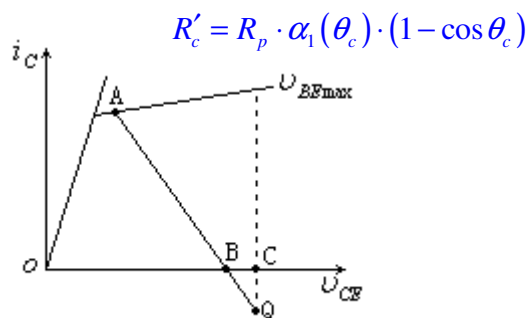
查原书附录 4.1，得出此时的  $\theta_c = 78^\circ$

**4-5** 在题图 4-5 中：

(1) 当电源电压为  $V_{CC}$  (图中的 C 点) 时，动态特性曲线为什么不是从  $v_{CE} = V_{CC}$  的 C 点画起，而是从 Q 画起？

(2) 当  $\theta_c$  为多少时，才从 C 点画起？

(3) 电流脉冲是从 B 点才开始发生的，在 BQ 这段区间并没有电流，为何此时有电压降 BC 存在？物理意义是什么？



题图 4-5

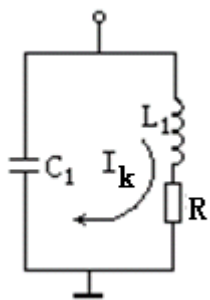
**解：**(1) 由于放大器工作于丙类， $\theta_c < 90^\circ$ ，因此从 Q 点画起。

(2) 当  $\theta_c = 90^\circ$  时，才从 C 点画起。此时，放大器工作在乙类状态下。

(3) BC 这段电压是由谐振回路的滤波作用，所产生的基波电压。因此 BC 段虽然没有电流，但仍然有电压降。它的物理意义是谐振回路的储能作用。

**4-6** 晶体管放大器工作于临界状态， $\eta_c = 70\%$ ， $V_{CC} = 12V$ ， $V_{cm} = 10.8V$ ，回路电流  $I_k = 2A$  (有效值)，回路电阻  $R = 1\Omega$ 。试求  $\theta_c$  与  $P_o$ 。

**解：**回路电流的概念如图，依题意代表有效值。



$$P_o = I_k^2 R = 2^2 \times 1W = 4W$$

$$P_D = \frac{\eta_c}{P_o} = \frac{4}{0.7} W = 5.7W$$

$$P_c = P_D - P_o = 1.7W$$

$$I_{c0} = \frac{P_D}{V_{cc}} = 0.475W$$

$$I_{cm1} = \frac{2P_o}{V_{cm}} = 0.74A$$

$$\text{波形系数为: } g_1(\theta_c) = \frac{I_{cm1}}{I_{c0}} = \frac{0.74}{0.475} = 1.56$$

查表 4.1 可得:  $\theta_c = 91^\circ$

4-7 由高频功率晶体管 2SC3102 组成的谐振功率放大器, 其工作频率  $f=520\text{MHz}$ , 输出功率  $P_o=60\text{W}$ ,  $V_{CC}=12.5\text{V}$ 。

(1) 当  $\eta_c=60\%$  时, 试计算管耗  $P_c$  和平均分量  $I_{c0}$  值; (2) 若保持  $P_o$  不变, 将  $\eta_c$  提高到  $80\%$ , 试问  $P_c$  减少多少?

**解:** (1) 由  $\eta_c = \frac{P_o}{P_D}$  得

$$P_D = \frac{P_o}{\eta_c} = \frac{60W}{0.6} = 100W; \quad P_c = P_D - P_o = 40W$$

$$I_{c0} = \frac{P_D}{V_{cc}} = \frac{100W}{12.5V} = 8A$$

(2)

$$P_D' = \frac{P_o}{\eta_c} = \frac{60W}{0.8} = 75W; \quad P_c' = P_D' - P_o = 15W$$

$$I_{c0}' = \frac{P_D'}{V_{cc}} = \frac{75W}{12.5V} = 6A$$

$$\therefore \Delta P_c = P_c - P_c' = 40W - 15W = 25W$$

4-8 试证谐振功率放大器输出至谐振回路  $R_p$  的功率恰等于谐振回路电阻  $R$  所消耗的功率。

**证:** 回路的最大电流值  $I_{km}$  与集电极电流基波振幅  $I_{cm}$  之间的关系为:  $I_{km} = QI_{cm}$

回路电阻  $R$  (理解为电感的串联电阻) 与回路并联谐振电阻  $R_p$  关系为:  $R_p = Q^2 R$

$$\text{回路所获得的功率为: } P_o = \frac{1}{2} I_{cm}^2 R_p = \frac{1}{2} \left( \frac{I_{km}}{Q} \right)^2 Q^2 R = \frac{1}{2} I_{km}^2 R$$

