



ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

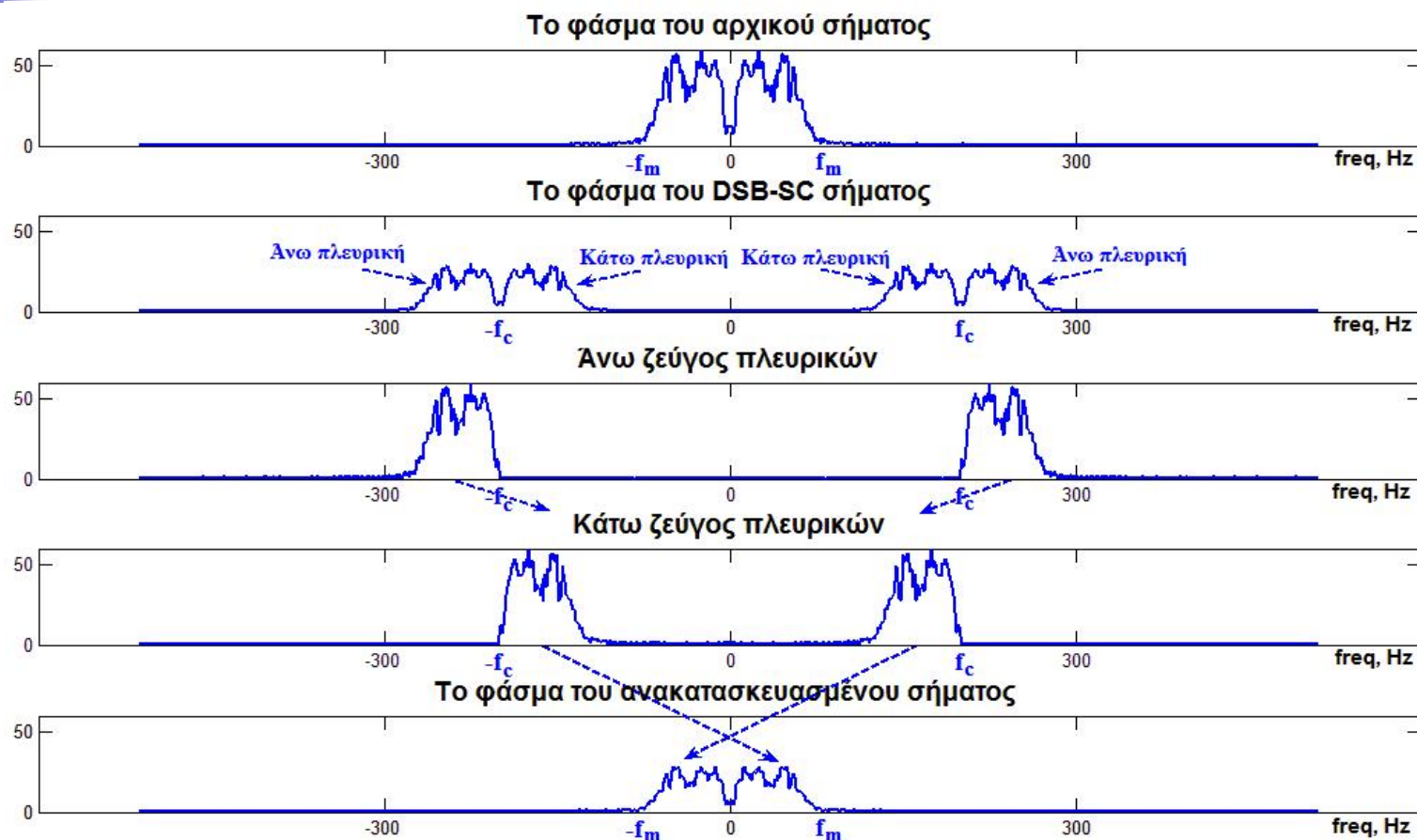
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.3

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ - AM SSB (SINGLE SIDEBAND)

Διαμόρφωση AM SSB (Single Sideband)

- Είδαμε ότι η DSB διαμόρφωση διπλασιάζει το εύρος ζώνης του σήματος. Αλλά η φασματική πυκνότητα κάθε πραγματικού σήματος πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη συμμετρίας : $F(-\omega) = F^*(\omega)$
- Μετά τον πολλαπλασιασμό με ένα συνημιτονοειδές σήμα η μισή από αυτή τη φασματική πυκνότητα μεταφέρεται προς τα πάνω σε συχνότητα και είναι με κέντρο την ω_c και μισή προς τα κάτω πέριξ της $-\omega_c$.
- Από την [Εικ.2.3.1](#) παρατηρούμε ότι το τμήμα της $F(\omega)$ που ήταν αρχικά θετικές συχνότητες, γίνεται τώρα άνω πλευρική για $\omega > 0$ και κάτω πλευρική για $\omega < 0$. Κάθε ζεύγος πλευρικών περιέχει ολόκληρη την πληροφορία του αρχικού σήματος.
- Γιατί λοιπόν να μην μεταδίδουμε μόνο το άνω ή μόνο το κάτω ζεύγος των πλευρικών.

