

CHƯƠNG 3

MÁY THU**3.1 ĐỊNH NGHĨA VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA MÁY THU****3.1.1 Định nghĩa**

Máy thu là thiết bị đầu cuối trong hệ thống thông tin vô tuyến điện. Máy thu có nhiệm vụ tiếp nhận và lặp lại tín hiệu chứa trong tín hiệu chuyển đi từ máy phát dưới dạng sóng điện từ trường. Máy thu phải loại bỏ được các loại nhiễu không mong muốn, khuếch đại tín hiệu và sau đó giải điều chế nó để nhận được thông tin ban đầu. Máy thu có rất nhiều tham số, nhưng chúng ta chủ yếu chỉ xét các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của máy thu như sau:

3.1.2 Đặc điểm máy thu**3.1.2.1 Độ nhạy**

Biểu thị khả năng thu tín hiệu yếu của máy thu, được xác định bằng sức điện động cảm ứng tối thiểu, hoặc công suất tối thiểu của tín hiệu tại anten để bảo đảm cho máy thu làm việc bình thường, nghĩa là:

+ Đối với máy thu tương tự thì nó phải bảo đảm tỉ số tín hiệu trên nhiễu (S/N) yêu cầu tại đầu vào máy thu

+ Đối với máy thu số thì nó phải bảo đảm đạt được tỉ lệ lỗi bit BER cho trước, ứng với một tốc độ bit nhất định.

Độ nhạy thường được đo bằng microvolt, microwatt, picowatt...

Muốn nâng cao độ nhạy của máy thu thì hệ số khuếch đại của nó phải lớn và mức tạp âm nội bộ của nó phải thấp (giảm tạp âm của tầng đầu).

Ở tần số cao ($f > 30\text{MHz}$) độ nhạy của máy thu thường được xác định bằng công suất chứ không phải bằng sức điện động cảm ứng trên anten.

3.1.2.2 Độ chọn lọc

là khả năng chèn ép các dạng nhiễu không phải là tín hiệu cần thu. Nghĩa là độ chọn lọc là khả năng lựa chọn tín hiệu ra khỏi các loại nhiễu tồn tại ở đầu vào máy thu.

Độ chọn lọc được ký hiệu: $S_e = \frac{A_0}{A_f} \geq 1$

+ A_o : là hệ số khuếch đại tại tần số f_0 + A_f : là hệ số khuếch đại tại tần số f

Độ chọn lọc thường được tính bằng đơn vị dB $S_{edB} = 20\log S_e$

Đặc tuyến chọn lọc lý tưởng của máy thu có dạng chữ nhật, nghĩa là trong dải thông B biên độ tín hiệu không đổi.

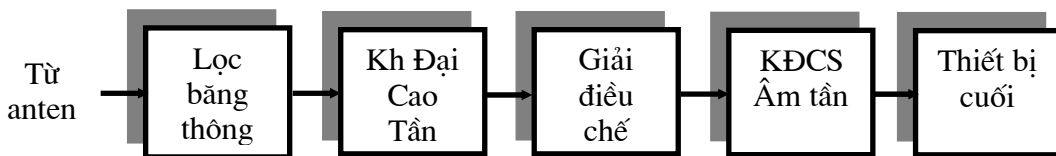
3.1.2.3 Chất lượng lặp lại tín tức

Được đánh giá bằng độ méo của tín hiệu (méo phi tuyến, méo tần số, méo pha), chủ yếu là xét độ méo ở tầng khuếch đại công suất âm tần để cho tín hiệu ra loa không bị biến dạng so với tín hiệu đưa tới bộ điều chế của máy phát. Ngoài ra ta còn phải xét đến các chỉ tiêu khác của máy thu như công suất ra, dải tần số công tác, tính ổn định của biên độ và tần số.

Các máy thu được phân loại tương tự như đối với máy phát.

3.2 SƠ ĐỒ KHỐI TỔNG QUÁT CỦA MÁY THU

3.2.1 Máy thu khuếch đại trực tiếp



Hình 3.2 Sơ đồ khối đơn giản của máy thu khuếch đại trực tiếp

Việc nâng cao độ nhạy và độ chọn lọc của máy thu này bị hạn chế bởi những lý do sau đây:

+ Số tầng khuếch đại không thể tăng lên một cách tùy ý vì khi số tầng càng tăng thì tính ổn định của bộ khuếch đại cao tần càng giảm (tự ký sinh C_{bc} có thể gây ra dao động tự kích). Ngoài ra, khi số tầng càng tăng thì số mạch cộng hưởng cũng tăng làm hệ thống điều chỉnh cộng hưởng phức tạp, công kênh và đắt tiền.

+ Tần số cao khó đạt được hệ số khuếch đại lớn.

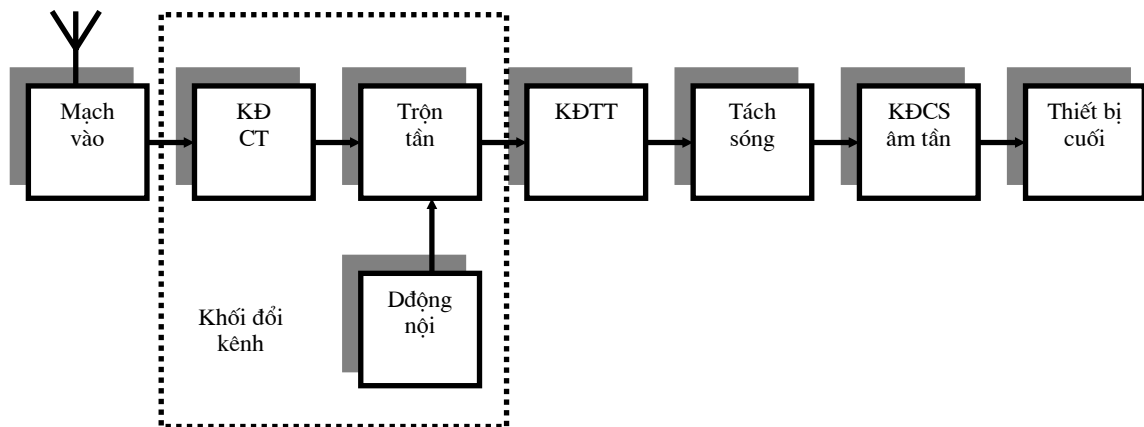
+ Tần số càng cao thì dải thông càng rộng ($B=f_o/Q$), làm giảm độ chọn lọc của máy thu. Muốn dải thông hẹp phải dùng mạch cộng hưởng có hệ số phẩm chất cao, có khi vượt quá khả năng chế tạo.

