Συστήματα Επικοινωνιών

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ

ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΥΠΟ ΘΟΡΥΒΟ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ AM-FM ΥΠΟ ΘΟΡΥΒΟ

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

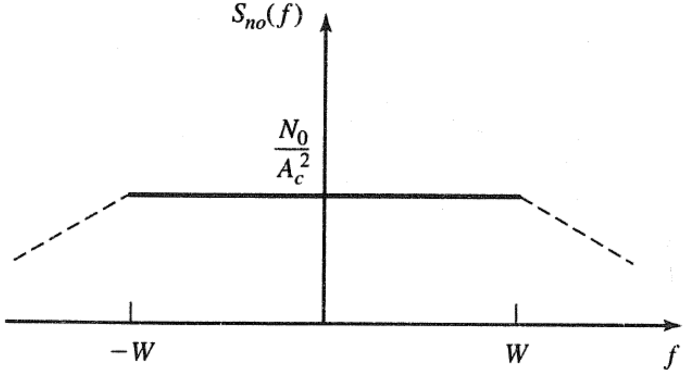
Περιεχόμενα ενότητας

- ΦΙΛΤΡΑ ΠΡΟΕΜΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΕΜΦΑΣΗΣ
- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ
- ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

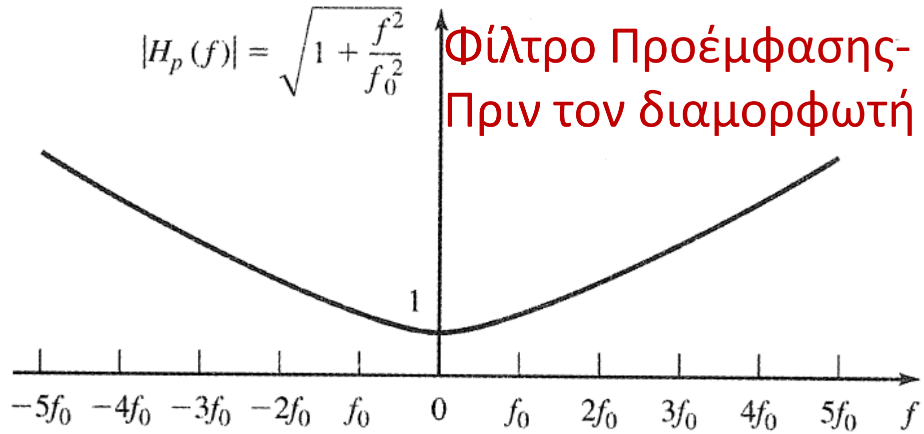
Περιεχόμενα ενότητας

- ΦΙΛΤΡΑ ΠΡΟΕΜΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΕΜΦΑΣΗΣ

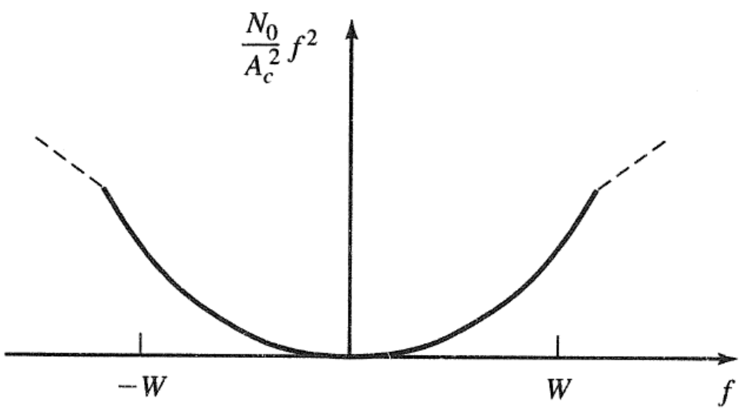
Φίλτρα προέμφασης και αποέμφασης (1/2)



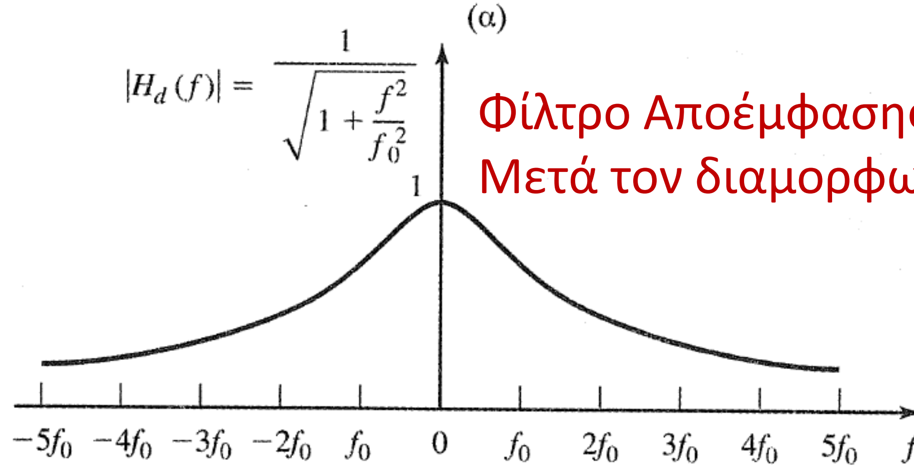
Φίλτρο Προέμφασης-
Πριν τον διαμορφωτή



(α)



