

ĐỀU CHẾ AM

Trong kỹ thuật điều chế, tín hiệu thoại băng gốc, tín hiệu video, hoặc tín hiệu số có thể bị thay đổi khác đi, tín hiệu có tần số cao hơn được gọi là sóng mang, thông thường sóng mang là sóng sin. Một tín hiệu sóng mang hình sin có thể bị thay đổi bởi tín hiệu thông tin thông qua quá trình điều chế biên độ, điều chế tần số hoặc điều chế pha. Trong phần này ta sẽ khảo sát kỹ thuật điều chế biên độ

Mục tiêu:

Sau khi học phần này sinh viên có thể:

Tính toán được chỉ số điều chế và phần trăm điều chế trong tín hiệu điều chế AM khi cho trước biên độ sóng mang và biên độ của tín hiệu điều chế

Xác định khi nào xảy ra điều chế quá mức và ảnh hưởng tới việc khôi phục

Giải thích công suất của tín hiệu AM phân bố như thế nào giữa tín hiệu sóng mang và các dải bên, tính toán công suất của sóng mang và các dải bên khi cho trước phần trăm điều chế AM

Tính toán tần số dải bên khi cho trước tần số sóng mang và tần số của tín hiệu điều chế

So sánh miền thời gian. Miền tần số và biểu diễn pha của một tín hiệu AM

Giải thích cách hình thành kỹ thuật điều chế SSD, DSB và nêu ưu điểm của kỹ thuật điều chế SSB so với điều chế AM

Khái niệm điều chế AM

Như tên gọi của kỹ thuật điều chế này, trong điều chế AM, tín hiệu thông tin thay đổi biên độ của sóng mang hình sin. Giá trị biên độ tức thời của sóng mang thay đổi theo biên độ và tần số của tín hiệu điều chế. Hình 3.1

Tần số và pha sóng mang không thay đổi còn biên độ sóng mang thay đổi theo tín hiệu thông tin ()

Khi biên độ thông tin tăng, biên độ của sóng điều chế tăng theo và ngược lại, cả phần biên độ âm và dương của sóng mang điều chế thay đổi theo tín hiệu thông tin

Nếu kẻ đường nối các đỉnh dương và các đỉnh âm của sóng mang khi được điều chế cho thấy được sự thay đổi này và được gọi là đường bao của sóng điều chế.

Biểu diễn sóng điều chế AM như hình 3.1 thường rất phức tạp nhất là khi sóng mang là cao tần, nên có một cách biểu diễn khác của sóng điều chế AM là thay các đường cong hình sin của sóng mang thành các đường thẳng song song sao cho biên độ của nó cũng thay đổi theo hình đường bao như hình 3.2

Tín hiệu mô tả ở hình 3.1 và 3.2 cho thấy biên độ của sóng mang thay đổi theo thời gian và đây là biểu diễn thời gian của sóng điều chế AM. Tín hiệu miền thời gian của sóng AM biểu diễn cho tín hiệu dưới dạng điện áp hoặc dòng điện và có thể quan sát được ở Oscilloscope

Sóng mang hình sin theo lượng giác có dạng:

$$v_c = V_c \sin 2\pi f_c t$$

Với v_c là giá trị tức thời của sóng mang hình sin mô tả giá trị điện áp ở một thời điểm bất kỳ trong chu kỳ của nó; V_c biểu diễn cho giá trị đỉnh của sóng mang và là hằng số không thay đổi gọi là biên độ sóng

Tín hiệu điều chế có thể biểu diễn theo hình sin với biểu thức:

$$v_m = V_m \sin 2\pi f_m t$$

V_m : giá trị biên độ tức thời

V_m : Giá trị đỉnh của thông tin

f_m : tần số của tín hiệu điều chế

Figure 3-1 Amplitude modulation. (a) The modulating or information signal. (b) The modulated carrier.

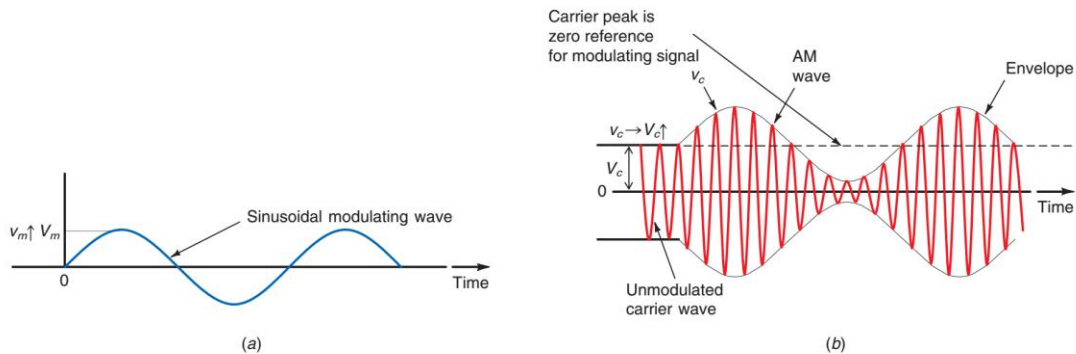
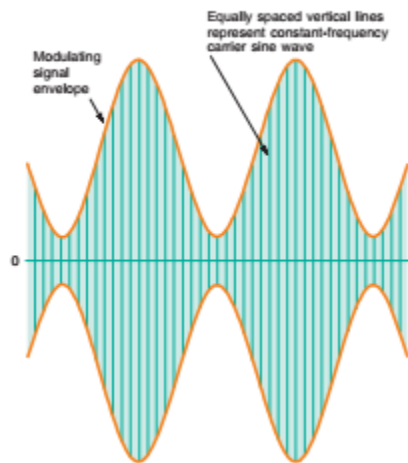


Figure 3-2 A simplified method of representing an AM high-frequency sine wave.



trong hình 3.1 Đường bao của sóng điều chế AM thay đổi xung quanh giá trị đỉnh của sóng mang ban đầu, điều này có nghĩa là giá trị không của tín hiệu thông tin điều chế trùng với giá trị biên độ của sóng mang lúc chưa điều chế. Chính vì thế mối quan hệ giá trị biên độ của sóng mang và giá trị biên độ tín hiệu tin tức rất quan trọng. Khi biên độ của tín hiệu điều chế lớn hơn biên độ của sóng mang, sẽ có sự méo dạng xảy ra và đương nhiên thông tin ban đầu đã bị sai khi truyền đi. Trong điều chế biên độ, sự ràng buộc quan trọng phải thỏa là giá trị biên độ thông tin phải nhỏ hơn giá trị biên độ của sóng mang

$$V_m < V_c$$

Giá trị biên độ của sóng mang được xem như giá trị tham chiếu cho tín hiệu điều chế; giá trị của tín hiệu điều chế được cộng hoặc trừ từ giá trị đỉnh của biên độ sóng mang một lượng bằng giá trị của biên độ tín hiệu thông tin, giá trị tức thời của tín hiệu điều chế là:

$$v_1 = V_c + v_m = V_c + V_m \sin 2\pi f_m t \quad 222$$

Ta có thể viết lại giá trị tức thời v_2 bằng cách thế v_1 vào giá trị biên độ của sóng mang

$$v_2 = v_1 \sin 2\pi f_c t \quad 333$$

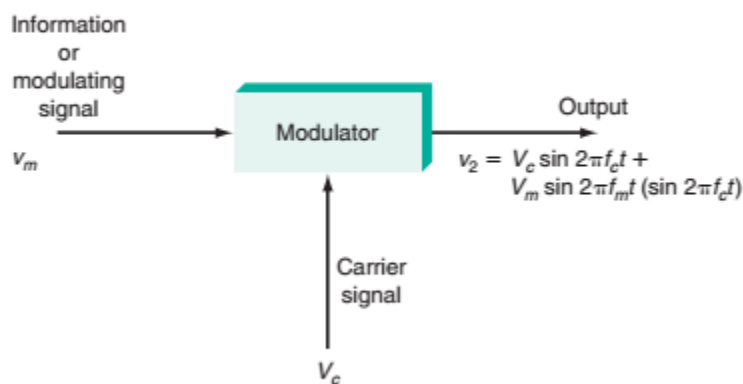
Thế biểu thức v_1 trước đó 222 vào 333 và khai triển ta được

$$v_2 = (V_c + V_m \sin 2\pi f_m t) \sin 2\pi f_c t = V_c \sin 2\pi f_c t + (V_m \sin 2\pi f_m t) (\sin 2\pi f_c t)$$

CHÚ Ý QUAN TRỌNG

Nếu biên độ của tín hiệu điều chế lớn hơn biên độ của sóng mang thì sẽ có méo dạng xảy ra khi điều chế

Figure 3-3 Amplitude modulator showing input and output signals.



Với v_2 là giá trị tức thời của sóng AM, $V_c \sin 2\pi f_c t$ là sóng mang và $(V_m \sin 2\pi f_m t) (\sin 2\pi f_c t)$ là sóng mang được nhân với tín hiệu điều chế. Có thể thực hiện điều chế AM với một mạch điện có chức năng nhân hai tín hiệu trên lại với nhau. Như vậy mạch nhân thực hiện tạo ra sóng AM được gọi là mạch điều chế. Có hai ngõ vào sóng mang và tín hiệu điều chế. Ngõ ra của mạch điều chế như hình 3-3 Mạch thực hiện tính tích của hai tín hiệu tương tự được gọi là mạch nhân tương tự, mạch trộn (mixer),

mạch chuyển đổi (converter) mạch tách tín hiệu detector và mạch tách pha . Một mạch làm thay đổi tín hiệu tần số thấp bằng góc thành tín hiệu tần số cao được gọi là bộ điều chế. Mạch khôi phục tín hiệu thông tin từ tín hiệu AM được gọi là mạch giải điều chế hay còn gọi là mạch tách sóng

Trộn tín hiệu và tách sóng được nghiên cứu kỹ trong các chương sau

Chỉ số điều chế và phần trăm điều chế

Trong phần điều chế ở trên nếu tín hiệu AM không bị méo dạng, biên độ tín hiệu điều chế v_m phải nhỏ hơn biên độ của sóng mang v_c . Vì thế mối liên hệ giữa biên độ tín hiệu điều chế và biên độ sóng mang rất quan trọng, mối quan hệ này được gọi là chỉ số điều chế m hay còn gọi là hệ số điều chế hay mức độ điều chế là tỉ số sau:

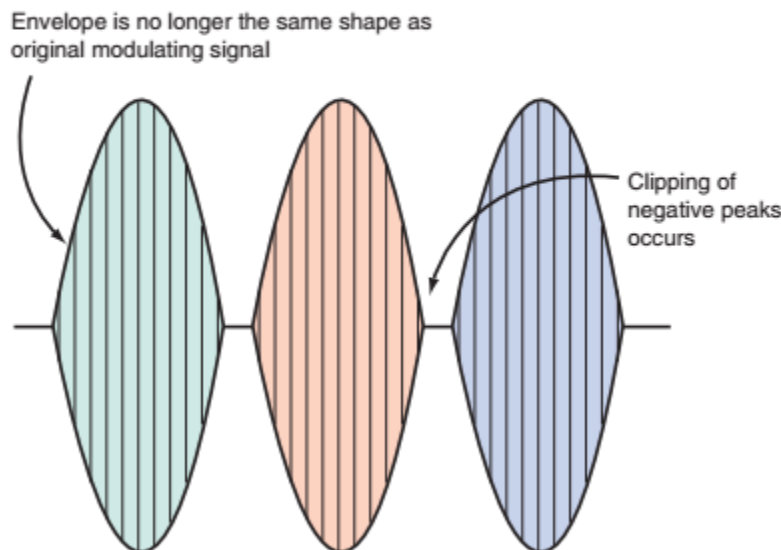
$$m = \frac{V_m}{V_c}$$

Nếu nhân tỉ số trên cho 100 ta có phần trăm tín hiệu điều chế, ví dụ nếu biên độ tín hiệu sóng mang là 9V và tín hiệu điều chế là 7.5 v, hệ số điều chế là 0.8333 và phần trăm tín hiệu điều chế là $0.833 \times 100 = 83,33$

Điều chế quá mức và méo dạng

Chỉ số điều chế m phải thỏa nằm trong đoạn 0 và 1. Nếu biên độ điện áp tín hiệu điều chế lớn hơn tín hiệu sóng mang, m sẽ lớn hơn 1 và gây ra méo dạng trong dạng sóng điều chế

Figure 3-4 Distortion of the envelope caused by overmodulation where the modulating signal amplitude V_m is greater than the carrier signal V_c .



Nếu chỉ số điều chế quá lớn tín hiệu điều chế sẽ bị cắt xén bị rè hoặc nghe không còn tự nhiên như lúc đầu. Nếu méo dạng xảy ra trong điều chế AM cho tín hiệu video sẽ gây ra hiện tượng chồng trộn lẫn lộn giữa các tín hiệu gọi là scrambled và hình ảnh sẽ không còn chính xác khi hiển thị ra màn hình TV. Méo dạng đơn giản nhất mô tả ở hình 3.4. Ở đây sóng thông tin hình sin là tín hiệu điều

chế với sóng mang hình sin, nhưng điện áp biên độ tín hiệu điều chế lớn hơn điện áp biên độ sóng mang hiện tượng này gọi là điều chế quá mức. Như chúng ta thấy dạng sóng trở nên bị phẳng ở đường thẳng zeros. Tín hiệu nhận được tạo ra dạng sóng ngõ ra với đường bao có dạng hình sin nhưng bị cắt bỏ phần âm. Nếu biên độ của tín hiệu điều chế nhỏ hơn biên độ của sóng mang, sẽ không có hiện tượng méo dạng khi điều chế. Cho trường hợp lý tưởng biên độ sóng mang bằng biên độ tín hiệu điều chế $V_m = V_c$ hay chỉ số điều chế $m=1$, điều này cho phần trăm điều chế 100%. Kết quả này cho công suất ngõ ra lớn nhất ở bộ thu và không bị méo dạng