+ Do không dùng được các hệ thống cộng hưởng phức tạp nên không có khả năng đạt đặc tuyến tần số có dạng chữ nhật lý tưởng.

Để khắc phục những nhược điểm trên, người ta chế tạo ra các máy thu đổi tần có sơ đồ khối như sau:

3.2.2 Máy thu đổi tần

Máy thu đổi tần được biểu diễn như hình 3.3. Tín hiệu cao tần đã được điều chế (AM, FM, PM) nhận được từ anten, qua mạch vào (bộ lọc băng thông) để lọc lấy kênh tín hiệu muốn thu và hạn chế nhiễu, qua bộ khuếch đại cao tần RF được đưa vào bộ đổi tần để biến thành tín hiệu trung tần, với qui luật điều chế không đổi. Tần số trung tần được giữ không đổi.



Hình 3.3 Sơ đồ khối tổng quát của máy thu đổi tần

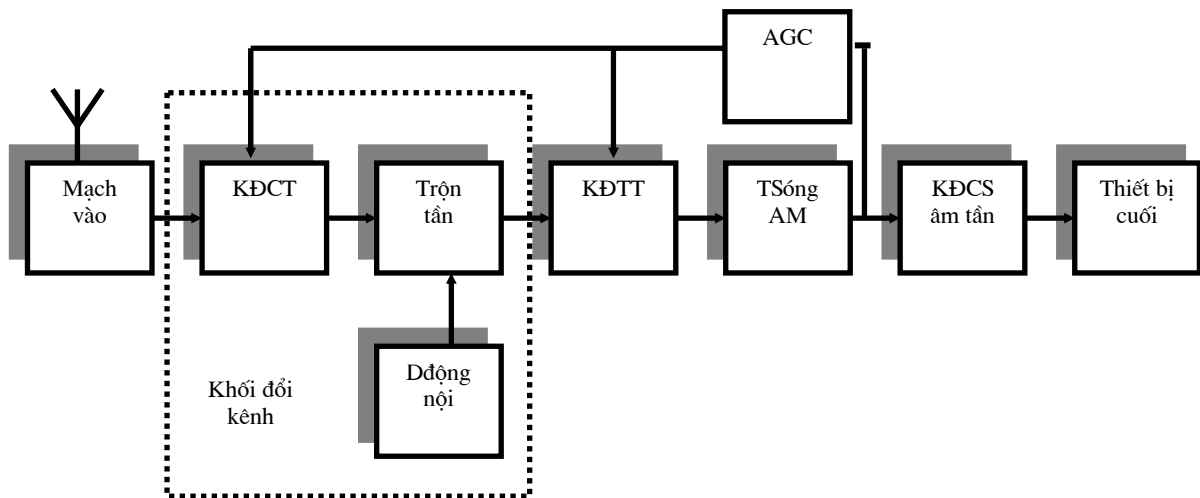
Thực chất của bộ đổi tần là thực hiện phép nhân tần số. Nó bao gồm bộ dao động nội tạo tần số cao tần hình sine và bộ trộn tần. Bộ trộn là một phân tử phi tuyến hay một phân tử tuyến tính có tham số thay đổi tuần hoàn. Quá trình trộn tần sẽ tạo ra tổ hợp các tần số khác nhau, khi m, n càng lớn thì biên độ tín hiệu càng nhỏ, trong thực tế ta chỉ sử dụng tín hiệu tương ứng với m, n nhỏ ($m=n=1$), tách chúng ra bằng mạch cộng hưởng. So với máy thu khuếch đại trực tiếp thì máy thu đổi tần có những ưu điểm sau đây:

- + Có khả năng lựa chọn kênh thu tùy ý bằng cách thay đổi tần số dao động nội.
- + Tần số tín hiệu được hạ thấp thành tần số trung tần nên có thể dùng nhiều mạch khuếch đại trung tần để đạt hệ số khuếch đại toàn máy cao, mà vẫn bảo đảm tính ổn định cho máy thu. Số tầng trung gian không bị hạn chế (8-10).
- + Do trung tần không đổi nên mạch cộng hưởng có kết cấu đơn giản, gọn, giá thành rẻ và không bị hạn chế trong máy thu. Nó thường là những mạch cộng hưởng đôi để tăng hệ số phẩm chất và tăng dải thông.

+ Do tần số trung tần không đổi nên có thể sử dụng những hệ thống cộng hưởng phức tạp (như bộ lọc tập trung) để đạt được đặc tuyến tần số lý tưởng.

3.3 SƠ ĐỒ KHỐI TỔNG QUÁT CỦA MÁY THU ĐỔI TẦN AM

Để giữ cho biên độ điện áp ra gần như không đổi dưới tác dụng của hiện tượng pha đỉnh và nhiều nguyên nhân khác nhau, ta sử dụng mạch tự động điều chỉnh độ khuếch đại AGC. Khi máy thu AM yêu cầu chất lượng cao, ta sử dụng mạch tự động điều chỉnh tần số AFC.