Φίλτρο Αποέμφασης-
Μετά τον διαμορφωτή



(β)

Φίλτρα προέμφασης και αποέμφασης (2/2)

Εμπορικά FM → **RC φίλτρα με σταθερά χρόνου 75μs** → $$H_d(f) = \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_0}}$$

Συχνότητα 3 dB

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\times75\times10^{-6}} = 2.1 \text{ KHz}$$

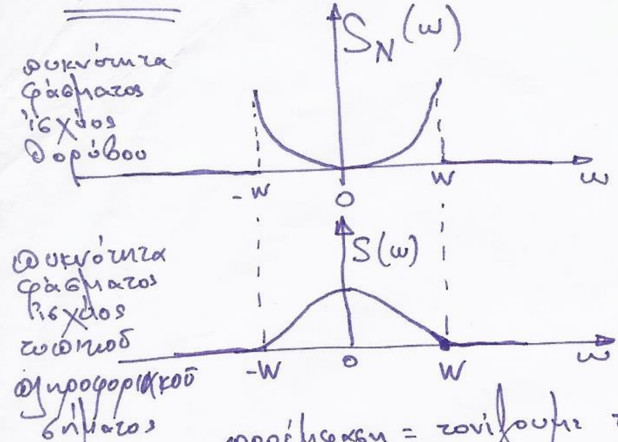
$$\mathcal{S}_{n_{\mathrm{PD}}}(f) = \mathcal{S}_{n_o}(f)|H_d(f)|^2 = \frac{N_0}{A_c^2} f^2 \frac{1}{1+\frac{f^2}{f_0^2}}$$

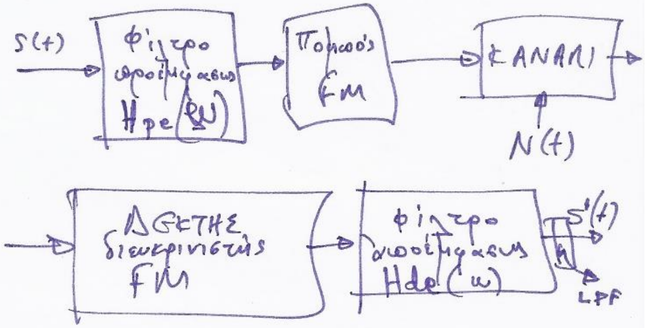
$$\begin{aligned} P_{n_{\mathrm{PD}}} &= \int_{-W}^{+W} \mathcal{S}_{n_{\mathrm{PD}}}(f)\, df = \frac{N_0}{A_c^2}\int_{-W}^{+W} \frac{f^2}{1+\frac{f^2}{f_0^2}}\, df \\ &= \frac{2N_0 f_0^3}{A_c^2}\left[\frac{W}{f_0} - \arctan\frac{W}{f_0}\right] \end{aligned}$$

→

$$\begin{aligned} \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{o\mathrm{PD}}}{\left(\frac{S}{N}\right)_o} &= \frac{P_{n_o}}{P_{n_{\mathrm{PD}}}} = \frac{\frac{2N_0 W^3}{3A_c^2}}{\frac{2N_0 f_0^3}{A_c^2}\left[\frac{W}{f_0} - \arctan\frac{W}{f_0}\right]} \\ &= \frac{1}{3}\frac{\left(\frac{W}{f_0}\right)^3}{\frac{W}{f_0} - \arctan\frac{W}{f_0}} \end{aligned}$$

Φίλτρα Προ-έμφασης – Από-έμφασης



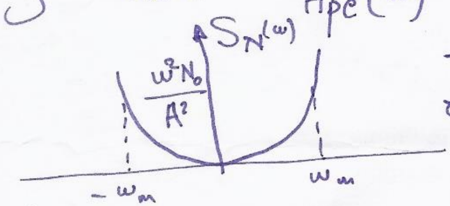


προέμφαση = τονίζουμε τις συνιστώσες υψηλής συχνότητας του s(t) πρίν το στάδιο FM (δηλ. πρίν από την εισαγωγή θορύβου)

αποέμφαση = στην έξοδο του διευκρινιστή επιτελείται η αντίστροφη διαδικασία αποέμφασης των υψηλών συχνοτήτων.

Για να μην έχουμε παραμόρφωση του s(t) τα φίλτρα προ-από-έμφασης πρέπει να είναι αντίστροφα μεταξύ τους (οι συναρτήσεις μεταφοράς τους).

