

Πομπός

Ο πομπός λέγεται το τμήμα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος, το οποίο παίρνει το ηλεκτρικό σήμα της πληροφορίας και το μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή, ώστε να μπορεί να μεταδοθεί.

Η μετατροπή αυτή περιλαμβάνει:

α. Ενίσχυση του σήματος.

β. Παραγωγή ενός άλλου σήματος πολύ μεγαλύτερης συχνότητας, το οποίο ονομάζεται φέρον ή φορέας .

γ. Διαμόρφωση του φέροντος

δ. Ενίσχυση του διαμορφωμένου σήματος .

ε. Εκπομπή του διαμορφωμένου σήματος από την κεραία

Για να διακρίνεται το σήμα της πληροφορίας από το φέρον, θα αναφέρονται στο εξής ως σήμα χαμηλών συχνοτήτων (ΧΣ) και σήμα υψηλών συχνοτήτων (ΥΣ), αντίστοιχα.

Ερώτημα. Τί χρειάζεται η υψηλή συχνότητα (φορέας) αφού επιδιώκεται η μετάδοση μίας περιοχής χαμηλών συχνοτήτων. Η απάντηση είναι ότι η ΥΣ αποτελεί το μεταφορικό μέσο για την πληροφορία.

Διαμόρφωση

Καλείται η διαδικασία με την οποία το σήμα ΧΣ "φορτώνεται" στο σήμα ΥΣ (μεταφορικό μέσο) για να διαδοθεί, η "φόρτωση" ή αποτύπωση του σήματος ΧΣ πάνω στο φέρον γίνεται με τη μεταβολή φέροντος στο ρυθμό του σήματος χαμηλής συχνότητας.

Διαμόρφωση πλάτους (ΑΜ).

Καλείται η μεταβολή του πλάτους ενός φέροντος κύματος στο ρυθμό της συχνότητας ενός άλλου σήματος (διαμορφώνον) και σε μέγεθος ανάλογο του πλάτους του.

Παραγωγή AM σήματος

Υπάρχουν πολλά κυκλώματα, με διακριτά στοιχεία ή ολοκληρωμένα, τα οποία μπορούν να κάνουν διαμόρφωση πλάτους. Ένα από τα κυκλώματα αυτό είναι οι ενισχυτές με τρανζίστορ του φέροντος. Για το σκοπό αυτό αρκεί να αυξομειώνεται η απολαβή του ενισχυτή, σύμφωνα με τη συχνότητα και το πλάτος του διαμορφώνοντος σήματος. Όταν σε ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE) εφαρμοστεί το διαμορφώνον σήμα στη βάση ή στον εκπομπό, η πόλωση του τρανζίστορ θα αυξομειώνεται επομένως και η απολαβή του ενισχυτή .

Διαμόρφωση συχνότητας (FM).

Καλείται η μεταβολή της συχνότητας ενός φέροντος κύματος στο ρυθμό της συχνότητας ενός σήματος ΧΣ (διαμορφώνον) και σε μέγεθος ανάλογο με το πλάτος του.

Για την παραγωγή του σήματος FM χρησιμοποιείται η δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας (varactor). Είναι δίοδος η οποία ισοδυναμεί με πυκνωτή, όταν πολώνεται ανάστροφα. Τα τμήματα P και N έχουν το ρόλο των οπλισμών, ενώ η περιοχή απογύμνωσης το ρόλο του διηλεκτρικού. Όταν αυξάνεται η τάση αναστροφής πόλωσης, η χωρητικότητα ελαττώνεται. Με τη βοήθεια της τάσης του διαμορφώνοντος σήματος μεταβάλλουμε τη χωρητικότητα της δόδου. Η μεταβολή αυτή θα προκαλέσει αντίστοιχη μεταβολή της συχνότητας του ταλαντωτή. Επομένως το σήμα εξόδου του ταλαντωτή θα είναι διαμορφωμένο κατά συχνότητα.

Ο αναφερόμενος ταλαντωτής μετατρέπει τις μεταβολές τάσης σε μεταβολές συχνότητας και λέγεται ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση (Voltage Controlled Oscillator, VCO).

Σύγκριση των διαμορφώσεων AM και FM

Η διαμόρφωση AM χρησιμοποιήθηκε αρχικά. Αργότερα χρησιμοποιήθηκε η FM, με σκοπό να βελτιώσει την πιστότητα του λαμβανόμενου σήματος. Κατά τη διάδοση των κυμάτων από τον πομπό στο δέκτη παρατηρούνται διακυμάνσεις στα πλάτη, λόγω βιομηχανικών και ατμοσφαιρικών παρασίτων.