Hình 3.4 Sơ đồ khối tổng quát của máy thu đổi tần AM

3.4 SƠ ĐỒ KHỐI TỔNG QUÁT CỦA MÁY THU ĐƠN BIÊN SSB

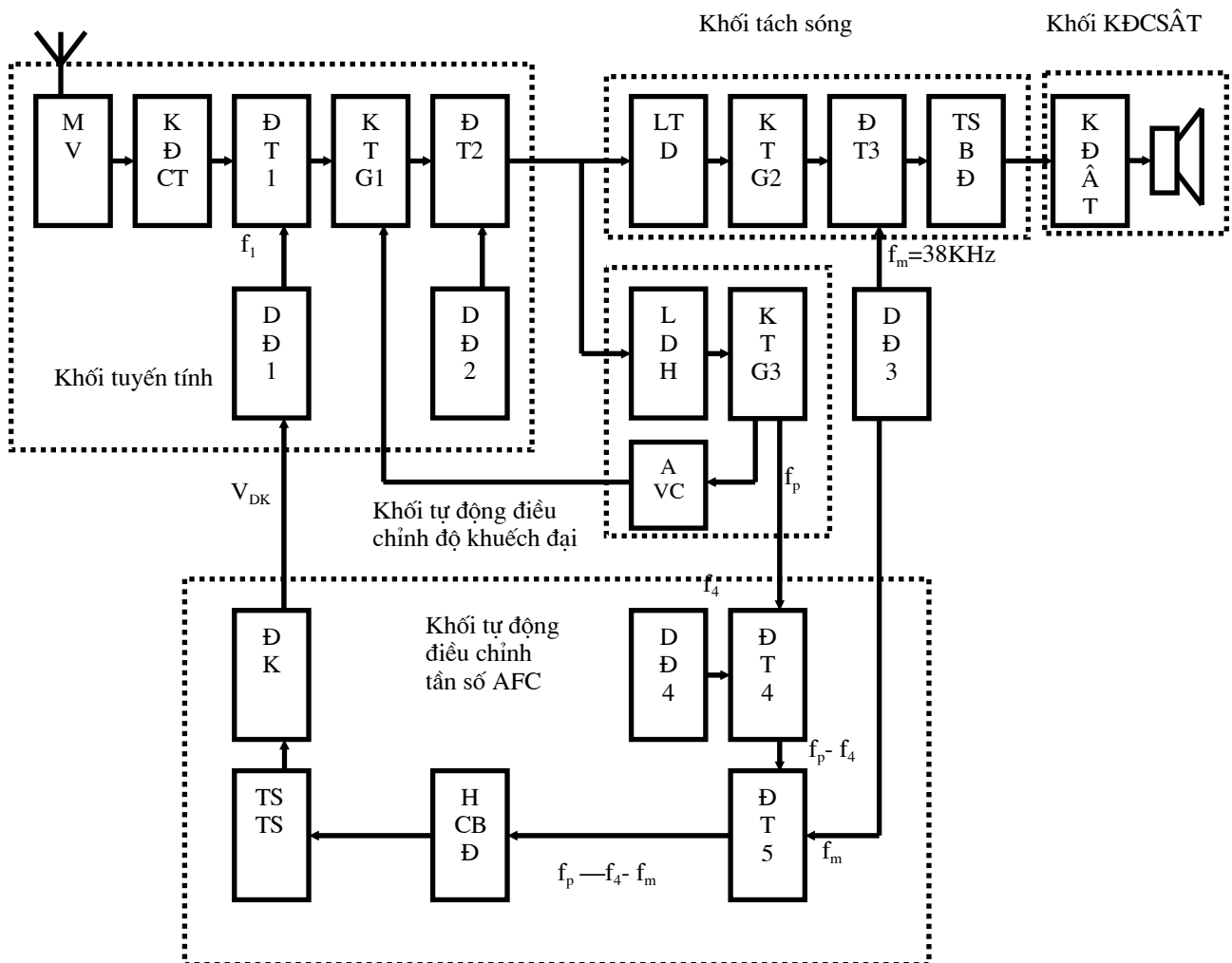
Máy thu đơn biên khác với các máy thu khác ở chỗ có nhiều bộ đổi tần để đưa phổ của tín hiệu tần số cao về miền tần số thấp. Nó gồm có 5 khối chính sau đây:

- + Khối tuyến tính bao gồm: mạch vào (MV), khuếch đại cao tần (KĐCT1), đổi tần 1 (ĐT1), khuếch đại trung gian 1 (KTG1), và đổi tần 2 (ĐT2). Trong khối này, tín hiệu được đổi tần 2 lần nhờ trộn với tín hiệu dao động từ bộ dao động 1 và 2.
- + Khối tách sóng bao gồm: Lọc thông dải (LTD), khuếch đại trung gian 2 (KTG2), đổi tần 3 (ĐT3) và tách sóng biên độ (TSBĐ).
- + Khối tự động điều chỉnh độ khuếch đại (AVC) bao gồm: mạch lọc dải hẹp (LDH), khuếch đại trung gian 3 (KTG3) và AVC.
- + Khối tự động điều chỉnh tần số (AFC) bao gồm: Dao động 4 (DĐ4), đổi tần 4 (ĐT4), đổi tần 5 (ĐT5), hạn chế biên độ (HCBĐ), tách sóng tần số (TSTS), và bộ điều khiển (ĐK).

+ Khối khuếch đại công suất âm tần (KĐCSÂT).

*Hoạt động của mạch:

Tín hiệu cao tần từ anten vào mạch vào, được khuếch đại nhờ mạch KĐCT, qua đổi tần 1 để đổi xuống tần số trung gian nhờ phối hợp với dao động 1, được khuếch đại nhờ khuếch đại trung gian 1, qua đổi tần 2 và đến mạch lọc thông dải hạn chế nhiễu và lọc lấy tín hiệu hữu ích. Sau đó tín hiệu được nâng biên độ nhờ bộ khuếch đại trung gian 2 và được đưa vào bộ đổi tần 3 để trộn với tín hiệu hình sine từ bộ dao động 3, có tần số sóng mang phụ $f_m=38\text{KHz}$. Tín hiệu ra được đưa vào bộ tách sóng biên độ (đơn giản chỉ gồm Diode và R,C) để tạo lại tín hiệu âm tần. Sau đó, tín hiệu âm tần để đưa vào tầng khuếch đại âm tần để đưa ra loa.