Để tránh trường hợp điều chế quá mức cũng không phải đơn giản, chẳng hạn khi thực hiện điều chế với tín hiệu thoại, tín hiệu này luôn thay đổi từ giá trị biên độ nhỏ cho đến lớn. Thông thường biên độ tín hiệu điều chế được điều chỉnh sao cho biên độ lớn nhất của nó sinh ra phần trăm điều chế bằng 100. Điều này sẽ tránh được điều chế quá mức và méo dạng. Mạch tự điều chỉnh này gọi là mạch nén (compression circuits) giải quyết bài toán này bằng cách khuếch đại mức biên độ thấp và nén tín hiệu có mức biên độ lớn. Kết quả là công suất trung bình cao hơn mà không bị méo dạng

Méo dạng tạo ra bởi điều chế quá mức cũng tạo ra nhiễu xuyên kênh. Sự méo dạng sinh ra một tín hiệu không phải hình sin. Theo phép biến đổi Fourier, bất kỳ tín hiệu không phải hình sin có thể khai triển thành các hài sóng sin có tần số là số nguyên lần hài thông tin ban đầu. Rõ ràng các hài này cũng điều chế với sóng mang và gây ra nhiễu với các kênh lân cận.

Phần trăm điều chế

Chỉ số điều chế có thể xác định bằng cách đo giá trị thực của điện áp tín hiệu điều chế và biên độ điện áp sóng mang rồi tính tỉ số. Tuy nhiên, thông thường tính chỉ số điều chế được tính từ các phép đo trên tín hiệu sóng điều chế AM. Khi sóng AM được thu và hiển thị trên oscilloscope, chỉ số điều chế có thể được tính từ giá trị V_{min} và V_{max} như hình 3.5. Biên độ của tín hiệu điều chế bằng một nửa sự khác biệt giữa V_{min} và V_{max}

$$V_m = \frac{V_{max} - V_{min}}{2}$$

Như hình 3.5 V_{max} là giá lớn nhất của tín hiệu điều chế và V_{min} là giá trị nhỏ nhất của tín hiệu điều chế

Lúc này biên độ của sóng mang được tính theo biểu thức:

$$V_c = \frac{V_{max} + V_{min}}{2}$$

Và chỉ số điều chế lúc này là:

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

Ví dụ 3.1

Giả sử rằng tín hiệu AM giá trị V_{max} đọc từ thực tế trên Oscilloscope là 5.9 đơn vị chia và V_{min} là 1.2 đơn vị chia

A. Tính chỉ số điều chế

$$m \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} = \frac{5.9 - 1.2}{5.9 + 1.2} = \frac{4.7}{7.1} = 0.662$$

b. Tính V_c , V_m và m nếu thang dọc chia trên Oscilloscope là 2V trên 1 đơn vị chia

$$V_c = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} = \frac{5.9 + 1.2}{2} = \frac{7.1}{2} = 3.55 @ \frac{2 \text{ V}}{\text{div}}$$

$$V_c = 3.55 \times 2 \text{ V} = 7.1 \text{ V}$$

$$V_m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{2} = \frac{5.9 - 1.2}{2} = \frac{4.7}{2}$$

$$= 2.35 @ \frac{2 \text{ V}}{\text{div}}$$

$$V_m = 2.35 \times 2 \text{ V} = 4.7 \text{ V}$$

$$m = \frac{V_m}{V_c} = \frac{4.7}{7.1} = 0.662$$

Các side bank và miền tần số

Bất cứ khi nào sóng mang điều chế với tín hiệu thông tin, một tín hiệu mới ở tần số khác sẽ được tạo ra. Các tín hiệu ở tần số mới, được gọi là các dải bên (sidebands) xuất hiện trong phổ tần sóng AM phía trên và dưới tần số sóng mang. Chính xác hơn các tần số này là tổng và hiệu của sóng mang với tín hiệu tin tức. Khi tín hiệu thông tin có nhiều hơn 1 tần số thì phân tích tín hiệu AM thường quan tâm trong miền tần số hơn là miền thời gian.

Tính toán các Sideband

Khi chỉ một tần số tín hiệu điều chế là sóng sin được sử dụng, quá trình điều chế sẽ sinh ra hai band. Nếu tín hiệu thông tin điều chế là một dạng sóng phức tạp như tín hiệu thoại hoặc Video, thì toàn bộ thành phần tần số của sóng này được điều chế với sóng mang và do đó toàn bộ các thành phần sideband được tạo ra.

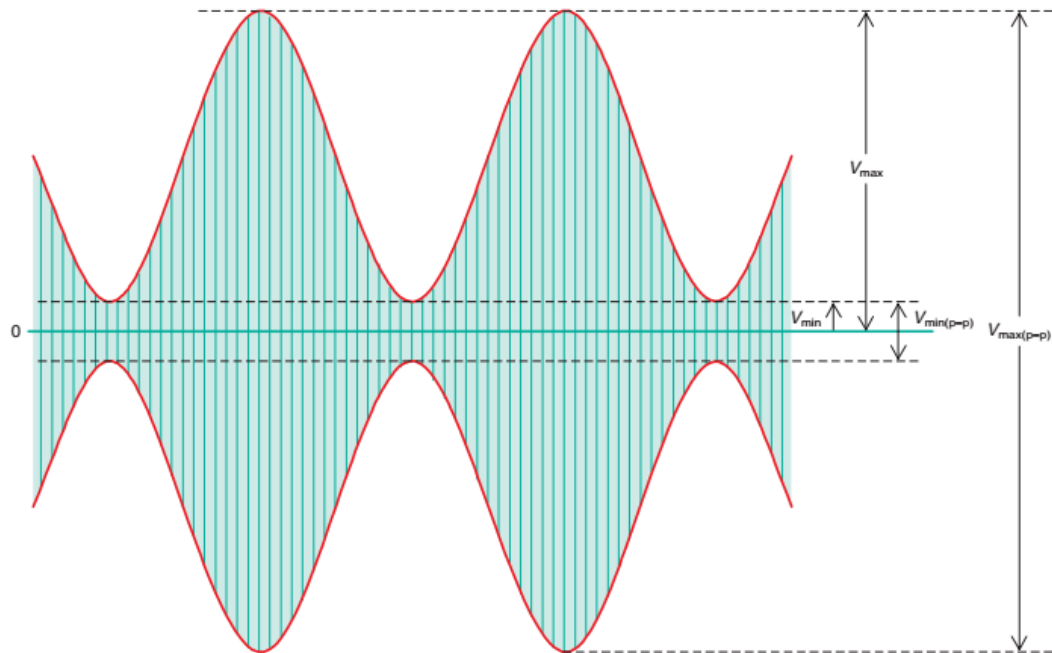
Băng tần số phía trên là USB và băng tần số phía dưới là LSB được tính toán như sau:

$$f_{\text{USB}} = f_c + f_m \quad \text{and} \quad f_{\text{LSB}} = f_c - f_m$$

Với f_c là tần số sóng mang và f_m là tần số tín hiệu thông tin. Sự xuất hiện của các sideband có thể giả thích một cách toán học, bắt đầu bằng phương trình mô tả sóng AM ở phần trước

$$v_{\text{AM}} = V_c \sin 2\pi f_c t + (V_m \sin 2\pi f_m t) (\sin 2\pi f_c t)$$

Figure 3-5 An AM wave showing peaks (V_{\max}) and troughs (V_{\min}).