δηλ. $H_{de}(\omega) = \dfrac{1}{H_{pe}(\omega)}$ $\quad -W < \omega < W$



Τότε η τροποποιημένη ισχύς του θορύβου στην έξοδο του φίλτρου αποέμφασης είναι $|H_{de}(\omega)|^2 \cdot S_N(\omega)$ και μετά το LPF γίνεται:

Μέση ισχύς θορύβου με αποέμφαση $= \dfrac{N_0}{A^2}\displaystyle\int_{-W}^{W} \omega^2 |H_{de}(\omega)|^2 d\omega$

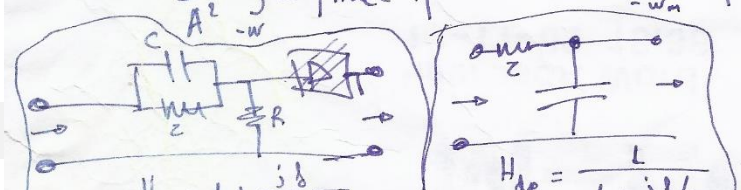
Επειδή το S_o ιδανικά/θεωρητικά δεν μεταβάλλεται από τα φίλτρα προ/από έμφασης η βελτίωση του SNR_o προέρχεται από του θορύβου και ορίζεται:

$$D = \frac{\text{Μέση ισχύς θορύβου στην έξοδο χωρίς προ/από έμφ.}}{\text{>> >> >> >> >> με προ/από έμφαση}}$$

$W = \omega_m$

$\boxed{SNR_i \text{ υψηλός}}$

$$D = \frac{\dfrac{2 N_0 \omega_m^3}{3A^2 2\pi}}{\dfrac{N_0}{A^2}\displaystyle\int_{-W}^{W}\omega^2 |H_{de}(\omega)|^2 d\omega} = \frac{\omega_m^3}{3\pi \displaystyle\int_{-\omega_m}^{\omega_m}\omega^2 |H_{de}(\omega)|^2 d\omega}$$



$f_o = \dfrac{1}{2\pi C r}$ $\quad R \ll r$ $\quad 2\pi C R f \ll 1$

Περιεχόμενα ενότητας

- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ AM-DSB-WC

Ισχυρό – Ασθενές σήμα AM-DSB-WC (1)

- Υποθέτοντας ότι το σήμα AM-DSB-WC είναι ισχυρό έναντι του θορύβου και ειδικά αν το άθροισμα του πλάτους του φορέα συν το πληροφοριακό σήμα s(t) συν την συνημιτονική συνιστώσα του θορύβου είναι πολύ μεγαλύτερο από την άλλη (ορθογώνια – ημιτονική) συνιστώσα του θορύβου, τότε κατά προσέγγιση βρήκαμε ότι Κ.Α.=2.

  Όμως δεν λάβαμε υπ’ όψιν την ισχύ του φορέα η οποία πρέπει να είναι περίπου 3 φορές μεγαλύτερη από την ισχύ του σήματος AM-DSB-WC (αφού υπολογίσαμε απόδοση ισχύος $\eta = 1/3$ όταν μάλιστα ο δείκτης διαμόρφωσης είναι 100%). Έτσι το Κ.Α.=2 στην πράξη φαίνεται εξωπραγματικό. Στην πράξη, πρέπει να δούμε και την περίπτωση ασθενούς σήματος AM-DSB-WC.

- Για ασθενές σήμα AM-DSB-WC αν $|A+ s(t)| << \sqrt{(n_c^2+ n_s^2)}$, τότε αφού

Ισχυρό – Ασθενές σήμα AM-DSB-WC (2)

- Για ασθενές σήμα AM-DSB-WC αν $|A+ s(t)| << \sqrt{n_c^2+ n_s^2}$, τότε αφού

$$x(t)=\sqrt{(A+s(t)+n_c(t))^2+n_s^2(t)} \quad \text{και} \quad \varphi(t)=\tan^{-1}\frac{n_s(t)}{A+s(t)+n_c(t)}$$

$$x(t)=\sqrt{(A+s(t))^2+n_c^2(t)+2n_c(t)(A+s(t))+n_s^2(t)}=$$

$$=\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}\cdot\sqrt{\frac{(A+s(t))^2+n_c^2(t)+n_s^2(t)+2n_c(t)(A+s(t))}{n_c^2(t)+n_s^2(t)}}=$$

$$=\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}\cdot\sqrt{1+\frac{(A+s(t))^2+2n_c(t)(A+s(t))}{n_c^2(t)+n_s^2(t)}}\cong$$

$$\cong\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}\cdot\sqrt{1+\frac{2n_c(t)(A+s(t))}{n_c^2(t)+n_s^2(t)}} \quad \text{αφού } (A+s(t))^2 \text{ αμελητέο}$$

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι $\sqrt{1+\varepsilon}=1+\frac{1}{2}\varepsilon$ αν $\varepsilon<1$:

$$x(t)=\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}\cdot\left(1+\frac{n_c(t)(A+s(t))}{n_c^2(t)+n_s^2(t)}\right)=$$

$$=\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}+\frac{n_c(t)(A+s(t))}{\sqrt{n_c^2(t)+n_s^2(t)}}=o(t)$$

-Αφού η έξοδος είναι η περιβάλλουσα $x(t)$!

-Από το $o(t)$ φαίνεται ότι το πληροφοριακό σήμα καταπνίγεται από τον θόρυβο!