Εικόνα 2.3.1: Το φάσμα DSB-SC και SSB σημάτων

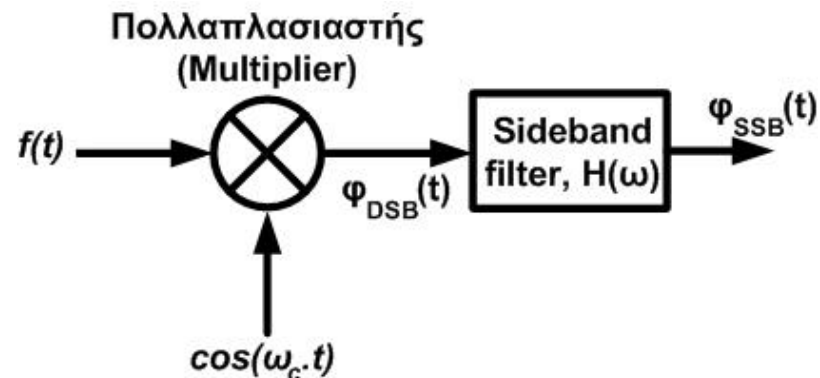


Δημιουργία SSB σήματων

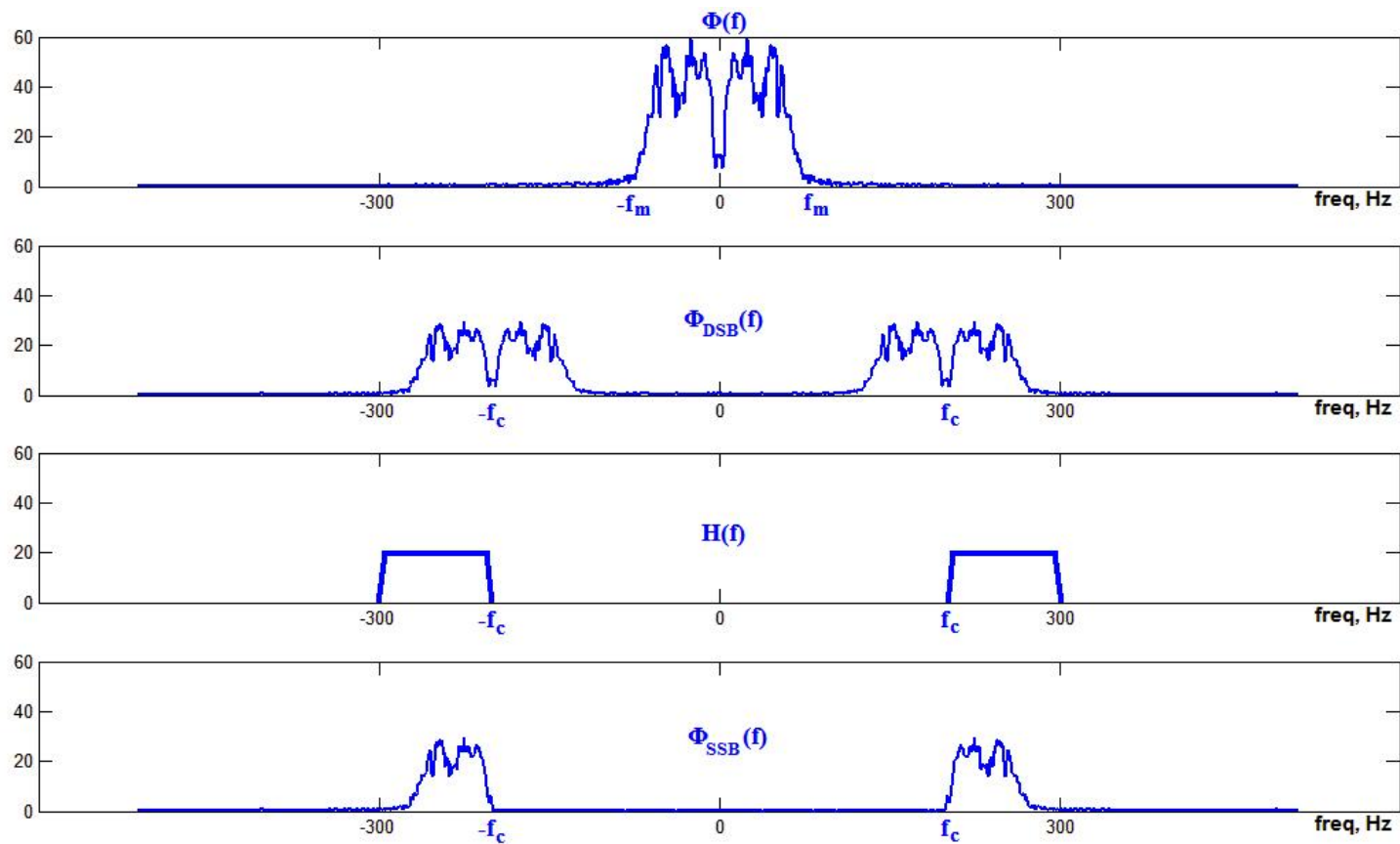
- Τεχνικές :