Bằng cách sử dụng phép biến đổi lượng giác

$$\sin A \sin B = \frac{\cos (A - B)}{2} - \frac{\cos (A + B)}{2}$$

Áp dụng vào biểu thức điều chế ta có:

$$v_{\text{AM}} = V_c \sin 2\pi f_c t + \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m) - \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)$$

Thành phần đầu tiên là sóng mang, thành phần thứ hai là hiệu $f_c - f_m$ là hài biên dưới và thành phần thứ 3 là tổng $f_c + f_m$ là hài biên trên

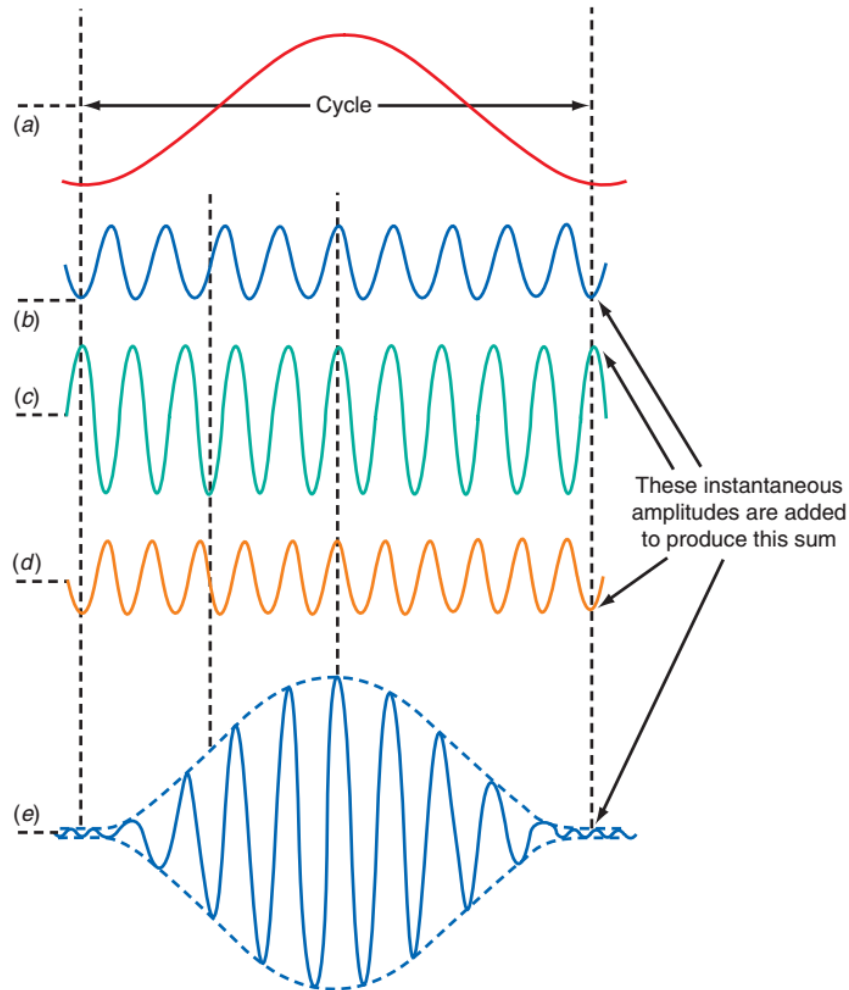
Ví dụ giả sử có một hài (tone) có tần số 400Hz được điều chế với sóng mang tần số 300kHz, thành phần biên trên và biên dưới là:

$$f_{\text{USB}} = 300,000 + 400 = 300,400 \text{ Hz or } 300.4 \text{ kHz}$$

$$f_{\text{LSB}} = 300,000 - 400 = 299,600 \text{ Hz or } 299.6 \text{ kHz}$$

Quan sát tín hiệu AM trên Oscilloscope, ta thấy sự thay đổi của biên độ sóng mang theo thời gian. Miền thời gian này không hiển nhiên thấy được có sự tồn tại của các thành phần tần số hai biên tần. Một tín hiệu AM thực sự là một tín hiệu tổng hợp hình thành từ nhiều thành phần: đó là sóng mang hình sin được cộng thêm các thành phần tần số bên trên và bên dưới như thấy trong phương trình mô tả sóng AM. Điều này có thể mô tả một cách trực quan bằng hình vẽ 3.6

Figure 3-6 The AM wave is the algebraic sum of the carrier and upper and lower side-band sine waves. (a) Intelligence or modulating signal. (b) Lower sideband. (c) Carrier. (d) Upper sideband. (e) Composite AM wave.



Bằng cách cộng các thành phần cơ bản gồm sóng mang và các thành phần bên trên , bên dưới theo thời gian ta thấy kết quả tạo ra sóng AM như hình vẽ. Đó là sóng mang hình sin và biên độ của nó thay đổi theo tín hiệu tin tức

Biểu diễn tần số của sóng AM

Một cách khác biểu diễn sóng hai bên là biên độ sóng mang và sóng hai bên theo tần số tương ứng như hình 3-7. Trục hoành biểu diễn tần số và trục dọc biểu diễn biên độ của các thành phần tương ứng. Các tín hiệu có thể biểu diễn dưới dạng điện áp, dòng điện hay công suất và có thể là giá trị đỉnh hay trị hiệu dụng. Đồ thị biểu diễn biên độ theo tần số thì được gọi là biểu diễn trong miền tần số của sóng AM. Các thiết bị đo kiểm trong miền này có thể dùng máy phân tích phổ

Hình 3-8 biểu diễn mối quan hệ giữa miền thời gian và miền tần số của tín hiệu AM, trục thời gian và trục tần số vuông góc nhau và vuông góc với trục biểu diễn biên độ của sóng mang.

Figure 3-8 The relationship between the time and frequency domains.

