

DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

6.1. CÁC VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TẠO DAO ĐỘNG

Các mạch tạo dao động điều hoà sử dụng rộng rãi trong các hệ thống thông tin , trong các máy đo, máy kiểm tra, thiết bị Y tế ...

Các mạch tạo dao động có thể làm việc trong khoảng tần số từ vài HZ cho đến vài nghìn Hz. Để tạo ra dao động ta dùng các thành phần tích cực như đèn điện tử, transistor, diode...

Xét một mạch dao động điều hoà có sơ đồ khối như sau :

Điều kiện để tạo dao động là :

\$197

$K. = 1$

$K + = 2n$

Trong đó : K- hệ số khuếch đại .

- hệ số hồi tiếp .

K – góc di pha của bộ khuếch đại .

- góc di pha của mạch hồi tiếp .

Ổn định biên độ điện áp dao động :

Hạn chế biên độ điện áp ra bằng cách chọn trị số nguồn nuôi thích hợp.

Dịch chuyển điểm làm việc trên đặc tuyến phi tuyến của phần tử tích cực thay đổi điện áp phân cực đặc lên cực điều khiển của phần tử khuếch đại .

Dùng mạch hồi tiếp phi tuyến phẳng tử hiệu chỉnh, ví dụ điện trở nhiệt, điện trở thông của diode .

Ổn định tần số dao động :

Dùng nguồn ổn áp .

Dùng các phần tử có hệ số khuếch đại nhỏ .

Dùng các linh kiện có sai số nhỏ .

Dùng các phần tử ổn định nhiệt .

Nói chung, mạch điện của bộ dao động có thể mắc theo kiểu như sau:

Mạch dao động ba điểm điện cảm.

Mạch dao động ba điểm điện dung .

Mạch dao động ghép biến áp

Mạch dao động đối pha.

Mạch dao động cầu Wien.

Mạch dao động cộng hưởng.

Ngoài ra còn có mạch tạo dao động dùng thạch anh.

6.2. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG BA ĐIỂM

6.2.1. Mạch tạo dao động ba điểm điện cảm

Hình 6.2a là sơ đồ nguyên lý của mạch của mạch dao động theo kiểu ba điểm điện cảm. Hình 6.2b là sơ đồ tương đương của nó. L và C tạo thành mạch dao động được mắc giữa collector – base, chúng quyết định tần số làm việc của bộ dao động. Lợi dụng đặc điểm là điện áp ở hai đầu cuộn cảm lệch pha nhau 180° , qua điểm rút đầu ra trên cuộn cảm sẽ có một phần điện áp hồi tiếp đưa về giữa emitter – base của transistor khiến điện áp hồi tiếp về base thỏa mãn điều kiện hồi tiếp dương và mạch

của transistor dao động ngoại sai vào khoảng 0,2 – 0,5 mA. Nếu transistor có tần số cắt thấp thì dòng collector phải chọn cao hơn một chút.

6.4. MẠCH DAO ĐỘNG ĐỐI PHA

Một ví dụ về mạch tạo dao động đảo pha dùng phương pháp hồi tiếp cơ bản là mạch dao động đảo pha. Một mạch dao động đảo pha lý tưởng như hình 6.5. Để tồn tại dao động thì yêu cầu $K = 1$, và sự thay đổi về pha của phần hồi tiếp là 180° (cung cấp hồi tiếp dương). Trong điều kiện lý tưởng, xét nguồn cấp cho mắc hồi tiếp là một nguồn lý tưởng (điện trở trong bằng 0) và đầu ra của mắc hồi tiếp được nối với tải lý tưởng (tải có trở kháng vô cùng lớn). Khi điều kiện lý tưởng như trên được thực hiện ta xem xét và tính toán mạch đối pha sau:

#####201

Tăng số mà tại đó pha thay đổi đúng 180° là:

$$f = \frac{1}{2 RC\sqrt{6}}$$
$$= \frac{1}{29}$$

lúc này sự thay đổi pha là 180° .

Để cho hệ số khuếch đại K lớn hơn 1, thì hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại phải lớn hơn $1/$ hoặc 29:

$K > 29$

Khi xem xét hoạt động của mắc hồi tiếp, một chiều cần chú ý là giá trị R và C : Mỗi mắc dao động R và C sẽ dịch pha là 60° .

6.4.1. Mạch dao động đối pha dùng FET

Hình 6.6a cho ta thấy một mạch dao động đối pha dùng FET ta sử dụng thông số g_m và r_d . Ở một tầng khuếch đại dùng FET, hệ số khuếch đại được tính toán là

$$K = g_m \cdot R_L$$

#####202

Ở đây R_L được tính như sau:

$$R_L = \frac{R_D r_d}{R_D + r_d}$$

R_L là điện trở song song của R_D và r_d

Giả sử trở kháng vào của tầng khuếch đại dùng FET là vô cùng lớn. Nếu thừa nhận điều này tức là tần số hoạt động đủ thấp do đó phải tính đến dung kháng của FET.

Điện trở ra của tầng khuếch đại R_L nên nhỏ hơn so với trở kháng vào của mắc hồi tiếp, do đó suất hiện sự suy giảm tải. Trong thực tế những vấn đề trên không đáng chú ý nhiều lắm, hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại lựa chọn lớn hơn chỉ số cho phép là 29 để đảm bảo điều kiện dao động.

Vi dụ 1.

Hãy thiết kế một bộ tạo dao động đối pha (hình 7.6a) sử dụng FET có $g_m = 5000 \text{ S}$, $r_d = 40k$ và trở kháng mạch hồi tiếp là $R = 10k$. Chọn giá trị C sao cho bộ tạo dao động tại tần số 1kHz và R_D hoặc $K > 29$ để đảm bảo điều kiện dao động.

Giải

Tính toán giá trị tụ từ phương trình

$$f \approx \frac{1}{2 RC\sqrt{6}} \approx \frac{1}{2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{6}} \approx 6,28 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 2,45 \approx 6,5nF$$

Tính RL : giả sử K = 40 (điều này chấp nhận được với tải nằm giữa khoảng RL và trở kháng vào của mạch hồi tiếp):

$$A = g_m \cdot R_L$$

$$R_L = \frac{|A|}{g_m} = \frac{40}{5000 \cdot 10^{-6}} \approx 8k$$

Dùng công thức trên ta tính được RD = 10K

6.4.2. Bộ tạo dao động đổi pha dùng transistor

Nếu transistor được dùng như một phần tử tích cực của tầng khuếch đại, đầu ra của mạch hồi tiếp là một tải khá lớn do trở kháng vào (hie) của transistor khá thấp, ở đây sử dụng tầng khuếch đại emitter chung. Nếu tầng khuếch đại transistor đơn là lý tưởng thì sử dụng điện áp hồi tiếp là thích hợp hơn (hình 6.6b). Bằng việc kết nối tín hiệu hồi tiếp được ghép thông qua điện trở hồi tiếp R' mắc nối tiếp điện trở vào của tầng khuếch đại (RV).

Cuối cùng ta có tần số dao động là:

$$f \approx \frac{1}{2 RC} \cdot \frac{1}{\sqrt{6 + 4 \frac{R_C}{R}}}$$

Để tồn tại dao động thì hệ số khuếch đại vòng tìm được:

$$h_{fe} > 23 + 29 \frac{R}{R_C} \frac{R_C}{R}$$

6.4.3. Mạch dao động đổi pha dùng IC

Ngày nay mạch điện dùng IC đã trở nên khá phổ biến, nó rất thích hợp để điều khiển mạch tạo dao động. Chỉ cần một bộ khuếch đại Op – amp ta đã có hệ số khuếch đại ổn định kết hợp với một vài phương pháp hồi tiếp ta sẽ có một mạch tạo dao động. Hình 6.7 là một mạch tạo dao động đảo pha dùng IC. Mạch này dùng ba tầng hồi tiếp RC để sự chuyển pha cần thiết là 180° (với chỉ số suy giảm là 1/29), thì hệ số khuếch đại của op – amp (được đặc bởi điện trở Ri và Rf) phải lớn hơn 29. Lúc này mạch tạo

ta được tần số dao động theo công thức $f \approx \frac{1}{2 RC\sqrt{6}}$

%%204

6.5. BỘ DAO ĐỘNG CẦU WIEN

Một bộ dao động trong tục tế là dùng khuếch đại thuật toán và mạch RC, với tần số dao động được xác định bởi R và C. Hình 6.8 cho thấy một mạch cầu Wien cơ sở.

%%204

Bỏ qua hiệu quả của trở kháng vào và trở kháng ra của bộ khuếch đại thuật toán, phân tích mạch cầu ta có kết quả là:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \sqrt{r_1 C_1 R_2 C_2}}$$

Trong trường hợp đặc biệt $R_1 = R_2 = R$ và $C_1 = C_2 = C$ thì tần số dao động sẽ là :

$$f_0 = \frac{1}{2 RC}$$

$$\frac{R_3}{R_4} \geq 2$$

Như vậy tỉ lệ số R_3 và R_4 lớn hơn 2 đủ điều kiện để tính toán tần số dao động theo

công thức $f_0 = \frac{1}{2 RC}$

Ví dụ

Tính tần số cộng hưởng của mạch cầu Wien sau hình 6.9:

Giải

Sử dụng công thức trên ta có:

$$f_0 = \frac{1}{2 RC} = \frac{1}{2 \cdot 51 \cdot 10^3 \cdot 0.001 \cdot 10^{-6}} = 3120,7 kHz$$

Thiết kế mạch cầu Wien theo hình 6.9 để có tần số dao động $f_0 = 10 kHz$.

\$205

Giải

Sử dụng giá trị cân bằng R và C ta chọn $R = 100k$ và tính toán giá trị C theo công thức ta có :

$$C = \frac{1}{2 f_0 R} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^3} = \frac{10^{-9}}{6,28} = 159 nF$$

Cũng có thể sử dụng $R_3 = 300k$ và $R_4 = 100k$ đảm bảo tỉ số R_3/R_4 lớn hơn 2 để mạch có thể dao động.

6.6. MẠCH TẠO DAO ĐỘNG CỘNG HƯỞNG

\$206

Mạch tạo dao động cộng hưởng đầu vào, cộng hưởng đầu ra.

Sự đa dạng của mạch điện như hình 6.10 bằng việc cung cấp khung cộng hưởng ở cả đầu vào và ra của mạch điện. Phân tích mạch điện hình 6.10 thu được các bộ tạo dao động khi thay đổi các phần tử điện kháng.

6.6.1 Bộ tạo dao động Colpitts dùng FET

\$206

Một mạch dao động Colpitts dùng FET trong thực tế như hình 6.11. Mạch điện có dạng như mạch hình 6.10 với một vài phần tử cần thiết để phân cực cho tần khuếch đại FET. Tần số của bộ tạo dao động là :

$$f_0 = \frac{1}{2 \sqrt{LC_{eq}}}$$

$$C_{td} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

6.6.1.2. Bộ tạo dao động Colpitts dùng transistor

tiếp của thạch anh trở kháng của nó là nhỏ nhất và hồi tiếp dương là lớn nhất. Mạch điện như hình 6.18. Điện trở R_1, R_2 là cầu phân áp cho cực B của transistor .

209

Cuộn RFC cầu điện áp một chiều, ngăn không cho tín hiệu xoay chiều trên đường công suất ảnh hưởng tới tín hiệu ra. Hồi tiếp dương từ các cực collector về cực base lớn nhất khi trở kháng của thạch anh là nhỏ nhất (khi cộng hưởng nối tiếp), trở kháng tụ CC tại tần số dao động là không đáng kể nhưng nó ngăn không cho dòng một chiều đi từ cực collector đến cực base.

Kết quả là tần số cộng hưởng của mạch dao động đã được xác định bằng tần số cộng hưởng nối tiếp của thạch anh. Thay đổi điện áp cung cấp, thông số của transistor thay đổi nhưng không ảnh hưởng đến tần số dao động, tần số dao động được giữ ổn định nhờ phần tử thạch anh .

6.7.2. Mạch cộng hưởng song song

210

Khi mạch cộng hưởng song song thì trở kháng của mạch đạt giá trị lớn nhất. Nó được kết nối như hình 6.19. Tại tần số hoạt động của thạch anh cộng hưởng song song, phần tử thạch anh được coi như là một phần tử điện kháng lớn nhất. Hình 6.19 được mắc gần giống như mạch Colpitts. Điện áp phân cực một chiều lớn nhất được tăng lên khi đi qua phần tử thạch anh tại tần số cộng hưởng song song của nó. Điện áp được ghép tới emitter bằng điện áp ở bộ chia chung C_1 và C_2 .

Bộ tạo dao động Miller dùng phần tử thạch anh như hình 6.20. Khung cộng hưởng LC được điều chỉnh gần tần số cộng hưởng song song của thạch anh .

210

6.7.3. Bộ tạo dao động thạch anh dùng IC

Bộ tạo dao động thạch anh dùng IC như hình 6.21. Phần tử thạch anh được mắc nối tiếp trên đường hồi tiếp. Mạch này có hệ số khuếch đại lớn là có sóng ra hình vuông nhờ sử dụng một cặp diode zener để biên độ điện áp luôn bằng điện áp của diode (V_z)

211

ĐIỀU CHẾ

7.1. ĐIỀU CHẾ BIÊN ĐỘ VÀ ĐIỀU CHẾ ĐƠN BIÊN

Mục đích :

Xác định tín hiệu AM trong phạm vi thời gian (hiển thị trên oscilloscope) và tần số (hiển thị phổ) hoạt động là đồ thị hình học (dưới dạng biểu đồ hình học).