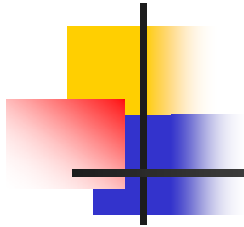
α) Κατάργηση της μιας πλευρικής με φιλτράρισμα

όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.3.2**. Το πρόβλημα αυτής της μεθόδου είναι η δύσκολη σχεδίαση αυτών των φίλτρων. Χρησιμοποιούνται για συχνότητες .05-.5 MHz electro-mechanical resonator filters και για 1-10 MHz crystal-lattice filters.



Εικόνα 2.3.2: Δημιουργία SSB σήματος με την τεχνική του φιλτραρίσματος.





β) Δημιουργία SSB με κατάλληλη φάση των σημάτων (by proper phasing of signals).

- Έστω ένα μιγαδικό εκθετικό σήμα $f(t) = e^{j\omega_m t}$ μίας συχνότητας. Η φασματική πυκνότητα αυτού του σήματος έχει μία μόνο πλευρική και μόνο όταν παίρνουμε το πραγματικό μέρος έχουμε και τις δύο πλευρικές. Έστω ότι διαμορφώνει το φέρον $e^{j\omega_c t}$

$$f(t)e^{j\omega_c t} = e^{j\omega_m t} e^{j\omega_c t}$$

- Πολλαπλασιάζοντας και παίρνοντας το πραγματικό μέρος

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}\{ e^{j\omega_m t} e^{j\omega_c t} \} &= \operatorname{Re}\{ e^{j\omega_m t} \} \operatorname{Re}\{ e^{j\omega_c t} \} - \operatorname{Im}\{ e^{j\omega_m t} \} \operatorname{Im}\{ e^{j\omega_c t} \} \\ &= \cos \omega_m t \cos \omega_c t - \sin \omega_m t \sin \omega_c t \end{aligned}$$

- Η διαδικασία του πραγματικού μέρους επαναφέρει τις δύο πλευρικές στη φασματική πυκνότητα. Επειδή αυτό παριστά την άνω πλευρική, γράφουμε

$$\phi_{SSB+}(t) = \cos\omega_m t \cos\omega_c t - \sin\omega_m t \sin\omega_c t$$

- Με όμοιο τρόπο, χρησιμοποιώντας $f(t) = e^{-j\omega_m t}$ βρίσκουμε την κάτω πλευρική

$$\phi_{SSB-}(t) = \cos\omega_m t \cos\omega_c t + \sin\omega_m t \sin\omega_c t$$