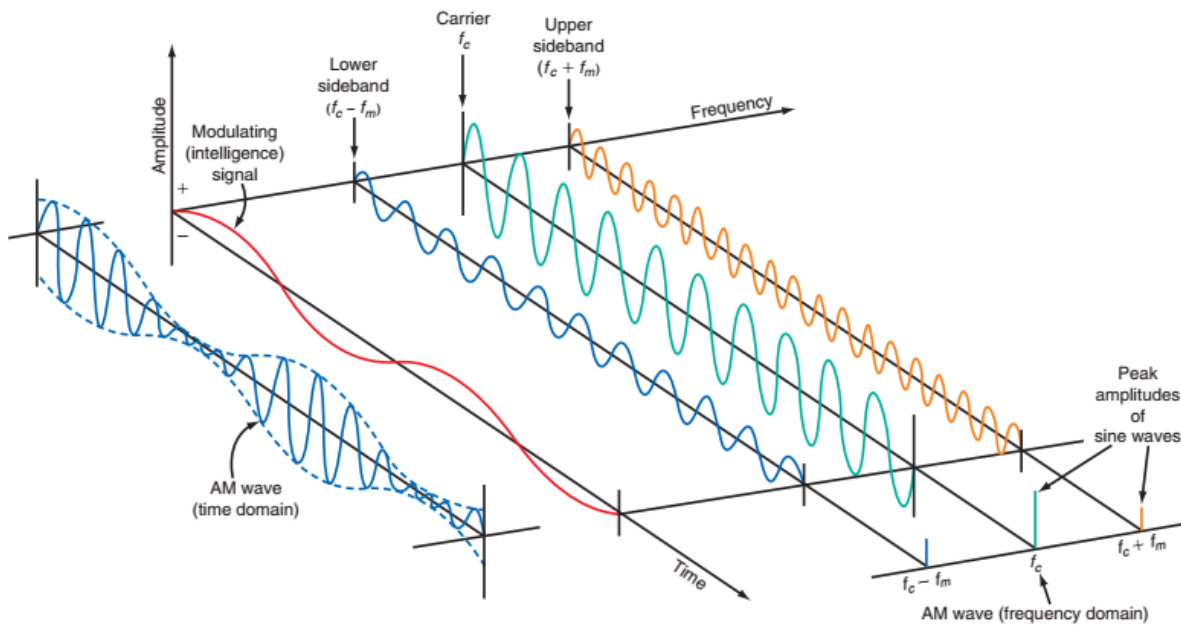
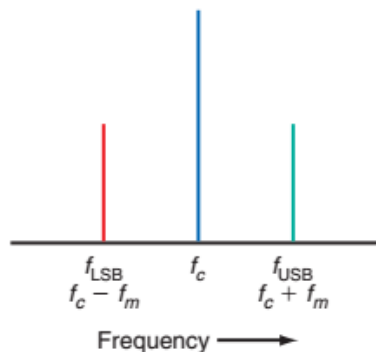
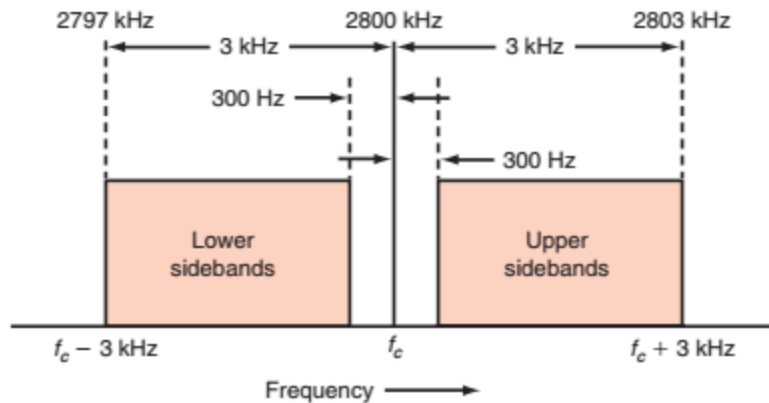


Figure 3-7 A frequency-domain display of an AM signal (voltage).



Khi sóng điều chế là sóng phức tạp có nhiều hơn một thành phần sóng sin, thì biên trên và biên dưới là một dải tần. Chẳng hạn tín hiệu điều chế là tín hiệu thoại hay video bao gồm rất nhiều các thành phần sóng sin ở các thành phần tần số khác nhau. Tần số tín hiệu thoại nằm trong khoảng 300 đến 3000 Hz. Chính vì thế tín hiệu thoại tạo ra một dải tần biên trên và biên dưới lân cận tần số trung tâm là sóng mang như hình 3-9

Figure 3-9 The upper and lower sidebands of a voice modulator AM signal.



Các dải bên này hình thành một vùng phổ. Tổng băng thông của tín hiệu AM được tính bằng cách tính từ giá trị tần số nhỏ nhất đến tần số lớn nhất trong phổ của nó. Các tần số lớn nhất nhỏ nhất này chính là tổng và hiệu của sóng mang với sóng điều chế. Ví dụ nếu tần số sóng mang là 2.8 MHz và thì tần số lớn nhất và nhỏ nhất của hai biên tần là

$$f_{\text{USB}} = 2800 + 3 = 2803 \text{ kHz} \quad \text{and} \quad f_{\text{LSB}} = 2800 - 3 = 2797 \text{ kHz}$$

Tổng băng thông đơn giản chỉ là khoảng khác biệt giữa USB và LSB

$$\text{BW} = f_{\text{USB}} - f_{\text{LSB}} = 2803 - 2797 = 6 \text{ kHz}$$

Như đã chỉ ra ở trên, băng thông của tín hiệu AM bằng hai lần tần số lớn nhất của tín hiệu điều chế

$\text{BW} = 2f_m$; f_m là tần số lớn nhất của tín hiệu điều chế. Với tín hiệu thoại, tần số lớn nhất là 3kHz, tổng băng thông được tính đơn giản

$$\text{BW} = 2(3\text{kHz}) = 6\text{kHz}$$

Ví dụ 3-2

Một đài phát AM tiêu chuẩn cho phép truyền tần số điều chế lên đến 5kHz. Nếu đài phát AM phát trên tần số 980kHz, tính tần số lớn nhất và nhỏ nhất 2 dải biên và tính băng thông cần thiết cho đài phát AM này.

$$f_{\text{USB}} = 980 + 5 = 985 \text{ kHz}$$

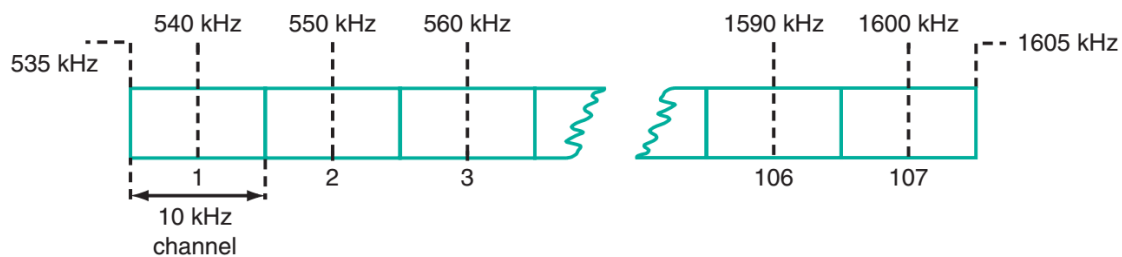
$$f_{\text{LSB}} = 980 - 5 = 975 \text{ kHz}$$

$$\text{BW} = f_{\text{USB}} - f_{\text{LSB}} = 985 - 975 = 10 \text{ kHz} \quad \text{or}$$

$$\text{BW} = 2(5 \text{ kHz}) = 10 \text{ kHz}$$

Ví dụ 3-2 cho thấy một đài phát quảng bá sóng AM phải có băng thông tổng cộng bằng 10kHz. Khoảng băng thông này có tần số trung tâm tính từ tần số 540 đến 1600kHz. Điều này được mô tả ở hình 3-10, các dải bên đài AM thứ nhất mở rộng ra từ tần số 535 đến 545 kHz, đài AM cuối cùng có tần số trung tâm 1600kHz và tần số lớn nhất của dải bên là 1605 kHz. Như vậy có tổng cộng là 107 kênh AM có băng thông 10kHz