Ισχυρό – Ασθενές σήμα AM-DSB-WC (3)

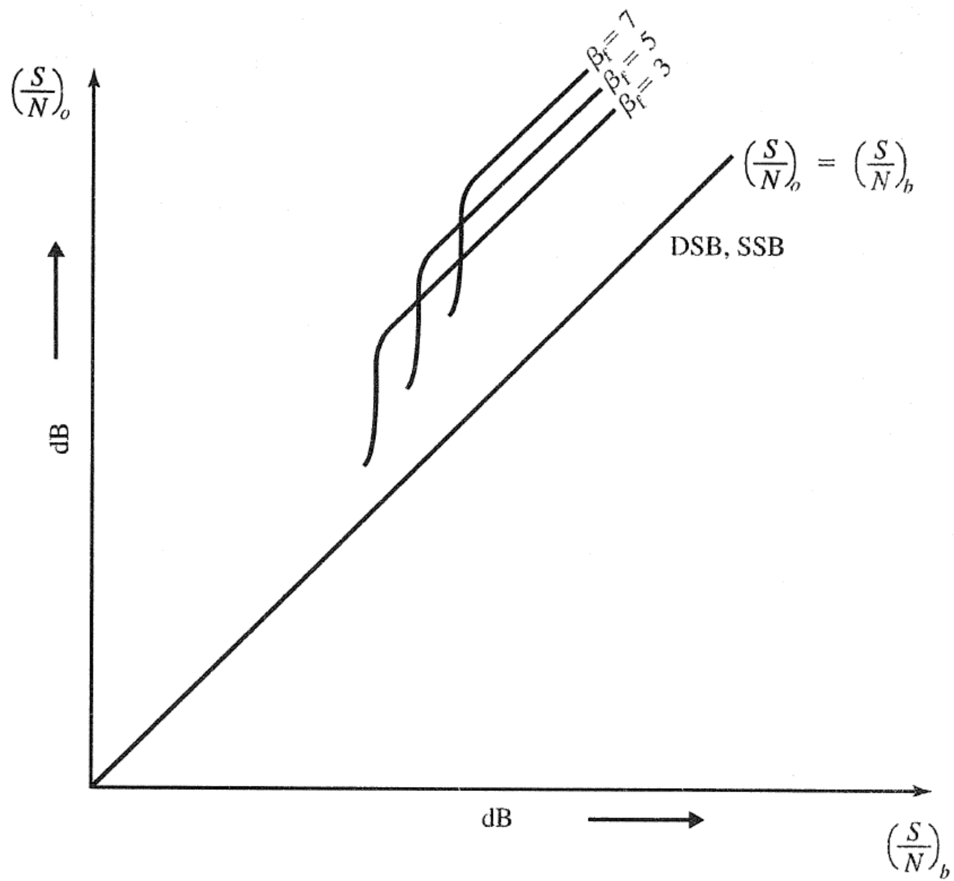
- Οι περιπτώσεις του ισχυρού και του ασθενούς σήματος AM-DSB-WC είναι δύο ακραίες περιπτώσεις. Ανάμεσα στις δύο αυτές περιπτώσεις είναι πιο πιθανόν να ευρίσκεται το σήμα AM-DSB-WC, δηλ. το σήμα και ο θόρυβος να έχουν συγκρίσιμες ισχύες.
- Στην συνηθισμένη αυτή περίπτωση, ανάλογα με ποια ισχύς υπερτερεί (του σήματος ή του θορύβου), θα έχουμε, ή μη, επιτυχή αποδιαμόρφωση και πληροφοριακό σήμα στην έξοδο του δέκτη. Αν η ισχύς του σήματος είναι μεγαλύτερη από κάποια συγκεκριμένη τιμή, που την λέμε τιμή κατωφλίου (threshold), λαμβάνουμε την πληροφορία στην έξοδο του δέκτη, διαφορετικά παίρνουμε μόνο θόρυβο. Το φαινόμενο αυτό καλείται φαινόμενο κατωφλίου (**threshold effect**).
- Το φαινόμενο κατωφλίου στις διαμορφώσεις AM εμφανίζεται μόνο σε δέκτες με κορυφοφωρατή.

Φαινόμενο Κατωφλίου

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{b,\text{th}} = 20(\beta_f + 1)$$

Ημιτονοειδές

$$\frac{P_M}{(\max|m(t)|)^2} = \frac{1}{2}$$



$$\left(\frac{S}{N}\right)_o = \frac{3}{2}\beta_f^2\left(\frac{S}{N}\right)_b$$

Από το σχήμα προκύπτει ότι β_f=5

$$\left.\left(\frac{S}{N}\right)_o\right|_{\text{dB}} = 15.7 + \left.\left(\frac{S}{N}\right)_b\right|_{\text{dB}}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{b,\text{th}} = 120 \sim 20.8 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{b,\text{th}} = 20(\beta_f + 1) \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{S}{N}\right)_{o\text{FM}} = 60\beta_f^2(\beta_f + 1)P_{M_n}$$