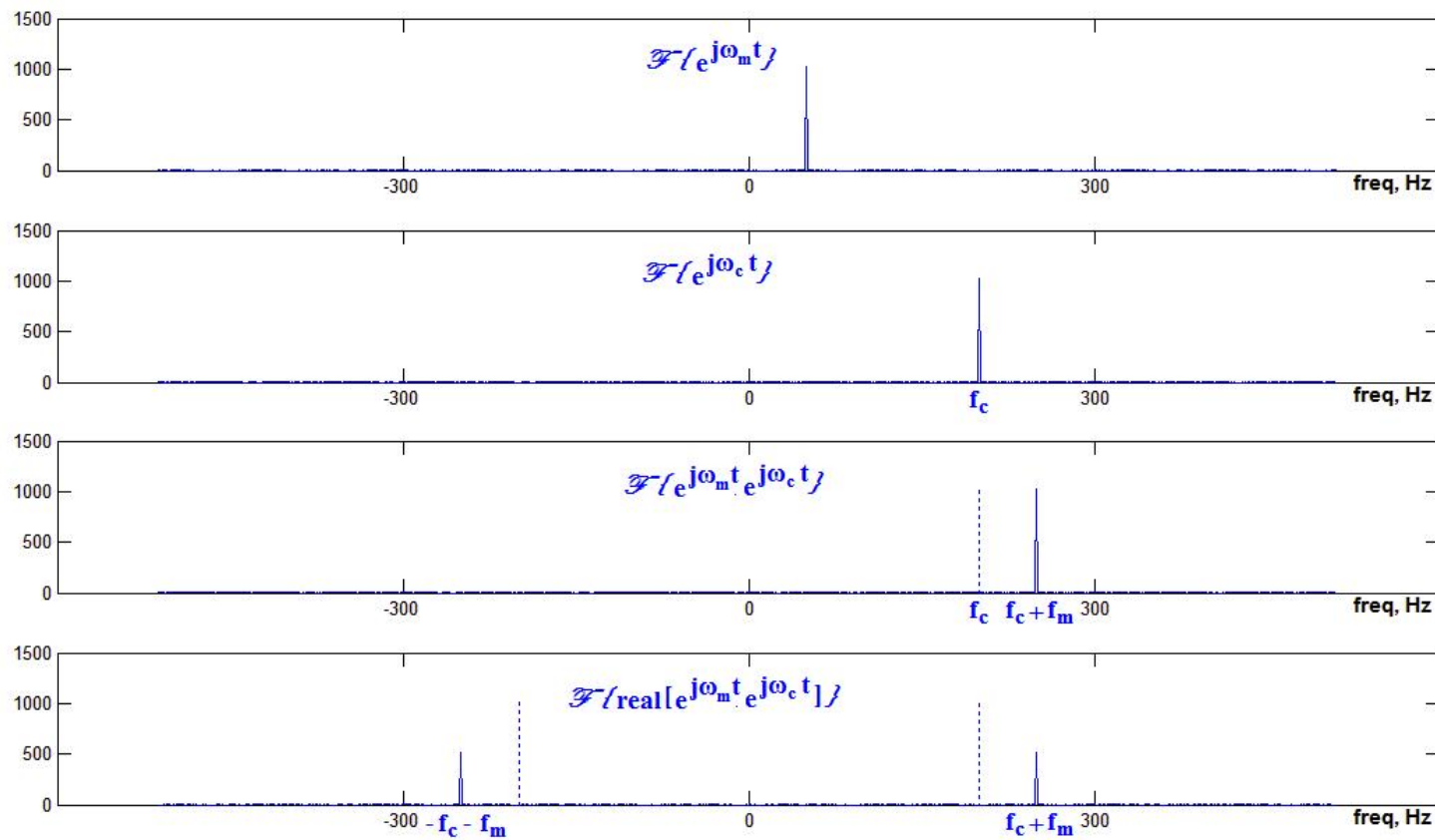
- Αν και τα παραπάνω αποτελέσματα βγήκαν για ημιτονικό σήμα, ισχύουν γενικότερα