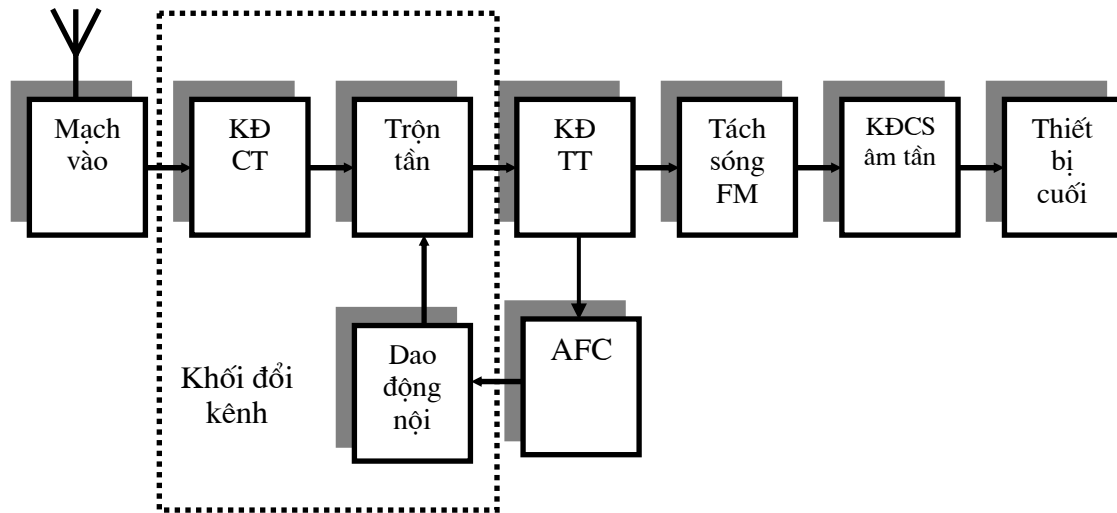


Hình 3.5 Sơ đồ khối tổng quát của máy thu đơn biên

Đối với máy phát có phát một phần tần số sóng mang phụ 38KHz thì máy thu có thêm bộ phận khôi phục tần số sóng mang phụ và mạch tự động điều chỉnh tần số

AFC. Khi đó, tín hiệu trung tần tại điểm A đồng thời được đưa vào bộ lọc dải hẹp, lọc lấy tần số sóng báo $f_p=38\text{KHz}$, khuếch đại nhờ KTG3, rồi đưa vào bộ đổi tần 4 để trộn với tần số ổn định f_4 từ bộ dao động 4 (dao động thạch anh). Tín hiệu hiệu f_p-f_4 lại được đưa vào bộ đổi tần 4 để trộn với tần số sóng mang phụ f_m (từ bộ dao động 3). Ở đầu ra ta nhận được tín hiệu $(f_p-f_4-f_m)$. Tín hiệu này qua bộ hạn chế biên độ, vào tách sóng tần số, rồi đưa đến bộ điều khiển của hệ thống tự động điều chỉnh tần số f_1 . Điện áp đầu ra của bộ điều khiển $V_{dk}=0$ khi $f_p=f_m$. Khi $f_p \neq f_m$ thì $V_{dk} \neq 0$, điều khiển cho f_1 thay đổi sao cho nhận được $f_p=f_m$.

3.5 SƠ ĐỒ KHỐI TỔNG QUÁT CỦA MÁY THU ĐỔI TẦN FM



Hình 3.6 Sơ đồ khối tổng quát của máy thu đổi tần FM

Về cơ bản nó giống sơ đồ khối máy thu AM, trong đó trung tần $f_{tt}=10,7\text{ MHz}$ và bộ tách sóng là bộ tách sóng tần số. Để tránh hiện tượng điều biên ký sinh gây méo tín hiệu sau tách sóng, ta đặt bộ hạn chế biên độ ngay trước bộ tách sóng tần số hoặc sử dụng bộ tách sóng tỉ số vì nó có mạch hạn biên. Đối với máy thu đổi tần FM, độ ổn định tần số yêu cầu rất cao nên bắt buộc phải có mạch AFC.

3.6 MẠCH VÀO CỦA MÁY THU

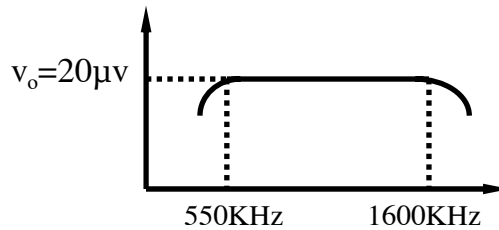
3.6.1 Đặc điểm chung

Mạch vào là mạch điện nối liền anten với đầu vào của máy thu. Nó có đặc điểm như sau:

- truyền đạt tín hiệu từ anten vào máy thu
- là phần quan trọng quyết định chất lượng máy thu

- Bảo đảm hệ số truyền đạt lớn và đồng đều trong cả dải băng sóng.

Ví dụ băng sóng MW: 550KHz-1600KHz, $v_o=20\mu v$



Hình 3.7 Hệ số truyền đạt đồng đều cả băng sóng MW

- Độ chọn lọc tần số, tần số lân cận, tần số trung tần, tần số ảnh phải bảo đảm chỉ tiêu đề ra.
- Bảo đảm thu hết băng thông cho từng đài phát

Mạch vào bao gồm 3 thành phần:

- + Hệ thống cộng hưởng (đơn hoặc kép) có thể điều chỉnh đến tần số cần thu.
- + Mạch ghép với nguồn tín hiệu từ anten
- + Mạch ghép với tải của mạch vào (tăng khuếch đại cao tần đầu tiên)

Để điều chỉnh cộng hưởng mạch vào, người ta thường sử dụng các tụ điện có điện dung biến đổi vì chúng dễ chế tạo chính xác hơn là cuộn dây có điện cảm biến đổi (đặc biệt trong trường hợp cần đồng chỉnh nhiều mạch cộng hưởng). Mặt khác, phạm vi biến đổi của tụ điện lớn, bền chặt, ổn định (C ít biến đổi theo điều kiện bên ngoài). Một số mạch điều chỉnh liên tục bằng điện dung. Mạch vào làm việc trong phạm vi tần số rộng thì phải kết hợp cả hai cách điều chỉnh liên tục và từng nấc. Băng sóng được chia ra nhiều băng nhỏ, khi chuyển từ băng nọ sang băng kia phải điều chỉnh theo từng nấc, còn trong mỗi băng, người ta sử dụng mạch cộng hưởng điều chỉnh liên tục để chọn kênh. Đối với máy thu thế hệ mới thì người ta sử dụng Varicap để thực hiện việc điều chỉnh cộng hưởng này.