**4-9** 高频大功率晶体管 3DA4 参数为  $f_T = 100\text{MHz}$ ,  $\beta = 20$ , 集电极最大允许耗散功率  $P_{CM} = 20\text{W}$ , 饱和临界线跨导  $g_{cr} = 0.8\text{A/V}$ , 用它做成  $2\text{MHz}$  的谐振功率放大器, 选定  $V_{CC} = 24\text{V}$ ,  $\theta_c = 70^\circ$ ,  $i_{C\max} = 2.2\text{A}$ , 并工作于临界状态。试计算  $R_p$ 、 $P_o$ 、 $P_c$ 、 $\eta_c$  与  $P_D$ 。

**解:** 由  $i_C = g_{cr} v_{CE}$ , 当  $v_{CE} = v_{CE\min}$  时,  $i_C = i_{C\max}$ , 因此得

$$v_{CE\min} = \frac{i_{C\max}}{g_{cr}} = \frac{2.2\text{A}}{0.8\text{A/V}} = 2.75\text{V}$$

$$V_{cm} = V_{CC} - v_{CE\min} = (24 - 2.75)\text{V} = 21.25\text{V}$$

$$I_{cm1} = i_{C\max} \alpha_1(\theta_c) = (2.2 \times 0.436)\text{A} = 0.96\text{A} \quad [\alpha_1(70^\circ) = 0.436]$$

$$P_o = \frac{1}{2} I_{cm1} V_{cm} = \frac{1}{2} (0.96\text{A}) \times (21.25\text{V}) = 10.2\text{W}$$

$$I_{C0} = i_{C\max} \alpha_0(\theta_c) = (2.2 \times 0.253)\text{A} = 0.557\text{A} \quad [\alpha_0(70^\circ) = 0.253]$$

$$P_D = V_{CC} I_{C0} = (24\text{V}) \times (0.557\text{A}) = 13.36\text{W}$$

$$\eta_c = \frac{P_o}{P_D} = \frac{10.2}{13.36} = 0.763 = 76.3\%$$

$$P_c = P_D - P_o = (13.36 - 10.2)\text{W} = 3.16\text{W} < P_{CM} \quad (\text{安全工作})$$

$$R_p = \frac{V_{cm}}{I_{cm1}} = \frac{21.25\text{V}}{0.96\text{A}} = 22.1\Omega$$

参考:

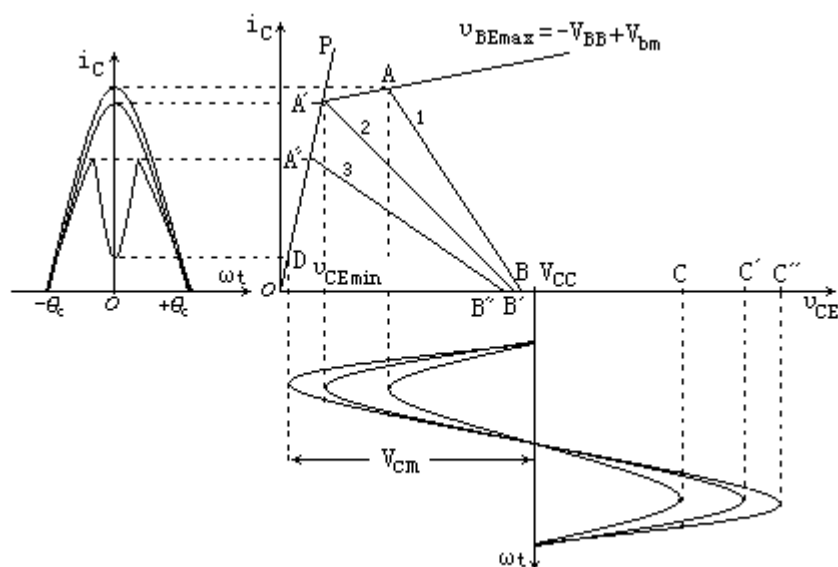


图4-2-2 不同  $V_{cm}$  时的动态线及相应的集电极电流波形

**4-10** 放大器工作于临界状态, 根据理想化负载特性曲线, 求出当  $R_p$  (1) 增加一倍, (2) 减小一半时,  $P_o$  如何变化?

解：(1)