$$\phi_{SSB\mp} = f(t) \cos\omega_c t \pm \hat{f}(t) \sin\omega_c t$$

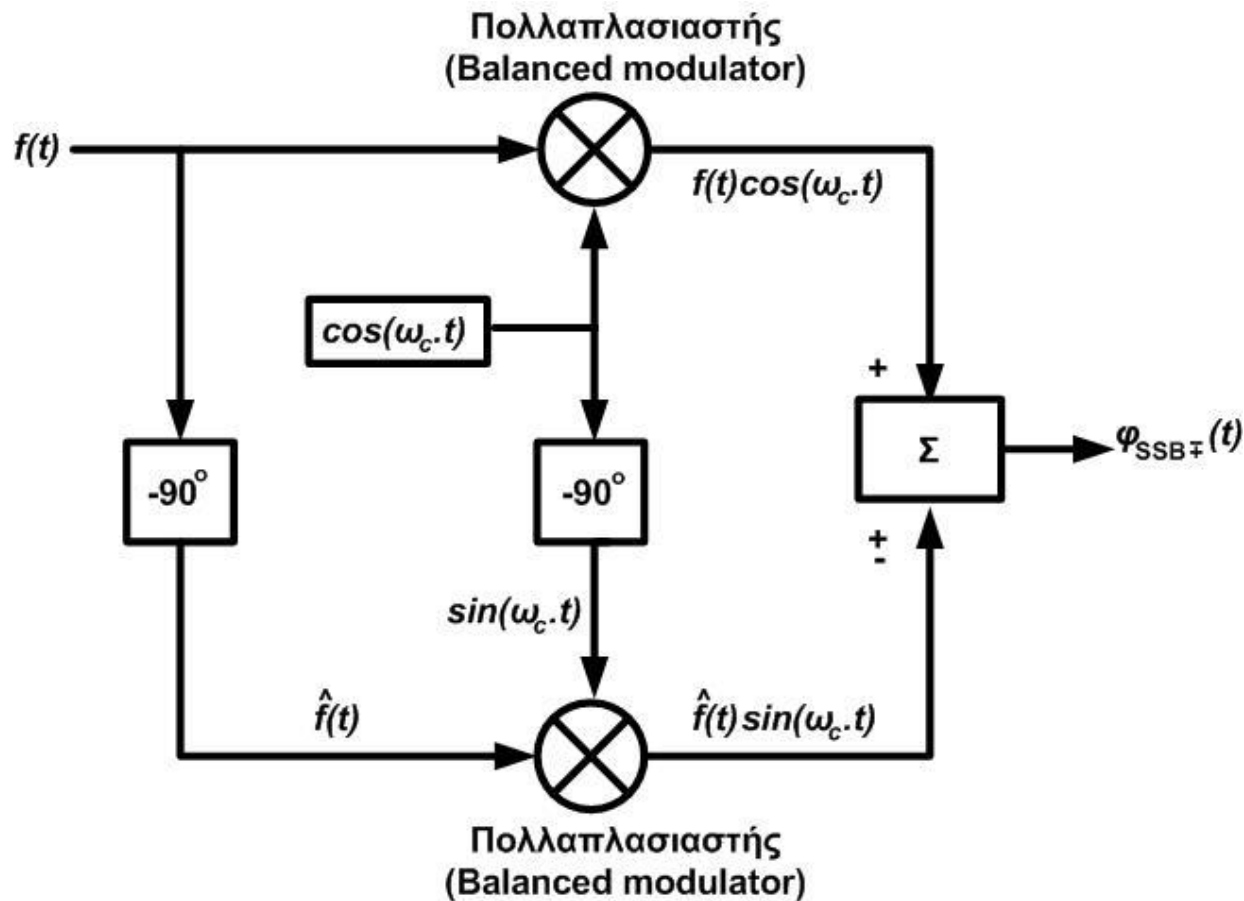
όπου το $\hat{f}(t)$ είναι το σήμα που παίρνουμε εάν μετατοπίσουμε την φάση κάθε συχνότητας του $f(t)$ κατά 90.

Δύσκολο γιατί όλες οι συχνότητες πρέπει να μετατοπιστούν ακριβώς κατά 90 και τέτοια συστήματα έχουν περιορισμένο εύρος ζώνης.

Εικόνα 2.3.3: Δημιουργία SSB σήματος με κατάλληλη φάση των σημάτων.



