

例 6 - 16 图 6 - 20 为单边带（上边带）发射机方框图。调制信号为（300～3000）Hz 的音频信号，其频谱分布如图所示。试画出图中各方框图输出的频谱图。

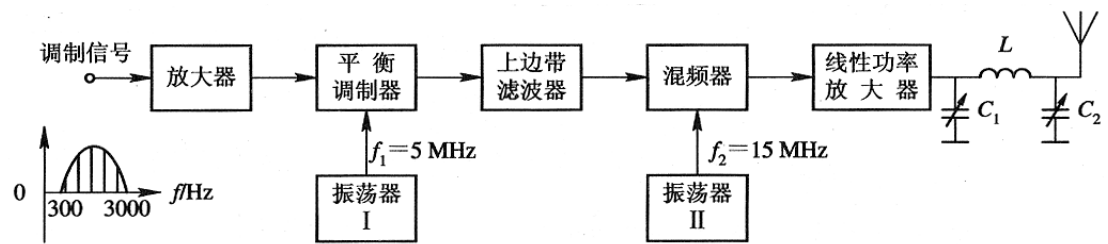


图 P6 - 20 单边带发射机

题意分析：单边带信号的产生有两种形式，滤波法和移相法，本题中的单边带的产生采用的是滤波法。滤波法是先产生 DSB 信号，再用滤波器滤除一个边带后得到 SSB 信号。图中所示的发射机是先用滤波法产生 SSB 信号，再用混频的方法将信号搬移到射频。调制信号送入放大器，放大器应是线性放大器，只对信号进行电压放大，频谱结构不变。DSB 调制采用平衡调制，产生 DSB 信号，载频为 5MHz。通过上边带信号与频率为 15MHz 的本振混频，得到频率分别为 10MHz 和 20MHz 的 SSB 信号，经线性功率放大器放大后，就可得到发送信号。

解：由图可见此单边带发射机先用平衡调制器产生 DSB 信号，再用滤波器取出上边带。滤除下边带，得到上边带信号。再经混频将此上边带信号搬移到射频上，经线性功放放大后送到天线将此 SSB 信号辐射出去。其各点频谱如图 P6 - 21 所示。

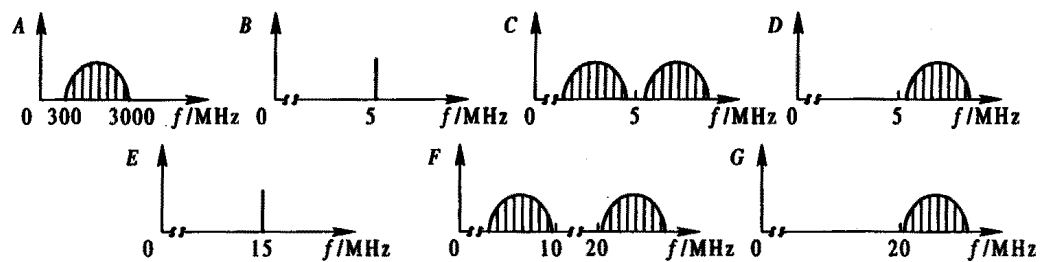


图 P6 - 21 各点频谱图

讨论：SSB 信号产生所用的两种方法（滤波法和移相法）各有其特点。滤波法电路简单但对滤波器提出了较高的要求，其下降沿一定要陡峭，否则将会影响到所产生的 SSB 信号的质量；而移相法没有对滤波器的严格的要求，但电路复杂，对移相网络的要求也比较高。本题中采用在频率低端产生 SSB 信号，再用混频的方法将其搬移到射频上，主要是在频率低端产生 SSB 信号时，其对滤波器的要求比在频率高端更容易满足。

例 6-17 试分析与解释下列现象：

(1)在某地，收音机接收到 1090KHz 信号时，可以收到 1323KHz 的信号；

(2)收音机接收 1080KHz 信号时，可以听到 540KHz 信号；

(3)收音机接收 930KHz 信号时，可同时收到 690KHz 和 810KHz 信号，但不能单独收到其中一个台（例如另一个台停播）。

讨论：在题中列出的三种现象可能的解释为干扰哨声、副波道干扰、交调干扰和互调干扰。这种干扰的产生都是由于混频器中的非线性作用产生出接近中频的组合频率对有用信号形成的干扰。从干扰的形成（参与组合的频率）可以将这四种干扰分开：干扰哨声是有用信号（ f_s ）与本振（ f_L ）的组合形成的干扰；副波道干扰就是由干扰（ f_j ）与本振（ f_L ）的组合形成的干扰；交调干扰是有用信号（ f_s ）与干扰（ f_j ）的作用形成的干扰，它与信号并存；互调干扰是干扰（ f_{j1} ）与干扰（ f_{j2} ）组合形成的干扰，有频率关系 $f_s - f_{j1} = f_{j1} - f_{j2}$ 。根据各种干扰的特点，就不难分析出题中三种现象，并分析出形成干扰的原因。