3.6.2 Các yêu cầu của mạch vào máy thu

3.6.2.1 Hệ số truyền đạt

Là tỉ số giữa điện áp ra của mạch vào điều chỉnh cộng hưởng ở một tần số nào đó và sức điện động cảm ứng trên anten (E_a).

$$A_{MV} = \frac{V_o}{E_A}$$

A_{MV} càng lớn thì hệ số khuếch đại chung của toàn máy càng lớn.

3.6.2.2 Độ chọn lọc

$$S_e = \frac{A_o}{A_f}$$

3.6.2.3 Băng thông B

3.6.2.4 Dải tần làm việc

Gọi dải tần số làm việc của máy thu là: $f_{\text{omin}}-f_{\text{omax}}$. Tần đoạn làm việc được định nghĩa như sau:

$$A_{\text{doan}} = \frac{f_{\text{o max}}}{f_{\text{o min}}}$$

Dải tần nói trên có thể được chia

thành nhiều băng tần bằng cách chia thành nhiều cuộn dây cho các băng tần, mỗi băng tần tương ứng với một cuộn dây khác nhau. Tỉ số giữa f_{bmax} và f_{bmin} ứng với mỗi băng gọi là hệ số trùm băng.

$$A_{\text{bang}} = \frac{f_{\text{b max}}}{f_{\text{b min}}}$$

3.7 NHIỄU TRONG HỆ THỐNG THÔNG TIN VÀ TRONG MÁY THU

Nhiều trong hệ thống thông tin xuất hiện trong kênh thông tin và trong cả thiết bị. Nhiều là thành phần không mong muốn, xuất hiện ngẫu nhiên gây nhiễu với tín hiệu hữu ích. Ta không thể loại bỏ nhiễu hoàn toàn nhưng có thể giảm nhiễu bằng các biện pháp khác nhau, chẳng hạn giảm băng thông tín hiệu, tăng công suất máy phát hoặc sử dụng các bộ khuếch đại nhiễu thấp.

Có hai loại nhiễu là **nhiều bên ngoài**: xuất hiện trên kênh truyền và **nhiều bên trong**: xuất hiện trong bản thân thiết bị.

3.7.1 Nhiễu bên ngoài

Nếu môi trường truyền dẫn là không gian thì nó có nhiều loại nhiễu như nhiễu do thiết bị, từ khí quyển và từ không gian.

3.7.1.1 Nhiễu thiết bị

Nhiều này được tạo ra từ các thiết bị công nghiệp và dân dụng trong quá trình khởi động hoặc làm việc. Chẳng hạn, từ các thiết bị đánh lửa của động cơ ô tô hay các motor điện, từ máy tính hoặc các loại đèn điện tử. **Loại nhiễu này có phổ tần rộng nhưng phân bố không đều trong toàn dải.** Thông thường nó ảnh hưởng mạnh ở vùng dải tần thấp hơn. Tuy nhiên, sự phân bố chính xác của tần số nhiễu **phụ thuộc vào bản thân loại thiết bị gây nhiễu và phụ thuộc vào môi trường truyền dẫn của nhiễu đó** đến thiết

bị đang khảo sát. Chẳng hạn, các máy tính tạo ra nhiễu mạnh tại các tần số bằng bội số và ước số của tần số xung clock của chúng, còn tại vùng tần số khác thì năng lượng nhiễu không đáng kể.

Nhiều do con người tạo ra có thể truyền theo không gian hoặc dây dẫn đến máy thu. Thông thường, việc giảm nhiễu tại nguồn phát thực hiện dễ dàng hơn tại máy thu. Chẳng hạn, ta có thể nối masse cho vỏ máy tính và lớp vỏ của cáp truyền dẫn, đồng thời sử dụng các bộ lọc thông thấp dọc theo đường dây cung cấp điện để giảm nhiễu từ máy tính.

3.7.1.2 Nhiễu khí quyển

Nhiều này chủ yếu là do sấm sét trong bầu khí quyển tạo ra. Nó có thể truyền đi một khoảng cách lớn trong không gian. Phổ của nó được xem như vô hạn, nhưng có mật độ tỉ lệ nghịch với tần số do đó thường chỉ gây ảnh hưởng trong vùng tần số nhỏ hơn 20MHz

Nhiều này có tỉ số công suất đỉnh trên công suất trung bình rất lớn đồng thời xuất hiện trong một khoảng thời gian rất ngắn (xung dạng Burst-loé) so với thời gian nghỉ giữa 2 xung nhiễu. Do đó, tuy không thể giảm nhiễu này tại nguồn phát, nhưng ta có thể thực hiện một số biện pháp để giảm chúng, ví dụ có thể thiết kế máy thu sao cho nó không làm việc trong thời gian xuất hiện nhiễu. Kỹ thuật này gọi là kỹ thuật “làm trắng nhiễu”

3.7.1.3 Nhiễu không gian

Phổ năng lượng bức xạ của mặt trời rất rộng, bao phủ vùng phổ sóng vô tuyến nên có gây nhiễu cho các thiết bị thu phát, chủ yếu ở vùng tần số VHF và cao hơn VHF. Ngoài ra còn nhiều nguồn nhiễu khác từ các vì sao trong vũ trụ, nhưng ảnh hưởng nhỏ hơn vì chúng ở xa so với mặt trời. Nhiễu do mặt trời ảnh hưởng chủ yếu đến các vệ tinh thông tin và đặc biệt nghiêm trọng trong trường hợp mặt trời, vệ tinh và trạm mặt đất nằm trên một đường thẳng.

3.7.2 Nhiễu bên trong

Nhiễu bên trong xuất hiện trong bản thân thiết bị, cả trong thành phần thụ động như điện trở, cáp và tích cực như diode, transistor, đèn điện tử. Chúng gồm nhiễu nhiệt, nhiễu bắn, nhiễu thành phần, nhiễu nhấp nháy (1/f) và nhiễu thời gian chuyển đổi.