Εικόνα 2.3.4: Ένα σύστημα δημιουργίας SSB σήματος με κατάλληλη φάση των σημάτων

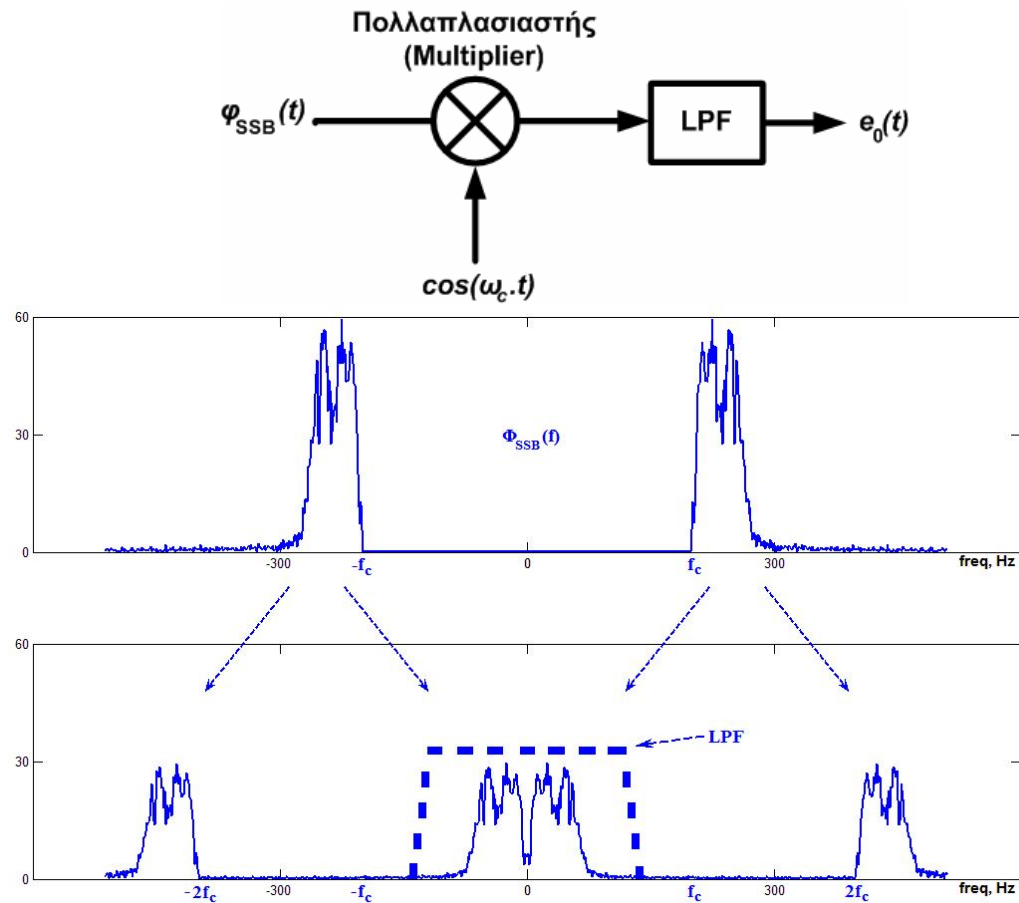




Αποδιαμόρφωση SSB σημάτων

- Στην αποδιαμόρφωση, πρέπει η φασματική πυκνότητα του SSB σήματος να μεταφερθεί πίσω στην $\omega=0$. Αυτό γίνεται με σύγχρονη ανίχνευση. Πολλαπλασιασμός του SSB σήματος με $\cos\omega_c t$ μεταφέρει την μισή φασματική πυκνότητα κατά ω_c rad/sec πάνω και την άλλη μισή κατά ω_c προς τα κάτω, [Εικ2.3.5](#). Η $2\omega_c$ φιλτράρεται με LPF.

Εικόνα 2.3.5: Αποδιαμόρφωση SSB σημάτων





Επίδραση Σφαλμάτων Συχνότητας Και Φάσης Κατά Την Αποδιαμόρφωση SSB

- Σε πραγματικές συνθήκες όταν υπάρχουν σφάλματα συχνότητας και φάσης, το λαμβανόμενο SSB-SC σήμα εκφράζεται ως

$$\phi_{SSB\mp}(t) = f(t) \cos \omega_c t \pm \hat{f}(t) \sin \omega_c t$$

- Έστω ότι ο τοπικός ταλαντωτής είναι

$$\phi_d(t) = \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \theta]$$

Όπου ($\Delta\omega$) και θ τα σφάλματα συχνότητας και φάσης. Πολλαπλασιάζοντας

$$\begin{aligned} \phi_{SSB\mp}(t) \phi_d(t) &= [f(t) \cos \omega_c t \pm \hat{f}(t) \sin \omega_c t] \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \theta] \\ &= \frac{1}{2} f(t) \{ \cos[(\Delta\omega)t + \theta] + \cos[(2\omega_c + \Delta\omega)t + \theta] \} \\ &\mp \frac{1}{2} \hat{f}(t) \{ \sin[(\Delta\omega)t + \theta] - \sin[(2\omega_c + \Delta\omega)t + \theta] \} \end{aligned}$$

Επίδραση Σφαλμάτων Συχνότητας Και Φάσης Κατά Την Αποδιαμόρφωση SSB (συνέχεια)

- Η έξοδος $e_o(t)$ του LPF φίλτρου είναι :

$$e_o(t) = \frac{1}{2} f(t) \cos[(\Delta\omega)t + \theta] \mp \frac{1}{2} \hat{f}(t) \sin[(\Delta\omega)t + \theta]$$

- Όταν και τα δύο αυτά τα σφάλματα είναι μηδέν:

$$e_o(t) = \frac{1}{2} f(t)$$

- α) Όταν $\Delta\omega=0$:

$$e_o(t) = \frac{1}{2} [f(t) \cos \theta \mp \hat{f}(t) \sin \theta]$$

Ο πρώτος όρος είναι ο ίδιος με αυτόν της DSB-SC, αλλά τώρα υπάρχει και ένας επιπλέον όρος που δεν μπορεί να φιλτραρισθεί.