解：(1)接收信号 1090KHz，则 $f_s = 1090\text{KHz}$ ，那么收听到的 1323KHz 的信号就一定是干扰信号， $f_j = 1323\text{KHz}$ 。可以判断这是副波道干扰。由于 $f_s = 1090\text{KHz}$ ，收音机中频 $f_i = 465\text{KHz}$ ，则 $f_L = f_s + f_i = 1555\text{KHz}$ 。由于 $2f_L - 2f_s = 2 \times 1555 - 2 \times 1323 = 3110 - 2646\text{KHz} = 464\text{KHz} \approx f_i$ 。因此，这种副波道干扰是一种四阶干扰， $p = q = 2$ 。

(2)接收 1080KHz 信号，听到 540KHz 信号，因此， $f_s = 1080\text{KHz}$ ， $f_j = 540\text{KHz}$ ， $f_L = f_s + f_i = 1545\text{KHz}$ ，这是副波道干扰。由于 $f_L - 2f_j = 1545 - 2 \times 540 = 1545 - 1080 = 465\text{KHz} = f_i$ ，这是三阶副波道干扰， $p = 1, q = 2$ 。

(3)接收 930KHz 信号，同时收到 690KHz 和 810KHz 信号，但又不能单独收到其中的一个台，这里 930KHz 是有用信号的频率，即 $f_s = 930\text{KHz}$ ；690KHz 和 810KHz 的信号应为两个干扰信号，故 $f_{j1} = 690\text{KHz}$ ， $f_{j2} = 810\text{KHz}$ 。有两个干扰信号同时存在，可能性最大的是互调干扰。考察两个干扰频率与信号频率 f_s 之间的关系，很明显 $f_s - f_{j1} = 930 - 810 = 120\text{KHz}$ ， $f_{j1} - f_{j2} = 810 - 690 = 120\text{KHz}$ ，满足 $f_s - f_{j1} = f_{j1} - f_{j2}$ 的频率条件，因而可以肯定这是一互调干扰。在混频器中由四阶项产生，在放大器中由三阶项产生，但都称为三阶互调干扰。

例 6-18 某超外差接收机工作频段为（0.55~25）MHz，中频 $f_i = 455\text{KHz}$ ，本振 $f_L > f_s$ 。试问波段内哪些频率上可能出现较大的组合干扰（6 阶以下）。

题意分析：由题中可以看出，除有用信号以外，无其它的干扰信号存在，故这里的组合干扰应是由信号（ f_s ）和本振（ f_L ）组合产生的干扰哨声。接收信号的频率范围为

(0.55~25) MHz, 中频 $f_i=455\text{KHz}$, 故在接收信号频率范围内的变频比 f_s/f_i 是确定的, $f_s/f_i=1.2\sim 55$, 由式 (6-29) 可知, 只要能找到一对 p 和 q , 满足

$$\frac{f_s}{f_i} = \frac{p \pm 1}{q - p}$$

就可能产生一干扰哨声, 对有用信号形成干扰。一般的教材中都给出 f_s/f_i 与 p 、 q 的关系表, 从表中可以找到对应于变频比 f_s/f_i 的 p 与 q 值。

解: 由题目可知, 变频比为

$$f_s/f_i=1.2\sim 55$$

则只要找到一对 p 和 q , 满足 $(p \pm 1)/(q-p)$, 就会形成一个干扰点。题中要求找出阶数 $p+q \leq 6$ 的组合干扰则应是 $p=0, 1, \dots, 6$ 和 $q=0, 1, \dots, 6$ 且 $p+q \leq 6$ 的组合。