3.7.2.1 Nhiễu nhiệt

Nhiều nhiệt tạo ra từ **sự chuyển động ngẫu nhiên của các điện tử trong vật dẫn do nhiệt độ** gây ra. Vì nó xuất hiện trong tất cả các mạch điện nên còn có tên là nhiễu mạch.

Công suất nhiễu nhiệt trong một vật dẫn không phụ thuộc vào tần số, nên đôi khi được gọi là nhiễu trắng, và được biểu diễn như sau:

$$P_N = kTB \quad (3.1)$$

Trong đó,

P_N : công suất nhiễu nhiệt [w]

k : hằng số Boltzmann $k=1,38.10^{-23}$ joules/kelvin [J/K]

T : nhiệt độ tuyệt đối [K]; $T(^{\circ}\text{K})=T(^{\circ}\text{C})+273$

B : Băng thông nhiễu [Hz]

Ví dụ: một máy thu có băng thông nhiễu 10KHz. Một điện trở phối hợp với trở kháng vào của máy thu được nối đến anten. Tính công suất nhiễu gây ra trên điện trở trong băng thông máy thu, nếu nhiệt độ của nó là 27°C .

áp dụng biểu thức (3.1) ta có công suất nhiễu gây ra trên điện trở:

$$P_N = kTB = (1,38.10^{-23} \text{ J / K})(300\text{K})(10.10^3 \text{ Hz}) = 4,14.10^{-17} \text{ W}$$

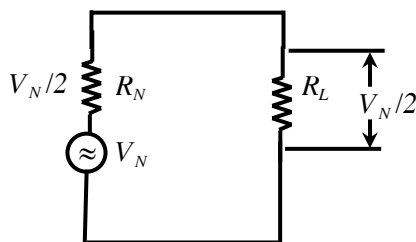
Tuy giá trị của nó không lớn nhưng nó có thể ảnh hưởng đáng kể đến độ nhạy của máy thu vì công suất tín hiệu đến máy thu thường rất nhỏ.

Nhiều nhiệt của vật dẫn **không phụ thuộc vào vật liệu chế tạo và dòng điện chạy qua nó**.

Điện áp nhiễu:

Gọi V , P lần lượt là điện áp nhiễu, công suất nhiễu trên điện trở R . Chúng liên hệ nhau theo biểu thức:

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ Suy ra điện áp nhiễu: } V = \sqrt{PR} = \sqrt{kTBR} \quad (3.2)$$



Hình 3.8 biểu diễn một điện trở R_N hoạt động như một nguồn nhiễu nối tiếp với một điện trở tải R_L . Điện áp nhiễu

Hình 3.8 biểu diễn một nguồn nhiễu V_N , điện trở nguồn R_N và điện trở tải R_L . Do điều kiện phối hợp trở kháng nên $R_N = R_L$. Vì vậy, điện áp nhiễu trên hai điện trở là bằng nhau và bằng $V_N/2$.

Từ biểu thức (3.2) ta có:
$$\frac{V_N}{2} = \sqrt{PR_N} = \sqrt{PR_L} = \sqrt{kTBR_L} = \sqrt{kTBR_N}$$

Do đó:

điện áp nguồn nhiễu bằng:
$$V_N = \sqrt{4kTBR_N} = \sqrt{4kTBR_L}.$$

Ví dụ 3:

Một điện trở 300Ω mắc nối tiếp với trở kháng vào 300Ω của anten. Băng thông của máy thu là 6MHz, và điện trở làm việc ở nhiệt độ phòng 20°C . Hãy tính công suất nhiễu và điện áp nhiễu đặt lên điện trở mắc nối tiếp với trở kháng của anten.

Công suất nhiễu được tính theo biểu thức (3.1)

$$P_N = kTB = (1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})(293\text{K})(6 \cdot 10^6 \text{ Hz}) = 24,2 \cdot 10^{-15} \text{ W}$$

Điện áp nhiễu được tính theo biểu thức (3.2)

$$V_N = \sqrt{4kTBR_L} = \sqrt{4(1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})(293\text{K})(6 \cdot 10^6 \text{ Hz})(300\Omega)} = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ V} = 5,4 \mu\text{V}.$$

Dĩ nhiên, chỉ một nửa điện áp này xuất hiện trên anten đầu vào của máy thu và nửa còn lại đặt trên điện trở nguồn. Vì vậy điện áp nhiễu đặt trên đầu vào máy thu bằng $2,7 \mu\text{V}$.

3.7.2.2 Nhiễu bắn

Gây ra do sự thay đổi ngẫu nhiên của dòng điện trong thiết bị tích cực, chẳng hạn trong đèn điện tử, transistor hoặc diode bán dẫn. Sự thay đổi này được tạo ra do dòng điện là một luồng hạt mang (điện tử và lỗ trống) hữu hạn. Dòng điện có thể xem như là một chuỗi xung mà mỗi một chuỗi gồm các hạt điện tử mang điện.

Nhiễu bắn được biểu diễn theo biểu thức như sau:

$$I_N = \sqrt{2qI_0B} \quad (3.3)$$

Trong đó:

I_N : Dòng điện nhiễu hiệu dụng [A]

q : Điện tích của điện tử, bằng $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

I_0 : Dòng điện phân cực của thiết bị [A]

B : Băng thông nhiễu

Ví dụ: Một máy tạo nhiễu sử dụng diode tạo 10 uV nhiễu tại máy thu có trở kháng vào 75 Ohm và băng thông nhiễu 200KHz. (chúng là 3 giá trị tiêu biểu của máy thu FM).