Φαινόμενο κατωφλίου στην FM

$$s_{FM}(t) = A\cos\left(\omega_c t + k_f\int_0^t s(\lambda)\,d\lambda\right)$$

FM

$$S_i = \frac{A^2}{2}$$

$$N_i = \frac{1}{\pi}\int_{\omega_c - B/2}^{\omega_c + B/2}\frac{N_0}{2}\,d\omega \Rightarrow \cancel{N = 2N_0\Delta f} \quad N_i = N_0\cdot B$$

$$B = 2(\Delta f + f_m) = 2(\beta+1)f_m \qquad \beta = \frac{\Delta f}{f_m} \qquad N_i = 2(\beta+1)N_0\cdot f_m$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_i = SNR_i = \frac{A^2}{(\beta+1)4N_0\cdot B} \rightarrow f_m$$

$$\left(\frac{S}{N_0}\right)_o = SNR_o = \frac{3\pi A^2 k_f^2 S}{N_0\,\omega_m^3}$$

$$\Rightarrow KA = \frac{SNR_o}{SNR_i} = \frac{\dfrac{3A^2\beta^2 S}{\cancel{2N_0B}}}{\dfrac{A^2}{(\beta+1)\frac{4N_0B}{2}}} = 6\beta^2(\beta+1)S$$

K.A. (FM) = $6\beta^2(\beta+1)S$

Απόδειξη του Κ.Α. ως απλή συνάρτηση του δείκτη διαμόρφωσης FM

$$f_{FM} = A\cos\left(\omega_c t + K_{FM}\int_0^t s(\lambda)\,d\lambda\right)$$

$$\left.\begin{aligned} S_i &= \frac{A^2}{2} \\ N_i &= N_0 B = N_0 2(M_{FM}+1) f_m \end{aligned}\right\} \Rightarrow SNR_i = \frac{A^2}{(\beta+1)4N_0 f_m}$$

$$\boxed{|s(t)| < 1}$$

$$S_0 = K_{FM}^2 \cdot S$$

$$\omega_i(t) = \omega_c + K_{FM}\cdot s(t)$$

$$\Delta\omega = K_{FM}\cdot S_{max} \quad \text{αν } S_{max} = 1$$

$$\Delta\omega = K_{FM}$$

άρα

$$\left.\begin{aligned} S_0 &\simeq \Delta\omega^2 \cdot S \\ N_0 &= 2\cdot\frac{N_0}{2\pi A^2}\int_0^{\omega_m}\omega^2\,d\omega = \frac{N_0}{\pi A^2}\frac{\omega_m^3}{3} \end{aligned}\right\} \Rightarrow SNR_0 = \frac{3\pi A^2\cdot\Delta\omega^2\cdot S}{N_0\cdot\omega_m^2\cdot\omega_m} =$$

$$= \frac{3\pi A^2 M_{FM}^2 S}{N_0\cdot\omega_m} = \frac{3\pi A^2 M_{FM}^2 S}{N_0\cdot 2\pi f_m} = \boxed{\frac{3A^2 M_{FM}^2 S}{2N_0\cdot f_m}}$$

$$(KA) = \frac{SNR_0}{SNR_i} = \left(\frac{\frac{3A^2 M_{FM}^2 S}{2N_0 f_m}}{\frac{A^2}{(\beta+1)4N_0 f_m}}\right) = \frac{3\cancel{A^2} M_{FM}^2 S(M_{FM}+1)\cdot\overset{2}{\cancel{4}}\cdot\cancel{N_0}\cdot\cancel{f_m}}{\cancel{2}\cancel{N_0}\cdot\cancel{f_m}\cdot\cancel{A^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (KA) = 6(M_{FM}+1)M_{FM}^2 S$$

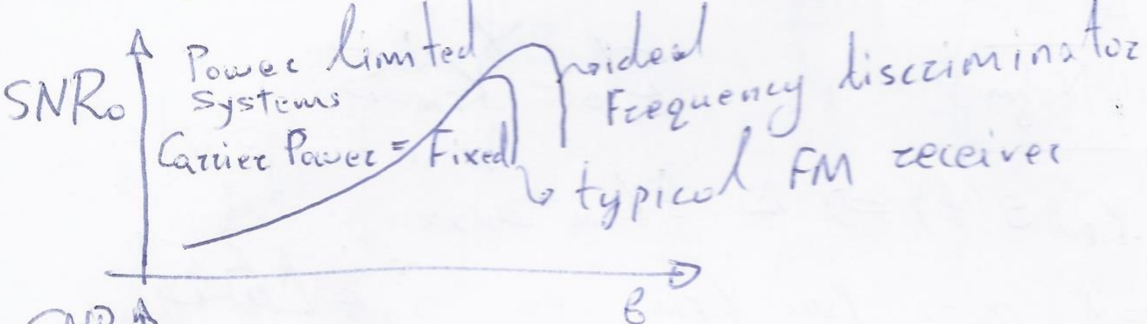
Φαινόμενο κατωφλίου στην FM

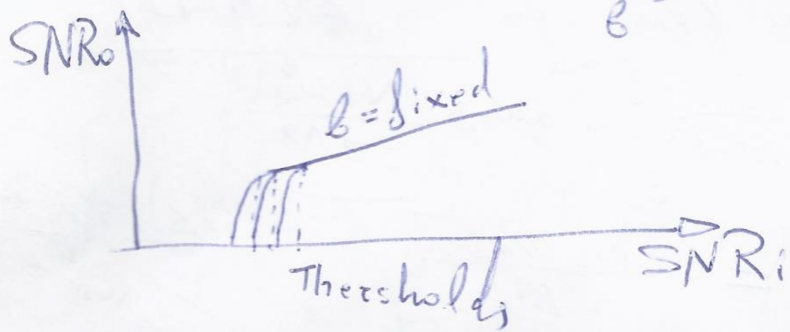
$K_{A_{FM}} = 6 b^2 (b+1) S' = \frac{SNR_o}{SNR_i}$