$$P_o = \frac{1}{2} I_{cm1}^2 R_p = \frac{1}{2} \frac{V_{cm}^2}{R_p}$$

由负载特性可见，当  $R_p$  增加一倍时，放大器由临界转入过压状态， $V_{cm}$  几乎不变， $P_o$  约下降一半。

(2) 当  $R_p$  减小一半时，放大器将由临界转入欠压状态， $I_{cm1}$  几乎不变， $P_o$  也将约下降一半。

参考：

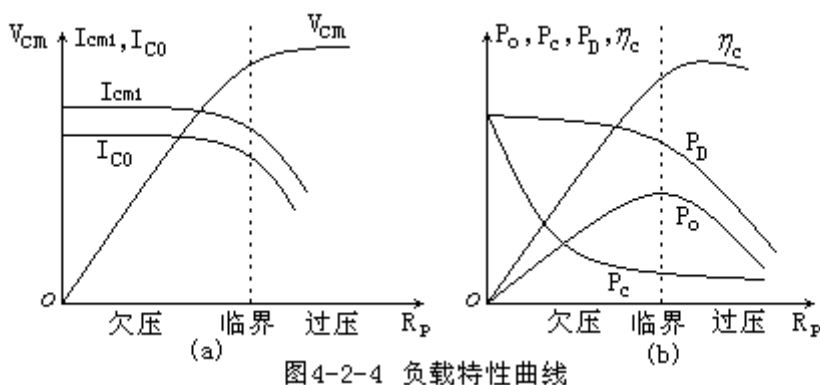
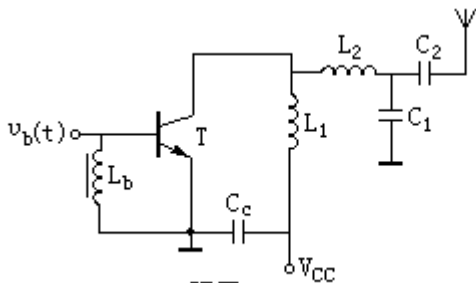


图4-2-4 负载特性曲线

**4-11** 题图 4-11 所示为末级谐振功率放大器原理电路，工作于临界状态。图中  $C_2$  为耦合电容，输出谐振回路由管子输出电容、 $L_1$ 、 $L_2$  和  $C_1$  组成，外接负载天线的等效阻抗近似为电阻。将天线短路，开路（短时间），试分别分析电路工作状态如何变化？晶体管工作是否安全？



题图 4-11

**解：**天线开路时，回路的品质因数增大，导致  $R_p$  急剧增加，结果是  $V_{cm}$  增大，使功率管工作于强过压状态。在强过压状态下， $V_{cm}$  有可能大于  $V_{CC}$ ，结果使  $v_{CEmax} > V_{(BR)CEO}$ ，功率管被击穿。

天线短路时，回路严重失谐（呈感性），且阻抗  $Z_p \ll R_p$ ，使功率管工作于欠压状态， $P_c$  增大，很可能导致  $P_c > P_{CM}$ ，功率管烧坏。

**同类对比补充：**

对于图 4-3-4 复合输出回路，如果发生下列情况之一，则集电极直流表的读数应该如何变化？

(1) 天线断路；(2) 天线接地（短路）；(3) 中介回路失谐。

**解：**(1) 天线断开，相当于天线回路反射到中介回路的电阻  $r' = 0$ 。

( $\because r' = \frac{\omega M^2}{R_A}, R_A = 0, \therefore r' = \infty$ )。因此, 中介回路的  $R_p$  增加, 放大器由临界转入过压,  $I_{C0}$

下降, 因此集电极直流电表读数减小。天线回路的高频电流表读数为零。

(2) 当天线短路时, 天线回路反射到中介回路的电阻  $r' = \infty$ , 因此中介回路的  $R_p = 0$ , 此时, 放大器由临界转入欠压,  $I_{C0}$  微升, 同时天线电流表有读数。

(3) 若中介回路失谐, 则  $I_{C0}$  急剧上升, 甚至导致晶体管烧毁, 天线电流表的读数急剧下降。

**复习公式:**

$$Z_{12} = \frac{(\omega M)^2}{Z_{22}} = \frac{(\omega M)^2}{|Z_{22}|^2} R_{22} + j \frac{-(\omega M)}{|Z_{22}|^2} X_{22}$$

$$Z_{21} = \frac{(\omega M)^2}{Z_{11}} = \frac{(\omega M)^2}{|Z_{11}|^2} R_{11} + j \frac{-(\omega M)}{|Z_{11}|^2} X_{11}$$

$$R_p = \frac{L}{Cr} = \frac{\omega_p^2 L^2}{r} = Q_p \omega_p L; R_p = \frac{L}{Cr} = \frac{1}{\omega_p^2 C^2 r} = Q_p \frac{1}{\omega_p C}; R_p = Q_p^2 r$$