Tính toán tỉ lệ điều chế của tín hiệu theo các số đo dưới dạng sóng.

Tính toán biên tần trên hoạt động của tín hiệu Am theo sóng mang và tần số tín hiệu điều biên .

Tính toán công suất bằng tần của sóng AM theo công suất sóng mang và tỉ lệ điều chế Định nghĩa thuật ngữ DSB, SSB thông qua tín hiệu AM .

Một trong những nguyên tắc kỹ thuật được sử dụng trong điện tử viễn thông đó là điều chế . Điều chế là quá trình chuyển đổi tín tức sang dạng tín hiệu cao hơn tần số cao hơn sao cho có thể truyền tin tức tới mọi nơi dưới dạng sóng điện từ thông qua

sóng vô tuyến , dây dẫn hoạt cấp quang . Ngày nay như chúng ta đã biết là nếu không có điều chế , thông tin không thể truyền đi được .

Có 3 nguyên lý cơ bản của truyền thông tin và điều biên , điều tần và điều pha.Kiểu điều chế đơn giản và lâu đời nhất là điều biên AM .

7.1.1.Phương pháp điều chế biên độ

Tín hiệu mang tin tức như giọng nói, hình ảnh , dữ liệu nhị phân được truyền từ nơi này tới nơi khác thông qua hệ thống thông tin trung gian . ví dụ tín hiệu âm tần dùng dây dẫn để truyền đi xa .Cấp đồng trục truyền tín hiệu video giữa hai điểm và cáp xoắn đôi dùng để truyền tải dữ liệu nhị phân . tuy nhiên trong khoảng cách truyền tải lớn việc dùng cáp không thực hiện được . Trong trường hợp này người ta dùng thông tin vô tuyến .

Để truyền thông tin vô tuyến đi xa một cách tin cậy thì phải sử dụng tín hiệu tần số cao. Nếu tín hiệu tin tức được truyền thẳng đi thì cần phải có anten dài và không truyền đi xa được. Phương pháp điều chế tạo ra tần số tín hiệu cao hơn chứa đựng thông tin ban đầu (thông tin nguyên thủy) để có thể truyền đi xa được.

Điều chế được định nghĩa là phương thức biến đổi đặc điểm của một tín hiệu theo đặc điểm của một tín hiệu khác. Tín hiệu thông tin là giọng nói ,hình ảnh , dữ liệu nhị phân hay tin tức khác được sử dụng để biến đổi thành tín hiệu cao tần để truyền đi. Tín hiệu mang thông tin được gọi là tín hiệu điều chế và tín hiệu cao tần bị điều chế được gọi là sóng mang hay sóng bị điều chế . Sóng mang thường là sóng hình sin, tín hiệu thông tin dù là tín hiệu tương tự hay tín hiệu số cho phép giữ nguyên hình dạng khi truyền đi. Trong hầu hết các trường hợp thì tần số sóng mang lớn hơn rất nhiều so với tần số thông tin lớn nhất được truyền đi .

Hình 7.1

Trong điều chế biên độ , biên độ sóng mang ...biến đổi theo tín hiệu tin tức. Nói cách khác, giá trị tức thời của biên độ sóng mang thay đổi phù hợp với sự biến đổi biên độ và tần số của tín hiệu điều chế .**Hình 1.71** cho thấy sóng hình sin điều chế thành tín hiệu sóng mang có tần số cao hơn (khi tiến hành điều chế thì tần số sóng mang là không thay đổi nhưng biên độ của nó biến đổi theo tín hiệu tin tức – tín hiệu điều chế), biên độ của tín hiệu điều chế tăng thì biên độ của sóng mang cũng tăng . Cả hai đỉnh dương và đỉnh âm của sóng mang điều biến đổi theo tín hiệu điều chế .

Nếu đem nối liền các đỉnh của sóng mang ở cực tính dương và cực tính âm như một đường nét liền (xem hình 1.71).ta sẽ tái tạo được chính xác hình dạng tín hiệu điều chế. Đường tưởng tượng này trên dạng sóng mang được biết **1372915316 15047** như một đường bao và nó giống như tín hiệu điều chế .

Hình 1.72

Bởi dạng sóng phức tạp như hình7.1 rất khó vẽ nên người ta thường đơn giản bằng cách mô tả sóng mang cao tần bằng những đoạn thẳng có độ dài biến đổi cách đều nhau thể hiện cho độ biến đổi theo tín hiệu điều chế . hình 7.2 cho thấy tín hiệu âm thanh hình sin được sóng cao tần truyền đi .Chúng ta sẽ sử dụng phương pháp biểu diễn này xuyên suốt theo cuốn sách này .

Như chúng ta đã biết tín hiệu xoay chiều có thể được biểu diễn toán học bởi một hàm lượng giác. Sóng mang hình sin được biểu diễn bằng một biểu thức đơn giản .

$$u_c = U_c \cdot \sin 2\pi f_c \cdot t$$

Trong biểu thức này u_c biểu diễn giá trị hình sin tức thời trong một chu kỳ.

U_c – biên độ đỉnh (do từ điểm 0 đến điểm có biên độ lớn nhất)

F_c – tần số sóng mang ;

T – thời gian .

Tương tự , một sóng điều chế hình sin có thể được biểu diễn với một công thức đơn giản.

$$u_m = U_m \cdot \sin 2\pi f_m \cdot t$$

Trong đó

Trên hình 7.1 ta thấy rằng tín hiệu điều chế dùng giá trị đỉnh của sóng mang lớn hơn không giống như sự liên qua giữa các đỉnh. Đường bao của tín hiệu điều chế biến đổi theo đỉnh trên hoặc dưới của của biên độ sóng mang . Bởi vậy đường biểu diễn mức 0 của tín hiệu điều chế trùng khớp với giá trị đỉnh của sóng mang không bị điều chế . Nhìn chung biên độ của tín hiệu điều chế nên nhỏ hơn biên độ sóng mang. Nếu biên độ của tín hiệu điều chế lớn hơn biên độ tín hiệu sóng mang thì méo sẽ xuất hiện. Méo gây ra sự mất chính xác của thông tin được truyền . một điều quan trọng trong việc điều chế biên độ là giá trị đỉnh của tín hiệu điều chế phải nhỏ hơn giá trị đỉnh của sóng mang .

Sử dụng phương trình toán học cho sóng mang và tín hiệu điều chế chúng ta sẽ thiết lập phương trình toán học cho sóng đã bị điều chế . Trước hết phải lưu ý rằng giá trị đỉnh của sóng mang biến đổi từng điểm theo tín hiệu điều chế . Giá trị của tín hiệu điều chế cộng hoặc trừ giá trị đỉnh của sóng mang. Giá trị tức thời của đường bao điện áp trên hoạt dưới có thể biểu diễn bằng một phương trình đơn giản:

$$U_1 = U_c + u_m$$

Thay u_m bằng biểu thức lượng giác ta có :

$$U_1 = U_c + U_m \cdot \sin 2\pi f_m \cdot t$$

Từ các biểu thức trên cho thấy giá trị tức thời của tín hiệu điều chế được cộng với giá trị đỉnh của sóng mang . có thể thấy giá trị đỉnh của u_1 thực chất là đường bao của sóng mang . giá trị tức thời của sóng đã điều chế u_2 như sau :

$$u_2 = u_1 \sin 2\pi f_c$$

Trong biểu thức này giá trị đỉnh của sóng mang U_c được thay thế bởi u_1

Thay biểu thức vào U_1 và khai triển ta được :

$$U_2 = (U_c + U_m \cdot \sin 2\pi f_m \cdot t) \sin 2\pi f_c \cdot t = U_c \cdot \sin 2\pi f_c \cdot t + (U_m \cdot \sin 2\pi f_m \cdot t) \cdot \sin 2\pi f_c \cdot t$$

Trong đó :

$U_c \cdot \sin 2\pi f_c \cdot t$ – sóng mang

$U_m \cdot \sin 2\pi f_m \cdot t$ – sóng điều chế

Biểu thức này gồm hai phần, phần thứ nhất là sóng mang bình thường (không mang tin) và phần thứ hai là sóng mang đã bị điều chế bởi tín hiệu điều chế . Phần thứ hai của biểu thức là đặc điểm của điều chế biên độ > Mạch điện phải tạo ra phép phân toán học của các tín hiệu tương tự thích hợp để làm xuất hiện tín hiệu điều biên .

Mạch điện sử dụng để tạo tín hiệu AM được gọi là bộ điều chế . nó có hai đầu vào cho sóng mang và tín hiệu điều chế , kết quả nhận được ở đầu ra (hình 7.3).

Bộ điều chế biên độ tính tích số của sóng mang và tín hiệu điều chế .

Hình 7.3

7.1.2. Chỉ số điều chế và tỉ lệ điều chế

Nguyên tắc điều chế biên độ (AM) là điện áp điều chế tín hiệu U_m phải nhỏ hơn điện áp sóng mang U_C . Bởi vậy quang hệ giữa biên độ và tín hiệu sóng mang là rất quan trọng. Mỗi quang hệ này thể hiện trong giới hạn của tỉ số được biết như chỉ số điều chế m mà còn gọi là hệ số điều chế hoặc mức độ điều chế, m là tỉ số giữa điện áp tín hiệu điều chế và điện áp tín hiệu sóng mang:

$$m = \frac{U_m}{U_C}$$

Chỉ số điều chế phải nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Nếu biên độ điện áp điều chế lớn hơn biên độ sóng mang thì m sẽ lớn hơn 1. Đó là nguyên nhân gây méo dạng sóng bị điều chế. Điều này được minh họa trong hình 7.4.

Hình 7.4

Ở đây tín hiệu hình sin điều chế bởi sóng mang hình sin nhưng điện áp điều chế lớn hơn điện áp sóng mang rất nhiều. Điều này được gọi là quá trình điều chế. Nhưng có thể thấy dạng sóng bị dàn mỏng gần với đường 0 hơn. Đường bao của dạng sóng tín hiệu ở đầu ra bị cắt cụt. Nếu như giữ cho biên độ tín hiệu điều chế nhỏ hơn biên độ sóng mang thì méo sẽ không xuất hiện. Điều kiện lý tưởng cho điều chế biên độ là $U_m = U_C$ hoặc $m = 1$, điều này làm cho đầu ra lý tưởng nhất và không méo dạng tín hiệu.

Chỉ số điều chế có thể được xác định bằng việc đo giá trị thực tế của điện áp điều chế, điện áp sóng mang và tỉ số (hệ số truyền). Tuy nhiên thường tính toán chỉ số điều chế thông qua các giá trị sóng và điều chế. Bất cứ lúc nào tín hiệu điều chế biên độ cũng được hiển thị trên máy hiện sóng, chỉ số điều chế có thể được tính như trong hình 7.5.

Hình 7.5

Giá trị đỉnh của tín hiệu điều chế U_m bằng giá trị từ đỉnh đến điểm thấp nhất của đường bao tín hiệu đã điều chế, được tính toán bằng công thức:

$$U_m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2}$$

Qua hình 7.5 có thể thấy U_{\max} là giá trị đỉnh của tín hiệu đang điều chế, trong khi đó U_{\min} là giá trị thấp nhất hoặc đoạn thấp nhất của sóng đã điều chế. U_{\max} bằng giá trị từ

đỉnh tới đỉnh của tín hiệu AM hoặc bằng $\frac{U_{\max p-p}}{2}$

Thực hiện phép trừ U_{\max} cho U_{\min} ta nhận được giá trị đỉnh tới đỉnh của tín hiệu điều chế, giá trị này là giá trị đỉnh của tín hiệu sóng mang U_C là giá trị trung bình của U_{\max} và

$$U_C = \frac{U_{\max} + U_{\min}}{2}$$

Thay thế các giá trị này vào công thức đầu tiên cho chỉ số điều chế ta nhận được kết quả:

$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}$$

Ở đây trục hoành biểu thị tần số, trục tung biểu thị biên độ của tín hiệu. Sự thay đổi của biên độ tín hiệu ngược với tần số được thay đổi nhằm biểu thị cho phạm vi của tần số. Thiết bị kiểm tra như máy phân tích phổ sẽ hiển thị phạm vi tần số của tín hiệu. Tuy nhiên tín hiệu điều chế phức tạp hơn tín hiệu hình sin đơn giản nhiều, sẽ phát sinh dải biên tần phía trên và phía dưới phức tạp hơn, chẳng hạn như tín hiệu giọng nói bao gồm rất nhiều sóng hình sin được trộn với nhau tạo thành. Ta biết rằng tần số giọng nói ở khoảng 300 - 3000Hz. Vì vậy tín hiệu giọng nói nằm trong phạm vi của giá trị phía trên và dưới của tần số sóng mang như hình 7.8. Các dải biên này chiếm một khoảng phổ. Có thể tính toán tổng độ rộng băng của tín hiệu AM bằng cách tính dải biên tần lớn nhất và nhỏ nhất. Điều này được thực hiện bằng việc tính tổng của biên độ của tần số sóng mang với tần số điều chế lớn nhất. Tần số giọng nói lớn nhất như trên là 300Hz hay 0.3kHz. Nếu tần số sóng mang là 2.8MHz hay 2800 kHz thì dải biên tần lớn nhất và nhỏ nhất là:

$$f_{USB} = 2800 + 0.3 = 2800.3 \text{ kHz}$$

$$f_{LSB} = 2800 - 0.3 = 2799.7 \text{ kHz}$$

Tổng độ rộng băng là hiệu của biên tần trên và dưới :

$$BW = f_{USB} - f_{LSB} = 0.6 \text{ kHz}$$

Hình 7.8

Từ công thức trên ta có độ rộng băng của tín hiệu AM gấp đôi tần số lớn nhất của tín hiệu điều chế. Với tín hiệu giọng nói có tần số lớn nhất là 0.3kHz tổng độ rộng băng có giá trị gấp đôi là 0.6kHz.