$SNR_o \uparrow$ with $b \uparrow$

S_o εξαρτάται από τον πομπό διότι: $S_o = K_{FM}^2 S'$

$N_i \uparrow$ όταν το $b \uparrow$ $SNR_i \downarrow$ όταν $b \uparrow$





Καθώς το εύρος ζώνης στην FM αυξάνει, αυξάνει και ο θόρυβος. Δεδομένου ότι η ισχύς του σήματος FM είναι σταθερή, ο λόγος SNR_o μειώνεται.

Παράδειγμα σχεδιασμού συστήματος FM

- Design an FM communication link with the largest possible SNR_o.

Constraints: signal power $\left(A^2/2\right)$ at the receiver = 6 w

$N_o/2$ is 10^{-6} w/Hz

$B = 15$ kHz

$\overline{S} = 0.2$ w

Receiver Threshold occurs at +10 dB

$$\boxed{SNR_i \geq 10\,dB}$$

$$SNR_i = \frac{A^2}{(M_{FM}+1)\cdot 4\cdot N_o\cdot B} = \frac{A^2/2}{(M_{FM}+1)\cdot 2\cdot N_o\cdot B}$$

$$\Rightarrow SNR_i = \frac{\cancel{6}\,1}{(M_{FM}+1)\cdot \cancel{4}\cdot 10^{-6}\cdot \cancel{15}\cdot 10^{3}} = \frac{1}{10^{-2}(M_{FM}+1)}$$

$$\boxed{10\log_{10}\frac{10^2}{M_{FM}+1} \geq 10 \qquad \log_2 10}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{10^{-2}(M_{FM}+1)} \geq 10 \Rightarrow \frac{10^2}{(M_{FM}+1)} \cancel{\geq 10} \Rightarrow 10 \geq M_{FM}+1 \rightarrow \underline{M_{FM} \leq 9}$$

$$SNR_o = 6\left(M_{FM}+1\right)M_{FM}^2\cdot\overline{S}\cdot SNR_i$$

$$\Rightarrow SNR_o = 6*10*81*0.2*10 = 9720 \rightarrow 39.9\,dB$$

Περιεχόμενα ενότητας

- ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ AM-FM ΥΠΟ ΘΟΡΥΒΟ

$$f_{FM} = A\cos\left(\omega_c t + K_{FM}\int_0^t s(\lambda)\,d\lambda\right)$$

$$\left.\begin{aligned} S_i &= \frac{A^2}{2} \\ N_i &= N_0 B = N_0 2(M_{FM}+1) f_m \end{aligned}\right\} \Rightarrow SNR_i = \frac{A^2}{(M+1)4N_0 f_m}$$

$$\boxed{|S(t)| < 1}$$

$$S_0 = K_{FM}^2 \cdot S \qquad \omega_i(t) = \omega_c + K_{FM}\cdot S(t)$$

$$\Delta\omega = K_{FM}\cdot S_{max} \quad \text{άν } S_{max} = 1$$

$$\Delta\omega = K_{FM}$$

$$\left.\begin{aligned} \text{άρα} \quad S_0 &\simeq \Delta\omega^2 \cdot S \\ N_0 &= 2\cdot\frac{N_0}{2\pi A^2}\int_0^{\omega_m}\omega^2\,d\omega = \frac{N_0}{\pi A^2}\frac{\omega_m^3}{3} \end{aligned}\right\} \Rightarrow SNR_0 = \frac{3\pi A^2\cdot\Delta\omega^2\cdot S}{N_0\cdot\omega_m^2\cdot\omega_m} =$$

$$= \frac{3\pi A^2 M_{FM}^2 S}{N_0\cdot\omega_m} = \frac{3\pi A^2 M_{FM}^2 S}{N_0\cdot 2\pi f_m} = \frac{3A^2 M_{FM}^2 S}{2N_0\cdot f_m}$$

$$(KA) = \frac{SNR_0}{SNR_i} = \frac{\frac{3A^2M_{FM}^2 S}{2N_0 f_m}}{\frac{A^2}{(M+1)4N_0 f_m}} = \frac{3A^2 M_{FM}^2 S(M_{FM}+1)\cdot 4\cdot N_0\cdot f_m}{2N_0\cdot f_m\cdot A^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (KA) = 6(M_{FM}+1)M_{FM}^2 S$$

$$\left.\begin{aligned} S_{0_{AM}} &= A^2 m^2 S \\ N_{0_{AM}} &= P = N_0\cdot 2f_m \end{aligned}\right\} \Rightarrow SNR_{0_{AM}} \overset{m=1}{=} \frac{A^2 m^2 S}{N_0 2 f_m} \overset{m=1}{=} \frac{A^2 S}{N_0 2 f_m}$$

$$\boxed{SNR_{0_{FM}} = 3M_{FM}^2\, SNR_{0_{AM}}} \Rightarrow \text{σύγκριση AM και FM}$$