Tính dòng điện chạy qua diode

Đầu tiên, chuyển đổi điện áp ra dòng nhờ định luật Ohm:

$$I_N = \frac{V_N}{R} = \frac{10\mu V}{75\Omega} = 0,133\mu A$$

Tiếp đến, tính dòng phân cực chạy qua diode D dựa vào biểu thức (3.3):

$$\begin{aligned} I_N &= \sqrt{2qI_0B} \Rightarrow I_N^2 = 2qI_0B \Rightarrow I_0 = \frac{I_N^2}{2qB} \\ &= \frac{(0,133.10^{-6} A)^2}{2(1,6.10^{-19} C)(200.10^3 Hz)} = 0,276A = 276mA \end{aligned}$$

3.7.2.3 Nhiễu quá mức

Còn gọi là nhiễu flicker hay là **nhiều 1/f** vì công suất **nhiều tỉ lệ nghịch với tần số**. Đôi khi còn được gọi là nhiễu hồng vì năng lượng nhiễu phân bố ở đoạn cuối của vùng tần số thấp trong dải phổ của ánh sáng thấy được. Nguyên nhân chủ yếu gây ra nhiễu quá mức là do **sự thay đổi mật độ hạt mang**.

Nhiều quá mức gây ảnh hưởng lớn hơn trong thiết bị bán dẫn và điện trở carbon so với đèn điện tử. Tuy nhiên nó không ảnh hưởng nghiêm trọng đến mạch thông tin vì nó giảm khi tần số càng cao và chỉ có tác dụng đối với vùng tần số bé hơn 1KHz. Nhiễu này làm nguồn kiểm tra và cài đặt trong hệ thống Audio.

3.7.3.3 Tổng nhiễu từ các nguồn khác nhau

Điện áp nhiễu tổng của các nguồn nhiễu mắc nối tiếp được trình bày theo biểu thức (Phát xuất từ công suất nhiễu tổng bằng tổng các công suất nhiễu thành phần và công suất tỉ lệ với bình phương điện áp):

$$V_{Nt} = \sqrt{V_{N1}^2 + V_{N2}^2 + V_{N3}^2 + \dots} \quad (3.4)$$

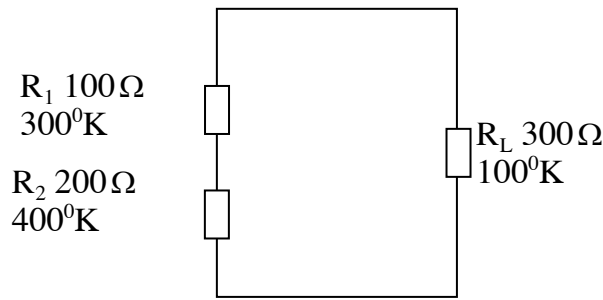
Tương tự, dòng điện nhiễu tổng của các nguồn nhiễu mắc song song được trình bày theo biểu thức:

$$I_{Nt} = \sqrt{I_{N1}^2 + I_{N2}^2 + I_{N3}^2 + \dots} \quad (3.5)$$

Ví dụ:

Cho mạch điện như hình vẽ, gồm hai điện trở mắc nối tiếp có 2 nhiệt độ khác nhau.

Tính điện áp và công suất nhiễu tổng tạo ra trên tải có băng thông 100KHz.



Điện áp nhiễu hở mạch được tính theo biểu thức (3.4)

$$V_{Nt} = \sqrt{V_{R1}^2 + V_{R2}^2} = \sqrt{(\sqrt{4kT_1BR_1})^2 + (\sqrt{4kT_2BR_2})^2} = \sqrt{4kB(T_1R_1 + T_2R_2)}$$

$$\sqrt{4(1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})(100 \cdot 10^3 \text{ Hz})[(300\text{K} \cdot 100\Omega) + (400\text{K} \cdot 200\Omega)]} = 779\text{nV}$$

Từ việc phối hợp trở kháng nên ta chọn điện trở tải bằng 300Ω , do đó điện áp nhiễu đặt trên tải bằng một nửa điện áp nhiễu hở mạch được tính ở trên, nghĩa là bằng 389nV .

Do đó công suất nhiễu trên tải:

$$P = \frac{V_L^2}{R_L} = \frac{(390\text{nV})^2}{300\Omega} = 0,506 \cdot 10^{-15} \text{ W}$$

Tỉ số tín hiệu trên nhiễu:

Được biểu diễn theo biểu thức sau:

$$S / N(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_S}{P_N} \quad (3.6)$$

$$S / N(\text{dB}) = 20 \lg \frac{V_S}{V_N} \quad (3.7)$$

Trong đó, P_S và P_N , V_S và V_N : lần lượt là công suất và điện áp tín hiệu và nhiễu.

Ví dụ:

Một máy thu có công suất nhiễu 200mW . Công suất ra tăng đến 5W khi đưa tín hiệu vào. Tính $(S+N)/N$ trong đơn vị dB

$$\frac{S+N}{N} = \frac{5\text{W}}{0,2\text{W}} = 25$$

Trong đơn vị dB:

$$\frac{S+N}{N}(\text{dB}) = 10 \lg 25 = 14\text{dB}$$

Hệ số nhiễu: NF (Noise Figure) viết tắt F

Biểu thị một thành phần, tầng hay các tầng nối tiếp làm giảm tỉ số tín hiệu trên nhiễu của hệ thống bao nhiêu lần. Nó được định nghĩa như sau:

$$NF = \frac{(S/N)_i}{(S/N)_o} \quad (3.8)$$

Trong đó:

$(S/N)_i$ và $(S/N)_o$ lần lượt là tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu vào và ra của thành phần hay tầng. (đơn vị của chúng là lần)

Biểu diễn NF trong đơn vị dB:

$$NF \text{ (dB)} = (S/N)_i \text{ (dB)} - (S/N)_o \text{ (dB)} \quad (3.9)$$

Mối liên hệ giữa NF(dB) và NF:

$$NF \text{ (dB)} = 10 \lg NF$$

Ví dụ:

Công suất tín hiệu và công suất nhiễu tại đầu vào của một bộ khuếch đại lần lượt là 100μW và 1μW. Tại đầu ra công suất tín hiệu và nhiễu lần lượt là 1W và 30mW. Tính hệ số nhiễu:

$$NF = \frac{(S/N)_i}{(S/N)_o} = \frac{100\mu W / 1\mu W}{1W / 0,03W} = 3$$

$$NF \text{ (dB)} = 10 \lg NF = 10 \lg 3 = 4,77 \text{ dB}$$

Nhiệt độ nhiễu tương đương:

Từ biểu thức hệ số nhiễu ta suy ra:

$$NF = \frac{(S/N)_i}{(S/N)_o} = \frac{S_i N_o}{N_i S_o} = \frac{S_i}{S_o} \frac{N_o}{N_i}$$

Gọi A là hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại:

$$A = \frac{S_o}{S_i}$$

Thay A vào biểu thức trên:

$$NF = \frac{N_o}{N_i A}$$

Suy ra:

$$N_o = (NF) N_i A$$

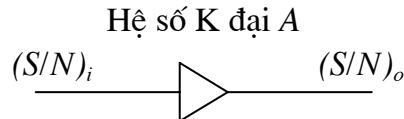
Vì thế: Nhiều tổng tại đầu vào là: $N_{i\Sigma} = (NF)N_i$

Giả sử nhiễu nguồn đầu vào N_i là loại nhiễu nhiệt, được biểu diễn theo biểu thức:

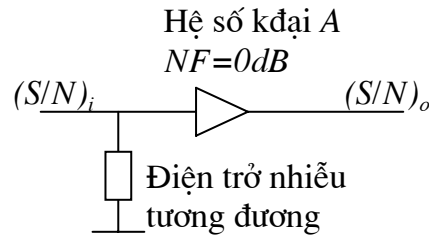
$$N_i = kTB$$

Nhiều tương đương tại đầu vào do bộ khuếch đại tạo ra là:

$$N_{eq} = N_{i\Sigma} - N_i = (NF)N_i - N_i = (NF - 1)kTB \quad (3.10)$$



Hình 3.9 Sơ đồ tính NF của bộ khuếch đại thực



Hình 3.10 Sơ đồ tương đương với sơ đồ trên, trong đó có điện trở nhiễu tương đương và bộ khuếch đại lý tưởng (không nhiễu: $NF=0dB$)

Nếu giả sử nhiễu này được tạo ra bởi điện trở tại nhiệt độ T_{eq} và giả sử nguồn nhiễu thực gây ra tại nhiệt độ chuẩn $T_o=290^0K$, thì ta có thể viết:

$$\begin{aligned} kT_{eq}B &= (NF - 1)kT_oB \\ T_{eq} &= (NF - 1)T_o = 290(NF - 1) \end{aligned} \quad (3.11)$$

Như vậy, nhiệt độ tương có thể tính trực tiếp từ hệ số nhiễu nên nó không mang thông tin về bộ khuếch đại. Tuy nhiên, nó được sử dụng hiệu quả trong trường hợp máy thu vi ba nối với anten trong đường truyền.

Anten có nhiệt độ nhiễu từ nhiễu không gian tác động vào. Đường truyền và máy thu cũng có nhiệt độ nhiễu. **Nhiệt độ nhiễu tương đương của hệ thống bằng tổng nhiệt độ nhiễu của anten, đường truyền và máy thu.** Ta có thể tính hệ số nhiễu tương đương của hệ thống từ biểu thức trên:

$$NF - 1 = \frac{T_{eq}}{290}$$

$$NF = \frac{T_{eq}}{290} + 1 \quad (3.12)$$

Nhiệt độ nhiễu tương đương của máy thu nhiễu thấp rất bé, thường nhỏ hơn 100^0K . Điều đó không có nghĩa là máy thu hoạt động tại nhiệt độ này. Thông thường chúng hoạt động tại nhiệt độ 300^0K nhưng có nhiệt độ nhiễu tương đương là 100^0K .

Ví dụ:

Một bộ khuếch đại có hệ số nhiễu 2dB. Tính nhiệt độ nhiễu tương đương:

Đầu tiên, chuyển đổi NF theo đơn vị dB thành NF theo tỉ số:

$$NF(dB) = 10 \lg NF$$

Suy ra:

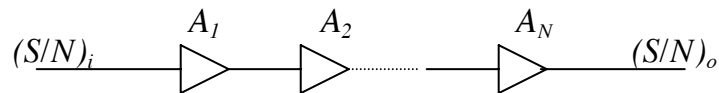
$$NF = 10^{\frac{NF(dB)}{10}} = 1,585$$

áp dụng biểu thức trên ta có:

$$T_{eq} = 290(NF - 1) = 290(1,585 - 1) = 169,6^0 K$$

Hệ số nhiễu của các bộ khuếch đại mắc chuỗi:

Hệ số nhiễu tổng của các bộ khuếch đại mắc chuỗi được biểu diễn theo biểu thức Friis như sau:



Hình 3.11 Sơ đồ tính NF của các bộ khuếch đại mắc chuỗi

$$NF_T = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{A_1} + \frac{NF_3 - 1}{A_1 A_2} + \frac{NF_4 - 1}{A_1 A_2 A_3} + \dots \quad (3.13)$$

Trong đó: NF_1, NF_2, NF_3, NF_4 : Hệ số nhiễu của các bộ khuếch đại mắc chuỗi

A_1, A_2, A_3 : Độ khuếch đại của các bộ khuếch đại mắc chuỗi

Chú ý các hệ số nhiễu trong biểu thức trên được tính theo đơn vị tỉ số, không phải theo dB

Ví dụ:

Hệ thống gồm 3 tầng khuếch đại có các thông số như sau

Số thứ tự tầng	Độ khuếch đại (lần)	Hệ số nhiễu (lần)
1	10	2
2	25	4
3	30	5

Tính độ khuếch đại, hệ số nhiễu và nhiệt độ nhiễu tương đương của toàn hệ thống:

Độ khuếch đại tổng bằng tích các độ khuếch đại:

$$A_T = A_1 A_2 A_3 = 10 \cdot 25 \cdot 30 = 7500$$

Hệ số nhiễu tổng:

$$NF_T = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{A_1} + \frac{NF_3 - 1}{A_1 A_2} = 2 + \frac{4 - 1}{10} + \frac{5 - 1}{10 \cdot 25} = 2,316$$

$$\Rightarrow NF(dB) = 10 \log 2,316 = 3,65 dB$$

Nhiệt độ nhiễu tương đương:

$$T_{eq} = (NF - 1)T_o = 290(NF - 1) = 290(2,316 - 1) = 382^0 K$$