7.1.3. Phân bố công suất điều chế biên độ

Việc truyền thông tin bằng sóng vô tuyến điều biên tín hiệu được cấp cho anten với trở kháng riêng R. Toàn bộ công suất truyền đi được chia ra thành công suất sóng mang, công suất dải biên trên và dải biên dưới. Công suất truyền đi P_T bằng tổng của công suất sóng mang P_C và công suất của hai dải biên P_{USB} và P_{LSB} .

$$P_T = P_C + P_{USB} + P_{LSB}$$

Công suất của các dải biên phụ thuộc vào giá trị chỉ số điều chế. Tỷ lệ điều chế lớn sẽ cho công suất dải biên cao hơn. Tất nhiên công suất của dải biên đạt giá trị cực đại khi điều chế sóng mang đạt 100%. Công suất của mỗi dải biên P_s được tính theo công thức sau :

$$P_s = P_{LSB} = P_{USB} = \frac{P_C m^2}{4}$$

Giả sử điều chế đạt 100% khi hệ số điều chế $m = 1$ thì công suất ở mỗi dải biên có biên độ bằng 25% công suất sóng mang. Với hai dải biên thì công suất sẽ bằng 50% công suất sóng mang. Ví dụ, công suất sóng mang là 100W, điều chế đạt 100% thì dải biên sẽ là 50W với 25W cho mỗi dải. Toàn bộ công suất được truyền đi là tổng của công suất sóng mang và công suất của hai dải biên và có giá trị là 150W.

Có thể thấy rằng công suất sóng mang bằng 2/3 toàn bộ công suất truyền đi (giả sử công suất truyền được điều chế 100%) với công suất sóng mang là 100W, tổng công suất là 150W thì % công suất sóng mang được tính như sau:

$$P_C \% = \frac{100}{150} \cdot 100\% = 66.7\%$$

% công suất ở các dải biên cũng được tính toán tương tự :

$$P_s\% = \frac{50}{150} \cdot 100\% = 33.3\%$$

Bản thân sóng mang thì không mang thông tin. Có thể truyền và nhận sóng mang nhưng nếu không điều chế thì thông tin sẽ không được truyền đi. Khi điều chế thì sẽ có các dải biên, điều này giúp cho toàn bộ thông tin sẽ được truyền đi bên trong các dải biên. Các dải biên chỉ sử dụng 1/3 công suất truyền tải trong khi 2/3 công suất dùng cho sóng mang. Mặc dù vậy ta có thể thấy rằng nó khá hiệu quả và vẫn được sử dụng rộng rãi, thực tế AM là phương pháp không hiệu quả lắm.

Với các tỉ lệ điều chế thấp hơn thì công suất của các dải biên còn lớn hơn. Có thể tính tổng công suất của mỗi dải biên theo các công thức trên. Giả sử công suất sóng mang là 500W, tỉ lệ điều chế là 70% thì công suất của mỗi dải biên sẽ là:

$$P_s = \frac{P_C m^2}{4} = \frac{500 \cdot 0.7^2}{4} = 61,25W$$

Khi điều chế đạt 70% thì mỗi dải biên chỉ có 61.25W, công suất cho toàn dải biên là 122.5W. Công suất sóng mang sẽ là phần còn lại trong số 500W.

Một cách khác để tính toàn bộ công suất của AM là công thức sau:

$$P_T = P_C \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

Trong đó:

P_C - công suất sóng mang không được điều chế
 m - hệ số điều chế.

Trong nhiều trường hợp, công suất đầu ra không được đo trực tiếp ở máy phát AM mà được đo từ dòng ra anten. Toàn bộ dòng đã điều chế I_T được xác định bằng dòng sóng mang không điều chế I_C và chỉ số điều chế:

$$I_T = I_C \cdot \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

Nếu dòng sóng mang chưa điều chế là 4A tỉ lệ điều chế là 70% thì toàn bộ dòng ra là:

$$I_T = 4 \cdot \sqrt{1 + \frac{0.7^2}{2}} = 4 \cdot \sqrt{1.245} = 4.46A$$

Trong thực tế việc điều chế rất khó đạt được tỉ lệ 100%. Nguyên nhân là do đặt thù của tín hiệu thông tin như giọng nói và hình ảnh không có tính ổn định. Sự phức tạp của tín hiệu giọng nói và hình ảnh là nó biến đổi trong khoảng tần số khá rộng, vì vậy việc điều chế chỉ đạt 100% ở tại đỉnh của tín hiệu điều chế. Do điều này nên công suất dải biên trung bình có giá trị nhỏ hơn nhiều so với 50% khi điều chế lý tưởng đạt 100%. Với việc truyền công suất dải biên nhỏ hơn thì tín hiệu nhận được sẽ yếu hơn và thông tin kém trung thực hơn.

Mặc dù không có hiệu suất cao nhưng AM vẫn được sử dụng rộng rãi vì nó đơn giản. Nó được sử dụng ở hệ thống phát thanh AM, radio CB, phát thanh truyền hình và trong một vài hệ thống của máy bay, khí cầu và thông tin đường biển.

7.1.4. Thông tin dải đơn biên

Như đã trình bày ở trên, AM là phương thức truyền tin lãng phí và không hiệu quả. 2/3 công suất được sử dụng để truyền sóng mang mà sóng mang thì không có thông tin.

Thông tin thực chất chỉ được chứa đựng ở trong các dải biên . cách để khắc phục vấn đề này là nén sóng mang . vì sóng mang không chứa đựng thông tin có ít nên không có lý do gì để phải truyền nó. Bằng cách nén sóng mang thì kết quả nhận được sẽ là dải biên trên và dải biên dưới . Tín hiệu chỉ như là tín hiệu có hai dải biên và sóng mang đã bị nén (DSSC hoặc DSB). Lợi ích của nó là không mất mát công suất trên sóng mang và toàn bộ công suất được sử dụng cho các dải biên . Điều chế nén sóng mang dải biên đôi là một phương thức đơn giản của điều chế biên độ không có sóng mang . Hình 7.9 mô tả một tín hiệu DSB điển hình .

Hình 7.9

Trong đó tín hiệu chỉ đơn giản là một phép cộng đại số của hai dải biên hình sin. Đây là kết quả của của việc điều chế sóng mang bằng tín hiệu âm thanh đơn lẻ hình sin . Trong quá trình điều chế sóng mang bị nén nhưng hai tín hiệu dải biên được giữ lại. Mặc dù sóng mang bị nén theo thời gian nhưng tín hiệu DSB là một sóng hình sin có tần số sóng mang và biên độ biến đổi được như hình 7.9 .Lưu ý rằng đường bao của dạng sóng không giống tín hiệu điều chế như ở phương pháp điều chế thuận tủy . Hình 7.10 mô tả tín hiệu DSB biến đổi theo tần số . lưu ý rằng khoảng cách phổ tạo ra do tín hiệu DSB giống quy ước của tín hiệu AM.

Mạch điện tạo ra tín hiệu DSB gọi là bộ điều chế cân bằng . Mục đích của bộ điều chế cân bằng là thực hiện việc cộng và trừ tần số nhưng loại bỏ thành phần sóng mang

Bằng việc sử dụng DSB AM thì một lượng công suất đáng kể được dành cho DSB nhờ sóng mang đã được khử . công suất này đã được khử . công suất này được sử dụng cho các dải biên để chúng ta có tín hiệu mạnh hơn và truyền được xa hơn . Xét kỹ ta thấy tín hiệu DSB khá phức tạp vì thông tin gốc được truyền trên cả hai dải biên . Do cả hai dải biên là cộn hoặc trừ của tín hiệu sóng mang và tín hiệu điều chế nên thông tin phải chứa cho cả hai. Vì vậy không có lý do gì mà ta phải sử dụng cả hai dải biên để truyền thông tin . Một dải biên có thể sẽ bị nén và dải biên còn lại gọi là giải biên đơn có sóng mang bị nén (SSSC hay SSB) hình 7.11 cho thấy hiện thị phạm vi tần số và thời gian của tín hiệu SSB khi tần số tín hiệu là 2khz và tần số mang 14,3Mhz.

Hình 7.11

Sử dụng tín hiệu SSB có 4 ưu điểm sau:

Tín hiệu SSB sử dụng độ rộng phổ chỉ bằng một nửa so với tín hiệu am và dsb . Điều này tiết kiệm phần lớn băng phổ và cho phép truyền nhiều tín hiệu hơn trong cùng một vùng tần số và làm giảm sự ảnh hưởng của các tín hiệu .

Toàn bộ công suất sử dụng cho sóng mang và một dải biên dành hết cho dải biên đơn còn lại, tín hiệu sẽ khỏe hơn và truyền được xa hơn, nhận được thông tin trung thực ở khoảng cách xa hơn .

Có rất ít tín hiệu nhiễu. Tín hiệu nhiễu sinh ra trên đường truyền trung gian hoạt ngay tại đầu thu . Nếu độ rộng băng của tín hiệu được giới hạn mạch của máy thu có độ rộng băng hẹp hơn thì sẽ lọc được một lượng nhiễu lớn. Do tín hiệu SSB có độ rộng băng nhỏ hơn tín hiệu AM hay DSB nên ít nhiễu hơn . Đây là ưu điểm chính trong việc truyền các tín hiệu yếu với khoảng cách lớn .

Ít bị ảnh hưởng của hiện tượng pha đỉnh hơn tín hiệu AM. Pha đỉnh là hiện tượng tăng hay giảm cường độ tín hiệu mà máy thu được . Điều này là do có thể sóng mang và dải

biên cùng một thời điểm giống nhau nhưng về pha thì khác nhau. Sóng mang và dải biên có các tần số riêng biệt và phản xạ qua tầng điện li theo các cách khác nhau. Góc phản xạ của sóng mang và dải biên tín hiệu cũng khác nhau và truyền tới máy thu bằng cách đó. Các tín hiệu này có thể cộng hưởng hoặc khử nhau gây ra hiện tượng pha dính. Với SSB, do chỉ có một dải biên nên sẽ không có hiện tượng pha dính như trên

Một số điểm riêng của tín hiệu SSB:

Khi không có thông tin hay không có tín hiệu điều chế thì sẽ không truyền tín hiệu cao tần đi. Ở một máy phát AM chuẩn, nó vẫn truyền sóng mang đi mặc dù không điều chế. Đây là một hiện tượng có thể xuất hiện trong khi ngắt dòng ở trạm phát AM. Nhưng với hệ thống SSB thì sóng mang không được truyền, sẽ không có tín hiệu nào truyền đi nếu không có tín hiệu mang thông tin. Dải biên chỉ được sinh ra thông qua quá trình điều chế biên (tức là chỉ khi có tín hiệu điều chế).

Hình 7.11 mô tả phạm vi tần số và thời gian của một tín hiệu SSB

Khi một sóng âm thanh hình sin có tần số không đổi là 2kHz, tần số sóng mang là 14.3MHz điều chế AM sẽ cho kết quả các dải biên là 14.298 và 14.302MHz. Đối với tín hiệu SSB thì chỉ sử dụng một dải biên. Hình 7.11a cho thấy chỉ xuất hiện dải biên trên. Tín hiệu cao tần chỉ đơn giản là công suất không đổi của sóng hình sin có tần số 14.302MHz. Hình 7.11b mô tả phạm vi thời gian tín hiệu SSB.

Phần lớn tín hiệu mà SSB truyền tải không chỉ là sóng mang hình sin thuần túy, thông thường tín hiệu điều chế là giọng nói với nhiều loại tần số và biên độ khác nhau. Tín hiệu âm thanh gây phức tạp cho tín hiệu cao tần SSB, nó làm cho tần số và biên độ biến đổi vượt ra ngoài vùng phổ đã quy định cho khoản băng của tín hiệu âm thanh. Khi không có âm thanh hoặc tín hiệu điều chế thì không có SSB nào cả (tín hiệu cao tần SSB chỉ được sinh ra trong quá trình điều chế). Với AM, khi không có tín hiệu điều chế sóng mang vẫn truyền đi do đó SSB lại hiệu quả hơn AM.

Theo cách điều chế biên độ (AM), công suất truyền đi được chia cho sóng mang và hai dải biên. Nếu ta giả sử rằng công suất sóng mang là 100W, $m = 100\%$ thì mỗi dải biên sẽ chiếm một công suất là 25W và toàn bộ công suất truyền đi sẽ là 150W. Hiệu quả truyền đi của máy phát AM kiểu cũ đã được thiết lập bằng cách kết hợp công suất của các dải biên là 50W như ví dụ trên.

Tại một máy phát SSB, do không truyền sóng mang nên công suất sóng mang bằng 0. Nếu hai máy phát có hiệu quả truyền như nhau thì máy phát AM sẽ tiêu tốn nhiều công suất hơn. Một máy phát SSB 50W sẽ có hiệu quả bằng một máy phát AM có tổng công suất là 150W mặc dù cả hai đều có toàn bộ công suất dải biên là 50W.

