

HỆ THỐNG ĐIỀU CHẾ TẦN SỐ FM

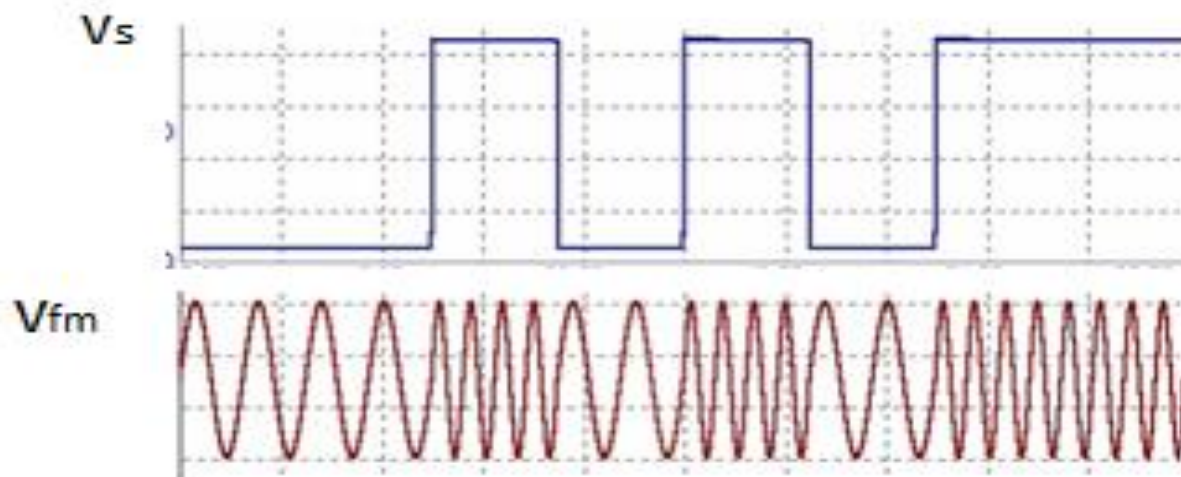
Nguyên lý điều
chế FM

Phổ tín hiệu
FM

Hệ thống FM

NGUYÊN LÝ ĐIỀU CHẾ FM

- ❑ Là phương pháp điều chế trong đó **tần số sóng mang** thay đổi theo quy luật của tín hiệu điều chế.



Tín hiệu tin

Tín hiệu FM

NGUYÊN LÝ ĐIỀU CHẾ FM

- ❑ Tín hiệu sóng mang khi chưa bị điều chế:

$$x_c(t) = v_c \cos(\omega_c t + \varphi_0) = v_c \cos \varphi(t)$$

$\varphi(t)$ là pha tức thời, ω_c là tần số góc sóng mang, φ_0 là pha ban đầu của sóng mang.

- ❑ Quan hệ giữa tần số góc và góc pha: $\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$

- ❑ Tần số góc tức thời tín hiệu FM:

$$\omega_i(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \omega_c + k_f m(t)$$

k_f là hằng số điều chế.

- ❑ Ta có: $\varphi(t) = \omega_c t + k_f \int_0^t m(t) dt$

- ❑ Tín hiệu FM: $Y_{FM}(t) = v_c \cos(\omega_c t + k_f \int_0^t m(t) dt)$

CHỈ SỐ ĐIỀU CHẾ VÀ PHỔ TÍN HIỆU FM

CHỈ SỐ ĐIỀU CHẾ

- ❑ Xét tín hiệu tin: $m(t) = v_m \cos \omega_m t$
- ❑ Tín hiệu FM:
$$y_{FM}(t) = v_c \cos(\omega_c t + k_f \int_0^t v_m \cos \omega_m t dt)$$
$$= v_c \cos(\omega_c t + \frac{k_f \cdot v_m}{\omega_m} \sin \omega_m t)$$
- ❑ $m_f = \frac{k_f \cdot v_m}{\omega_m}$ chỉ số điều chế.
- ❑ Độ di tần: $\Delta f = f_i(t) - f_c = \frac{1}{2\pi}(\omega_i(t) - \omega_c) = k_f \cdot m(t) / 2\pi$
- ❑ Độ di tần cực đại: $\Delta F = k_f \cdot v_m / 2\pi$. Phụ thuộc vào biên độ tín hiệu điều chế.
- Lưu ý: $m_f = \frac{\Delta F}{B_m}$, B_m là băng thông tín hiệu tin.

CHỈ SỐ ĐIỀU CHẾ VÀ PHỔ TÍN HIỆU FM

PHỔ TÍN HIỆU FM

□ Khai triển tín hiệu FM: $y_{FM}(t) = v_c \cos(\omega_c t + m_f \sin \omega_m t)$

$$y_{FM}(t) = v_c [\cos \omega_c t \cdot \cos(m_f \sin \omega_m t) - \sin \omega_c t \cdot \sin(m_f \sin \omega_m t)]$$

□ Biểu diễn $\cos(m_f \sin \omega_m t)$ và $\sin(m_f \sin \omega_m t)$ theo hàm Bessel loại 1 ta được:

$$\sin(m_f \sin \omega_m t) = 2 \sum_{n=0}^{\infty} J_{2n+1}(m_f) \cdot \sin(2n+1)\omega_m t$$

$$\cos(m_f \sin \omega_m t) = J_0(m_f) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(m_f) \cdot \cos 2n\omega_m t$$

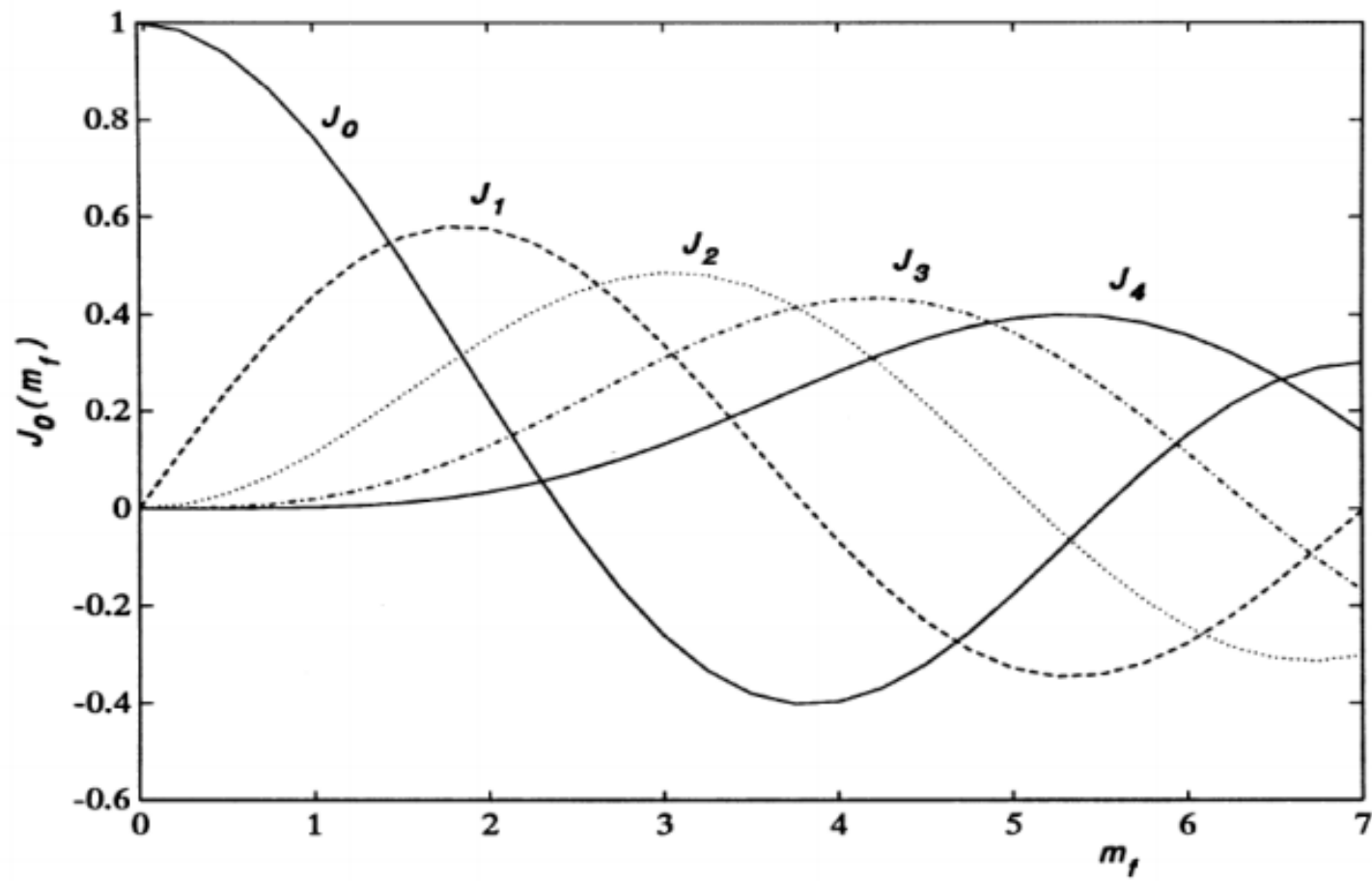
□ Vậy $y_{FM}(t) = v_c \cdot J_0(m_f) \cos \omega_c t$
 $+ J_1(m_f) [\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t]$
 $+ J_2(m_f) [\cos(\omega_c + 2\omega_m)t + \cos(\omega_c - 2\omega_m)t] + \dots$

PHỔ TÍN HIỆU FM

- Phổ tín hiệu FM bao gồm các thành phần tần số:
 - Tần số sóng mang ω_c với biên độ được xác định bởi hệ số điều chế m_f .
 - Có vô số các tần số là tổng và hiệu của tần số sóng mang với tần số tín hiệu điều chế được nhân lên n lần.

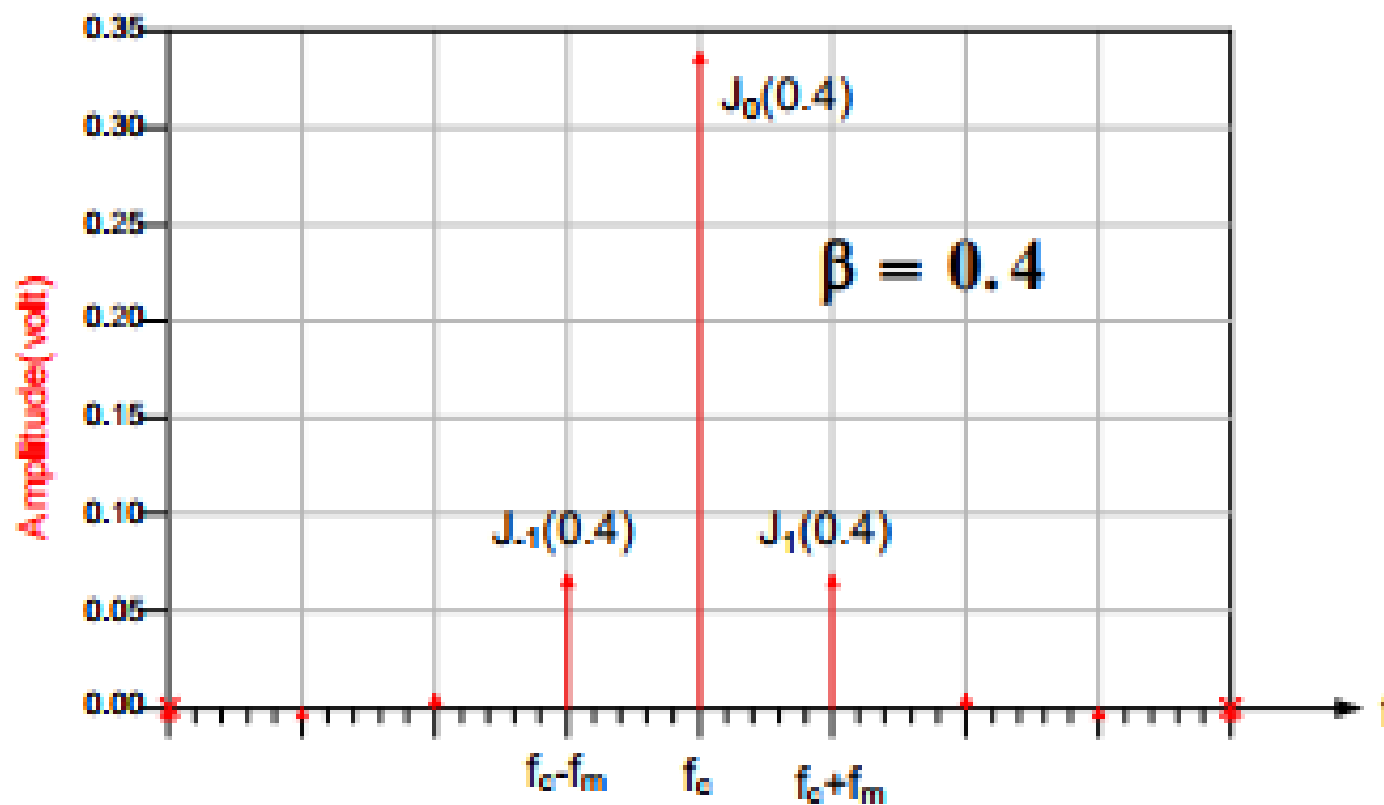
PHỔ TÍN HIỆU FM

□ Hàm Bessel loại 1



PHỔ TÍN HIỆU FM

- Phổ tín hiệu FM với hệ số điều chế là 0,4.



PHỔ TÍN HIỆU FM

□ Đặc điểm

- Bao gồm nhiều dải tần số
- Độ lớn các thành phần tần số giảm nhanh khi n càng lớn
- Bảng thông tin hiệu FM theo công thức Carson

$$B_{FM} = 2(\Delta F + B_m) = 2B_m(1 + m_f)$$

NHẬN XÉT

- ❑ Tín hiệu FM có băng thông tín hiệu lớn hơn so với tín hiệu AM
- ❑ Khả năng chống nhiễu tốt hơn so với tín hiệu AM.

HỆ THỐNG FM(Bỏ với ATTT)

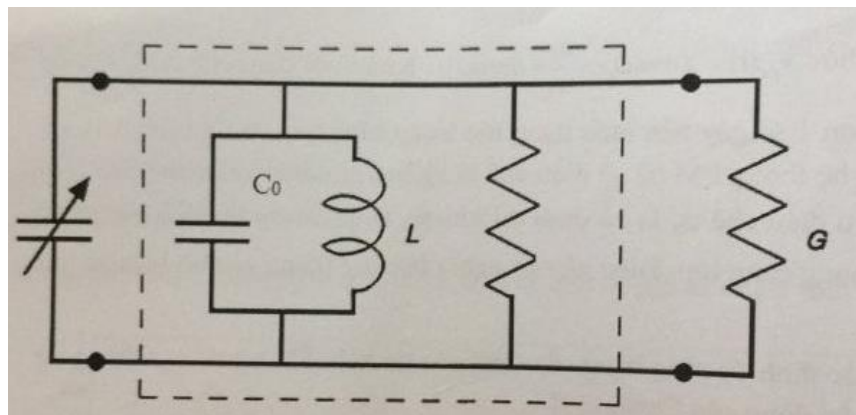
- ❑ Máy phát FM
- ❑ Máy thu FM

MÁY PHÁT FM

❑ Phương pháp điều chế trực tiếp: Sử dụng điện áp tín hiệu điều chế làm thay đổi giá trị C, L trong mạch cộng hưởng của máy phát.

❑ Tần số máy phát $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$

❑ Điện dung C thay đổi theo điện áp đầu vào: $c = c_0 - km(t)$.



❑ Tần số phát mạch cộng hưởng: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_0(1 - \frac{km(t)}{C_0})}} = \frac{1}{(1 - \frac{km(t)}{C_0})^{1/2} \sqrt{LC_0}}$

❑ Với $\left| \frac{km(t)}{C_0} \right| \ll 1$ ta có: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_0}} \left(1 + \frac{km(t)}{C_0} \right) = \frac{1}{\sqrt{LC_0}} + \frac{k}{C_0 \sqrt{LC_0}} m(t)$

❑ Tần số này có dạng của tần số góc của tín hiệu FM. Từ đây ta có tín hiệu FM

MÁY PHÁT FM

❑ Nhận xét

- Phương pháp đơn giản
- Độ ổn định tần số không cao do sử dụng các linh kiện bán dẫn C, L nên tần số càng cao càng không ổn định

MÁY PHÁT FM

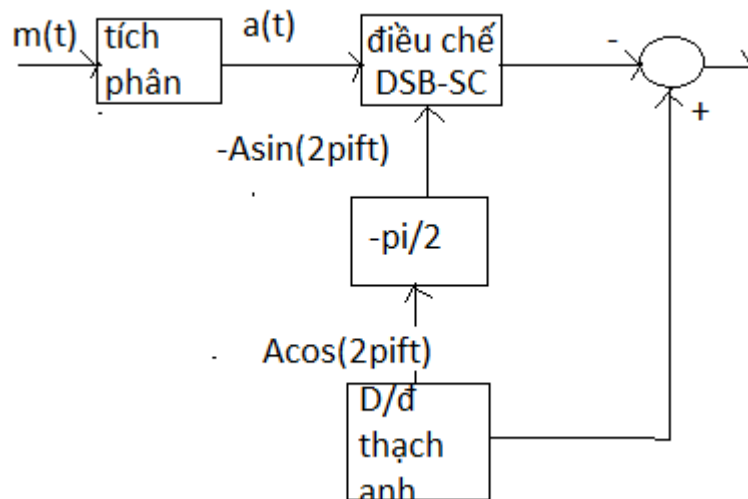
- ❑ Phương pháp điều chế gián tiếp: Sử dụng các tín hiệu FM băng hẹp cùng với các bộ nhân tần để tạo ra tín hiệu FM băng rộng.
- ❑ Khai triển tín hiệu FM ta được:

$$y_{FM}(t) = v_c \cos \omega_c t \cos(m_f \sin \omega_m t) - v_c \sin \omega_c t \sin(m_f \sin \omega_m t)$$

Tín hiệu FM băng hẹp nên m_f có giá trị bé nên có thể viết lại:

$$y_{FM}(t) \sim v_c \cos \omega_c t - v_c m_f \sin \omega_c t \sin \omega_m t$$

Tín hiệu FM băng hẹp như trên có thể dễ dàng tạo ra với mạch:



MÁY PHÁT FM

Ví dụ: Tạo máy phát thanh FM có tần số 91,2Mhz, với độ di tần là 75Khz.

- Bắt đầu với tín hiệu FM: $f_{c1} = 200\text{khz}$, $\Delta f = 25\text{hz}$.
- Để đạt độ di tần 75khz ta cần nhân tần lên: $75 \cdot 10^3 : 25 = 3000$ lần. Dùng hai bộ nhân tần 64 và 32 ($64 \cdot 48 = 3072$).
- Lần nhân tần 1: $f_{c1} = 64 \times 200 = 12,8\text{Mhz}$, $\Delta f_1 = 1.6\text{khz}$.
- Mục đích FM có $f = 91,2\text{Mhz}$ nên với bộ nhân tần 2 ta có tần số là:
 $91,2 : 48 = 1,9\text{Mhz}$. Dùng bộ trộn tần tần số 10,9Mhz đưa tần từ 12,8 về 1,9Mhz.
- Nhân tần lần 2: $f_{c2} = 91,2\text{Mhz}$, $\Delta f_2 = 1.6 \times 48 = 76,8\text{Khz}$.
- Đây là tín hiệu mong muốn tạo ra.

MÁY THU FM

- ❑ Mục đích: Tách tín hiệu FM mong muốn từ tập tín hiệu thu được. Thực hiện giải điều chế để thu được tín hiệu tin ban đầu.
- ❑ Có thể sử dụng kỹ thuật giải điều chế tín hiệu AM cho tín hiệu FM bằng cách dùng mạch chuyển đổi sự thay đổi tần số sang thay đổi biên độ của sóng mang.
- ❑ Thực hiện vi phân tín hiệu FM:

$$\frac{dy_{FM}(t)}{dt} = v_c(\omega_c + k_f m(t)) \sin(\omega_c t + k_f \int_0^t m(t) dt)$$

Đây là tín hiệu vừa điều tần vừa điều biên. Cho qua mạch tách sóng hình bao, loại bỏ thành phần một chiều và đi qua bộ nhân hệ số $\frac{1}{v_c k_f}$

- ❑ Ta thu được tín hiệu $m(t)$ ban đầu.

BÀI TẬP

Bài tập 1: Cho tín hiệu điều chế tần số có dạng $v(t) = 10\cos[2\pi f_c t + 0,6\sin 3000\pi t]$. $f_c = 10\text{Mhz}$.

- a) Tìm biểu thức tần số tức thời.
- b) Xác định hệ số điều chế tần số
- c) Tính băng thông tín hiệu theo công thức Carson

BÀI TẬP

□ Từ giả thiết: $v(t) = 10 \cos[2\pi f_c t + 0,6 \sin 3000\pi t]$ với $f_c = 10\text{MHz}$.

□ Băng thông tín hiệu tin: $B_m = \frac{3000\pi}{2\pi}$

a) Tần số tức thời: $f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt} = \frac{1}{2\pi} \frac{d(2\pi f_c t + 0,6 \sin 3000\pi t)}{dt} = f_c + 900 \cos 3000\pi t$.

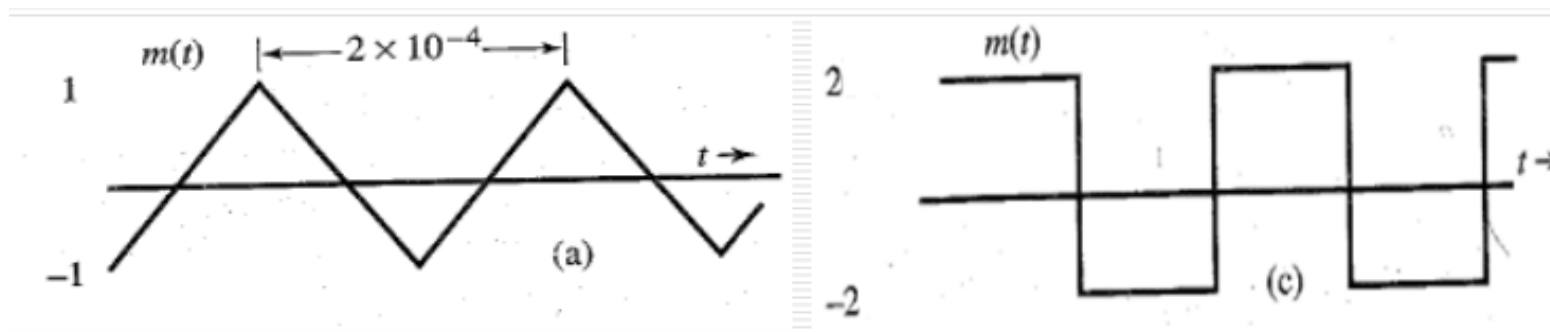
b) Độ dịch tần cực đại: $\Delta F = \max(f(t) - f_c) = \max 900 \cos 3000\pi t$

Hệ số điều chế: $m_f = \frac{\Delta F}{B_m} = 0,6$

a) $B = 2 \cdot B_m (1 + m_f)$

BÀI TẬP

Bài tập 1: Cho tín hiệu tin tức dạng sau:



Biểu diễn tín hiệu FM với hằng số điều chế $2\pi \times 10^5$.