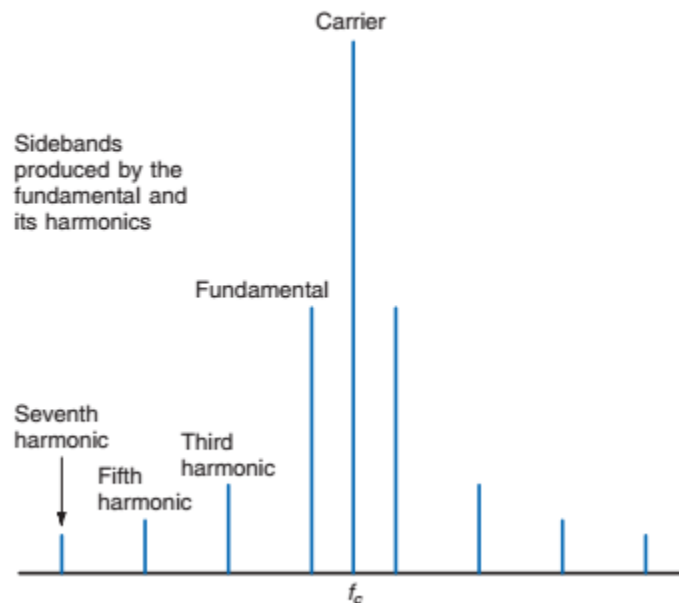
Figure 3-10 Frequency spectrum of AM broadcast band.



Điều chế xung

Khi tín hiệu phức tạp như tín hiệu có dạng xung hoặc sóng vuông được điều chế với sóng mang, một phổ rộng của dải bên được tạo ra, theo lý thuyết Fourier, các tín hiệu phức tạp như tín hiệu xung vuông, tín hiệu sóng tam giác, tín hiệu hình răng cưa hoặc tín hiệu xung sin được hình thành từ các hài sin cơ bản ở các tần số và biên độ khác nhau. Giả sử rằng sóng mang được điều chế với sóng xung vuông thì sẽ điều chế với tất cả các sóng sin ở các hài lẻ trong khai triển Fourier cho sóng vuông, các hài của sóng vuông điều chế với sóng mang như hình 3-11

Figure 3-11 Frequency spectrum of an AM signal modulated by a square wave.

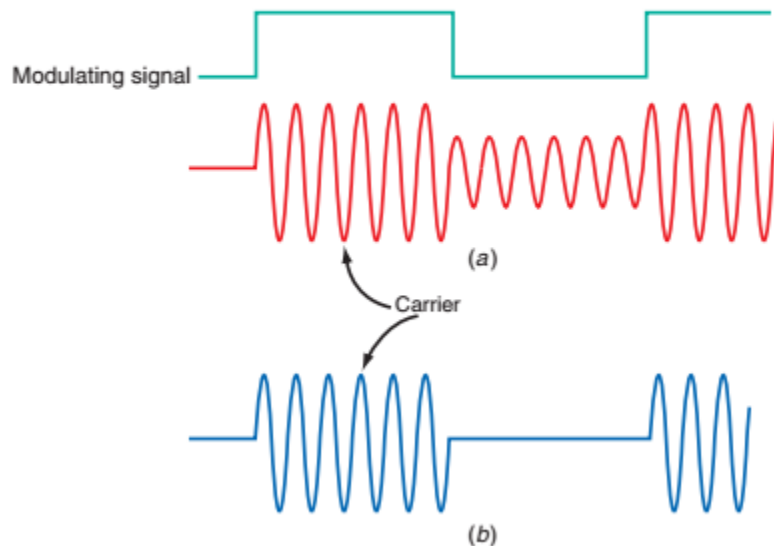


Để cho sóng vuông này được nhận hoàn toàn bởi bộ thu mà không bị méo dạng thì toàn dải dải bên quan trọng (có năng lượng chủ yếu) phải được truyền đi qua ăng ten và được nhận bởi bộ thu

Hình 3-12 biểu diễn dạng sóng AM khi sóng vuông được điều chế với sóng mang sin. Trong hình 3-12a phần trăm chỉ số điều chế là 50, hình 3-12b là 100. Trong trường hợp

này khi sóng vuông có giá trị âm nó sẽ đưa sóng mang về giá trị không. Điều chế biên độ với sóng mang hoặc xung nhị phân hình chữ nhật được gọi là khoá dịch biên (amplitude-shift keying ASK). ASK là kỹ thuật điều chế được ứng dụng trong truyền dữ liệu viễn thông trong đó thông tin nhị phân sẽ được truyền đi.

Figure 3-12 Amplitude modulation of a sine wave carrier by a pulse or rectangular wave is called amplitude-shift keying. (a) Fifty percent modulation. (b) One hundred percent modulation.



3-4 Công suất AM

Trong sóng vô tuyến radio, tín hiệu AM được khuếch đại bởi bộ khuếch đại công suất và truyền đến ăngten có trở kháng đặc trưng lý tưởng thường là thuần trở. Tín hiệu AM là tín hiệu tổng hợp từ nhiều điện áp tín hiệu bao gồm sóng mang và các dải bên, mỗi tín hiệu này đều tạo ra công suất truyền bởi anten. Tổng công suất nhận được P_T đơn giản là tổng của công suất sóng mang P_c và công suất của hai dải bên P_{usb} và P_{lsb} :

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

Ta có thể thấy công suất AM phân bố như thế nào thông qua việc tính toán các thành phần tham gia trong biểu thức điều chế sóng AM

$$v_{AM} = V_c \sin 2\pi f_c t + \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c - f_m) - \frac{V_m}{2} \cos 2\pi t(f_c + f_m)$$

Thành phần đầu tiên trong biểu thức này là sóng mang hai thành phần còn lại là các dải bên, V_c , V_m là biên độ của sóng mang và sóng điều chế. Để tính công suất thường dùng trị hiệu dụng cho các biên độ này.

$$v_{AM} = \frac{V_c}{\sqrt{2}} \sin 2\pi f_c t + \frac{V_m}{2\sqrt{2}} \cos 2\pi t(f_c - f_m) - \frac{V_m}{2\sqrt{2}} \cos 2\pi t(f_c + f_m)$$