Lợi về công suất của SSB so với AM là 3:1

Cả hai phương pháp truyền thông tin DSB và SSB đều được sử dụng rộng rãi. Tín hiệu DSB thuần túy được sử dụng trong hệ thống điện thoại cũng như hai đường truyền SSB cho radio. Hai đường truyền SSB sử dụng trong thông tin đường biển, quân đội và những người thích radio.

Tín hiệu DSB được sử dụng trong FM và TV để truyền hai kênh tín hiệu stereo. Người ta cũng sử dụng một vài loại mã vòng khóa pha để chuyển dữ liệu nhị phân.

7.1.5. Các bộ điều chế biên độ

Có hai cách cơ bản để thực hiện điều chế biên độ.

Cách thứ nhất đó là phân sóng mang với hệ số tăng hoặc giảm biên độ theo tín hiệu điều chế .

Cách thứ hai trộn trực tiếp hoặc cộng hệ số sóng mang với tín hiệu điều chế , sao đó gộp tín hiệu tổng vào thiết bị phi tuyến hoặc mạch phi tuyến . Tất cả các mạch điều chế biên độ đều tuân theo một trong hai phương pháp trên .

Có thể khảo sát hiệu quả của phương pháp thứ nhất bằng cách tham khảo phương trình cơ bản :

$$U_{AM} = U_C \cdot \sin 2 f_c t + (U_m \cdot \sin 2 f_m t) \cdot \sin 2 f_c t$$

Ta có chỉ số điều chế là :

$$m = \frac{U_m}{U_C} = \frac{U_m}{m \cdot U_C}$$

Biến đổi phương trình trên và phân tích thành thừa số ta có :

$$U_{AM} = \sin 2 f_c t (U_C + m \cdot U_C \cdot \sin 2 f_m t) = U_C \cdot \sin 2 f_c t (1 + m \cdot \sin 2 f_m t)$$

Từ phương trình trên ta thấy điều chế biên độ đã thực hiện được việc nhân sóng mang với tổng của 1 và sóng điều chế hình sin . Vậy ta có thể tạo ra một mạch điện tăng hay giảm theo tín hiệu điều chế AM được tạo ra khi cho sóng mang đi qua mạch này . Ở phương pháp thứ hai ta trộn trực tiếp sóng mang với tín hiệu điều chế sau đó dùng các điện áp này thích hợp theo dòng điện trong thiết bị phi tuyến .

Thiết bị phi tuyến là transistor trường (FET) có đường đáp ứng là đường parabol. Ta thấy rằng dòng điện trong thiết bị này tỉ lệ bình phương với điện áp đầu vào (hình 7.12). khi đó ta có rằng thiết bị hay mạch điện đó có đáp ứng tuân theo luật bình phương . Việc nâng lên lũy thừa bậc 2 là do cộng sóng mang và tín hiệu điều chế theo phương trình AM . các tín hiệu không có ích khác như sóng hài bậc hai (gọi là sản phẩm bậc hai) được tạo ra bằng mạch này . Sử dụng các bộ lọc hoặc mạch điều chỉnh ở đầu ra để loại những thành phần ngoài ý muốn này và chỉ đưa ra sóng mang cùng với các dải biên . Mỗi tương quang theo hàm mũ này là cơ sở cho việc điều chế biên độ , trộn vào bộ tạo khác .

Hình 7.12

Diode và transistor lưỡng cực là các thiết bị phi tuyến . các đặt tuyến của chúng không theo quy luật bậc hai nhưng chúng cũng có khả năng thực hiện điều chế biên độ . đặc điểm của việc sử dụng thiết bị có quy luật bậc hai (như FET) là tạo ra các thành phần bậc hai (hay các sóng hài bậc hai) . Các thiết bị phi tuyến khác như diode ,BJT lại có sản phẩm sóng hài bậc 3 khi đó bộ lọc có thể loại bỏ được thành phần hài bậc cao . vì vậy diode và BJT rất hữu ích cho bộ điều chế biên độ .

Hình 7.13

Bộ điều chế lâu đời và đơn giản nhất được mô tả ở hình 7.13. nó bao gồm hệ thống điện trở trộn ,diode và một mạch lọc LC . Sóng mang được ghép với điện trở vào và tín hiệu điều chế được đưa vào thông qua điện trở khác . tín hiệu đã được trộn xuất hiện qua R_3 .

Hệ thống này cho phép hay tín hiệu trộn với nhau một cách tuyến tính , nghĩa là được cộng đại số . Nếu cả sóng mang và tín hiệu điều chế đều là dạng sóng hình sin thì sẽ có kết quả dạng sóng nhận được tại điểm nối hai điện trở như trong hình 7.14.

Cuối cùng sóng mang sẽ tải tín hiệu điều chế nhưng tín hiệu này không phải là điều

chế biên độ mà là hai tín hiệu được cộng với nhau một cách đơn giản hay trộn với nhau một cách tuyến tính . điều chế là quá trình nhân chứ không phải cộng.

Hình 7.14

Tổng hợp các dạng sóng để cung cấp cho diode chỉnh lưu có đặt tuyến theo quy luật hình mũ . Diode chỉ thông qua một nửa chu kỳ sóng vào còn trong nửa chu kỳ âm thì sóng của diode sẽ cắt đi và không cho tín hiệu đi qua . Dòng qua của diode là một chuỗi xung dương mà biên độ biến đổi tỉ lệ với biên độ của tín hiệu điều chế (hình 7.14d)

Các xung dương này được đưa vào mạch cộng hưởng song song LC. Mạch LC cộng hưởng tại tần số sóng mang .

Nguyên lý làm việc của mạch cộng hưởng như sau : ở nửa chu kỳ dương của sóng mang diode dẫn, ở nửa chu kỳ âm diode khoá . Khi diode dẫn dòng điện nạp vào tụ điện , khi diode khoá, tụ phóng qua cuộn cảm ,do mạch LC được điều chỉnh cộng hưởng với tần số sóng mang nên quá trình phóng -ø nạp năng lượng trên LC tạo ra sự " dao động" trong mạch với tần số và biên độ hưởng ứng với tần số sóng mang . kết quả là dạng sóng sau khi qua mạch điều hưởng là AM(hình 7.14e) . Hệ số Q của mạch điều hưởng đủ lớn để tạo ra một sóng hình sin cân đối nhưng cũng không quá lớn để dải băng của nó còn chứa được dải xung được phát ra. Coi bộ lọc LC như một bộ lọc dải thông , có nghĩa là cho thành phần sóng mang và các dây biên đi qua và loại bỏ các thành phần không cần thiết . một phương pháp điều chế đơn giản khác như hình 7.15 nó bao gồm một bộ khuếch đại thuật toán và một transistor trường (FET) được sử dụng như một biến trở. Bộ khuếch đại thuật toán được kết nối như một phần tử không khuếch đại đối với tín hiệu sóng mang. Hệ số khuếch đại của mạch đối với tín hiệu tạo dao động được tính theo công thức :

$$K = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

Điện trở hồi tiếp R_f là một giá trị được định trước trong khi đó R_i là trở kháng của JFET kênh N. thế hiệu dịch âm đặt vào cổng(B⁻). thế hiệu dịch dương được đặt vào cổng (B⁺) tín hiệu điều chế được đưa vào cực cổng thông qua tụ C_1 đầu không đảo (+) của bộ khuếch đại thuật toán . bằng việc thay đổi hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại theo tín hiệu điều chế ta sẽ có tín hiệu điều biên AM.

Khi không có tín hiệu điều chế, trở kháng của FET đã được cố định do đó biên độ sóng mang ở đây là hằng số . Khi đưa tín hiệu điều chế hình sin vào, trở kháng FET sẽ biến đổi. Tín hiệu điều chế đầu vào là dương tính sẽ làm cho điện trở của FET giảm , ngược lại khi tín hiệu đầu vào là âm tính thì sẽ làm cho điện trở của FET tăng. Việc tăng điện trở của FET dẫn đến giảm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại thuật toán và ngược lại . kết quả là ở đầu ra có bộ khuếch đại có tín hiệu AM .

Linh kiện tối hạng trong mạch điện này là FET. Nên phân cực cho FET sao cho trở kháng từ cực máng tới cực nguồn càng tuyến tính càng tốt , qua đó giới hạn càng rộng . Điểm tốt nhất của đường tuyến tính có thể tính trước được trên đoạn đường cong của FET . Phân cực sao cho cực G có thể ở trong khoản giữa của tuyến tính . Một mạch điện khác cho ta tín hiệu FM là sử dụng linh kiện có trở kháng như hình 7.16 . Các mạch này sử dụng diode PIN để tạo ra tín hiệu AM tại tần số VHF, UHF và tần số cực ngắn . PIN diode là một loại diode silic được thiết kế để sử dụng tại các tần

số lớn khoảng 100MHz. Khi phân cực thuận, những diode này hoạt động như những điện trở biến đổi. Trở kháng của diode biến đổi tuyến tính với cường độ dòng điện chảy qua nó. Một dòng điện lớn cho trở kháng thấp, ngược lại một dòng điện nhỏ cho trở kháng cao. Bằng cách dùng tín hiệu điều chế biến đổi theo dòng phân cực thuận của diode PIN, AM sẽ được tạo ra.

Trong hình 7.16a, 2 diode PIN được đấu lưng với nhau và phân cực thuận bởi điện áp một chiều cố định. Tín hiệu điều chế được ghép vào diode thông qua C_1 . Tín hiệu điều chế xoay chiều này được xếp chồng lên điện áp phân cực một chiều. Trong khi đó nó cũng làm biến đổi trở kháng của diode. Khi tín hiệu điều chế vào là dương (>0) đặc trên cực của diode làm cho điện trở của nó tăng làm cho biên độ sóng mang qua tải giảm. Khi tín hiệu điều chế là âm (<0) làm cho diode phân cực thuận nên điện trở của nó giảm do đó làm tăng biên độ sóng mang.

Mạch điều chế dùng diode PIN như hình 7.16b các diode được nối theo dạng hình .

Hình 7.16

Trong cả hai mạch điện của hình 7.16 diode tạo thành mạch suy giảm biến đổi; mà sự suy giảm biến đổi cùng với biên độ tín hiệu điều chế. Như vậy mạch điều chế làm giảm đáng kể lượng tín hiệu. Do đó cần phải có bộ khuếch đại để khuếch đại AM tới mức thích hợp. Mặc dù bất lợi như vậy song bộ điều chế PIN vẫn được sử dụng rộng rãi vì đây là phương pháp tạo ra tần số sóng AM cực ngắn.

Các mạch điện của bộ điều chế được trình bày ở trên được biết như một bộ điều chế mức thấp. "Mức thấp" được xem như là tín hiệu xuất hiện với mức điện áp và công suất khá thấp. Trước khi truyền tín hiệu AM phải nâng công suất lên. Trong một hệ thống sử dụng bộ điều chế mức thấp, tín hiệu AM được ghép qua một hoạt hai tần khuếch đại tuyến tính như hình 7.17. Có thể là mạch khuếch đại chế độ A, AB, B. Để tăng công suất mạch điện tới mức lý tưởng trước khi đưa tới anten phát, thì bộ khuếch đại không gây méo AM.

Hình 7.17

Điều chế ở mức cao cũng có thể thực hiện được. Khi điều chế mức cao, bộ điều chế biến đổi điện áp và công suất ở tần khuếch đại RF cuối cùng của máy phát. Một ví dụ về mạch điện điều chế mức cao là bộ điều chế collector như hình 7.18.

Tăng ra của máy phát là bộ khuếch đại công suất và làm việc ở chế độ C chỉ cần nửa chu kỳ dương của tín hiệu vào. Dòng xung ra ở collector gây ra dao động cho mạch cộng hưởng tại tần số ra lý tưởng. Mạch cộng hưởng do đó tái tạo lại được thành phần cực tính âm của tín hiệu sóng mang.

Bộ điều chế là bộ khuếch đại công suất thẳng, dẫn tín hiệu điều chế ở mức thấp và khuếch đại nó tới mức cao hơn. Tín hiệu điều chế đầu ra được ghép qua biến áp điều chế T_1 tới bộ khuếch đại làm việc ở chế độ C điện áp C_{cc} cấp nguồn cho mạch. Khi không có tín hiệu đầu vào thì không có điện áp đi qua cuộn thứ cấp của T_1 do đó collector được cung cấp điện áp một chiều cho bộ khuếch đại làm việc, sóng mang ở đầu ra là sóng mang hình sin không đổi. Khi có tín hiệu điều chế thành phần điện áp qua cuộn thứ cấp T_1 bị cộng hoạt trừ đi trước khi cấp cho cực collector của T_1 . Sự biến đổi điện áp cấp này được đưa tới bộ khuếch đại chế độ C. Tất nhiên biên độ xung chạy qua T_1 sẽ biến đổi. Khi tín hiệu điều chế ở nửa chu kỳ dương thì nó sẽ cộng thêm vào điện áp cấp cho collector làm dòng chạy qua T_1 sẽ lớn hơn do vậy có

biên độ sóng mang lớn hơn . Khi tín hiệu điều chế ở nửa chu kỳ âm thì nó sẽ triệt tiêu bớt nguồn cấp cho collector nên dòng qua T_1 nhỏ làm biên độ sóng mang nhỏ hơn . Với điều chế 10% , mạch điều chế mức cao về nửa chu kỳ dương của tín hiệu điều chế cộng với điện áp nguồn làm cho điện áp thông qua BA đặt vào T_1 tăng lên (giả thuyết biên độ đỉnh của tín hiệu bằng U_{cc} thì biên độ đỉnh của sóng mang bằng $2U_{cc}$) ở nửa chu kỳ âm của tín hiệu điều chế . thông qua BA_1 làm cho điện áp trên T_1 giảm xuống (như giả thuyết trên biên độ đỉnh của sóng mang bằng 0 khi ở mức chu kỳ âm , tín hiệu đạt biên độ đỉnh) .