$$Q = \frac{R_p}{\omega L} = \frac{\omega L}{r}$$

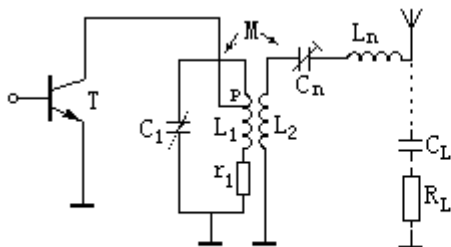


图4-3-4 复合式输出回路

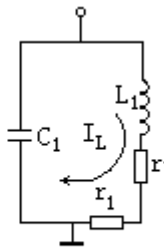


图4-3-5 复合式输出回路的等效电路

$$R_p'' = \frac{L_1 P^2}{C_1 (r_1 + r')} = \frac{L_1}{C_1 \left( r_1 + \frac{\omega M^2}{R_A} \right)} P^2$$

**4-12** 一谐振功率放大器, 设计在临界工作状态, 经测试得输出功率  $P_o$  仅为设计值的 60%, 而  $I_{C0}$  却略大于设计值。试问该放大器处于何种工作状态? 分析产生这种状态的原因。

**解:**  $R_p$  小, 导致放大器进入欠压状态。原因是放大器由临界状态进入欠压状态时, 集电极电流脉冲高度增大, 导致  $I_{C0}$  和  $I_{cm}$  略有增大, 但  $V_{cm}$  因  $R_p$  而减小, 结果是  $P_o$  减小,  $P_D$  增大,  $\eta_c$  减小。

**参见:** 图 4-2-4 负载特性曲线。

**4-13** 设计一工作于临界状态的谐振功率放大器, 实测得效率  $\eta_c$  接近设计值, 但  $I_{C0}$ 、 $P_o$ 、 $P_C$  均明显小于设计值, 回路调谐于基波, 试分析电路工作状态, 现欲将它调到临界状态,

应改变哪些参数？不同调谐方法所得的功率是否相同？

**解：**根据题意可知放大器工作于过压状态（参见图 4-2-4 负载特性曲线），因为由临界状态进入过压时， $\eta_c$  变化不大，但由于集电极电流脉冲出现凹陷，使  $I_{c0}$ 、 $I_{cm1}$  减小，从而使  $P_o$ 、 $P_D$ 、 $P_c$  减小。为了使谐振功放处于临界状态可改变下列电量：

（1）保持  $V_{BB}$ 、 $V_{bm}$ 、 $V_{cc}$  不变，减小  $R_e$ ，使其趋向临界状态，在这种情况下，由于  $V_{BE_{max}}$  和管子导通时间不变， $i_c$  凹陷消失，使放大器的  $I_{c0}$ 、 $I_{cm1}$  上升，导致  $P_o$ 、 $P_D$ 、 $\eta_c$  上升。

（2）增大  $V_{cc}$ ，保持  $R_e$ 、 $V_{bm}$ 、 $V_{BB}$  不变，使放大器回到临界状态。由于  $R_e$  不变，输出功率较（1）大。

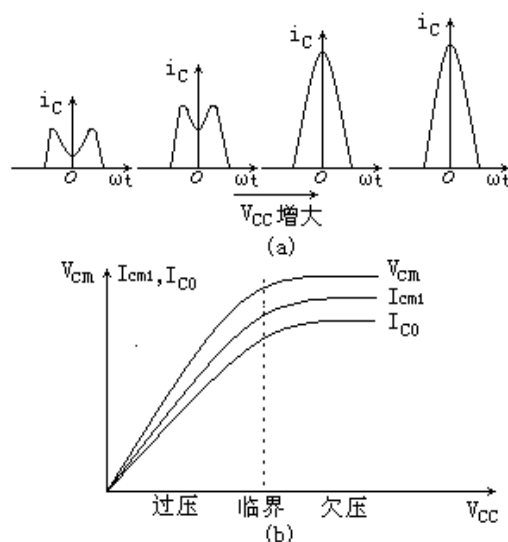


图4-2-5 集电极调制特性 ( $V_{cc}$ 对工作状态的影响)

（3）其他不变，减少  $V_{bm}$ ，导致  $V_{cm}$  减小，使放大器的工作状态从过压趋向临界，这是，由于  $V_{BE_{max}}$  和导通时间减小（或导通角减少），导致  $i_c$  的高度减小，宽度变窄，结果使  $I_{c0}$ 、 $I_{cm1}$  减小，输出功率比前 2 种情况小。

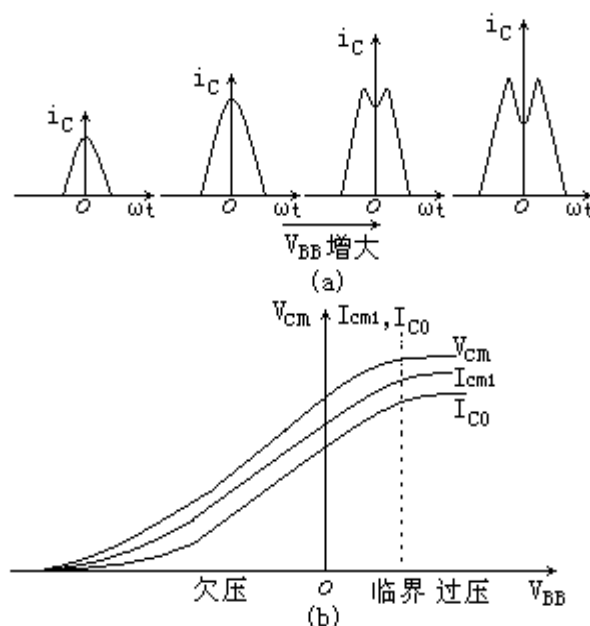


图4-2-6 基极调制特性 ( $V_{BB}$ 对工作状态的影响)

**4-14** 设两个谐振功率放大器具有相同的回路元件参数，它们的输出功率  $P_o$  分别为 1W 和 0.6W。若增大两放大器的  $V_{cc}$ ，发现其中  $P_o=1W$  放大器的输出功率增加不明显，而  $P_o=0.6W$

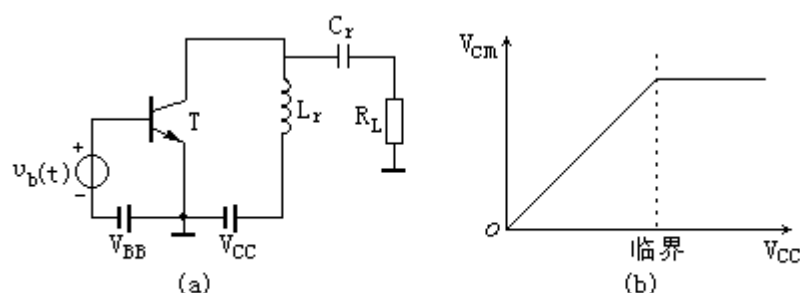


放大器的输出功率增加明显，试分析其原因。若要增大  $P_o=1W$  放大器的输出功率，试问还应同时采取什么措施（不考虑功率管的安全工作问题）？

**解：**（1） $P_o=1W$  的放大器原工作于临界状态或欠压状态，增大  $V_{cc}$  时，放大器进入或更趋于欠压状态， $I_{cm1}$  略有增大。因此， $P_o$  增大不明显。为了增大输出功率就必须在增大  $V_{cc}$  的同时，增大  $R_p$  或  $V_{BB}$  或两者同时增加。其中，增大  $R_p$  使  $V_{cc}$  增大，增大  $V_{BB}$  使  $I_{cm1}$  增大，他们都可以使  $P_o$  增大。

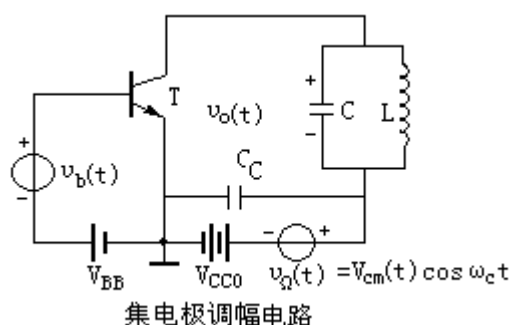
（2） $P_o=0.6W$  的放大器原工作于过压状态。增大  $V_{cc}$  时，放大器趋向临界状态，使  $I_{cm1}$  迅速增大，从而使  $P_o$  增大。

**4-15** 题图 4-15（a）所示为谐振功率放大器原理图，原工作在临界状态，现欲将它改为集电极调幅电路，电路应如何改动？若要求调幅指数为 1，则  $V_{CC}$  和  $V_{am}$  应如何调整？设集电极调制特性为理想折线，如图 4-15（b）所示，试画出负载上的电压波形。



题图 4-15

**解：**



上图是集电极条幅电路。要将其工作状态改为过压状态。图

**4-16** 在调谐某一晶体管谐振功率放大器时，发现输出功率与集电极效率正常，但所需激励功率过大。如何解决这一问题？假设为固定偏压。

**解：**输出功率和效率正常，说明集电极电路没有问题。激励功率过大的原因是基电极偏压过小，工作与欠压状态，以致需要基极电流过大。解决的方法是加大基极偏压，使放大器工作到过压状态。

**4-17** 在图 4-3-4 所示的电路中，测得  $P_D=10W$ ， $P_c=3W$ ，中介回路损耗功率  $P_k=1W$ 。试求：（1）天线回路功率  $P_L$ ；（2）中介回路效率  $\eta_k$ ；（3）晶体管效率和整个放大器的效率。

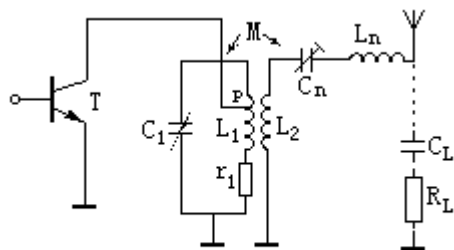


图4-3-4 复合式输出回路

解：晶体管输出功率为：

$$P_o = P_D - P_c = 10W - 3W = 7W$$

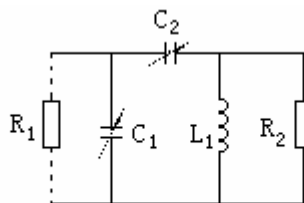
$$\text{中介回路效率: } \eta_k = \frac{P_o - P_k}{P_o} = \frac{7-1}{7} = 85.7\%$$

$$\text{天线回路功率: } P_A = P_o - P_k = 6W$$

$$\text{晶体管的效率: } \eta_c = \frac{P_o}{P_D} = \frac{7}{10} = 70\%$$

$$\text{整个放大器的效率: } \eta = \frac{P_A}{P_D} = \frac{P_A}{P_o} * \frac{P_o}{P_D} = \eta_k * \eta_c = 0.7 * 0.857 = 0.6 = 60\%$$

**4-18** 有一输出功率为 2W 的晶体管高频功率放大器，采用题 图 4-18 的  $\pi$  型匹配网络，负载电阻  $R_2=200\Omega$ ， $V_{CC}=24V$ ， $f=50MHz$ 。设  $Q_L=10$ ，试求  $L_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  之值。



题图4-18  $\pi$  形匹配网络

$$\text{解: } R_p = R_1 = \frac{V_{cm}^2}{2P_o} = \frac{24^2}{2*2} \Omega = 144\Omega$$

$$\therefore X_{c1} = \frac{R_1}{Q_L} = \frac{144\Omega}{10} \Omega = 14.4\Omega$$

$$\therefore C_1 = \frac{1}{\omega X_{c1}} = \frac{1}{2*\pi*5*10^6*14.4} F = 221pF$$

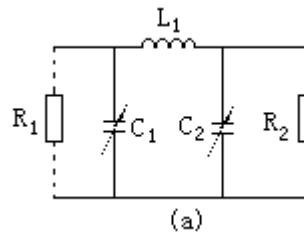
$$\text{又: } \because X_{c2} = \frac{R_2}{\sqrt{(1+Q_L^2)\frac{R_2}{R_1}-1}} = \frac{50}{\sqrt{(1+10^2)\frac{50}{144}-1}} \Omega = 8.57\Omega$$

$$\therefore C_2 = \frac{1}{\omega X_{c2}} = \frac{1}{2\pi * 50 * 10^6 * 8.57} F = 371 pF$$

$$\text{又: } \because X_{L1} = \frac{Q_L R_1}{Q_L^2 + 1} (1 + \frac{R_2}{Q_L X_{c2}}) = \frac{10 * 144}{10^2 + 1} (1 + \frac{50}{10 * 8.57}) \Omega = 22.6\Omega$$

$$\text{故得: } \therefore L_1 = \frac{X_{L1}}{\omega} = \frac{22.6}{2\pi * 50 * 10^6} H = 72 nF$$

**4-19** 已知晶体管功率放大器，工作频率=100MHz， $R_L=50\Omega$ ， $P_o=1W$ ， $V_{CC}=12V$ ，饱和压降  $V_{CE(sat)}=0.5V$ ， $C_{b'e}=40pF$ 。试设计一个  $\pi$  型匹配网络（提示：晶体管的输出电容  $C_o=2C_{b'e}$ ）。



**解：**采用上图的  $\pi$  形匹配网络，有

$$R_p = R_1 = \frac{V_{cm}^2}{2P_o} = \frac{(V_{cc} - V_{CE(SAT)})^2}{2P_o} = \frac{(12 - 0.5)^2}{2 * 1} \Omega$$

晶体管的输出电容约为  $C_o = 2C_{b'e} = 80 pF$ ，先假设是  $C_1$  的一部分。设  $Q_L=10$ ，则：

$$X_{c1} = \frac{R_1}{Q_L} = \frac{66}{10} \Omega$$

$$C_1 = \frac{1}{\omega X_{c1}} = \frac{1}{2\pi * 100 * 10^6 * 6.6} F = 241 pF$$

再考虑到晶体管的输出电容  $C_o = 2C_{b'e} = 80 pF$ ，实际所需的电容为：

$$C_1' = C_1 - C_o = 161 pF$$

$$X_{c2} = \frac{R_2}{\sqrt{(1+Q_L^2)\frac{R_2}{R_1}-1}} = \frac{50}{\sqrt{(1+10^2)\frac{50}{66}-1}} \Omega = 5.75\Omega$$

$$C_2 = \frac{1}{\omega X_{C2}} = \frac{1}{2\pi * 100 * 10^6 * 5.75} F = 277 pF$$

$$X_{L1} = \frac{Q_L R_1}{Q_L^2 + 1} \left(1 + \frac{R_2}{Q_L X_{C2}}\right) = \frac{10 * 66}{10^2 + 1} \left(1 + \frac{50}{10 * 5.75}\right) \Omega = 12.2 \Omega$$

$$L_1 = \frac{X_{L1}}{\omega} = \frac{12.2}{2\pi * 100 * 10^6} H = 19.4 nH$$

**4-20** 试比较下列两种放大器的输出功率与效率：

- (1) 输入与输出信号均为正弦波，电流为尖顶余弦脉冲（丙类）；
- (2) 输入与输出信号均为方波，电流为方波脉冲（丁类）。

假定在这两种情况下的电压与电流幅度均相等，负载回路也相同。

**解：**假设在以上两种情况下的  $i_{c\max}$  相等， $\theta_c = 90^\circ$ ，则对于正弦波状态

$$I_{co}' = 0.319 i_{c\max}, \quad I_{cm1}' = 0.5 i_{c\max}$$

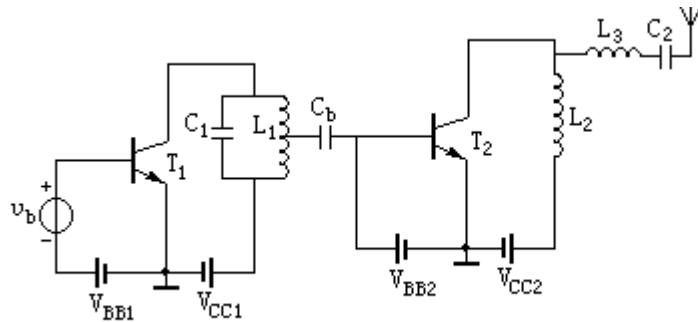
$$\text{对于方波状态: } I_{co}'' = 0.5 i_{c\max}, \quad I_{cm1}'' = \frac{2}{\pi} i_{c\max} = 0.637 i_{c\max}$$

若两种状态的  $V_{cm}$  相同，则可知，由于  $I_{cm1}'' > I_{cm1}'$ ，因而，方波状态的直流输入功率也大。

两者的效率比较，可由  $I_{cm1}/I_{co}$  之值看出：

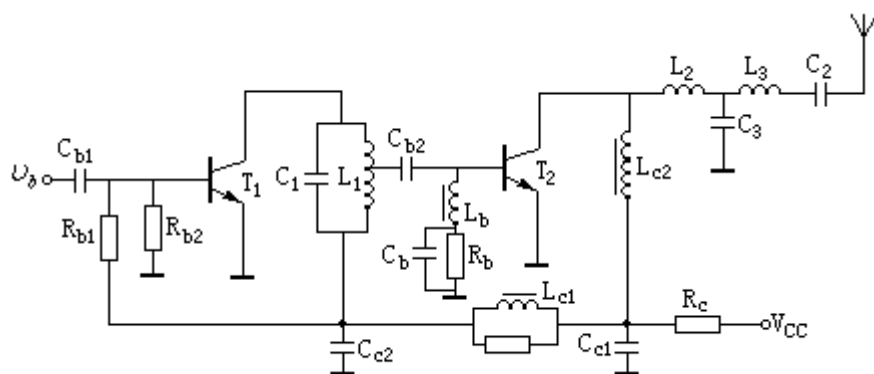
正弦波的效率正比于  $0.5/0.319=1.56$ ；方波的效率正比于  $0.637/0.5=1.27$ 。因此，正弦状态的效率较高。

