



Chương 3: Truyền và lọc tín hiệu

3.1 Hệ thống LTI và bộ lọc

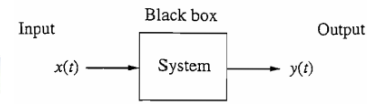
3.2 Sự sai dạng trong truyền thông tin

3.3 Sự suy hao trong truyền thông tin và Decibels

3.4 Truyền tương tự băng gốc

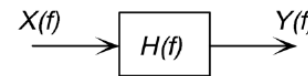
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

1



3.1 Hệ thống LTI

- Tuyến tính if $x(t) = \sum_k a_k x_k(t)$ then $y(t) = \sum_k a_k \mathcal{H}[x_k(t)]$
 - Bất biến $\mathcal{H}[x(t-t_d)] = y(t-t_d)$
 - Đáp ứng xung $h(t) = \mathcal{H}[\delta(t)]$
 - Hàm truyền $H(f) = \mathcal{F}[h(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt$
 - Quan hệ vào-ra
 $y(t) = \mathcal{H}[x(t)] = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda) x(t-\lambda) d\lambda$
 $Y(f) = H(f)X(f)$
- amplitude response:** $|H(f)|$
phase response: $\arg H(f)$
- $x(t) = A_x \cos(2\pi f_0 t + \phi_x)$
 $y(t) = A_y \cos(2\pi f_0 t + \phi_y)$



$$x(t) = A_x e^{j\phi_x} e^{j2\pi f_0 t}$$

$$y(t) = H(f_0) A_x e^{j\phi_x} e^{j2\pi f_0 t}$$

$$A_y = |H(f_0)| A_x$$

$$\phi_y = \arg H(f_0) + \phi_x$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

2



Đáp ứng sin/cos

- Hệ thống thực: $H(f) = H^*(-f)$

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t) = A \cos(2\pi f_0 t) \Leftrightarrow y(t) = A |H(f_0)| \cos[2\pi f_0 t + \angle H(f_0)]$$

$$x(t) = D_0 + \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos(2\pi n f_0 t + \phi_n) \Leftrightarrow y(t) = D_0 H(0) + \sum_{n=1}^{\infty} D_n |H(n f_0)| \cos[2\pi n f_0 t + \phi_n + \angle H(n f_0)]$$

$$X(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \delta(f - n f_0) \Leftrightarrow Y(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n H(n f_0) \delta(f - n f_0)$$

- Câu hỏi: viết biểu thức cho tín hiệu sin(.)?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

3



Bạn có biết?

- Cho hệ thống LTI có đáp ứng biên độ $|H(f)|$ và đáp ứng pha $\arg H(f)$

f (Hz)	1	5	10	20	40	50	100	1000	2000
H(f)	2	3	1	2	5	0	0	4	1
argH(f)	-pi/9	-pi/8	-pi/5	-pi/3	-pi/2	-pi	-pi	-pi	-pi

- 1) Tìm tín hiệu ngõ ra $y_1(t)$ (t = 1,02) khi biết tín hiệu ngõ vào $x_1(t) = 4 \cos(2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot t)$?
- 2) Tìm tín hiệu ngõ ra $y_2(t)$ (t = 1,02) khi biết tín hiệu ngõ vào $x_2(t) = 5 \sin(2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot t)$?
- 3) Tìm tín hiệu ngõ vào $x_3(t)$ (t = 1,02) khi biết tín hiệu ngõ ra $y_3(t) = 3 \cos(2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot t)$? Còn tín hiệu ngõ vào nào khác $x_3'(t)$ (t = 1,02) hay không?
- 4) Tìm tín hiệu ngõ vào $x_4(t)$ (t = 1,02) khi biết tín hiệu ngõ ra $y_4(t) = 4 \cos(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t)$?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

4

Biến đổi Fourier thường gặp

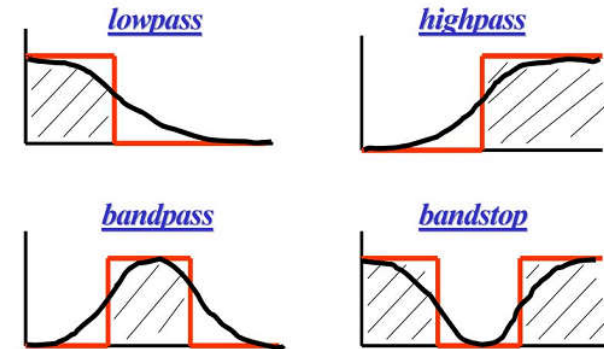
Signal	Fourier transform
$\Pi(t/\tau) = \begin{cases} 1, & t \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ $2W \operatorname{sinc}(2Wt)$	$\tau \operatorname{sinc}(f\tau) = \tau \frac{\sin(\pi f \tau)}{\pi f \tau}$
$\Lambda(t/\tau) = \begin{cases} 1 - \frac{ t }{\tau}, & t \leq \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ $W \operatorname{sinc}^2(Wt)$	$\Pi\left(\frac{f}{2W}\right)$ $\tau \operatorname{sinc}^2(f\tau)$ $\Lambda\left(\frac{f}{W}\right)$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

5

Bộ lọc

- Bộ lọc thực tế có đáp ứng xung $h(t)$ là hàm thực nên hàm truyền $H(f)$ có biên độ đối xứng chẵn và pha đối xứng lẻ.
- Tần số cắt (-3dB) và băng thông: mặc định chỉ tần số dương.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

6

Một số hàm truyền hệ thống

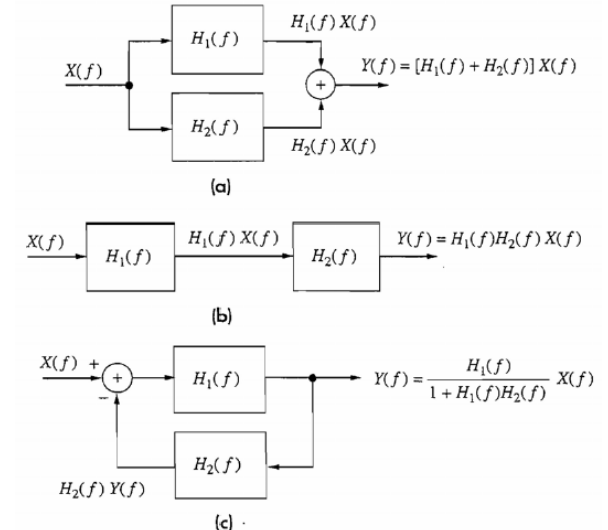
Time-Domain Operation	Transfer Function
Scalar multiplication	$y(t) = \pm Kx(t)$ $H(f) = \pm K$
Differentiation	$y(t) = \frac{dx(t)}{dt}$ $H(f) = j2\pi f$
Integration	$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda$ $H(f) = \frac{1}{j2\pi f}$
Time delay	$y(t) = x(t - t_d)$ $H(f) = e^{-j2\pi f t_d}$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

7

Kết nối hệ thống

- parallel,
- cascade, and
- feedback:



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

8

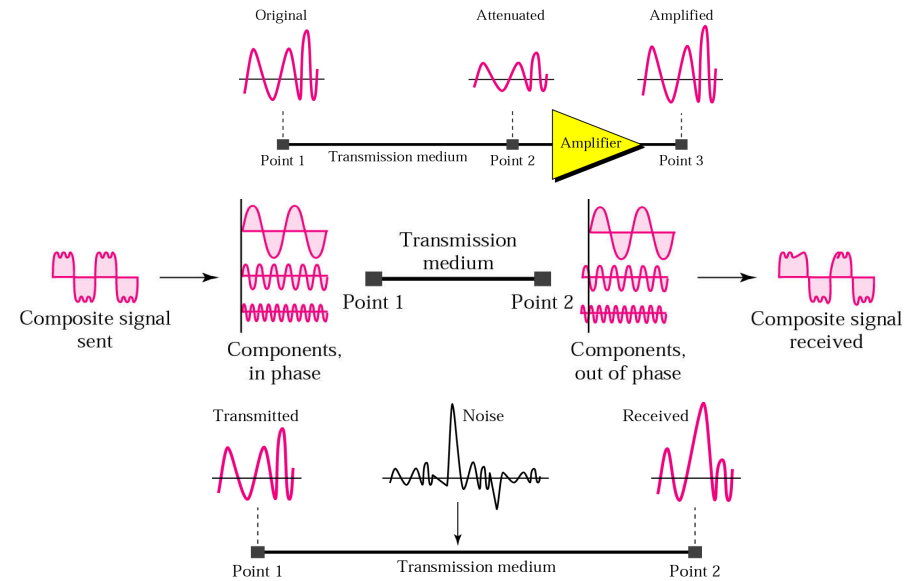
Bạn có biết?

- 1) Khi nào tín hiệu gọi là bị suy hao? Cách nào để khắc phục?
- 2) Khi nào tín hiệu gọi là bị méo dạng? Cách nào để khắc phục?
- 3) Khi nào tín hiệu gọi là không méo dạng? Điều kiện để đạt được là gì?
- 4) Khi nào tín hiệu gọi là bị nhiễu? Cách nào để khắc phục?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

9

Ảnh hưởng của kênh truyền



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

10

3.2 Méo dạng

- Thế nào là (không) méo dạng?
- Không méo dạng: chỉ cho phép tín hiệu thay đổi trong các phạm vi sau
 - Tỷ lệ giá trị (tăng/giảm biên độ)
 - Trễ sớm (dịch trái/phải)
 - Mở rộng: cộng hằng số (dời lên/xuống)
 - Đảo dấu (ngược pha)

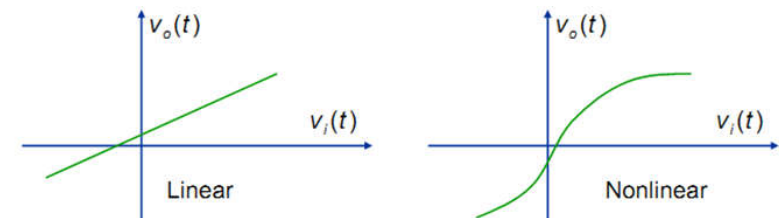
$$y(t) = Kx(t - t_d) + \text{DC (mở rộng)}$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

11

Phân loại méo dạng

- Không méo dạng: $y(t) = Kx(t - t_d) + \text{DC (mở rộng)}$
- Méo tuyến tính: do hệ thống tuyến tính (thường là kênh truyền) \rightarrow xét hàm truyền (đáp ứng tần số)
- Méo phi tuyến: do hệ thống phi tuyến (thường là các thiết bị ở khối phát và thu) \rightarrow xét đặc tính vào ra



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

12

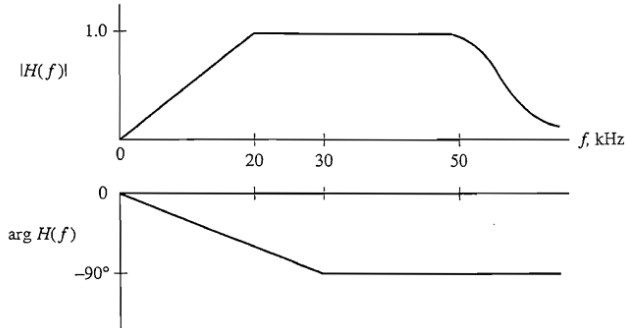


Kênh truyền tuyến tính (điều kiện không méo dạng)

- Tín hiệu đơn tần: không méo dạng $y(t) = Kx(t - t_d)$
- Tín hiệu đa tần: $H(f) = Ke^{-j\omega t_d}$
 $|H(f)| = |K|$ $\arg H(f) = -2\pi f t_d \pm m180^\circ$

Time delay

$$T_d(f) = -\frac{1}{2\pi f} \angle H(f)$$



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

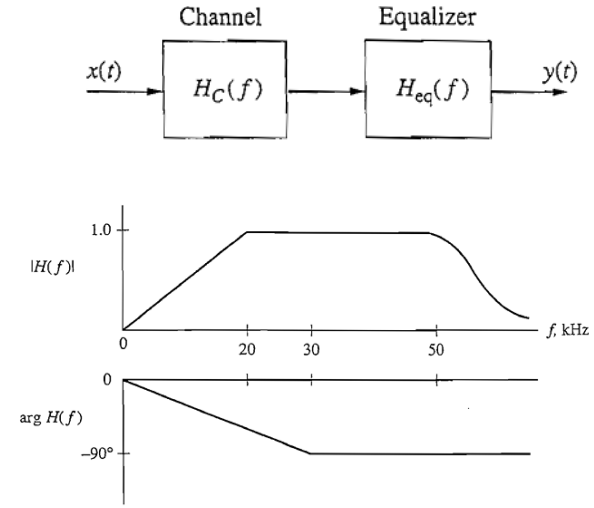
13



Bộ cân bằng

- Chức năng
- Nguyên lý
- Vị trí
- Vẽ hàm truyền
- Viết biểu thức

Thích nghi →
ước lượng kênh



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

14



3.3 Công suất

- Đơn vị công suất: W, mW, dBW, dBmW

$$P(\text{dBW}) = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{W}])$$

$$P(\text{dBmW}) = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{mW}])$$

Power P in Watts	Power P in milliwatts	Power in dBW	Power in dBm
100 watts	100,000 mW	20 dBW	50 dBm
10 W			
1 W			
0.1 W			
0.01 W			
0.001 W			
	2 mW		
	5 mW		
	7 mW		
	0.5 mW		
	0.2 mW		

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

15



Bạn có biết?

- Khi nói hệ thống có độ lợi (khuếch đại) 0.2 lần nghĩa là gì?
- Khi nói hệ thống có suy hao 0.2 lần nghĩa là gì?
- Khi nói hệ thống có suy hao 5 lần nghĩa là gì?
- Khi giá trị ngõ ra lớn gấp 5 lần giá trị ngõ vào thì hệ thống được gọi là (cho phép nhiều lựa chọn)?
 - Độ lợi 5 lần
 - Suy hao 0.2 lần
- Khi giá trị ngõ vào lớn gấp 5 lần giá trị ngõ ra thì hệ thống được gọi là (cho phép nhiều lựa chọn)?
 - Độ lợi 0.2 lần
 - Suy hao 0.2 lần
 - Suy hao 5 lần

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

16



Tính toán công suất

- Cộng (tổng) công suất: $P = P1 + P2$ (W, mW)
- Độ lợi công suất: $g = P_{out} / P_{in}$ (W, mW)
 $g_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(g)$
- Suy hao công suất: $L = P_{in} / P_{out}$ (W, mW)
 $L_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(L)$
- Quy ước: độ lợi > 1 (0 dB) và suy hao > 1 (0 dB)
 - Độ lợi 0.2 lần \equiv Suy hao 5 lần (ưu tiên giá trị)
 - Suy hao 0.2 lần \equiv Suy hao 5 lần (ưu tiên đặc tính)
 - Suy hao -20 dB \equiv Suy hao 20 dB (ưu tiên đặc tính)

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

17



Tính toán độ lợi công suất

- $P_{out_W} = P_{in_W} \cdot g$
- $10 \cdot \log_{10}(P_{out_W}) = 10 \cdot \log_{10}(P_{in_W} \cdot g)$
 $= 10 \cdot \log_{10}(P_{in_W}) + 10 \cdot \log_{10}(g)$
 $\rightarrow P_{out_{dBW}} = P_{in_{dBW}} + g_{dB}$
- $P_{out_{mW}} = P_{in_{mW}} \cdot g$
- $10 \cdot \log_{10}(P_{out_{mW}}) = 10 \cdot \log_{10}(P_{in_{mW}} \cdot g)$
 $= 10 \cdot \log_{10}(P_{in_{mW}}) + 10 \cdot \log_{10}(g)$
 $\rightarrow P_{out_{dBmW}} = P_{in_{dBmW}} + g_{dB}$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

18



Tính toán suy hao công suất

- $P_{out_W} = P_{in_W} / L$
- $10 \cdot \log_{10}(P_{out_W}) = 10 \cdot \log_{10}(P_{in_W} / L)$
 $= 10 \cdot \log_{10}(P_{in_W}) - 10 \cdot \log_{10}(L)$
 $\rightarrow P_{out_{dBW}} = P_{in_{dBW}} - L_{dB}$
- $P_{out_{mW}} = P_{in_{mW}} / L$
- $10 \cdot \log_{10}(P_{out_{mW}}) = 10 \cdot \log_{10}(P_{in_{mW}} / L)$
 $= 10 \cdot \log_{10}(P_{in_{mW}}) - 10 \cdot \log_{10}(L)$
 $\rightarrow P_{out_{dBmW}} = P_{in_{dBmW}} - L_{dB}$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

19



Ví dụ 1

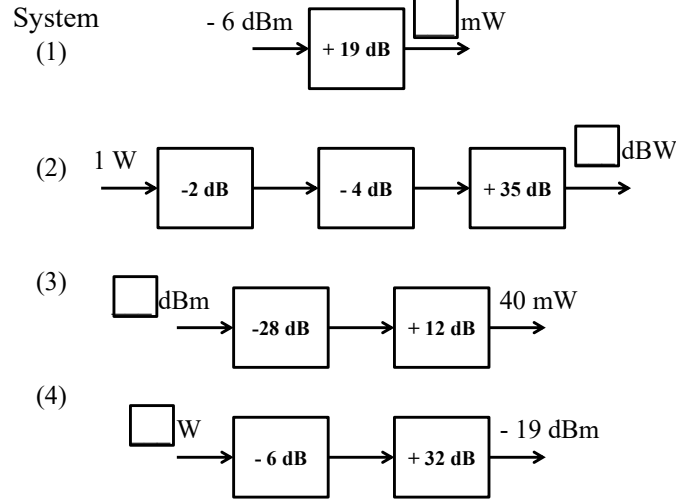
Số lần	1	$\approx 1,259$	2	3	10
dB	0	1	≈ 3	$\approx 4,77$	10

Lần	4	5	6	7	8	9	12	23	34	4@
dB										
dB	2	4	5	6	7	8	9	11	19	4@
Lần										

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

20

Ví dụ 2

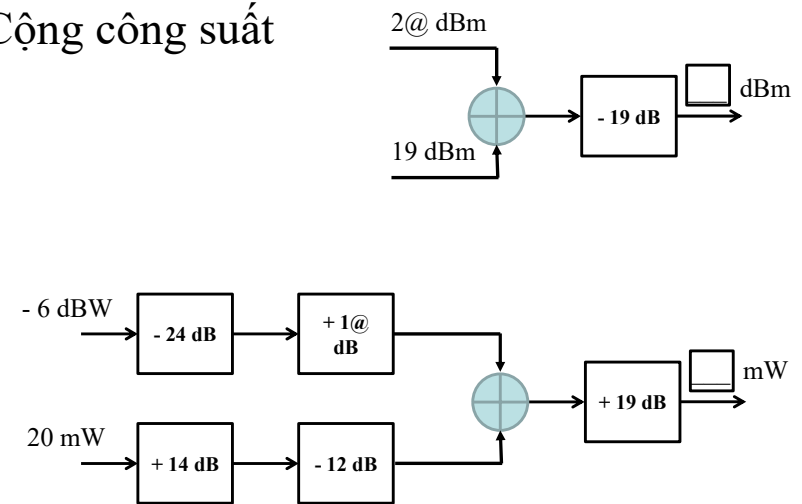


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

21

Ví dụ 3

■ Cộng công suất



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

22

Suy hao cáp truyền

$$L_{\text{dB}} = \alpha \ell$$

Transmission Medium	Frequency	Loss dB/km
Open-wire pair (0.3 cm diameter)	1 kHz	0.05
Twisted-wire pair (16 gauge)	10 kHz	2
	100 kHz	3
	300 kHz	6
Coaxial cable (1 cm diameter)	100 kHz	1
	1 MHz	2
	3 MHz	4
Coaxial cable (15 cm diameter)	100 MHz	1.5
Rectangular waveguide (5 × 2.5 cm)	10 GHz	5
Helical waveguide (5 cm diameter)	100 GHz	1.5
Fiber-optic cable	$3.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$	2.5
	$2.4 \times 10^{14} \text{ Hz}$	0.5
	$1.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$	0.2

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

23

Ví dụ 4

Cho cáp truyền có hệ số suy hao 3dB/km.

- 1) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 1 km?
- 2) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 2 km?
- 3) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 3 km?
- 4) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 10 km?
- 5) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 11 km?
- 6) Để suy hao không quá 100 lần thì truyền được khoảng cách bao nhiêu?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

24

Ví dụ 5

Cho 1 sợi cáp truyền có suy hao 100 lần. Nếu cắt đoạn cáp thành hai phần bằng nhau thì mỗi đoạn suy hao mấy lần, biết rằng:

- 1) Cáp có hệ số suy hao 3dB/km.
- 2) Cáp có hệ số suy hao 2dB/km.
- 3) Cáp có chiều dài ban đầu 3km.
- 4) Cáp có chiều dài ban đầu 2km.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

25

Ví dụ 6

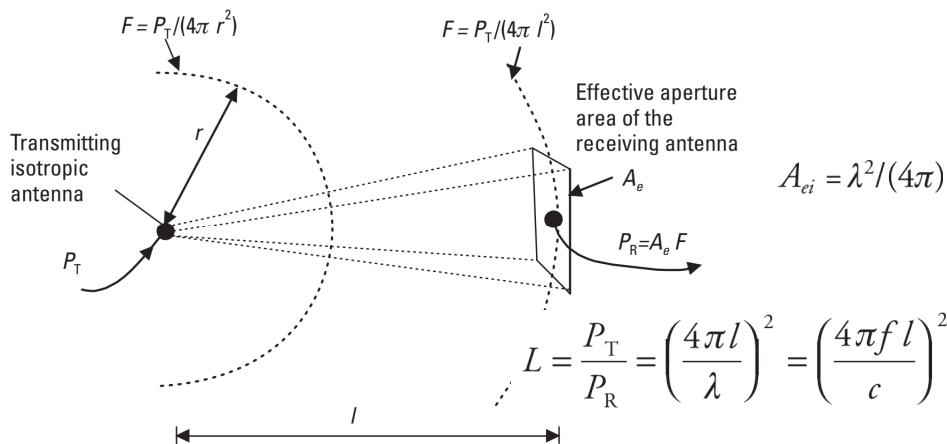
Cho 1 sợi cáp truyền có suy hao 100 lần.

- 1) Nếu cắt đoạn cáp thành hai phần có chiều dài gấp đôi nhau thì mỗi đoạn suy hao mấy lần?
- 2) Muốn cắt đoạn cáp thành hai phần có suy hao (theo số lần) gấp đôi nhau thì phải cắt như thế nào?
- 3) Muốn cắt đoạn cáp thành hai phần có suy hao (theo dB) gấp đôi nhau thì phải cắt như thế nào?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

26

Suy hao trong không gian tự do



$$L_{dB} = 92.4 + 20 \log_{10} f_{GHz} + 20 \log_{10} l_{km} \text{ dB}$$

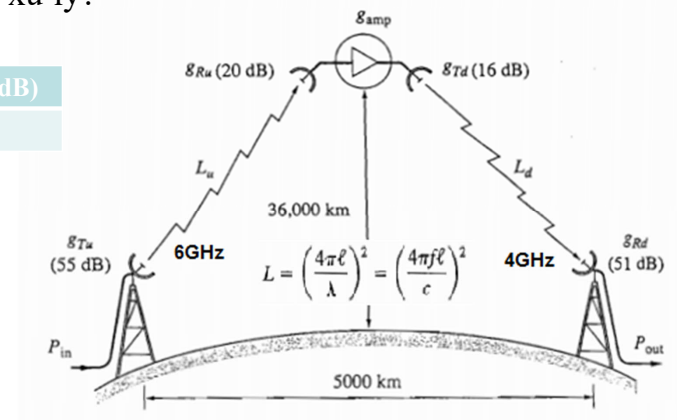
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

27

Ví dụ 7

- Tìm công suất Pout theo mW khi Pin = 3@ dBW, biết bộ xử lý trên vệ tinh có ngõ ra 1@ dBW? Tìm độ lợi công suất g_{amp} theo dB của bộ xử lý?

L _u (dB)	L _d (dB)

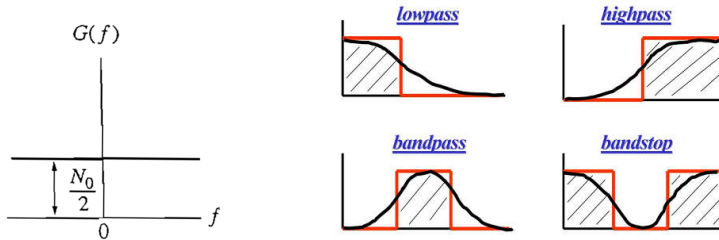


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

28

Tính công suất nhiễu

- Với hệ thống bất kì: $P_n = S_n = \int |H(f)|^2 \cdot G(f) df$



- Với bộ lọc lý tưởng băng thông BW:

$$P_n = S_n = \int 1^2 \cdot \frac{N_0}{2} df = \frac{N_0}{2} 2BW = N_0 BW$$

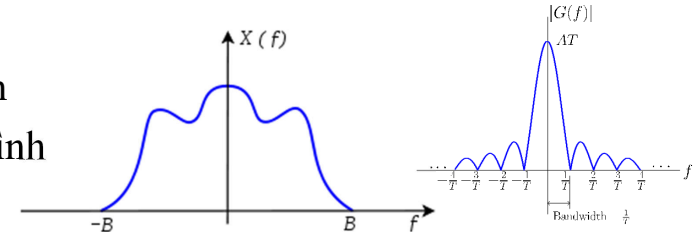
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

29

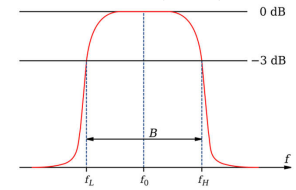
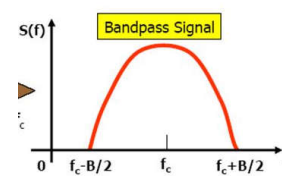
Băng thông tín hiệu

- Tín hiệu băng gốc (baseband): $F_{min} = 0 (\approx)$

- Thoại
- Âm thanh
- Truyền hình
- Y sinh



- Tín hiệu băng dải (bandpass): $F_{min} \neq 0 (>>)$

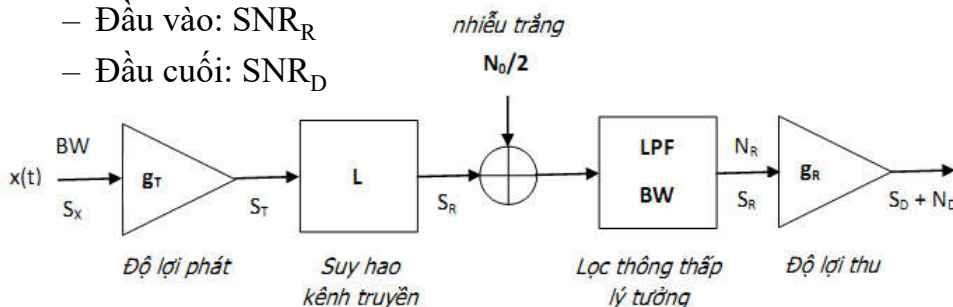


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

30

3.4 Truyền tương tự băng gốc

- Xác định các thành phần cơ bản của HTVT
- Vai trò bộ lọc thu, loại bộ lọc và băng thông
- Tính công suất: tín hiệu và nhiễu
- Đánh giá chất lượng: SNR, SNR_{dB} tại bộ thu
 - Đầu vào: SNR_R
 - Đầu cuối: SNR_D

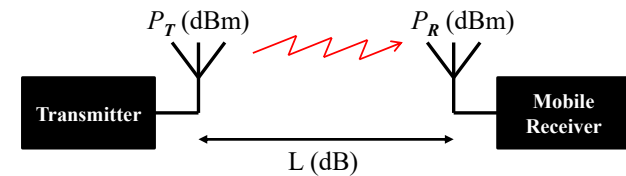


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

31

Ví dụ 8

- Parameter L is the transmission loss of the channel. The channel is also a source of noise. We are given the following parameters of the system: (i) The average noise level at the receiver is -119.5 dBm, and (ii) We must maintain a signal-to-noise (SNR) ratio at the receiver to properly operate.



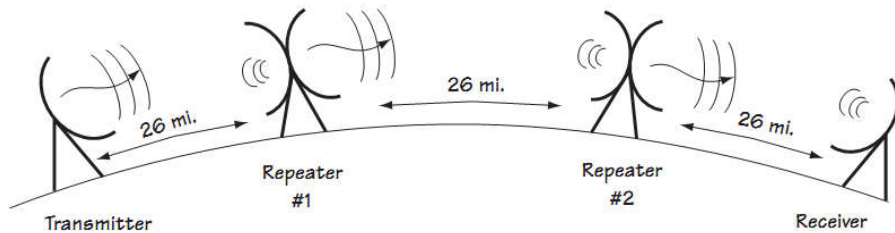
- Calculate the average signal strength in dBm at the receiving antenna so that a 30 dB signal-to-noise (SNR) ratio is achieved.
- If the propagation loss L is 100 dB, what is the minimum transmitter power needed to still maintain the 30 dB SNR ratio?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

32

Bộ lặp lại

- Phân loại và chức năng:
 - Không tái tạo (non-regenerative): khuếch đại và truyền lại tín hiệu (**cả nhiễu**) với công suất lớn hơn.
 - Có tái tạo (regenerative): thu tín hiệu, loại bỏ nhiễu tối đa và truyền lại tín hiệu với công suất lớn hơn.
- Lý do sử dụng bộ lặp lại?



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

33

Bộ lặp lại không tái tạo

- Cấu tạo: gồm bộ lọc thu và bộ độ lợi công suất với hệ số g cho trước.
- Trong trường hợp không cho hệ số g thì mặc định g_{repeater} bù trừ suy hao trước đó.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

34

Ví dụ 9

Cho 1 tuyến cáp dài 30km có hệ số suy hao 3dB/km. Tính suy hao toàn tuyến theo dB và số lần trong các trường hợp sau:

- Không dùng bộ lặp lại.
- Dùng 1 bộ lặp lại đặt ở đầu cuối cáp truyền. Tính độ lợi công suất của bộ lặp lại.
- Dùng 1 bộ lặp lại đặt ở chính giữa cáp truyền. Tính độ lợi công suất của bộ lặp lại.
- Dùng 2 bộ lặp lại đặt cách đều nhau giữa cáp truyền. Tính độ lợi công suất của mỗi bộ lặp lại.
- Làm lại câu 4) với 3-4-5 (N) bộ lặp lại đặt cách đều nhau giữa cáp truyền. Nhận xét.

Câu hỏi: bao nhiêu bộ lặp lại là tối ưu?

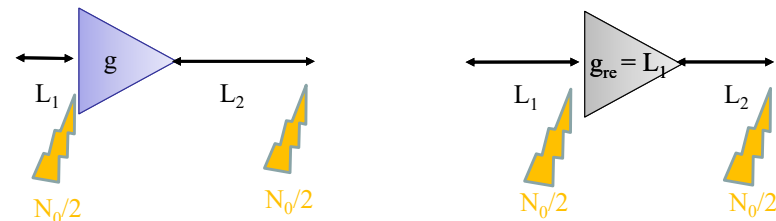
Nhiều

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

35

Tính toán nhiễu với bộ lặp lại

- Mô hình nhiễu AWGN vào hệ thống qua các bộ lọc thu



- $N_r = N_{r1} + N_{r2}$; $N_{r1} = N_0 \cdot BW$;
 $N_{r2} = (N_0 \cdot BW) \cdot g/L_2$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

36

Ví dụ 10

- Giả sử đường truyền chia thành m khoảng dài bằng nhau, mỗi khoảng suy hao công suất L_1 , và bộ lặp lại có độ lợi công suất L_1 trong môi trường nhiễu AWGN với mật độ phổ công suất $\eta/2 \rightarrow$ dùng $m - 1$ bộ lặp lại và 1 bộ lọc thu lý tưởng

$$\left(\frac{S}{N}\right)_D \approx \frac{1}{m} \left(\frac{S_T}{L_1 \eta W}\right) = \frac{L}{m L_1} \left(\frac{S_T}{L \eta W}\right)$$

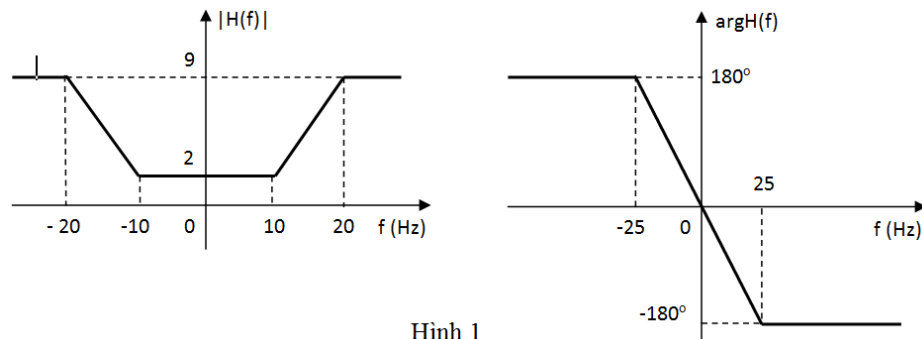
- Độ cải thiện SNR có phụ thuộc công suất phát S_T , mật độ phổ công suất nhiễu $\eta/2$, băng thông bộ thu W và luôn tăng theo số bộ lặp lại?

Tóm tắt

- Xác định tín hiệu ngõ ra của hệ thống LTI?
- Đặc tính của kênh truyền tuyến tính không méo?
- Xác định hàm truyền bộ cân bằng?
- Độ lợi và suy hao công suất theo dB?
- Tính toán suy hao công suất với kênh truyền có dây và không dây?
- Vai trò và đặc tính của bộ lọc thu?
- Vai trò và đặc tính của bộ lặp lại?
- Tính toán công suất nhiễu AWGN?
- Hệ thống truyền tương tự băng gốc?

Bài tập 1

Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

Bài tập 1 (tt)

- Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x(t) = 1 \cos 20\pi t - 30 \sin 40\pi t$ (t:s).
- Xác định biểu thức đầy đủ của tín hiệu ngõ vào $x(t)$ để tín hiệu ngõ ra $y(t) = 20 \cos 3 \cos \pi t$ (t:s).
- Tìm điều kiện của tín hiệu ngõ vào $x(t)$ để tín hiệu ngõ ra $y(t)$ của hệ thống trên không méo dạng, nghĩa là $y(t) = Kx(t - t_d)$. Xác định giá trị của K và t_d trong trường hợp này.
- Xác định giá trị của tín hiệu ngõ vào $x(t = 20\text{ms})$ để tín hiệu ngõ ra $y(t) = 4 \sin^3 t$ (t:s).
- Vẽ đáp ứng biên độ và pha của bộ cân bằng.



Bài tập 2

Cho tín hiệu băng gốc có tần số lớn nhất 5KHz và công suất 1@mW được truyền trực tiếp qua dây cáp có chiều dài 10km và hệ số suy hao công suất 2dB/km (tuyến tính theo dB).

- Tính công suất tín hiệu tại đầu cuối cáp truyền theo dBW trong trường hợp có sử dụng 1 bộ khuếch đại công suất có độ lợi 20dB và đặt cách đầu vào cáp truyền 2km.
- Làm lại câu a) trong trường hợp bộ khuếch đại công suất đặt cách đầu cuối cáp truyền 2km.
- Làm lại câu a) trong trường hợp bộ khuếch đại công suất đặt ngay chính giữa cáp truyền.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

41



Bài tập 2 (tt)

- Tính số bộ lặp lại tối ưu để tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối máy thu $(S/N)_D$ là lớn nhất; biết rằng các bộ lặp lại (có cùng độ lợi bù trừ suy hao từng chặng) cách đều nhau trên đường truyền và nhiễu AWGN ảnh hưởng như nhau với mỗi bộ lặp lại.
- Làm lại câu g) khi công suất phát tăng gấp đôi.
- Làm lại câu g) khi băng thông tín hiệu tăng gấp đôi.
- Làm lại câu g) khi chiều dài cáp truyền tăng gấp đôi.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

43



Bài tập 2 (tt)

- Tính tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối máy thu $(S/N)_D$ theo dB trong trường hợp mật độ phổ công suất nhiễu AWGN $G_n(f) = N_0/2 = \eta/2 = 10^{-11} \text{ W/Hz}$ và bộ lọc thu lý tưởng.
- Làm lại câu d) trong trường hợp sử dụng thêm 1 bộ lặp lại đặt ngay chính giữa cáp truyền (có cùng độ lợi bù trừ suy hao trước đó) và cũng bị ảnh hưởng bởi nhiễu AWGN.
- Làm lại câu d) trong trường hợp sử dụng thêm 2 bộ lặp lại đặt cách đều nhau trên cáp truyền (có cùng độ lợi bù trừ suy hao trước đó) và cũng bị ảnh hưởng bởi nhiễu AWGN.

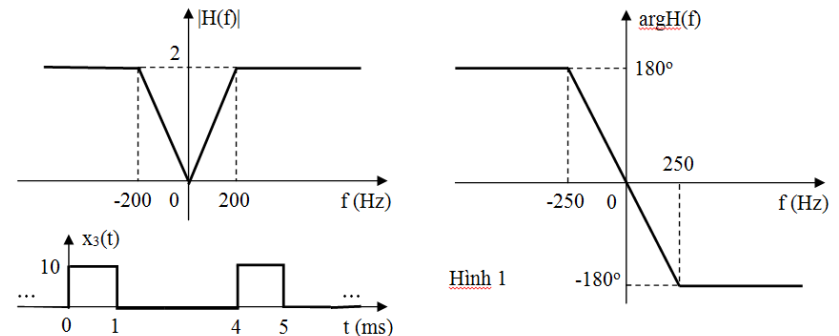
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

42



Bài tập 3

Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

Gợi ý: hệ số khai triển chuỗi Fourier phức của chuỗi xung chữ nhật đơn vị (độ rộng τ) tuần hoàn (chu kỳ T_0) có dạng: $c_n = (\tau/T_0) \text{sinc}(nf_0\tau)$, trong đó $\text{sinc}(x) = \sin(\pi x)/(\pi x)$.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

44



Bài tập 3 (tt)

- Tìm 1 biểu thức tín hiệu ngõ vào $x_1(t)$ khi tín hiệu ngõ ra có dạng $y_1(t) = 1@sin10\pi t$ (t:s).
- Vẽ dạng sóng của tín hiệu ngõ ra $y_2(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_2(t) = \sin^2 2@0\pi t$ (t:s).
- Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y_3(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_3(t)$ là chuỗi xung chữ nhật tuần hoàn có dạng sóng minh họa như Hình 1.
- Tìm điều kiện của tín hiệu ngõ vào để tín hiệu ngõ ra không méo dạng, nghĩa là $y(t) = Kx(t-t_d)$. Xác định giá trị của K và t_d .
- Viết biểu thức hàm truyền của bộ cân bằng trong phạm vi tần số $[3@ \div 300]$ Hz.

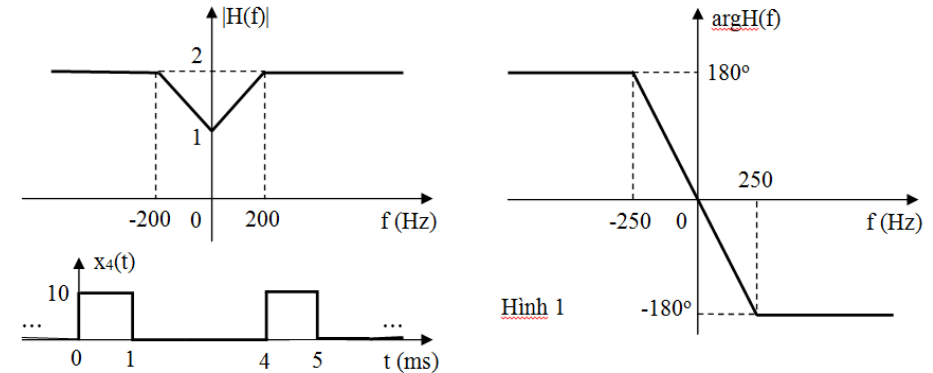
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

45



Bài tập 4

- Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

46



Bài tập 4 (tt)

- Tìm biểu thức tín hiệu ngõ vào $x_1(t)$ khi tín hiệu ngõ ra có dạng $y_1(t) = 1@sin100\pi t$ (t:s).
- Vẽ dạng sóng của tín hiệu ngõ ra $y_2(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_2(t) = 10\sin^2 1@0\pi t$ (t:s).
- Tính giá trị của tín hiệu ngõ ra $y_3(t = 2\text{ms})$ khi tín hiệu ngõ vào $x_3(t) = 20\sin 400\pi t - 1@cos 500\pi t$ (t:s).
- Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y_4(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_4(t)$ là chuỗi xung chữ nhật tuần hoàn có dạng sóng minh họa như Hình 1.
- Vẽ đáp ứng biên độ và pha của bộ cân bằng.

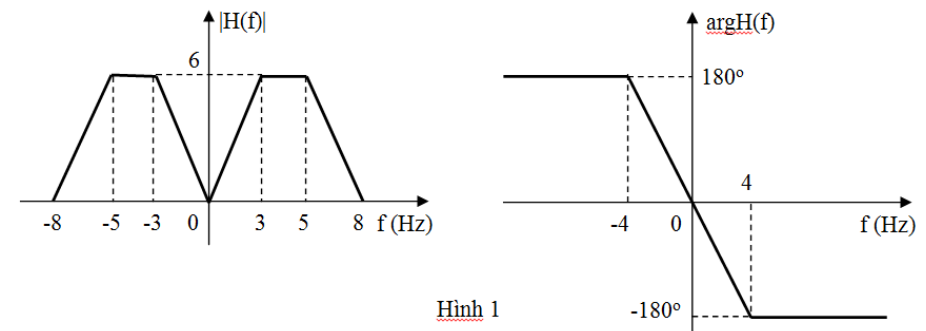
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

47



Bài tập 5

- Cho các tín hiệu tương tự $x_1(t) = 1@cos^2 2\pi t$ (t: s) và $x_2(t) = 6\sin 6\pi t + 1@cos 7\pi t + 8\sin 8\pi t$ (t:s) lần lượt đi qua hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

- Xác định biểu thức (theo thời gian) của tín hiệu ngõ ra $y_1(t)$.
- Tính giá trị của tín hiệu ngõ ra $y_2(t = 0.125\text{s})$.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

48



Bài tập 6

- Cho hệ thống truyền cáp với tổng suy hao $L = 2@0dB$ có 10 khoảng lặp lại chiều dài bằng nhau (dùng 9 bộ lặp lại giống nhau) và tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D = 50dB$.
- a) Xác định tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ theo dB khi không dùng bộ lặp lại.
- b) Xác định tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ theo dB khi dùng 99 bộ lặp lại.
- c) Xác định số bộ lặp lại tối thiểu để đảm bảo tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D \geq 30dB$.
- d) Xác định số bộ lặp lại tối ưu để tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ lớn nhất có thể.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

49



Bài tập 7

- Cho bộ tạo tín hiệu xung vuông biên độ ± 1 V với tải 1Ω và tần số cơ bản f_1 có thể điều chỉnh từ 1 kHz đến 50 MHz.
- Cho bộ lọc thông dải lý tưởng với tần số trung tâm 175 MHz và băng thông 30 MHz (± 15 MHz).
- a) Lựa chọn tần số f_1 để khi ghép nối tiếp bộ tạo tín hiệu với bộ lọc ở trên thì tạo ra tín hiệu đơn tần 180 MHz.
- b) Tính biên độ của tín hiệu đơn tần tạo ra.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

50



Bài tập 8

$$y(t) = ax(t) + bx^2(t)$$

1) Tìm $y(t)$ và $Y(f)$ trong các trường hợp sau

a) $x(t) = A \cos(2\pi f_m t)$

b) $X(f) = \begin{cases} A & ||f| - f_c| \leq f_m \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$

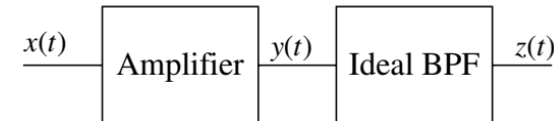
2) Cần gắn thêm thành phần nối tiếp nào với hệ thống phi tuyến bậc hai trên để tạo thành hệ thống nhân đôi tần số?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

51



Bài tập 9



$$x(t) = b_1 \cos(200000\pi t) + b_2 \cos(202000\pi t)$$

$$y(t) = a_1 x(t) + a_3 x^3(t)$$

- Xác định tín hiệu ngõ ra bộ lọc thông dải lý tưởng có tần số trung tâm 100 kHz và băng thông 10 kHz.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

52



Bài tập 10

$$x(t) = \cos(2\pi f_1 t) + a \sin(2\pi f_1 t) \\ = X_A(a) \cos(2\pi f_1 t + X_p(a))$$

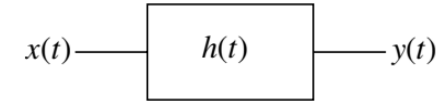
- 1) Tìm $X_A(a)$
- 2) Tìm $X_p(a)$
- 3) Tìm công suất của tín hiệu $x(t)$
- 4) Tín hiệu $x(t)$ có tuần hoàn không? Nếu có, tìm chu kỳ tuần hoàn và khai triển Fourier.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

53



Bài tập 11



$$x(t) = A + \cos(2\pi f_1 t)$$

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T_p}} & 0 \leq t \leq T_p \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

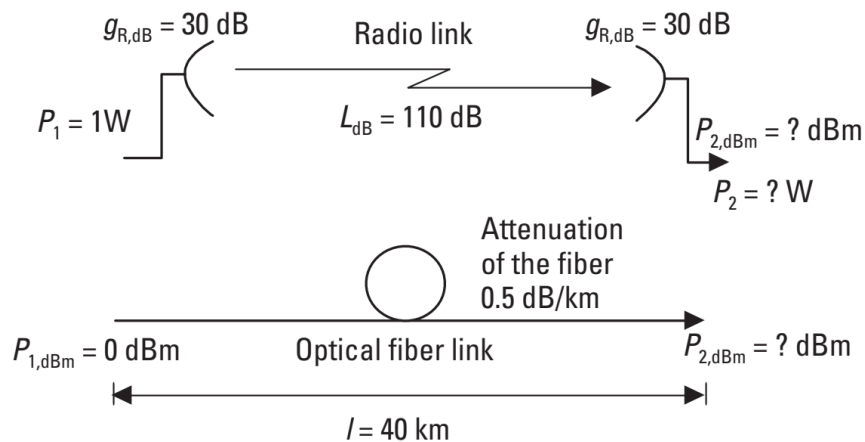
- Tìm tín hiệu ngõ ra $y(t)$.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

54



Bài tập 12



- Tính công suất?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

55

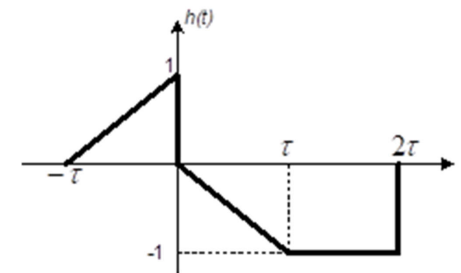


Bài tập 13

$$x(t) = 2 \cos(2\pi f_0 t) \cos(6\pi f_0 t)$$

- Cho hệ thống LTI có đáp ứng xung $h(t)$ và tín hiệu ngõ vào $x(t)$ như biểu thức và hình vẽ.

$$h(t) = a\Lambda\left(\frac{t}{\tau}\right) + b\Pi\left(\frac{t-\tau}{2\tau}\right)$$



- 1) Xác định các hằng số a, b .
- 2) Xác định đáp ứng biên độ tần số của hệ thống.
- 3) Tính các công suất tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra.
- 4) Xác định và vẽ các hàm tự tương quan của tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra, biết rằng hàm tự tương quan và phổ biên độ bình phương là cặp biến đổi Fourier.

$$\Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \frac{\tau}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

$$\Lambda\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1 - \frac{|t|}{\tau} & |t| \leq \tau \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

56

Bài tập 14

- Cho hệ thống phi tuyến $y(t) = x(t) + 0.01x^2(t)$ và tín hiệu ngõ vào có phổ

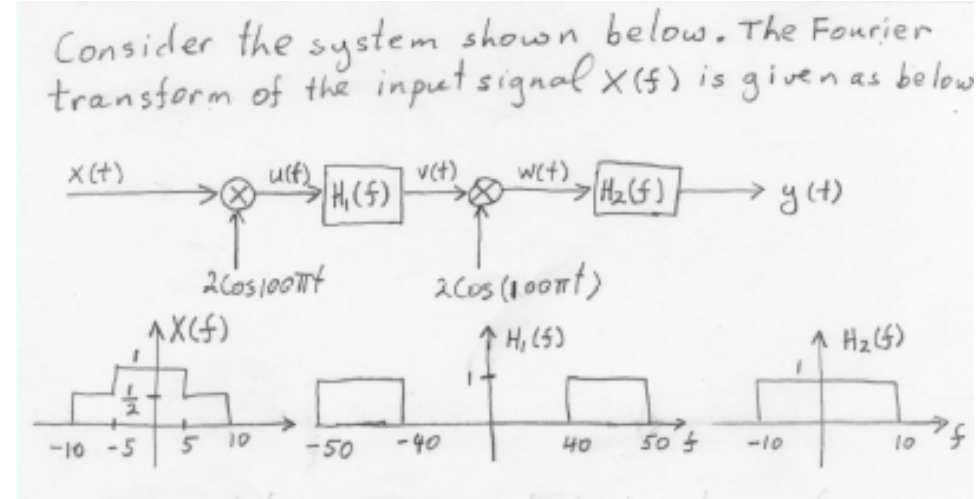
$$X(f) = 2\Pi\left(\frac{f-30}{10}\right) + 2\Pi\left(\frac{f+30}{10}\right)$$

- 1) Vẽ các phổ biên độ của tín hiệu ngõ vào và ngõ ra.
- 2) Tính các năng lượng của tín hiệu ngõ vào và ngõ ra.
- 3) Xác định và vẽ các hàm tự tương quan của tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra, biết rằng hàm tự tương quan và phổ biên độ bình phương là cặp biến đổi Fourier.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

57

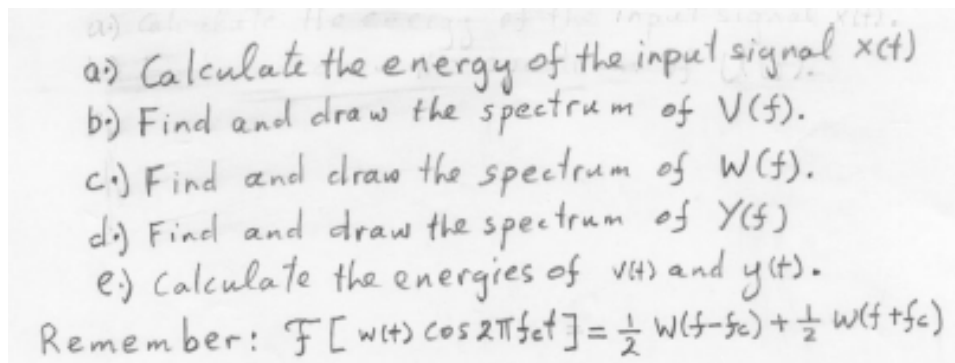
Bài tập 15



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

58

Bài tập 15 (tt)



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

59

Bài tập 16

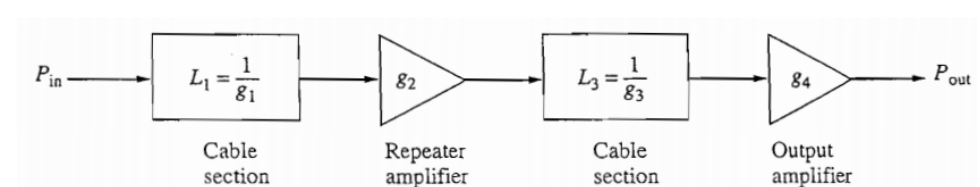


Figure 3.3-2 Cable transmission system with a repeater amplifier.

3.3-1* Let the repeater system in Fig. 3.3-2 have $P_{in} = 0.5$ W, $\alpha = 2$ dB/km, and a total path length of 50 km. Find the amplifier gains and the location of the repeater so that $P_{out} = 50$ mW and the signal power at the input to each amplifier equals 20μ W.

3.3-2 Do Prob. 3.3-1 with $P_{in} = 100$ mW and $P_{out} = 0.1$ W.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

60

Bài tập 17

- 3.3-3 A 400 km repeater system consists of m identical cable sections with $\alpha = 0.4$ dB/km and m identical amplifiers with 30 dB maximum gain. Find the required number of sections and the gain per amplifier so that $P_{\text{out}} = 50$ mW when $P_{\text{in}} = 2$ W.
- 3.3-4 A 3000 km repeater system consists of m identical fiber-optic cable sections with $\alpha = 0.5$ dB/km and m identical amplifiers. Find the required number of sections and the gain per amplifier so that $P_{\text{out}} = P_{\text{in}} = 5$ mW and the input power to each amplifier is at least $67 \mu\text{W}$.
- 3.3-5 Do Prob. 3.3-4 with $\alpha = 2.5$ dB/km.

Bài tập 18

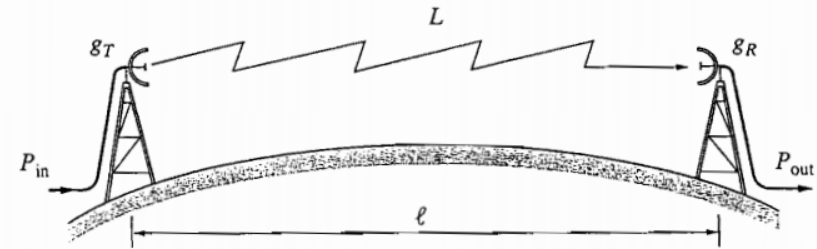


Figure 3.3-4 Line-of-sight radio transmission.

- Giả sử tần số hoạt động là 1 GHz.

- 3.3-8 The radio link in Fig. 3.3-4 is used to transmit a metropolitan TV signal to a rural cable company 50 km away. Suppose a radio repeater with a total gain of g_{rpt} (including antennas and amplifier) is inserted in the middle of the path. Obtain the condition on the value of g_{rpt} so that P_{out} is increased by 20 percent.

Bài tập 19

- 3.4-1 Signals $g_1(t) = 10^4 \text{rect}(10^4 t)$ and $g_2(t) = \delta(t)$ are applied at the inputs of the ideal low-pass filters $H_1(\omega) = \text{rect}(\omega/40,000\pi)$ and $H_2(\omega) = \text{rect}(\omega/20,000\pi)$ (Fig. P3.4-1). The outputs $y_1(t)$ and $y_2(t)$ of these filters are multiplied to obtain the signal $y(t) = y_1(t)y_2(t)$.
- (a) Sketch $G_1(\omega)$ and $G_2(\omega)$.
- (b) Sketch $H_1(\omega)$ and $H_2(\omega)$.
- (c) Sketch $Y_1(\omega)$ and $Y_2(\omega)$.
- (d) Find the bandwidths of $y_1(t)$, $y_2(t)$, and $y(t)$.

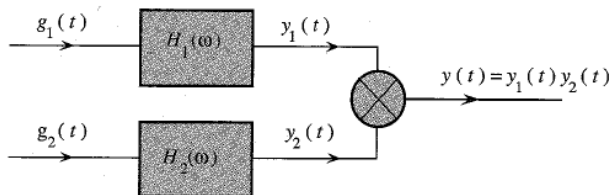


Figure P3.4-1

Bài tập 20

Consider a cell in a GSM cellular network operating at 900 MHz and a cell in a DCS-1800 network operating at 1.8 GHz. The DCS-1800 base station is installed in the same site as the GSM base station. Assume that all system parameters except frequency are equal and use the free-space loss formula. What would be the radius of the DCS-1800 cell if the radius of the GSM cell is 1 km?

A telecommunications network operator is aiming to update a GSM network with DCS-1800 base stations. The cells of GSM (900 MHz) are designed for a maximum transmission power of 1W. What should be the maximum transmission power of DCS-1800 (1.8-GHz) base stations with the same cell structure? Assume here a free-space environment and that the only difference between systems is the frequency.