Điều này được minh họa ở hình 7.19

Trong thực tế không thể đạt được 100% với bộ điều chế collector mức cao như hình 7.18. Để khắc phục được điều này đồng thời điều khiển tần khuếch đại kích hoạt và tần khuếch đại cuối cùng là bộ điều chế collector . Phương pháp này được mô tả trong hình 7.20.

Đầu ra của biến thể điều chế được kết nối tiếp với điện áp cấp cho collector của hai transistor điều khiển T_1 và T_2 , với cách mắc này khả năng đạt 100% điều chế là có thể. Kỹ thuật này được sử dụng rộng rãi trong máy phát công suất thấp .

Hình 7.19,7.20.

Điều chế mức cao tốt hơn cho tín hiệu AM , nhưng lại yêu cầu một mạch điện có công suất rất cao. Thực tế công suất của bộ điều chế phải bằng tổng công suất của bộ khuếch đại chế độ C với hệ số 100%. Nếu bộ khuếch đại chế độ C có công suất là 1000W, thì bộ điều chế có công suất là 500W .

7.2 ĐIỀU CHẾ TẦN SỐ (FM)

Trong FM, biên độ sóng mang không thay đổi trong khi đó tần số bị thay đổi do tín hiệu điều chế . Khi biên độ tín hiệu thông tin thay đổi, tần số sóng mang thay đổi tương ứng , Khi biên độ tín hiệu điều chế tăng , tần số sóng mang tăng , nếu biên độ tín hiệu điều chế giảm, tần số sóng mang giảm. Mọi quang hệ ngược lại cũng có thể được thực hiện. Khi biên độ tín hiệu điều chế thay đổi làm tần số sóng mang thay đổi lên xuống xung quanh tần số trung tâm (tần số trung tâm là tần số sóng mang khi không bị điều chế). Sự thay đổi tần số sóng mang được tạo ra do tín hiệu điều chế, coi như sự sai lệch tần số . Sự sai lệch tần số cực đại xuất hiện khi biên độ tín hiệu điều chế cực đại.

Hình 7.21

Tín hiệu thông tin điều chế hình 7.21 là một sóng hình sin tần số thấp . Ở mức chu kỳ dương , khi biên độ của tín hiệu tăng lên , tần số của sóng mang cũng tăng lên . Tần số cao nhất xuất hiện tại đỉnh biên độ tín hiệu điều chế. Khi biên độ tín hiệu điều chế giảm , tần số sóng mang giảm . Khi tín hiệu điều chế biên độ bằng 0, tần số sóng mang ứng với điểm này gọi là điểm tần số trung tâm của nó . Khi tín hiệu điều chế chuyển sang bán kỳ âm, tần số sóng mang giảm , tới đỉnh của nửa chu kỳ âm , sau đó tín hiệu điều chế tăng đến 0 tần số lại tăng lên.

Giả sử tần số sóng mang là 50MHz nếu đỉnh biên độ tín hiệu điều chế làm cho tần số dịch chuyển 200Khz, tần số sóng mang sẽ thay đổi tăng tới 50.2MHz và giảm tới 49.8MHz. Toàn bộ biến đổi là:

$$50.2 - 49.8 = 0.4\text{MHz}$$

Trong thực tế cho thấy sự biến đổi tần số cho thấy sự dịch chuyển tần số song mang lên xuống xung quanh tần số trung tâm. Tần số của tín hiệu điều chế xác định tỉ lệ biến đổi tần số mà không ảnh hưởng tới sự biến đổi biên độ của tín hiệu điều chế .

7.2.1.các giải biên và các tham số điều chế

Bất cứ quy trình nào cũng tạo ra dãy biên như trong AM ,khi một sóng hình sin tần số không đổi điều chế với sóng mang sẽ cho hai dải biên được tạo ra .Các biên tần là tổng và sai lệch của sóng mang và tín hiệu điều chế .Với FM cũng vậy ,các cặp biên tần trên và dưới được tạo ra. Phổ của tín hiệu FM rộng hơn AM .Hình 7.22cho một ví dụ về phổ của tín hiệu FM sau khi điều chế sóng mang với song hình sin tần số đơn. Dải biên được tạo ra từ sóng mang f_c và từ một tần số khác .

Nếu tần số điều chế là 500Hz .Thì cặp dải biên đầu tiên là trên và dưới sóng mang 500Hz. Cặp dải biên thứ hai là trên và dưới sóng mang $500 \cdot 2 = 1000\text{Hz}$ và tiếp tục như thế .

Hình 7.22

Lưu ý :Dải biên có thể được mở rộng từ tần số sóng mang ra hai phía bằng cách cộng thêm hoặc trừ đi liên tiếp các khoản cách bằng tần số tín hiệu điều chế . nếu mỗi giải biên được giả sử là một sóng hình sin với tần số và biên độ như hình 7.22thì tất cả các sóng hình sin này được cộng với nhau để tạo ra tín hiệu hình sin .

Khi biên độ của tín hiệu điều chế biến đổi, độ lệch tần số sẽ thay đổi .Lượng dãy biên được tạo ra , biên độ và khoảng cách phổ của nó phụ thuộc vào sự chênh lệch tần số và tần số điều chế . Chú ý rằng tín hiệu FM có biên độ không đổi . Tín hiệu Fm là tổng hợp của các tần số dải biên ,có thể thấy rằng độ rộng dải biên bắt buộc phải biến đổi cùng độ chênh lệch tần số và tần số điều chế . Vì vậy phải cộng chúng lại để cho tín hiệu FM có biên độ không đổi .

Mặc dù FM là cách thức tạo ra số lượng vô hạn dải biên trên và dưới , nhưng chỉ những cái có độ rộng nhất là có ý nghĩa trong việc truyền tin tức .Bất cứ một dải biên tiêu biểu nào có độ rộng nhỏ hơn sóng mang chưa điều chế 1% đều không có ý nghĩa.

Như ta đã biết khối lượng của dải biên quang trọng và độ rộng của chúng phụ thuộc vào tổng độ lệch tần và tần số điều chế .

Tỉ lệ giữa độ lệch tần số và tần số điều chế là tỉ số điều chế m.

$$m = \frac{f_d}{f_m}$$

f_d – độ lệch tần số

f_m - tần số điều chế

Tuy nhiên khoảng chia tần số lớn nhất có thể cho phép tần số điều chế lớn nhất được sử dụng trong tính toán để tính chỉ số điều chế m. m được biết như là chỉ số chênh lệch.

Có thể thấy rằng phổ của tín hiệu AM biến đổi theo độ rộng băng phụ thuộc vào chỉ số điều chế trên , chỉ số điều chế càng cao thì cho độ rộng băng càng lớn .Việc bảo toàn phổ là hết sức cần thiết ,độ rộng phổ của tín hiệu FM cần được cân nhắc và giới hạn bằng việc đặt giá trị trên của chỉ số điều chỉnh.

Hình 7.23. cho một vài ví dụ về phổ của tín hiệu FM với các chỉ số điều chế khác nhau .

Hình 7.23

7.2.2.. So sánh giữa điều chế tần số và điều chế biên độ

Nhìn chung điều chế tần số có chất lượng cao hơn điều chế biên độ. Mặc dù cả hai phương pháp điều chế đều cho phép truyền thông tin từ nơi này đến nơi khác. Cả hai phương pháp trên đều có khả năng tương đương, có độ tin cậy như nhau song kiểu truyền tin tức bằng FM mang lại nhiều lợi ích hơn.

+ Ưu điểm của FM đối với AM

-Tính chống nhiễu : nhiễu do rất nhiều nguồn sinh ra, bộ phận đánh lửa chuyển mạch và các hệ thống thông tin khác. Nhiễu bám vào tín hiệu làm mất tính chân thực và có thể làm mất hoàn toàn tín hiệu. Nhiễu thực chất là sự thay đổi biên độ, nhưng tín hiệu FM có biên độ không đổi. Máy thu FM có mạch hạn chế biên độ tín hiệu nhận được. Mọi sự biến đổi biên độ suất hiện trên tín hiệu FM đều bị cắt bỏ. Điều này không làm ảnh hưởng đến thông tin chứa đựng trong tín hiệu FM. Vì tín hiệu FM chỉ chứa đựng thông tin trong tần số của nó. Bằng việc sử dụng bộ hạn chế, phần lớn nhiễu sẽ bị cắt bỏ.

-Khả năng loại bỏ nhiễu : Khi có hai hay nhiều tín hiệu FM xuất hiện đồng thời cùng tần số : nếu một biên độ có biên độ gấp đôi các tín hiệu khác sẽ "bắt giữ" được kênh có tín hiệu khỏe hơn, và loại bỏ kênh có tín hiệu yếu hơn (chính là tín hiệu nhiễu). Điều này được biết như hiệu ứng bắt giữ trong FM. Khi hai tín hiệu AM xuất hiện ở cùng một tần số, cả hai tín hiệu sẽ được nghe chung mà không để ý đến mỗi quang về cường độ của chúng. Tín hiệu AM có nghĩa sẽ khỏe hơn các tín hiệu khác, tín hiệu khỏe hơn sẽ dễ nghe hơn, ngược lại tín hiệu yếu hơn sẽ khó nghe hơn, nó được nghe như là âm thanh nền. Khi cường độ tín hiệu AM gần như nhau, nó sẽ giao thoa với nhau làm rất khó đây là tín hiệu cần thiết. Trong điều chế tần số hiệu ứng tần số cho phép tín hiệu khỏe hơn vượt cao hơn hẳn trong khi tín hiệu yếu hơn bị loại bỏ đi.

Tuy nhiên khi hai tín hiệu FM "khỏe" gần như nhau hiệu ứng bắt giữ là nguyên nhân gây nên sự bắt giữ luân phiên các tần số. Bạn sẽ gặp hiệu ứng này khi nghe radio FM trên xe ô tô dọc theo những quãng đường dài. Bạn đang nghe tín hiệu từ đài phát riêng biệt, nhưng trong khi xe bạn chạy đi ra xa khỏi đài phát này, đến một lúc nào đó bạn sẽ bắt được tín hiệu từ đài phát khác ở cùng tần số đó. Khi hai tín hiệu có biên độ gần bằng nhau bạn sẽ nghe tín hiệu từ đài phát này sau đó nghe tín hiệu từ đài phát khác. Biên độ tín hiệu sẽ thay đổi trong khi bạn lái xe, đến một điểm nào đó sẽ có một tín hiệu khỏe hơn vượt cao hơn hẳn, tín hiệu yếu hơn sẽ bị loại bỏ.

-Hiệu suất truyền tín hiệu : Ta biết rằng tín hiệu AM nhận được bởi hai kỹ thuật điều chế mức thấp và điều chế mức cao. Điều chế mức cao có nhiều hiệu quả hơn cả, ở đây bộ khuếch đại làm việc ở chế độ C giống như tần khuếch đại cao tần cuối cùng. Tín hiệu bị điều chế bởi bộ khuếch đại điều chế công suất cao. Như vậy máy phát Am phải tạo ra hai tần số cao RF, công suất tín hiệu điều chế. Như vậy dùng dùng một bộ khuếch đại điều chế mức cao là không thực tế, cùng điều kiện như thế người ta sử dụng điều chế mức thấp. Tín hiệu AM được tạo ra ở mức thấp hơn sau đó khuếch đại và truyền đi. Để giữ nguyên dạng tín hiệu bộ khuếch đại làm việc ở chế độ A hoặc B có hiệu quả cao chế độ C.

Tín hiệu FM có biên độ không đổi, do đó không cần thiết phải sử dụng bộ khuếch đại tuyến tính để nâng công suất. Thực tế tín hiệu AM thường được phát ra ở mức thấp sau đó được khuếch đại bởi bộ khuếch đại làm việc ở chế độ C để nâng công suất. Kết quả ta có công suất cao hơn bởi bộ khuếch đại làm việc ở chế độ C cho hệ số khuếch đại lớn hơn.

+Nhược điểm của FM so với AM và cách khắc phục

- Trong thực tế FM loại bỏ được một lượng lớn nhiễu, nhưng nhiễu vẫn ảnh hưởng đến tín hiệu FM. Điều này đặc biệt đúng cho tín hiệu có tần số cao. Nhiễu cũng là một dạng năng lượng, nó bao gồm một lượng lớn các sóng hài và thành phần tần số cao hợp thành. Những tần số cao này tại một thời điểm nào đó có biên độ lớn hơn biên độ tần số cao của tín hiệu điều chế. Điều chế này là nguyên nhân gây méo dạng tín hiệu ở tần số cao.

Để vượt qua vấn đề này, phần lớn hệ thống FM sử dụng kỹ thuật “tiền nhấn” (hay khuếch đại trước – pre-emphasis) để loại bỏ nhiễu ở vùng tần cao. Tại máy phát tín hiệu được đưa qua một hệ thống khuếch đại tần số cao nhiều hơn khuếch đại tần số thấp. Dạng đơn giản nhất của mạch như hình 7.24a. Mạch này cho phép tăng hệ số khuếch đại tại vùng tần cao, làm tín hiệu tại tần số này khỏe hơn nhiễu, làm tăng tỉ số tín hiệu trên tạp âm, tăng độ chọn lọc và tính trung thực.

Mạch khuếch đại trước cũng có tần số giới hạn f_u , tại đó độ tăng tần số là không đổi. xem hình 7.2b. Tần số giới hạn trên được tính toán bằng biểu thức:

$$f_u = R_1 \frac{R_2}{2 R_1 R_2 C}$$

Tần số này thường được đặt tại một vài giá trị cao hơn tần số âm thanh khoảng 30kHz

Hình 7.24

Để tín hiệu thu được ở mức bình thường, mạch “giải tiền nhấn” (hay mạch hạn chế trước – de-emphasis) được sử dụng ở máy thu. Đây là mạch lọc thông thấp với hằng số thời gian là 75 μ s (hình 7.24c), nó cắt bỏ bớt tín hiệu ở vùng tần cao, làm giảm tín hiệu ở vùng tần cao khoảng 6dB. Đường đáp tuyến như hình 7.24d. Như vậy mạch khuếch đại trước tại máy phát và mạch hạn chế trước tại máy thu bù đắp cho nhau cho ta một đường đặc tuyến tần số bình thường. Sự kết hợp đáp ứng giữa bộ khuếch đại trước và hạn chế trước làm tăng tín hiệu tại vùng tần số cao trong khi truyền làm tín hiệu khỏe hơn và có ít nhiễu hơn.

- FM sử dụng quá nhiều khoảng phổ. Khi cần truyền cùng một lượng thông tin có độ rộng băng của tín hiệu FM rộng hơn nhiều so với AM, mặt dù có thể chọn chỉ số điều chế sao cho sao cho dải băng được sử dụng ở khoảng tần số thấp nhất. Nhưng độ rộng băng vẫn lớn hơn tín hiệu AM. Hơn nữa giảm chỉ số điều chế chính là giảm tính chống nhiễu của tín hiệu FM. Trong hệ thống radio FM hai đường, độ lệch tần số cho phép là 5kHz với tần số điều chế lớn nhất là 3kHz. Ta có tỉ số độ lệch là 5/3 = 1.67. Đây coi là dải băng FM hẹp (narrow band FM – NBFM).

Do FM chiếm một dải băng rộng nó đặc biệt dùng cho những tần số rất cao. Thực tế nó ít sử dụng trong hệ thống thông tin có tần số nhỏ hơn 30MHz. Phần lớn hệ thống thông tin FM làm việc tại tần số UHF, VHF và tần số sóng cực ngắn là những khoảng phổ được chia cho tín hiệu FM, đó là những phạm vi phổ biến, điều này làm cho phạm vi truyền tin của nó có giá trị hơn.

- Nhược điểm khác của FM là mạch điện dùng để điều chế và tách sóng quá phức tạp so với AM, khó thiết kế hơn làm cho giá cả ạch FM cao hơn.

7.2.3. Bộ điều chế tần số

Nguyên tắc cơ bản của FM là biến đổi tần số sóng mang theo tín hiệu điều chế. Mạch dao động LC hoặc mạch dao động thạch anh tạo ra sóng mang. Mục đích tiếp theo là tìm cách thay đổi tần số của bộ tạo dao động LC, tần số sóng mang được xác định bởi giá trị điện cảm và điện dung của mạch cộng hưởng. Tần số sóng mang thay đổi tùy theo sự biến đổi của điện dung hoặc điện cảm. Để có tín hiệu điều chế tần số, cần tìm mạch điện có sự biến đổi điện áp theo sự thay đổi của giá trị điện dung hay điện cảm.

Khi bộ tạo dao động thạch anh tạo ra tần số sóng mang, tinh thể thạch anh xác định tần số dao động. Chú ý rằng mạch điện tương đương của tinh thể thạch anh là RLC với hai điểm cộng hưởng nối tiếp và song song. Bằng việc kết nối tinh thể thạch anh với tụ bên ngoài ta sẽ thu được tần số hoạt động của tinh thể này hoạt động một mạch điện có dung kháng thay đổi theo điện áp đặt vào. Một thành phần hai được sử dụng đó là tụ điện có giá trị biến đổi theo điện áp đặt vào (voltage-variable capacitor – VVC). Thành phần này chính là diode hay varcap, đây là loại diode có điện dung biến đổi theo điện áp đặt vào.

7.2.3.1. Bộ điều chế dùng diode biến dung

Hình 7.25 cho thấy một bộ điều chế tần số cơ bản sử dụng diode biến dung. Trong đó L_1C là khung cộng hưởng ở tần số sóng mang. Diode D_1 nối tiếp với tụ C_2 ngang qua mạch cộng hưởng. Giá trị tụ C_2 rất lớn tại tần số hoạt động do đó trở kháng của nó rất nhỏ, có thể coi như D_1 được nối ngang qua mạch cộng hưởng. Khi đó tổng dung kháng của mạch sẽ là dung kháng của diode D_1 song song với tụ C_1 . Nhờ đó xác định được tần số sóng mang trung tâm.

Hình 7.2

Có hai nhân tố điều khiển điện dung của diode D_1 là phân cực một chiều và tín hiệu điều chế. Trong hình 7.25 phân cực điện áp cho D_1 cấu phân áp R_1 và R_2 . Một trong hai điện trở này tạo nên sự biến đổi do đó tần số sóng mang trung tâm vượt ra ngoài phạm vi hẹp. Tín hiệu điều chế được ghép qua tụ C_3 và RFC. Tụ C_3 là tụ ngắn không cho phân cực một chiều ảnh hưởng tới tín hiệu điều chế. RFC (radio frequency choke) là cuộn chằng, nó có trở kháng cao tại tần số sóng mang ngăn không cho tần số sóng mang ảnh hưởng tới mạch điện tín hiệu điều chế.

Tín hiệu điều chế xuất phát từ micro được khuếch đại và đưa tới mạch điều chế. Khi tín hiệu điều chế thay đổi nó làm tăng hoặc giảm điện áp phân cực làm điện áp cấp cho diode D_1 biến đổi gây ra sự biến đổi dung kháng của diode D_1 . Điều này làm thay đổi tần số sóng mang theo yêu cầu. Giả sử tín hiệu đang ở bán kỳ dương thì điện áp phân cực ở điểm A được cộng thêm vào, làm diode bị phân cực ngược hơn dẫn đến dung kháng của nó bị giảm gây nên sự tăng tần số sóng mang. Ngược lại ở kỳ âm của tín hiệu điện áp phân cực ngược cấp cho diode bị giảm làm tăng dung kháng dẫn đến tần số sóng mang bị giảm.

Vấn đề chính với mạch điện hình 7.25 là mạch dao động LC đơn giản và không đủ ổn định để cung cấp tín hiệu sóng mang. Mạch LC phụ thuộc vào chất lượng sản phẩm của nhà thiết kế, tần số dao động của mạch sẽ thay đổi theo nhiệt độ, theo sự biến

đổi điện áp, và các nhân tố khác, do đó bộ tạo dao động thạch anh thường được sử dụng để chế tạo ra tần số sóng mang. Phần tử thạch anh không chỉ cung cấp tần số sóng mang có độ chính xác cao mà tần số của nó còn rất ổn định trong khoảng nhiễu độ rộng.

Có thể biến đổi của bộ tạo dao động thạch anh bằng cách thay đổi giá trị tụ điện nối tiếp hoạt động song song với nó.

7.2.3.2. Bộ điều chế dùng tinh thể thạch anh

Hình 7.26 cho thấy một bộ tạo dao động thạch anh tiêu biểu, khi nối tiếp tinh thể thạch anh với tụ điện và "kích" để cho phần tử thạch anh dao động với tần số tự nhiên của nó. Bằng việc nối tiếp diode biến dung với tinh thể thạch anh ta thực hiện được điều chế tần số bằng tinh thể thạch anh. Tín hiệu điều chế được ghép vào diode làm thay đổi tần số dao động.

Hình 7.26

Một điểm quan trọng cần chú ý trong bộ điều chế tần số dùng phần tử thạch anh là phạm vi biến đổi tần số rất nhỏ. Mạch dùng phần tử tạo dao động là LC có độ chênh lệch tần số cao hơn. Tần số của bộ tạo dao động thạch anh chỉ thay đổi tối đa là 100Hz so với giá trị danh định. Độ chênh lệch tần số thực tế có thể nhỏ hơn giá trị lý tưởng. Trong hệ thống phát thanh FM phạm vi thay đổi của tần số là 75KHz, khi đó phải sử dụng kỹ thuật khác. Mạch điều chế sử dụng phần tử thạch anh chỉ được chấp nhận trong hệ thống thông tin hai đường (băng hẹp) - là hệ thống có độ lệch tần số nhỏ hơn.

Mặc dù có độ lệch tần số nhỏ nhưng mạch điều chế dùng phần tử thạch anh vẫn được sử dụng. Bằng cách dùng các mạch nhân tần số để làm tăng độ lệch tần số từ 24 đến 32 lần.

7.2.3.3. Bộ điều chế điện kháng

Một cách khác để tạo ra điều chế tần số là sử dụng bộ điều chế kháng. Mạch này sử dụng transistor khuếch đại làm nhiệm vụ như diode biến dung. Khi mạch điện được kết nối ngang qua khung cộng hưởng của mạch tạo dao động, nhờ bộ khuếch đại tín hiệu biến đổi theo tần số của bộ tạo dao động.

Bộ điều chế kháng được minh họa ở hình 7.26. Đó là bộ khuếch đại làm việc ở chế độ A. Điện trở R_1 , R_2 là cầu phân áp phân cực cho transistor làm việc trong miền tuyến tính RFC₂ dùng để cung cấp tải cho trở kháng cao tại tần số hoạt động.

Hình 7.27.

Chú ý rằng collector của transistor nối trực tiếp với mạch cộng hưởng tạo dao động, tụ C_4 có dung kháng rất nhỏ tại tần số dao động. Có thể coi như ngắn mạch cực C của transistor với đất thông qua cuộn L_0 . ta thấy rằng trở kháng của mạch điều chế nối song song với khung cộng hưởng tạo ra tần số dao động.

Tín hiệu dao động từ mạch cộng hưởng được đưa trở lại mạch thay đổi pha R_5, C_5 . Tụ C_2 có trở kháng nhỏ tại tần số hoạt động nên nó không làm ảnh hưởng tới sự thay đổi pha như C_2 và C_5 làm ảnh hưởng tới sự phân cực transistor Q_1 . Lựa chọn tụ C_5 sao cho điện kháng của nó tại tần số dao động gấp khoảng 10 lần điện trở R_5 . Nếu điện kháng lớn hơn trở kháng quá nhiều thì mạch điện chủ yếu mang tính điện dung, do đó dòng qua R_5 sẽ chậm pha hơn giá trị điện áp 90° . Điều này có nghĩa điện áp cấp cho cực B của Q_1 sớm pha so với từ bộ tạo dao động.

Do dòng ở cực C cùng pha với dòng ở cực B, dòng điện ở cực C của Q_1 sớm pha hơn so với điện áp bộ tạo dao động V_0 một góc 90° giống như một tụ điện được cấp nguồn áp. Như vậy điện kháng của bộ điều chế giống như một tụ điện trong mạch cộng hưởng tạo dao động .

Tín hiệu điều chế đưa tới cực B của transistor thông qua tụ C_1 và RFC₁, RFC₁ ngăn không cho dòng điện tạo dao động có tần số cao ảnh hưởng tới tín hiệu điều chế. Tín hiệu âm thanh sẽ làm biến đổi điện áp và dòng điện cấp cho cực gốc của Q_1 theo tín hiệu được truyền . dòng điện qua cực C cũng biến đổi tương ứng, khi biên độ collector biến đổi , góc pha cũng thay đổi theo điện áp của bộ tạo dao động. Như vậy tín hiệu tín hiệu điều chế thay đổi gây ra sự biến đổi dung kháng của toàn mạch và làm tần số của bộ dao động biến đổi theo. Mạch này tạo tín hiệu điều tần FM .

Nếu đem đảo vị trí của R_5 và C_5 của mạch điện hình 7.27 dòng điện vẫn sớm pha hơn điện áp tạo dao động một góc 90° . Tuy nhiên điện áp đi qua tụ giờ đây lại được ghép trực tiếp vào cực B của Q_1 . Với sự sắp xếp này ,điện kháng của bộ điều chế giống như là một phần tử điện cảm. Lượng điện cảm thay đổi theo tín hiệu điều chế làm cho tần số của bộ tạo dao động biến đổi theo biên độ tín hiệu .

ĐỔI TẦN

8.1.LÝ THUYẾT CHUNG VỀ ĐỔI TẦN

Đổi tần là quá trình tác động lên hai tín hiệu sao cho trên đầu ra bộ trộn tần nhận được thành phần tổng và hiệu của hai tín hiệu đó .

Trộn tần được dùng trong máy thu đổi tần ,nhờ bộ trộn tần ta thu được tần số trung tần không đổi.

Nếu đưa điện áp tín hiệu và điện áp ngoại sai vào giữa base và emitter của transistor trộn tần, nhờ đặc tính thông thường thẳng của nó chúng ta sẽ thực hiện được việc đổi tần và lấy ra điện áp trung tần trên mạch cộng hưởng chọn lọc (biến áp trung tần) mắc ở mạch collector. Dựa vào cách đưa điện áp ngoại sai vào transistor có thể chia mạch trộn tần ra làm 3 loại mạch điện như nhau:

Mạch trộn tần điện áp ngoại sai đưa vào base .

Mạch trộn tần điện áp ngoại sai đưa vào emitter.

Mạch trộn tần điện áp ngoại sai đưa vào collector.

Mạch điện hình 8.1c nói chung không dùng vì điện áp ngoại sai đưa vào cần lớn Mạch điện hình 8.1a yêu cầu điện áp ngoại sai đưa vào nhỏ , song ảnh hưởng giữa mạch tạo dao động vào mạch lớn . Mạch điện hình 8.1b tuy nhiên áp ngoại sai đưa vào cần lớn hơn so với mạch điện hình 8.1a nhưng mạch điện làm việc ổn định , ảnh hưởng giữa mạch tạo dao động và mạch vào ít hơn do đó nó được dùng rộng rãi .

8.2.MỘT SỐ MẠCH ĐỔI TẦN

8.2.1.Mạch đổi tần có bộ tạo dao động ngoại sai chung

Mạch đổi tần dùng transistor vừa tạo dao động vừa trộn tần còn gọi là mạch đổi tần có bộ ngoại sai chung như hình 8.2 và 8.3. Điều khác nhau giữa hai mạch này chỉ ở phần tạo dao động. Trong hình 8.2 khi xét về phần tạo dao động, transistor mắc emitter chung, tín hiệu cao tần cần thu và điện áp ngoại sai đều được đưa vào base. Ở hình 8.3 xét đối với phần tạo dao động transistor mắc base chung, tín hiệu cao tần cần thu đưa vào base còn điện áp ngoại sai đưa vào emitter. Phần tạo dao động ở cả hai mạch đều mắc theo kiểu ghép biến áp. Trong hình 8.2 mạch cộng hưởng do L_1 và C_1 tạo thành là mạch vào, nó điều chuẩn với tần số của tín hiệu đài phát thanh, khi dùng anten từ thì cuộn L_1 được cuốn trên thanh pherit. Nếu máy tu có thêm tần khuếch đại cao tần thì mạch cộng hưởng $L_1 C_1$ sẽ được thay bằng mạch ra của tần khuếch đại cao tần. L_2 là cuộn ghép để đưa tín hiệu vào base của transistor, nó thường được cuốn chung trên thanh pherit với L_1 . Mạch cộng hưởng $L_4 C_2$ và cuộn ghép hồi tiếp L_3 tạo thành hệ thống dao động, chúng quyết định tần số ngoại sai, tần số này luôn cao hơn tần số tín hiệu một trung tần, vì vậy tụ điện C_1 và C_2 phải là tụ biến đổi đồng trục. Mạch cộng hưởng do $L_6 C_5$ hợp thành, điều chuẩn ở trung tần và chỉ phép một phần với transistor, do đó đối với tần số ngoại sai (trên 1000kHz) có thể coi gần như ngắn mạch. Nếu bỏ qua mạch cộng hưởng $L_6 C_5$ thì mạch hình 8.3 có thể quy về mạch tạo dao động.

Hình 8.2, 8.3, 8.4.04

Mạch đổi tần có bộ ngoại sai chung vừa phải làm nhiệm vụ tạo dao động, vừa phải làm nhiệm vụ trộn tần, vì vậy yêu cầu transistor phải có tính năng tốt. Nếu hệ số khuếch đại của tần đổi tần khoảng 20dB thì tần số cắt của transistor vào khoảng 6 - 7 MHz. Nếu tần số cắt transistor thấp thì hệ số khuếch đại của tần đổi tần sẽ bị giảm. Mạch đổi tần dùng hai transistor, một chuyên làm nhiệm vụ tạo dao động một chuyên làm nhiệm vụ trộn tần gọi là mạch đổi tần có bộ ngoại sai riêng như hình 8.4 và 8.5. Trong hình 8.4, transistor T_1 làm nhiệm vụ trộn tần, T_2 làm nhiệm vụ dao động. Cả hai điện áp tín hiệu và điện áp ngoại sai đều cùng đưa vào base của transistor trộn tần T_1 (mạch trộn tần điện áp ngoại sai đưa vào base). Ta thấy tín hiệu cao tần cần thu được chọn lọc bởi mạch cộng hưởng $C_1 C_2 L_1$, qua cuộn ghép L_2 đưa vào base, còn điện áp ngoại sai từ bộ tạo sóng do T_2 đảm nhiệm qua cuộn ghép L_3 , đi qua $L_2 C_3$ rồi cùng đưa vào base của transistor T_1 . Tín hiệu trung tần sau khi trộn tần ra, được T_1 khuếch đại lên và qua mạch cộng hưởng $C_5 L_6$ chọn lọc rồi qua cuộn ghép L_7 ghép sang base của transistor khuếch đại trung tần phía sau.

8.2.2. Bộ đổi tần có bộ tạo dao động ngoại sai riêng

Hình 8.5 có nguyên lý làm việc cũng như hình 8.4 chỉ khác ở chỗ điện áp tín hiệu cao tần cần thu được đưa vào base, còn điện áp ngoại sai được đưa vào emitter của transistor trộn tần T_1 (mạch trộn tần điện áp ngoại sai đưa vào emitter).

Hình 8.5

Đối với bộ trộn tần việc chọn điểm làm việc cho transistor là rất quan trọng vì vừa cần đoạn không đường thẳng của đặc tuyến để trộn tần vừa cần đạt hệ số khuếch đại lớn nhất. Nếu chọn dòng I_c quá nhỏ thì tác dụng khuếch đại đối với thành phần trung tần lại nhỏ. Dòng I_c thường chọn trong khoảng 0.3 - 0.6 mA và được xác định cụ thể trong quá trình điều chỉnh.

Hình 8.6

Điện áp collector càng lớn càng tốt nhưng khi quá 4V thì đầu gần bão hoà, có nghĩa là hệ số khuếch đại của tần trộn tần không tăng lên rõ rệt. Hệ số khuếch đại này còn có quang hệ với điện áp dao động ngoài sai; lúc điện áp ngoài sai từ số 0 tăng dần lên, hệ số khuếch đại của bộ trộn tần cũng từ số 0 tăng lên ngang chóng, khi điện áp ngoài sai khoảng 80 - 150mV, hệ số khuếch đại của bộ trộn tần lớn nhất, sau đó điện áp ngoài sai tăng lên thì hệ số khuếch đại của bộ trộn tần giảm xuống. Khi điều chỉnh thực tế ta phải chú ý đến bộ ghép từ bộ ngoài sai sang bộ trộn tần để có hệ số khuếch đại của bộ trộn tần lớn nhất. Khi thiết kế ta cần biết trở kháng vào và trở kháng ra của bộ trộn tần để quyết định số liệu mạch điện đầu vào và đầu ra, ví dụ như tỉ số của biến áp trung tần. Vì bộ trộn tần làm việc ở đoạn đặc tuyến không đường thẳng, việc tính toán trở kháng vào và trở kháng ra của nó ra rất phức tạp và dù có dùng những phương pháp phức tạp để xác định thì kết quả cũng không thật chính xác, do đó trong thực tế thường dùng phương pháp thực nghiệm để xác định. Nói chung trở kháng vào của bộ biến tần vào khoảng 500 - đến 2k, trở kháng ra vào khoảng 25 - 100k. Do đó tỉ số giữa các cuộn dây thường dùng như sau (hình 8.6)

$$\frac{N_1}{N_2} = 5 : 15 ; \frac{N_4}{N_5} = 10 : 25$$
$$\frac{N_4}{N_5} = 7 : 15$$

Transistor khi làm nhiệm vụ trộn tần, đặc tính tần số của nó chủ yếu quyết định bởi đặc tính của tiếp giáp PN giữa base và emitter, ngoài bộ phận ấy ra mạch collector chỉ gây tác dụng khuếch đại trung tần do đó khi xét về mặt này ta cũng có thể coi như như một tần khuếch đại trung tần. transistor trộn tần cần chọn có tần số cắt cao hơn. Transistor khuếch đại trung tần. Transistor đổi tần yêu cầu tần số cắt lại càng phải cao hơn vì nó vừa phải đảm bảo tạo ra dao động vừa phải ghép với mạch vào, tổn hao nhiều hơn. Thí dụ với transistor 401 tần số cắt f_c là 30MHz, nếu chưa mắc thêm mạch bù tần số thì khi dùng làm đổi tần nó chỉ làm việc được từ 7 - 10MHz, còn dùng trộn tần thì ít nhất cũng có thể làm việc được đến 20MHz.

Khi tần số tăng lên, hệ số khuếch đại dòng điện không chỉ giảm mà còn biến thành số phức. Nói một cách khác khi làm việc ở tần số thấp, dòng điện vào và dòng điện ra là đồng pha hoặc ngược pha 180° , nhưng khi làm việc ở tần số cao Xấp xỉ với tần số cắt của transistor thì hiện tượng lệch pha suất hiện làm dạng sóng méo nghiêm trọng và hệ số khuếch đại giảm rất nhiều. Nếu ta mắc thêm mạch bù tần số vào emitter gọi là mạch bù emitter hoặc hiệu ứng số ảo emitter thì có thể nâng cao hệ số làm việc của transistor lên.

Nguyên lý mạch bù đó như sau: khi tần số làm việc của transistor sấp xỉ với tần số cắt, dòng điện collector chậm pha sau dòng điện base một góc α (với góc α bằng khoảng 60° khi tần số làm việc bằng tần số cắt), dòng điện trong mạch dao động ngoài sai do dòng collector kích thích vì thế cũng chậm pha so với dòng base, điều đó đưa đến kết quả là không thoả mãn điều kiện dao động. Nếu bây giờ đưa vào mạch emitter một tải dung tích để cho dòng điện chạy qua đó luôn vượt trước điện áp một góc pha và điều chỉnh cho góc pha vượt trước vừa bằng góc pha chậm sau của dòng collector thì

điều kiện dao động được thỏa mãn .Cụ thể trên hình 8.7 là điều chỉnh tụ điện C_3 trong mạch emitter ;hoặc bằng cách khác thuận tiện hơn ,ta không nối tụ thoát cao tần C_3 trực tiếp xuống đất mà nối qua điểm nút đầu ra trên cuộn L_1 của mạch vào rồi mới xuống đất ,như vậy cũng tương đương như đã mắc vào emitter một tải dung tích như hình 8.8.

Hình 8.7,8.8

Trong các máy thu đối tần ,tần số ngoại sai luôn cao hơn tần số tín hiệu cho nên đối với dòng điện ngoại sai mạch cộng hưởng vào L_1C_1 luôn thể hiện là dung tích .Qua việc bù như vậy với transistor 401 ta cũng có thể cho nó làm việc đối tần đến tần số 15MHz và có khả năng dùng transistor cao tần với tần số cắt không cao để lắp tần đối tần ở băng sóng ngắn

Hình 8.8

TÁCH SÓNG

9.1 .TÁCH SÓNG AM

Bộ tách sóng là mạch nhận tín hiệu đã được điều chế và khôi phục lại thông tin nguyên thủy ban đầu . Bộ tách sóng là mạch then chốt trong bất kỳ máy thu thanh nào ,thực tế nó có thể sử dụng như một máy thu thanh đơn giản nhất .

Hình 9.1

Bộ tách sóng AM đơn giản và rộng rãi nhất sử dụng diode tách sóng như hình 9.1.Tín hiệu AM thường được ghép biến áp tới mạch tách sóng để tách $\frac{1}{2}$ thành phần sóng cơ bản. Mạch tách sóng bao gồm D_1 và R_1 ,sau khi tín hiệu qua diode ta thu được các nửa chu kỳ dương , diode không cho tín hiệu ở bán kỳ âm qua.Kết quả điện áp qua R_1 là một chuỗi xung vuông biến đổi theo tín hiệu điều chế .

Để khôi phục lại tín hiệu ban đầu tụ C_1 mắc song song với R_1 , phải lựa chọn tụ sao cho sao cho nó có trở kháng thấp tại tần số sóng mang ,có trở kháng cao hơn tại tần số tín hiệu điều chế . Kết quả là tụ lọc bỏ phần sóng mang và để lại tín hiệu ban đầu . Hoạt có thể giải thích bằng sự phóng nạp của tụ mà ta có tín hiệu ra biến đổi theo quy luật ban đầu như hình 9.1.

Đầu ra của bộ tách sóng là tín hiệu nguyên thủy . Vì diode tách sóng khôi phục lại đường bao của tín hiệu AM chính là tín hiệu điều chế ,mạch này đôi khi được gọi là mạch tách sóng đường bao .

Hình 9.3

Mạch diode tách sóng cơ bản có thể coi như một máy thu thanh hoàn hảo, thực tế một mạch tương tự như thế đã được sử dụng trong radio crystal trong quá khứ.

Trong hình 9.2 mạch tách sóng dùng diode được vẽ lại .

Để thực hiện việc tách sóng có thể sử dụng mạch chỉnh lưu như hình 9.3, ở đây 2 diode được nối với cuộn thứ cấp của biến áp cao tần tương tự như dạng mạch chỉnh lưu hai nửa chu kỳ , với cách mắc như trên D_1 sẽ dẫn tín hiệu trong bán kỳ dương , D_2 dẫn bán kỳ âm .Diode tách sóng này cho giá trị điện áp trung bình cao hơn và để lọc

hơn. Giá trị tụ điện cần thiết để loại bỏ thành phần sóng mang là $\frac{1}{2}$ giá trị được dùng ở mạch tách sóng dùng 1 diode.

Ưu điểm hàng đầu của mạch này là tần số điều chế cao không bị méo do dao động hay suy giảm như mạch tách sóng dùng 1 diode.

Mặc dù phức tạp hơn nhưng bộ điều chế biên độ dùng transistor cũng đã được chế tạo trong nhiều năm, trong phần lớn các trường hợp người ta không sử dụng nó. Bộ tách sóng diode vẫn được sử dụng hiệu quả và phổ biến.

9.2. TÁCH SÓNG FM

Mạch tách sóng điều tần đầu tiên chuyển sự biến đổi về tần số của tín hiệu sang sự biến đổi về biên độ rồi đưa đến diode tách sóng biên độ lấy ra tín hiệu âm tần ban đầu. Có mấy loại mạch tách sóng điều tần như sau:

9.2.1. Mạch tách sóng điều tần lệch cộng hưởng

Nếu ta thiết kế cho tần số cộng hưởng tự nhiên f_0 của mạch cộng hưởng song song gồm L và C, lệch về phía cao hơn hoặc thấp hơn so với tần số trung tâm của tín hiệu điều tần (f) thì ta có thể đem tín hiệu điều tần chuyển thành tín hiệu điều biên.

Trên hình 9.4 ta thấy nếu cho tần số trung tâm f của tín hiệu điều tần ứng với điểm là điểm giữa của đoạn thẳng ở về bên sườn của đặc tuyến cộng hưởng thì trên 2 đầu của mạch cộng hưởng sẽ có một điện áp tương ứng là U_k . Bây giờ ta đưa vào mạch cộng hưởng một tín hiệu điều tần có độ di tần lớn nhất là Δf thì khi tần số là $f + \Delta f$, tần số càng lệch xa tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch hơn, lúc này điện áp trên hai đầu mạch cộng hưởng sẽ giảm nhỏ đi, từ điểm A tụt xuống điểm B và có biên độ $U_k - U_1$, khi tần số là $f - \Delta f$, tần số lại dịch về gần tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch hơn, lúc này điện áp trên 2 đầu mạch cộng hưởng tăng lên từ điểm A đến điểm C và có biên độ là $U_k + U_2$. Rõ ràng là mạch chuyển từ tín hiệu điều tần sang tín hiệu điều biên và nếu dùng diode để tách sóng lấy đường bao, ta sẽ lập lại tín hiệu âm tần ban đầu. Mạch tách sóng này đơn giản nhưng có nhược điểm là méo không đường thẳng lớn, nó chỉ dùng trong những máy thu điều tần đơn giản kiểu siêu tái sinh.

Hình 9.4

9.2.2. Mạch tách sóng điều tần dùng mạch lệch cộng hưởng kép

Dựa trên nguyên lý làm việc của mạch tách sóng điều tần người ta cải tiến một bước, dùng hai mạch cộng hưởng riêng biệt B và C có tần số cộng hưởng tự nhiên f_1 cao hơn và f_2 thấp hơn tần số trung tâm f của tín hiệu điều tần (hình 9.5). Đặc tuyến cộng hưởng của riêng từng mạch cộng hưởng của B và C được vẽ bằng đường chấm chấm trên hình 9.6. Dùng diode D_1 và D_2 để tách sóng riêng rẽ, dòng điện tách sóng i_{f1} và i_{f2} chạy qua R_1 và R_2 có chiều ngược nhau, do đó điện áp ở đầu ra $2 - 2'$ sẽ là hiệu số của chúng và được biểu diễn bằng đường đậm nét trên hình 9.6. Đường biểu diễn này chính là đường đặc tính S của bộ tách sóng điều tần, nó thể hiện mối quan hệ giữa điện áp ra phụ thuộc vào sự biến đổi của tần số như thế nào. Nếu mạch tách sóng của D_1 và D_2 hoàn toàn đối xứng nhau khi tần số trung tâm của đài phát sóng điều tần không ổn định, ở đầu ra $2 - 2'$ sẽ có điện áp một chiều hoạt động âm tương ứng. Người ta thường lợi dụng điện áp một chiều này để đưa về không chế varicap nhằm tự động điều chỉnh lại tần số của bộ tạo dao động ngoại sai trong máy thu cho phù hợp với tần số trung tâm đến đài phát.

9.2.3. Mạch tách sóng điều tần dùng mạch lệch cộng hưởng kép

Mạch điện nguyên lý như hình 9.7 .Nếu ở đầu vào 1 – 1' ta đưa vào một tín hiệu trung tần điều tần có điện áp $U_{11'}$,giữa sơ cấp và thứ cấp thực hiện ghép lỏng thì điện áp $E_{22'}$, ở hai đầu 2 – 2' bên thứ cấp được tính như sau.

$$E_{22'} = \frac{\frac{1}{j C_2}}{r_2 + j L_2 \frac{1}{C_2}} \frac{M}{L_1} E_{11'}$$

Nếu tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch cộng hưởng bên thứ cấp trùng với tần số của tín hiệu vào thì phương trình trên sẽ biến thành :

$$E_{22'} = \frac{jM}{C_2 r_2 L_1} E_{11'}$$

Ta thấy ngay lúc này $E_{22'}$ chậm pha bằng một góc 90° so với $E_{11'}$.Cũng từ những phương trình trên ta có thể rút ra nhận xét khi tần số của tín hiệu đưa vào thấp hơn so với tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch cộng hưởng bên thứ cấp thì $E_{22'}$ sẽ chậm pha một góc nhỏ hơn 90° so với $E_{11'}$ và ngược lại nếu tần số của tín hiệu đưa vào cao hơn so với tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch cộng hưởng bên thứ cấp thì $E_{22'}$ sẽ chậm pha hơn 1 góc lớn hơn 90° so với $E_{11'}$.

Hình 9.7

Khi thiết kế thỏa mãn điều kiện $L_3 \gg \frac{1}{C_k}$ do đó điện áp trên hai đầu cuộn L_3 có thể coi gần đúng bằng $E_{11'}$.Nếu gọi điện áp tín hiệu trung tần điều tần đặc trên hai đầu diode D_1 là E_{2m} và trên hai đầu diode D_2 là $E_{2'm}$ và C_k và L_3 nối vào điểm giữa cuộn dây

$$L_2 \text{ ta có thể viết : } E_{2m} = \frac{E_{22'}}{2} E_{11'} \quad E_{2'n} = E_{11'}$$

$$E_{2'm} = \frac{E_{22'}}{2} E_{11'} \quad E_{2'n} = R_{11'}$$

Ta có thể dùng hình vẽ vec tơ điện áp để biểu thị như trên hình 9.8

Hình 9.8

Trong hình 9.8 a là trường hợp tần số tín hiệu vào trùng với tần số khung cộng hưởng của mạch ; 9.7b là trường hợp tần số tín hiệu vào thấp hơn tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch ;9.7c là trường hợp tần số tín hiệu vào lớn hơn tần số cộng hưởng tự nhiên của mạch .Lúc này mặc dù tần số tín hiệu vào biến đổi ,biên độ của $E_{11'}$, $E_{22'}$,về cơ bản có thể là không đổi , mà chỉ có biên độ E_{2m} và $E_{2'm}$ thay đổi . Qua tách sóng điện áp một chiều hạ trên các điện trở tải R_1 , R_2 là U_{3m} và $U_{3'm}$ lần lượt tỉ lệ thuận với biên độ của E_{2m} và $E_{2'm}$, do đó điện áp ra ở hai đầu 3 – 3' của bộ tách sóng điều tần là :

$$U_{Ra} = |U_{3m}| \quad |U_{3'm}| \quad |E_{2m}| \quad |E_{2'm}|$$

$$U_{Ra} = |E_{2m}| \quad |E_{2'm}|$$

Trong đó là hiệu suất tách sóng của diode .

Ta thấy khi:

$$\begin{aligned}
f = f_0 & \quad |E_{2m}| = |E_{2'm}| \quad U_{Ra} = 0 \\
f < f_0 & \quad |E_{2m}| > |E_{2'm}| \quad U_{Ra} = \text{dương} \\
f > f_0 & \quad |E_{2m}| < |E_{2'm}| \quad U_{Ra} = \text{âm}
\end{aligned}$$

đường đặc tính S của bộ tách sóng điều tần dùng mạch cộng hưởng kép có dạng như hình 9.9.

Ta thấy rằng mạch tách sóng hình 9.7 đã thực hiện tốt việc tách sóng điều tần và đoạn thẳng của đặc tuyến tách sóng cũng khá lớn nhưng vì điện áp tách sóng không loại trừ được ảnh hưởng của biến đổi biên độ của sóng điều tần do nhiễu gây ra, vì vậy ngang phía trước nó phải có tần hạ biên. Đây cũng là lý do mạch này bị hạn chế sử dụng rộng rãi

Hình 9.9

9.2.4. Mạch tách sóng tỉ số

Nhược điểm của ba loại mạch tách sóng trên là khi biên độ của sóng điều tần biến đổi thì ở đầu ra có điện áp biến đổi tương ứng, do đó trước tầng tách sóng cần phải có tầng hạ biên, đồng thời để cho hạn biên có hiệu quả yêu cầu các tầng phía trước phải có hệ số khuếch đại đủ lớn.

Mạch tách sóng tỉ số có ưu điểm nổi bật vừa tách sóng điều tần lại vừa có khả năng hạn chế biên độ, bởi vậy hầu hết các máy thu điều tần hiện nay đều sử dụng mạch này. Hình 9.10 là mạch nguyên lý của bộ tách sóng tỉ số. So với mạch điện hình 9.7 mạch tách sóng tỉ số có những điểm khác là:

Hai diode D_1, D_2 mắc đảo ngược đầu nhau, đồng thời đầu ra 3 – 3' còn mắc thêm tụ C_0 có trị số khá lớn (khoảng 10 F). Trước tiên chúng ta hãy phân tích tác dụng hạn biên của mạch tách sóng tỉ số. Vì hai diode mắc ngược chiều nên dòng điện i_{f1} chạy qua D_1, R_1 và dòng điện i_{f2} chạy qua D_2, R_2 đối với hai điểm 3 – 3' là cùng chiều, do đó điện áp ra trên hai đầu 3 – 3' là:

$$U_{33'} = |U_{3m}| - |U_{3'm}| = U_0$$

Vì có thêm tụ điện C_0 khá lớn mắc ở hai đầu 3 – 3' nên dù biên độ điện áp vào E_{11} , có biến đổi thì điện áp ra U_0 vẫn có thể duy trì không đổi.

Hình 9.10

Để phân tích rõ hơn chúng ta hãy xét: nếu biên độ điện áp tức thời tăng lên, dòng điện nạp cho tụ C_0 sẽ tăng lên, điện trở vào tương đương của mạch tách sóng sẽ bị giảm xuống làm cho biên độ điện áp vào bị giảm nhỏ. Ngược lại nếu biên độ điện áp vào đột nhiên giảm nhỏ, dòng điện nạp cho tụ C_0 sẽ giảm đi, điện trở vào tương đương của mạch tách sóng tăng lên làm biên độ điện áp tăng. Kết quả là giữ cho biên độ điện áp không đổi.

Lúc này tuy dòng nạp cho tụ C_0 có biến đổi song vì dung lượng tụ C_0 rất lớn, hằng số thời gian $C_0 R_1 R_2$ rất lớn do điện áp đầu ra cơ bản là không đổi. Nguyên lý làm việc của bộ tách sóng về cơ bản cũng tương tự như nguyên lý làm việc của bộ tách sóng điều tần dùng mạch cộng hưởng kép. Ở đây điện áp âm tần trên đầu hai tụ C_3, C_4 là $U_{3m}, U_{3'm}$ cũng biến đổi tương ứng theo tần số và giả thuyết đặc tuyến của hai diode hoàn toàn giống nhau, ta có quang hệ:

$$\frac{U_{3m}}{U_{3'm}} = \frac{E_{2m}}{E_{2'm}}$$

Ngoài ra vì điện áp điểm “đất” (điểm giữa R1, R2) thấp hơn điện áp ở điểm 3' là $U_0/2$ do đó điện áp U_{Ra} lấy từ điểm đến “đất” là:

$$U_{Ra} = |U_{3'm}| \frac{U_0}{2} = |U_{3'm}| \frac{1}{2} |U_{3m}| = |U_{3'm}|$$

$$U_{Ra} = \frac{1}{2} |U_{3'm}| = |U_{3m}| \frac{1}{2} = |E_{2'm}| = |E_{2m}|$$

Như vậy mạch điện đã thực hiện được việc tách sóng điều tần nhưng đồng thời cũng thấy độ nhạy của bộ tách sóng tỉ số chỉ bằng một nửa của bộ tách sóng điều tần dùng mạch cộng hưởng kép.

Có thể chứng minh được là :

$$U_{Ra} = \frac{1}{2} U_0 \frac{2U_0}{1 \frac{E_{2m}}{E_{2'm}}}$$

Công thức trên ta thấy rõ điện áp ra của bộ tách sóng điều tần này không quyết định bởi điện áp tín hiệu E_{2m} , $E_{2'm}$ b thân lớn hay bé mà quyết định bởi tỉ số của chúng .Do đó người ta gọi bộ tách sóng điều tần này là tách sóng tỉ số . Đồng thời từ công thức trên chúng ta thấy rõ thêm là khi biên độ của tách sóng điều tần đưa vào biến đổi trị số thì điện áp E_{2m} , $E_{2'm}$ = cùng tăng hoặc cùng giảm , tỉ số của chúng vẫn không đổi , Điện U_{Ra} vẫn không đổi đó chính là hạng biên của tách sóng tỉ số