**4-21** 根据题图 4-21 所示的谐振功率放大器原理电路，按下列要求画出它的实用电路。(1) 两级放大器共用一个电源；(2)  $T_2$  管的集电极采用并馈电路，基极采用自给偏置电路；(3)  $T_1$  管的集电极采用串馈电路，基极采用分压式偏置电路。



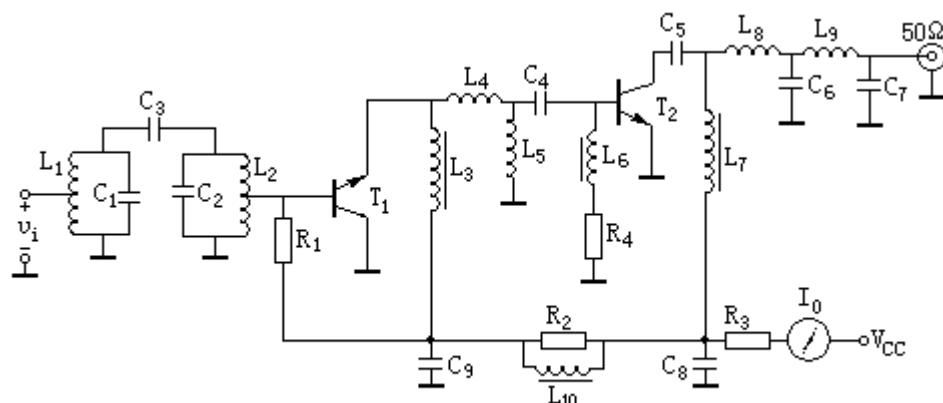
题图 4-21

**解：**根据题意要求画出的电路如题图 4-21 (b) 所示。图中，两级共用一个电源。电源线必须串接电源滤波网络  $R_{C1}$ 、 $C_{C1}$ 、 $L_{C1}$ 、 $C_{C2}$ 。 $T_2$  管基极接高频扼流圈  $L_b$ ，提供直流通路，并利用扼流圈的直流电阻产生自给偏压。 $T_2$  管集电极接高频扼流圈  $L_{c2}$ ，组成并馈电路。在  $L_2$  和  $L_3$  的接点上并接电容  $C_3$ ，构成 T 型匹配滤波网络。



题图4-21 (b)

**4-22** 题图 4-22 所示为 132~140MHz 的 3W 调频发射机末级、末前级原理电路，两级均为共发射极放大器，图中有多处错误，试改正。



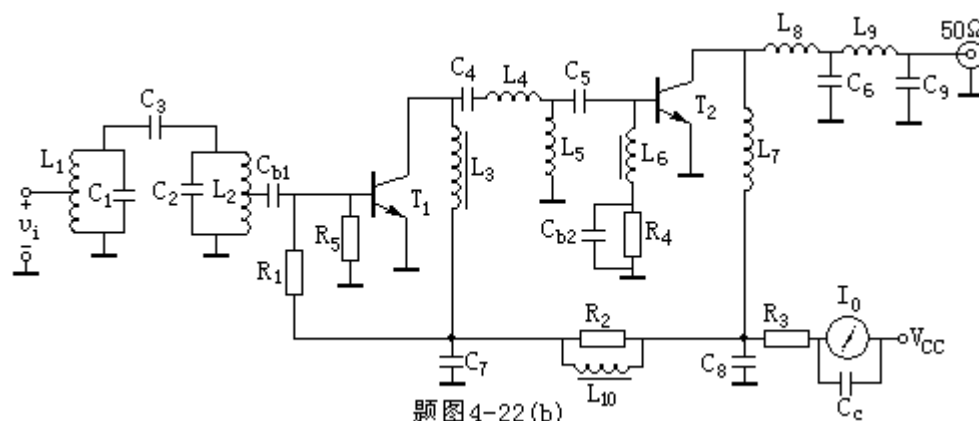
题图 4-22

**解：** 目的：改正谐振功放电路的错误，以熟悉谐振功放电路的组成。

题图 4-22 电路有如下错误：

- (1) 第一级电路不是共发电路，不合题设要求；
- (2)  $T_1$  管基极和输入回路之间无隔直电容，造成  $T_1$  管基极对地直流短路，无法提供所需偏置。
- (3)  $T_2$  基极电阻  $R_4$  上无旁路电容，减弱了自给偏置效应；
- (4) 电流表上无旁路电容，导致交流信号流过电流表，既影响电流表的准确度，又消耗交流信号能量。
- (5)  $T_2$  管集电极上电容  $C_5$  将直流电源隔断，应去除。

改正电路如题图 4-22 (b) 所示。



题图4-22 (b)