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφεί και ως

$$e_o(t) = \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{[f(t) \mp j\hat{f}(t)] e^{j\theta}\}$$



Επίδραση Σφαλμάτων Συχνότητας Και Φάσης Κατά Την Αποδιαμόρφωση SSB (συνέχεια)

- Επειδή τα $f(t)$ και $\hat{f}(t)$ είναι και τα δύο παρόντα στην έξοδο, συμπεραίνουμε ότι ένα σφάλμα φάσης στον τοπικό ταλαντωτή θα έχει ως αποτέλεσμα παραμόρφωση φάσης στην έξοδο του δέκτη.
- Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να καταλάβει την ομιλία παρά την παραμόρφωση φάσης. Έτσι παραμόρφωση φάσης στην SSB-SC αποδιαμόρφωση είναι ανεκτή για επικοινωνίες φωνής.
- Επίσης ανεκτή είναι αργή μεταβολή της συχνότητας, επιτρέποντας στην ομιλία να γίνει αντιληπτή, αλλά πρόσθετα στην παραμόρφωση φάσης τώρα υπάρχει και μεταβολή του “pitch”. Δεν ισχύει το ίδιο για παλμικά συστήματα όπου λόγω προβλημάτων, περιορίζεται η χρήση της SSB-SC .

Επίδραση Σφαλμάτων Συχνότητας Και Φάσης Κατά Την Αποδιαμόρφωση SSB (συνέχεια)

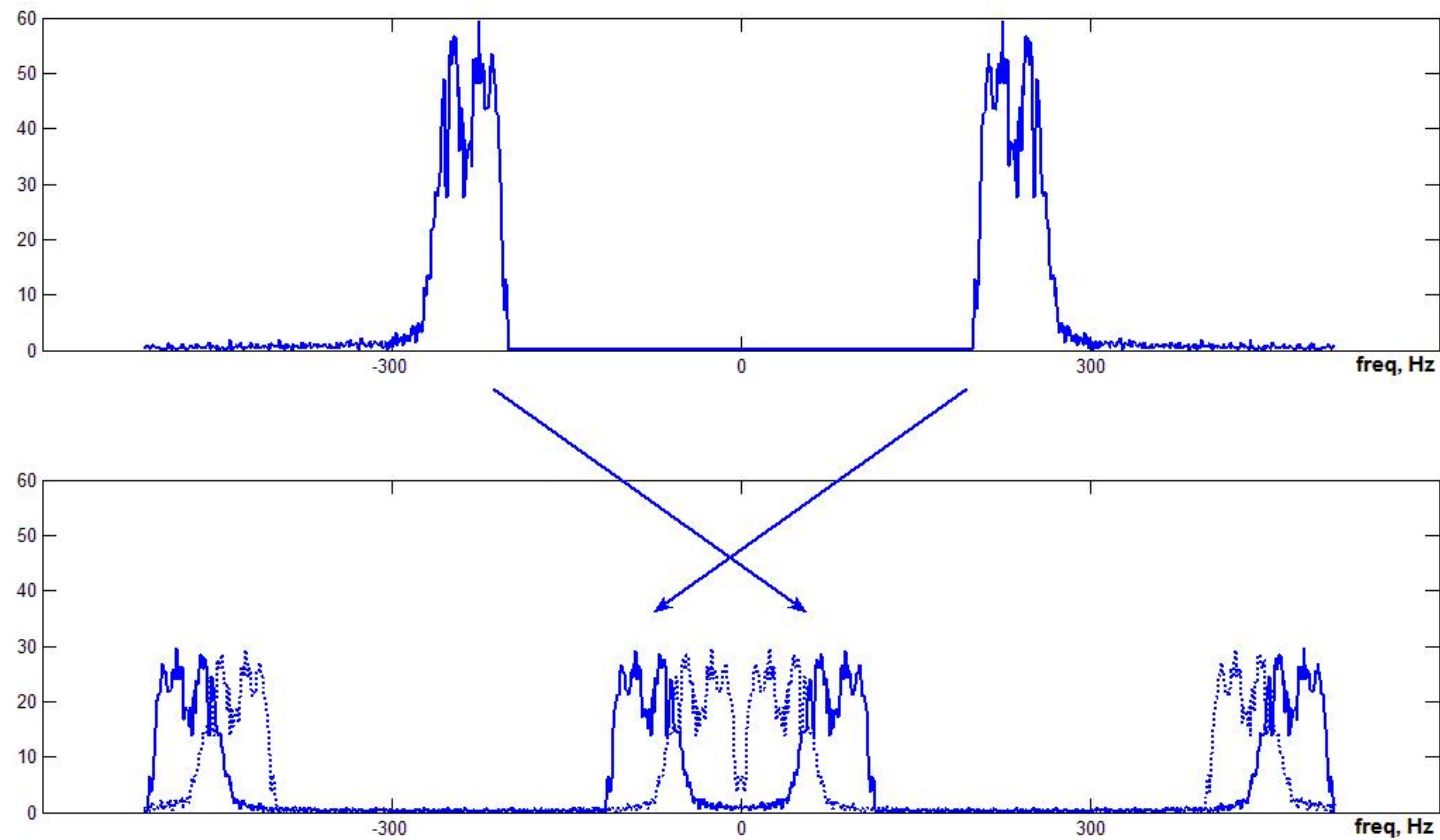
- β) όταν $\theta=0$:
$$e_o(t) = \frac{1}{2} [f(t) \cos(\Delta\omega)t \mp \hat{f}(t) \sin(\Delta\omega)t]$$