当 $p=1, q=2$ 时

$$\frac{p+1}{q-p} = 2, \text{ 在 } f_s/f_i \text{ 的变化范围内, 则有 } f_s/f_i=2, \text{ 即 } f_s=2 f_i=0.91\text{MHz},$$

$$f_L=1.365\text{MHz}, \text{ 组合干扰 } qf_s-pf_i=2 \times 0.91-1.365=0.455\text{MHz}=f_i$$

当 $p=2, q=3$ 时

$$\frac{p+1}{q-p} = 3, \text{ 在 } f_s/f_i \text{ 的变化范围内, 则有 } f_s/f_i=3, \text{ 即 } f_s=3 f_i=1.365\text{MHz},$$

$$f_L=1.82\text{MHz}, \text{ 组合干扰 } qf_s-pf_i=3 \times 1.65-2 \times 1.82=0.455\text{MHz}=f_i$$

当 $p=2, q=4$ 时

$$\frac{p+1}{q-p} = 3/2, \text{ 在 } f_s/f_i \text{ 的变化范围内, 则有 } f_s/f_i=3/2, \text{ 即 } f_s=3 f_i/2=0.6825\text{MHz},$$

$$f_L=1.1375\text{MHz}, \text{ 组合干扰 } qf_s-pf_i=4 \times 0.6825-2 \times 1.1375=0.455\text{MHz}=f_i$$

以上分析表明, 当接收信号频率范围和中频频率确定后, 在接收频率范围内形成干扰哨声的频率点就确定了。本题中, 比较严重的是 0.931MHz(3 阶)、1.365MHz(5 阶) 和 0.6825MHz (6 阶)。

例 6-19 某发射机发出某一频率的信号。现打开接收机在全波段寻找 (设无任何其它信号), 发现在接收机度盘的三个频率 (6.5MHz、7.25MHz、7.5MHz) 上均能听到对方的信号, 其中以 7.5MHz 的信号最强。问接收机是如何收到的? 设接收机 $f_i=0.5\text{MHz}, f_L > f_s$ 。

题意分析: 本题中, 只有一个频率的信号存在, 但在接收机中在三个频率上都收到了该频率的信号, 问题是如何收到的。首先必须确定某发射机发射信号的频率, 由于在 7.5MHz 上听到的频率最强, 可以判断发射机发送的是 7.5MHz 的频率, 在 6.5MHz 和

7.25MHz 上听到信号应视为干扰，即是 7.5MHz 的信号对 6.5MHz 和 7.25MHz 信号的干扰。因为在接收 6.5MHz 或 7.25MHz 信号时，接收机是将接收机前端电路调谐到 6.5MHz 或 7.25MHz，真正的信号应是 6.5MHz 或 7.25MHz 的信号（本题中没有 6.5MHz 和 7.25MHz 的信号存在，即没有发射机发射该频率的信号），但在该频率上听到了 7.5MHz 的信号。由此可见，虽然在三个频率上听到了 7.5MHz 的信号，只有在接收机调谐到 7.5MHz 时，它才是真正的信号，而在其它频率上听到 7.5MHz 的信号时，它是干扰信号。清楚这一点后，就比较容易分析在不同的频率上收听到同一信号的原因。

解：由于只有一个发射机发射某一频率的信号，且在 7.5MHz 频率上信号最强，则可以判定发射机发送的信号频率为 7.5MHz，它是将接收机调谐到 7.5MHz 时正常接收到的信号。由于发射机发射的信号频谱是 7.5MHz，但在 6.5MHz 和 7.25MHz 收到 7.5MHz 的信号，这是 7.5MHz 信号对 6.5MHz 和 7.25MHz 信号形成了干扰。

当接收机调谐到 6.5MHz 时， $f_s=6.5\text{MHz}$ ，则 $f_L=f_s+f_i=6.5+0.5=7\text{MHz}$ ，7.5MHz 为干扰信号频率，即 $f_j=7.5\text{MHz}$ ，由于 $f_j-f_L=7.5-7=0.5\text{MHz}=f_i$ ，这是由干扰与本振组合形成的干扰，为副波道干扰，确切地讲，是镜频干扰。

当接收机调谐到 7.25MHz 时， $f_s=7.25\text{MHz}$ ，则 $f_L=f_s+f_i=7.25+0.5=7.75\text{MHz}$ 。由于 $2f_L-2f_j=2\times 7.75-2\times 7.5=15.5-15=0.5\text{MHz}=f_i$ ，这也是由干扰与本振组合形成的干扰，为副波道干扰， $p=q=2$ ，是四阶副波道干扰。