ΣΥΓΚΡΙΣΗ AM-FM (dB)

$B_n = \dfrac{B_T}{W} : \dfrac{\text{Bandwidth στο κανάλι}}{\gg \text{ του } g(t)}$

(1) AM με δίοδο φώραση περιβάλλουσας (κορυφοφωρακτή)

$$SNR_o = \frac{2m^2}{2+m^2} SNR_i \quad (kA) = \frac{2m^2}{2+m^2}$$

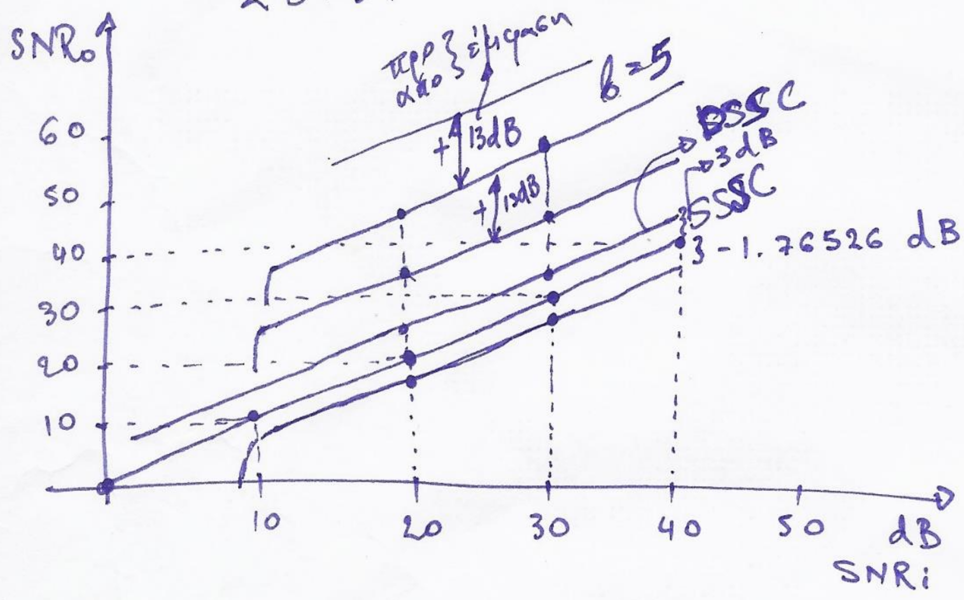
$$10 \log_{10} SNR_o = 10 \log_{10} \frac{2m^2}{2+m^2} + \underbrace{10 \log_{10} SNR_i}$$

$18.23474 = -1.765\text{dB} + 20\text{dB}$ (20 dB)