Công suất sóng mang và sóng dải bên có thể được tính bằng cách sử dụng công thức $P=V^2/R$ trong đó P là công suất, V là điện áp trị hiệu dụng và R là điện trở của tải thông thường là của anten

Khi sử dụng các hệ số trước biểu thức sin và cos trên ta có

$$P_T = \frac{(V_c/\sqrt{2})^2}{R} + \frac{(V_m/2\sqrt{2})^2}{R} + \frac{(V_m/2\sqrt{2})^2}{R} = \frac{V_c^2}{2R} + \frac{V_m^2}{8R} + \frac{V_m^2}{8R}$$

Ta có thể biểu diễn biên độ tín hiệu điều chế theo biên độ sóng mang thông qua chỉ số điều chế

$$V_m = mV_c$$

Do đó tổng công suất phát trở thành

$$P_T = \frac{(V_c)^2}{2R} + \frac{(mV_c)^2}{8R} + \frac{(mV_c)^2}{8R} = \frac{V_c^2}{2R} + \frac{m^2V_c^2}{8R} + \frac{m^2V_c^2}{8R}$$

Rút gọn ta được

$$P_T = \frac{V_c^2}{2R} \left(1 + \frac{m^2}{4} + \frac{m^2}{4} \right)$$

Cuối cùng thay P_c bằng $\frac{V_c^2}{2R}$ ta có công thức tính công suất cho tín hiệu AM là

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

Ví dụ: Nếu sóng mang phát công suất 1000W và điều chế 100 % (m=1) thì tổng công suất AM là

$$P_T = 1000 \left(1 + \frac{1^2}{2} \right) = 1500 \text{ W}$$

Trong tổng công suất AM 1500W ở trên có 1000W là công suất của sóng mang. Điều này có nghĩa là công suất của hai dải bên là 500W và công suất của một dải bên là 250W

Với phần trăm điều chế là 100%, tổng công suất hai dải bên luôn bằng một nửa công suất của sóng mang, khi phần trăm điều chế nhỏ hơn 100% , công suất của hai dải bên sẽ ít hơn nhiều. Ví dụ nếu phần trăm điều chế là 70% và công suất sóng mang là 250W tổng công suất tổng cộng của sóng AM là

$$P_T = 250 \left(1 + \frac{0.7^2}{2} \right) = 250(1 + 0.245) = 311.25 \text{ W}$$

Trong tổng công suất AM 311.25 W có công suất sóng mang là 250 nên công suất của hai dải bên là 311.25-250W=61.25W và do đó công suất của một dải bên là 30.625W

Ví dụ 3-3

Một máy phát AM có công suất sóng mang là 30W. Phần trăm điều chế là 85%, tính công suất của sóng AM và công suất của mỗi dải bên

$$\text{a. } P_T = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) = 30 \left[1 + \frac{(0.85)^2}{2} \right] = 30 \left(1 + \frac{0.7225}{2} \right)$$

$$P_T = 30(1.36125) = 40.8 \text{ W}$$

$$\text{b. } P_{SB} (\text{both}) = P_T - P_c = 40.8 - 30 = 10.8 \text{ W}$$

$$P_{SB} (\text{one}) = \frac{P_{SB}}{2} = \frac{10.8}{2} = 5.4 \text{ W}$$

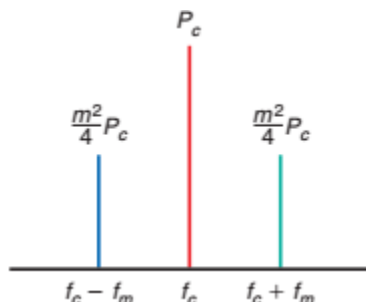
Trên thực tế, khó để xác định được công suất sóng AM bằng cách đo điện áp ngõ ra và tính theo công thức $P=V^2/R$. Tuy nhiên đo dòng trên tải thì dễ dàng hơn. Ví dụ ta có thể dùng máy đo ampe RF mắc nối tiếp với ăng ten để đo dòng điện qua ăng ten. Khi trở kháng của ăng ten được biết thì công suất ngõ ra của máy phát AM là

$$P_T = I_T^2 R$$

Công suất của sóng mang phụ thuộc vào chỉ số điều chế. Với chỉ số điều chế cao thì công suất trong các dải bên cũng cao hơn và tổng công suất của sóng AM cũng cao hơn. Và dĩ nhiên công suất này đạt giá trị cực đại khi phần trăm điều chế là 100%. Công suất của một dải bên là

$$P_{SB} = P_{LSB} = P_{USB} = \frac{P_c m^2}{4}$$

Biểu diễn công suất trong miền tần số như hình sau:



Giả sử chỉ số điều chế lớn nhất $m=1$ thì có $\frac{1}{4}$ công suất một dải bên được truyền so với công suất của sóng mang. Vì có tất cả hai dải bên nên tổng công suất của hai dải bên bằng 50% so với công suất của sóng mang. Ví dụ nếu công suất của sóng mang là 100W và chỉ số điều chế $=1$ thì công suất của hai dải bên là 50W và công suất của một dải là 25W và do đó tổng công suất AM là 150W. Mục đích của điều chế AM để có được công suất lớn là giữ chỉ số điều chế bằng 1 mà không bị méo dạng.

Công suất của một dải bên so với tổng công suất phát đi là $\frac{1}{3}$ hay 30%. Bản thân sóng mang không mang thông tin. Chỉ có hai dải bên mang thông tin, và chỉ có $\frac{1}{3}$ công suất của thông tin nằm ở hai dải bên còn lại $\frac{2}{3}$ công suất hao phí ở sóng mang.

Ở phần trăm điều chế thấp hơn, công suất phân bố cho hai dải bên còn thấp hơn nữa. Ví dụ giả sử rằng công suất của sóng mang là 500W và phần trăm điều chế là 70% công suất của mỗi dải bên là:

$$P_{SB} = \frac{P_c m^2}{4} = \frac{500(0.7)^2}{4} = \frac{500(0.49)}{4} = 61.25 \text{ W}$$

Và tổng công suất của hai dải bên là 122.5W

Như đã xét ở phần trên, các tín hiệu tiếng nói phức tạp hoặc tín hiệu video sẽ thay đổi trong một thang tần số rộng và nếu phần trăm điều chế là 100% thì mong muốn sẽ xảy ra chỉ với giá trị lớn nhất của tín hiệu đó được điều chế. Với lý do này công suất trung bình của dải bên sẽ thấp hơn so với phần trăm điều chế là 100%

Ví dụ 3-4:

Một ăng ten có trở kháng 40Ω . Tín hiệu AM chưa điều chế sẽ tạo ra dòng 4.8A. Với điều chế 90% tính công suất của sóng mang công suất của sóng AM và công suất của các dải bên.