ή διαφορετικά
$$e_o(t) = \frac{1}{2} \text{Re}\{[f(t) \pm j\hat{f}(t)] e^{j\Delta\omega t}\}$$

Επομένως σφάλματα συχνότητας προκαλούν μετατόπιση φάσματος καθώς επίσης και παραμόρφωση φάσης στην έξοδο του αποδιαμορφωτή. Μικρές μετατοπίσεις συχνότητας είναι ανεκτές σε επικοινωνίες φωνής.

Εάν το $\Delta\omega$ προσεγγίζει το εύρος ζώνης του σήματος, μπορεί να αναστρέψει το φάσμα, μετατοπίζοντας τις χαμηλές συχνότητες στις υψηλές και αντίστροφα, [Εικ.2.3.6](#). Αποτέλεσμα αυτού είναι να γίνεται η ομιλία ακατανόητη. Χρήση σε "speech scramblers".

Εικόνα 2.3.6: Αποτελέσματα των σφαλμάτων συχνότητας κατά την αποδιαμόρφωση SSB σημάτων



Διαμόρφωση SSB-LC

- Όπως και με DSB σήματα, μπορεί να προστεθεί ισχυρό φέρον στα SSB σήματα οπότε έχουμε την SSB-LC. Ένα τέτοιο σήμα στο χρόνο

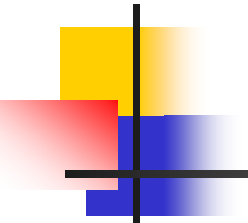
γράφεται $\phi(t) = A \cos \omega_c t + f(t) \cos \omega_c t \mp \hat{f}(t) \sin \omega_c t$

- Το αρχικό σήμα $f(t)$ μπορεί να ανακτηθεί από το $\phi(t)$ με ανιχνευτή περιβάλλουσας. Η περιβάλλουσα της παραπάνω εξίσωσης γράφεται

$$r(t) = \sqrt{[A + f(t)]^2 + [\hat{f}(t)]^2},$$

or

$$r(t) = A \sqrt{1 + \frac{2f(t)}{A} + \frac{f^2(t)}{A^2} + \frac{\hat{f}^2(t)}{A^2}}$$

- 
- Εάν το φέρον είναι πολύ μεγαλύτερο από την περιβάλλουσα της SSB-SC, οι δύο τελευταίοι όροι μπορούν να παραληφθούν

$$r(t) \approx A \sqrt{I + \frac{2f(t)}{A}}$$

- Όταν γίνει χρήση της δυωνυμικής ανάπτυξης και φύγουν οι υψηλοί όροι

$$r(t) \approx A \sqrt{I + \frac{f(t)}{A}} = A + f(t)$$

- Όταν φύγει ο dc όρος που εισάγεται από το φέρον, το SSB-SC σήμα μπορεί να αποδιαμορφωθεί σωστά με ανιχνευτή περιβάλλουσας. Τέτοια σήματα μπορούν να ανιχνευθούν από κοινούς ραδιοφωνικούς δέκτες AM. Χρειάζεται μισό εύρος ζώνης αλλά αρκετά παραπάνω ισχύ φέροντος από ότι στα DSB-LC.