$28.23474 = -1.765 + 30\text{dB}$ } AM

$23.0103 = 3.0103 + 20$

$33.0103 = 3.0103 + 30$



$b=5 \to 375 = kA \to 25.74$ dB

$45.74 = 25.74 + 20$

$55.74 = 25.74 + 30$

$b = 2 \to 3(b)^3 \to 24 \to 13.8$ dB

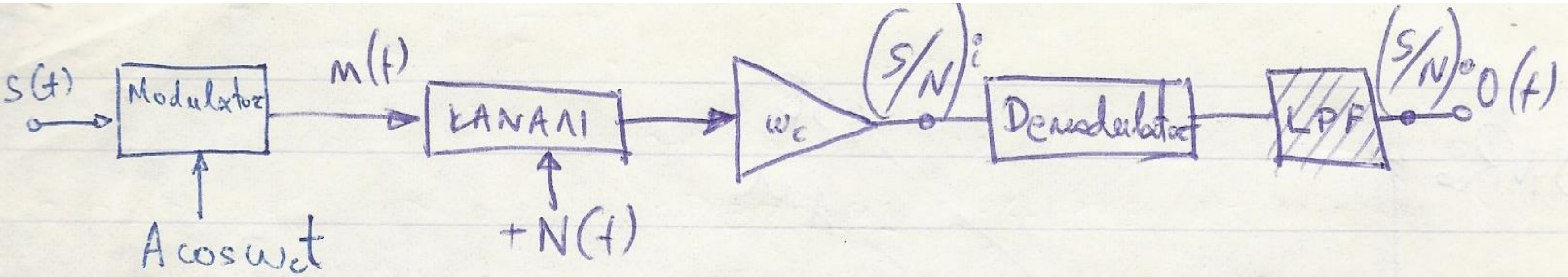
$33.8 = 13.8 + 20$

$43.8 = 13.8 + 30$

Θόρυβος στα συστήματα διαμόρφωσης

- ✓ Τόσο στο PM όσο και στο FM το SNR εξόδου είναι ανάλογο του τετραγώνου του δείκτη διαμόρφωσης β σε αντίθεση με το AM
- ✓ Αυξάνοντας το εύρος ζώνης αυξάνει και το SNR (ανταλλαγή με ισχύ)
- ✓ Μπορούμε να αυξήσουμε το SNR αυξάνοντας το β. Όμως μεγάλο β σημαίνει και μεγάλο B_c και συνεπώς μεγάλη ισχύ θορύβου οπότε δεν ισχύει η προσέγγιση για μεγάλα SNR (φαινόμενο κατωφλίου)
- ✓ Στο AM αυξάνοντας την ισχύ αυξάνει απευθείας το SNR (η πληροφορία στο πλάτος). Στη διαμόρφωση γωνίας δεν αυξάνεται η ισχύς αλλά μειώνεται ο θόρυβος
- ✓ Στο FM η επίδραση του θορύβου είναι μεγαλύτερη σε υψηλότερες συχνότητες

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ AM - FM



Modulator	Bandwidth	Threshold effect	KA
Full AM	2W	YES	<2
DSB-SC	2W	NO	2
SSB-SC	W	NO	1
FM	$2W+2\Delta f$	YES	$6\beta^2(\beta+1)S \simeq \frac{6\Delta\omega \cdot K_f^2 \cdot S}{W_m^3}$

$$2\eta = \frac{2m^2 S}{1+m^2 S} \qquad \boxed{\eta = \frac{P_s}{P_s+P_c} = \frac{m^2 S}{1+m^2 S}}$$

Σύγκριση των συστημάτων αναλογικής διαμόρφωσης

Ευκολία υλοποίησης

- ✓ AM: Απλούστερο
- ✓ VSB+C: Ελάχιστα πιο πολύπλοκη
- ✓ Δέκτες FM: Εύκολοι στην υλοποίηση
- ✓ DSB-SC, SSB: Απαιτούν σύγχρονη αποδιαμόρφωση, πολύπλοκα

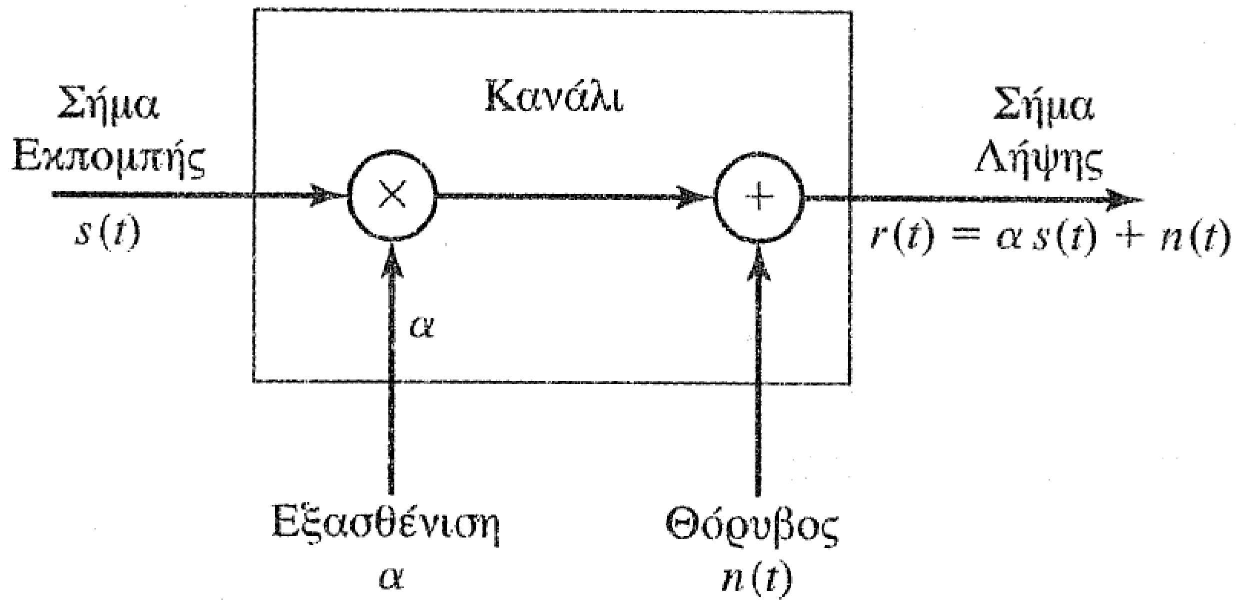
Αποδοτικότητα εύρους ζώνης

- ✓ SSB βέλτιστο αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχουν dc συνιστώσες
- ✓ VSB: TV
- ✓ PM, FM: Λιγότερο αποδοτικά

Αποδοτικότητα ισχύος

- ✓ FM: Μεγάλη ανοχή στο θόρυβο και επομένως μεγάλη απόδοση
- ✓ AM, VSB+C: Λιγότερο αποδοτικά αλλά πολύ απλά

Επιδράσεις απωλειών μετάδοσης και θορύβου



$$r(t) = \alpha\, s(t) + n(t)$$

Τέλος Ενότητας

Σημείωμα Αναφοράς