$$\text{a. } P_c = I^2 R = (4.8)^2(40) = (23.04)(40) = 921.6 \text{ W}$$

$$\text{b. } I_T = I_c \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} = 4.8 \sqrt{1 + \frac{(0.9)^2}{2}} = 4.8 \sqrt{1 + \frac{0.81}{2}}$$

$$I_T = 4.8 \sqrt{1.405} = 5.7 \text{ A}$$

$$P_T = I_T^2 R = (5.7)^2(40) = 32.49(40) = 1295 \text{ W}$$

$$\text{c. } P_{SB} = P_T - P_c = 1295 - 921.6 = 373.4 \text{ W (186.7 W each sideband)}$$

Ví dụ 3-5:

Nếu truyền với ăng ten như ví dụ 3-4, dòng ăng ten thay đổi từ 4.8 đến 5.1 A. Tính phần trăm tín hiệu điều chế

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{2 \left[\left(\frac{I_T}{I_c} \right)^2 - 1 \right]} \\ &= \sqrt{2 \left[\left(\frac{5.1}{4.8} \right)^2 - 1 \right]} \\ &= \sqrt{2[(1.0625)^2 - 1]} \\ &= \sqrt{2(1.13 - 1)} \\ &= \sqrt{2(0.13)} \\ &= \sqrt{0.26} \end{aligned}$$

$$m = 0.51$$

Example 3-6

What is the power in one sideband of the transmitter in Example 3-4?

$$P_{SB} = m^2 \frac{P_c}{4} = \frac{(0.9)^2(921.6)}{4} = \frac{746.5}{4} = 186.6 \text{ W}$$

Mặc dù chỉ xét về công suất thì điều chế AM đã không mấy hiệu quả, tuy nhiên AM vẫn được ứng dụng rộng rãi vì sự đơn giản của nó. Nó được ứng dụng trong phát AM quảng bá trong phát video quảng bá và trong các trạm truyền thông không lưu, sân bay.

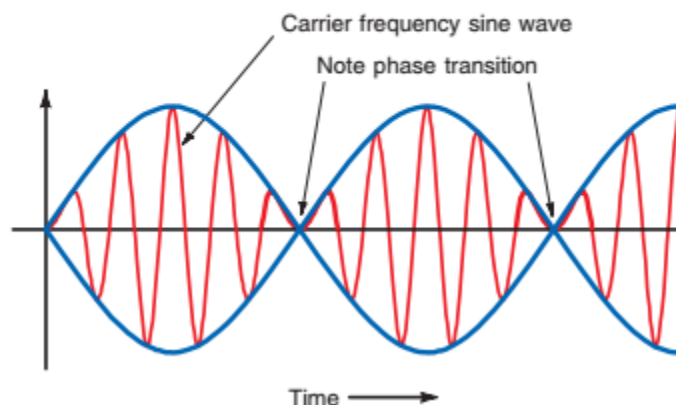
3-5 Single-Sideband Modulation

Trong điều chế AM có 2/3 công suất phát đi là của sóng mang mà bản thân chính nó không chứa thông tin. Thông tin thực tế được truyền tải ở hai dải biên. Một cách để khắc phục hiệu quả của điều chế biên độ là loại bỏ sóng mang trong điều chế này để tạo ra chỉ một dải bên. Kết quả này sẽ tạo ra sóng một dải bên gọi là SSB. SSB được hình thành từ sóng AM sẽ hiệu quả hơn và sẽ được ứng dụng trong các truyền thông điện

DSB Signals

Bước đầu tiên trong việc tạo ra sóng SSB là loại bỏ sóng mang trong điều chế AM sau đó tiếp tục bỏ đi một dải biên, biên trên hoặc biên dưới. Kỹ thuật nén sóng mang này sẽ tạo ra sóng hai dải biên DSB. Tín hiệu DSB có dạng như hình 3-15. Về đại số DSB cơ bản là tổng của hai sóng sin hai dải bên, chú ý là đường bao biên độ sóng mang của sóng DSB không giống như điều chế AM thuần túy. Một đặc trưng khác biệt của tín hiệu điều chế DSB là sự chuyển tiếp pha của nó không liên tục ở thời điểm hình dạng đường bao qua điểm không

Figure 3-15 A time-domain display of a DSB AM signal.

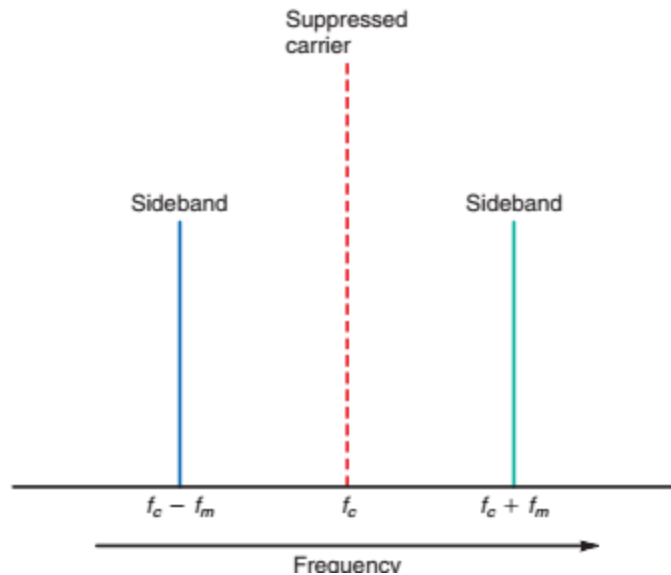


Biểu diễn miền tần số của tín hiệu DSP được cho bởi hình 3-16, theo hình vẽ phổ của tín hiệu DSP bằng với phổ của AM thuần túy

Tín hiệu hai dải bên này được thực hiện bằng một mạch đặc biệt gọi là mạch cân bằng. Mục đích của mạch cân bằng là tạo ra tín hiệu có tần số là tổng và hiệu tần số của hai tín hiệu thành phần nhưng sẽ huỷ bỏ hoặc cân bằng sóng mang.

Mặc dù loại bỏ được sóng mang trong AM tạo tín hiệu DSP sẽ tiết kiệm được công suất phát đi nhưng kỹ thuật điều chế này vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi vì khó để thiết kế bộ điều chế cũng như khôi phục tín hiệu ở đầu thu. Tuy nhiên cũng có một ứng dụng quan trọng của kỹ thuật điều chế này là dùng truyền tín hiệu thông tin màu trong tivi.

Figure 3-16 A frequency-domain display of DSB signal.



SSB Signals

Trong truyền tín hiệu DSB vì hai dải bên là tổng và hiệu của các tín hiệu tham gia điều chế vì thế thông tin sẽ chứa trong cả hai dải bên. Hiển nhiên dễ thấy là không có lý do gì phải truyền thông tin cho cả hai bên như vậy vẫn dẫn đến dư thừa không cần thiết. Do đó một dải bên cần phải loại bỏ, dải bên còn lại sẽ chứa đầy đủ thông tin truyền đi. Kỹ thuật điều chế này gọi là điều chế một dải bên SSB

Tín hiệu điều chế SSB sẽ có 4 ưu điểm sau: