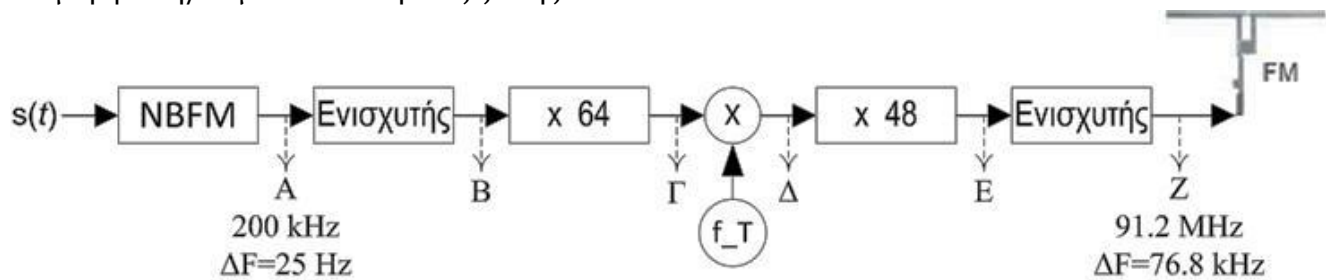


### Άσκηση 3.1:

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το μπλοκ διάγραμμα ενός διαμορφωτή/πομπού FM ευρείας ζώνης:



1. Υπολογίστε την συχνότητα του φορέα και την μέγιστη απόκλιση συχνότητας  $\Delta f$  στα σημεία B, Γ, Δ και E. Επίσης, βρείτε την συχνότητα  $f_T$  του τοπικού ταλαντωτή.
2. Αν το πληροφοριακό σήμα είναι ένα συνημίτονο, να βρείτε την συχνότητα που πρέπει να έχει το πληροφοριακό σήμα ώστε στο φάσμα πλάτους του διαμορφωμένου φορέα FM στο σημείο Γ, να μην υπάρχει η συνιστώσα του φορέα. Σημειώτεον ότι στο σημείο Γ θέλουμε να έχουμε FM ευρείας ζώνης. Βρείτε κατάλληλο δείκτη διαμόρφωσης. Ο δείκτης διαμόρφωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος του 2 (όχι πολύ μεγάλος, αφού πρόκειται για μετατροπή από NBFM).
3. Για τον δείκτη διαμόρφωσης που υπολογίσατε στο σημείο Γ, να σχεδιάσετε το φάσμα πλάτους (απολύτου τιμής) του σήματος FM.
4. Ποιο είναι το εύρος ζώνης του σήματος στα σημεία A και Z; Πόσες συνιστώσες συχνότητες έχουμε στα σημεία A και Z σύμφωνα με τον κανόνα του Carson?
5. Αν  $A_c = 10 \text{ V}$  είναι το πλάτος του φορέα για το σήμα NBFM, πόση είναι η ισχύς του σήματος FM που μεταδίδεται από τον πομπό (σημείο Z);

### Λύση

Την λύση θα την βρείτε στην άσκηση του eclass που επιγράφεται:

### Διαμορφωτής FM Ευρείας Ζώνης - Έμμεση Διαμόρφωση - Σχεδιασμός

### Άσκηση 3.2:

Το πληροφοριακό σήμα  $\cos(20\pi t)$  διαμορφώνει κατά FM τον φορέα  $c(t) = 10\cos 2\pi f_c t$ . Ο συντελεστής διαμόρφωσης KFM ισούται με 50.

1. Πόσες αρμονικές πρέπει να επιλεγούν στο διαμορφωμένο σήμα FM, ώστε σ' αυτές να περιέχεται το 99% της ισχύος του διαμορφωμένου σήματος.
2. Ποιο είναι το εύρος ζώνης συχνοτήτων αυτού του σήματος FM;

### Λύση

1. 6 αρμονικές γύρω από τον φορέα, διότι  $50 * [J_0(\beta)]^2 + 2 * \sum [J_n(\beta)]^2 \geq 50 * 0,99$  και για να ισχύει η ανισότητα αυτή το άθροισμα  $\sum$  πρέπει να περιλαμβάνει 6 όρους. Δηλ.  $n = 1, 2, \dots, 6$ .

Το σύνολο των αρμονικών είναι 13: 6 αρμονικές δεξιά της συχνότητας του φορέα, 6 αρμονικές αριστερά της συχνότητας του φορέα, και η συχνότητα του φορέα.

Απόδειξη: Αφού το πλάτος του φορέα είναι 10, Ισχύς=  $10^2 / 2 = 50$ .

Ο δείκτης διαμόρφωσης  $\beta = (K_{FM} \cdot \max|s(t)|) / 10 = 50 \cdot 1 / 10 = 5$

$$f_{FM}(t) = 10 \cdot \sum J_n(\beta) \cos(\omega_c + n\omega)t$$

όπου το άθροισμα είναι απείρων όρων, και ζητείται να το περιορίσουμε σε τόσους όρους ώστε να "μαζέψουμε" τουλάχιστον το 99% της ισχύος του, δηλ.  $50 \cdot 0,99 = 49,5$  μον. ισχύος.

Από την έκφραση αυτή του  $f_{FM}(t)$ , με τους συντελεστές Bessels, υπολογίζουμε την ισχύ ως:

$50[(J_0(\beta))^2 + 2 \cdot \sum (J_n(\beta))^2]$  όπου το άθροισμα είναι απείρων όρων. Αυτό το άθροισμα να περιοριστεί ώστε η ισχύς του σήματος να είναι:  $50[(J_0(\beta))^2 + 2 \cdot \sum (J_n(\beta))^2] \geq 49,5$

Από τους πίνακες Bessels για  $\beta=5$  υπολογίζουμε:

$$50[(0,1776)^2 + 2 \cdot (0,3276)^2 + 2 \cdot (0,04657)^2 + 2 \cdot (0,3648)^2 + 2 \cdot (0,3912)^2 + 2 \cdot (0,2611)^2 + 2 \cdot (0,1310)^2] = 50[0,03154176 + 2 \cdot 0,10732176 + 2 \cdot 0,0021687649 + 2 \cdot 0,13307904 + 2 \cdot 0,15303744 + 2 \cdot 0,06817321 + 2 \cdot 0,017161] = 49,6712 > 49,5$$

Δηλ. πήραμε εκτός από τον όρων  $J_0(5)$  που αντιστοιχεί στην συχνότητα του φορέα, και 6 ακόμη αρμονικές, γύρω από τον φορέα.

2. 120 Hz (Εκτείνεται από  $f_c - 6 \cdot 10$  Hz μέχρι  $f_c + 6 \cdot 10$  Hz)

### Άσκηση 3.3:

Το σήμα  $m(t) = 10 \text{sinc}(400t)$  διαμορφώνει κατά συχνότητα το φέρον σήμα  $c(t) = 100 \cos(2\pi f_c t)$ . Ο δείκτης διαμόρφωσης είναι 6.

1. Να βρείτε την έκφραση του διαμορφωμένου σήματος  $u(t)$ .
2. Ποια είναι η μέγιστη απόκλιση συχνότητας του διαμορφωμένου σήματος;
3. Ποιο το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος;

### **Λύση**

1. Ο δείκτης διαμόρφωσης δίνεται από τη σχέση:

$$\beta_f = \frac{k_f \max[|m(t)|]}{W} \Leftrightarrow 6 = \frac{k_f \cdot 10}{W},$$

όπου  $W$  είναι το εύρος ζώνης του σήματος  $m(t)$  και μπορεί να υπολογιστεί από τον μετασχηματισμό Fourier του σήματος  $m(t)$ :

$$\mathbb{F}[\text{sinc}(400t)] = \frac{1}{400} \Pi\left(\frac{f}{400}\right), \text{ επομένως το εύρος ζώνης είναι } 200. \text{ Άρα, από}$$

την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι  $k_f = 120$ .

2. Η μέγιστη απόκλιση συχνότητας είναι:  $\Delta f_{\max} = \beta_f W = 1200$
3. Προκύπτει ότι:  $B_c = 2(\beta_f + 1)W = 2800$  Hz.

### Άσκηση 3.4:

Ένα διαμορφωμένο κατά γωνία σήμα έχει τη μορφή:  
 $u(t) = 100 \cos[2\pi f_c t + 4 \sin 2000\pi t]$ , με  $f_c = 10$  MHz. Να υπολογιστούν:

1. Η μέση ισχύς του σήματος
2. Την μέγιστη απόκλιση φάσης
3. Την μέγιστη απόκλιση συχνότητας
4. Το παραπάνω σήμα είναι σήμα FM ή PM; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

### **Λύση**

1. Καθώς πρόκειται για διαμόρφωση γωνίας, το σήμα ουσιαστικά είναι ένα ημιτονοειδές σήμα με σταθερό πλάτος  $A_c$ , οπότε η μέση ισχύς είναι:

$$P = \frac{A_c^2}{2} = \frac{100^2}{2} = 5000$$

2. Η μέγιστη απόκλιση φάσης μπορεί να βρεθεί από την έκφραση:

$$\Delta\varphi_{\max} = \max |4 \sin(2000\pi t)| = 4$$

3. Η στιγμιαία συχνότητα μπορεί να βρεθεί από την έκφραση:

$$f_i = f_c + \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi(t)}{dt} = f_c + \frac{4}{2\pi} \cos(2000\pi t) 2000\pi = f_c + 4000 \cos(2000\pi t)$$

Οπότε, η μέγιστη απόκλιση συχνότητας είναι:

$$\Delta f_{\max} = \max |f_i - f_c| = 4000$$

4. Το σήμα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι είτε FM είτε PM. Είναι ένα FM σήμα με σταθερά  $k_f = 4000$  και σήμα πληροφορίας  $m(t) = \cos(2000\pi t)$ , ή ένα PM σήμα με σταθερά  $k_p = 4$  και σήμα πληροφορίας  $m(t) = \sin(2000\pi t)$ .

### Άσκηση 3.5:

Βρείτε την μικρότερη τιμή του δείκτη διαμόρφωσης ενός συστήματος FM, το οποίο εγγυάται ότι όλη η ισχύς του διαμορφωμένου σήματος βρίσκεται στις πλευρικές ζώνες και δεν μεταδίδεται ισχύς στη φέρουσα συχνότητα.

### **Λύση**

Η ισχύς στην  $k$ -οστή συνιστώσα  $f = f_c + kf_m$  δίνεται από τη σχέση:  $P_k = \frac{A_c^2}{2} J_n^2(\beta)$ . Άρα,

αν η ισχύς στο φορέα είναι μηδέν, τότε θα πρέπει να ισχύει:  $J_0^2(\beta) = 0$ . Από τους πίνακες των συναρτήσεων Bessel προκύπτει ότι η ελάχιστη τιμή του δείκτη διαμόρφωσης είναι 2.404.

### Άσκηση 3.6:

Την λύση θα την βρείτε στην άσκηση του eclass που επιγράφεται:

**AM-DSB-SC και AM-SSB-SC υπό θόρυβο (10).**