Παράσιτα είναι ανεπιθύμητα ΗΜΚ, τα οποία επικολλώνται στο σήμα.

Πηγές παρασίτων είναι οι αστραπές, οι κεραυνοί, το ηλεκτρικό σύστημα των αυτοκινήτων, το άνοιγμα ή το κλείσιμο διακοπών, ηλεκτρικές μηχανές κλπ. Για να απαλλαγεί το σήμα από τα παράσιτα, θα πρέπει να ψαλιδιστεί το πλάτος του.

Η ψαλίδιση του σηματος γίνεται από ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία υπάρχουν στο δέκτη και λέγονται περιοριστές. Είναι προφανές ότι ο περιορισμός του πλάτους δεν μπορεί να γίνει στο σήμα AM, γιατί θα χαθεί η πληροφορία την οποία μεταφέρει. Αντίθετα, ο περιορισμός του πλάτους του σηματος FM το απαλάσσει από τα παράσιτα, χωρίς να παρενοχλείται η πληροφορία που μεταφέρει.

Αλλαγή συχνότητας ή ετεροδύνωση.

Μετά την επιλογή του καναλιού πρέπει το σήμα να ενισχυθεί ακόμη, να απαλλαχτεί από τις συχνότητες των γειτονικών καναλιών οι οποίες υπάρχουν και να διαχωριστεί η πληροφορία (ΧΣ) από το φέρον (ΥΣ). Τα κυκλώματα του δέκτη θα πρέπει να εκτελούν τις παραπάνω εργασίες εξίσου καλά για όλες τις συχνότητες της περιοχής λειτουργίας πχ.. MW, FM, VHF κλπ. Η μελέτη των κυκλωμάτων δείχνει ότι είναι αδύνατο να έχουν την ίδια ενίσχυση και επιλεκτικότητα για τόσο μεγάλες περιοχές συχνοτήτων.

Για να αντιμετωπιστεί η προηγούμενη αδυναμία επινοήθηκε η αλλαγή συχνότητας ή ετεροδύνωση, η οποία δίνει την ίδια συχνότητα (ενδιάμεση συχνότητα, Intermediate Frequency, IF) ανεξάρτητα από τη φέρουσα συχνότητα του λαμβανομένου καναλιού.

Τα πλεονεκτήματα της αλλαγής συχνότητας είναι προφανή. Τα κυκλώματα του δέκτη λειτουργούν στην ίδια πάντα IF συχνότητα, και προσφέρουν μεγάλη ενίσχυση, επιλεκτικότητα και σταθερότητα λειτουργίας.

Παραγωγή της ενδιάμεσης (IF) συχνότητας

Η μίξη ή αλλαγή συχνότητας γίνεται από κάθε μη γραμμικό στοιχείο κυκλώματος, στοιχείο, δηλαδή, του οποίου η

χαρακτηριστική καμπύλη $I = f(V)$ δεν είναι ευθεία γραμμή. Τέτοια στοιχεία είναι η δίοδος το τρανζίστορ κλπ.

Όταν σε κύκλωμα που περιέχει μη γραμμικό στοιχείο εφαρμοστούν το διαμορφωμένο σήμα συχνότητας f_c και το σήμα ενός ταλαντωτή συχνότητας f_p , ο οποίος υπάρχει στο δέκτη και λέγεται τοπικός ταλαντωτής (total oscillator) ή ετερόδυνα, γίνεται μίξη των δύο σημάτων.

Η μίξη εκτός από τα αρχικά σήματα, δίνει και σήματα με διαφορετικές συχνότητες

Από τις συχνότητες αυτές με κατάλληλα κυκλώματα, που λέγονται φίλτρα, κρατάμε μόνον το σήμα $f_p - f_c$, το οποίο ονομάζουμε και ενδιάμεση συχνότητα, γιατί βρίσκεται ανάμεσα στη ΧΣ και ΥΣ

Το σήμα συχνότητας f_{IF} μεταφέρει την ίδια πληροφορία με το φέρον σήμα f_c . Το σήμα αυτό οδηγείται σε μια σειρά ενισχυτών όπου κυρίως γίνεται η ενίσχυση και η επιλογή του λαμβανόμενου καναλιού.

Αποδιαμόρφωση

Αποδιαμόρφωση, καλείται ο διαχωρισμός του σήματος χαμηλής συχνότητας (διαμορφώνον) από το σήμα υψηλής συχνότητας (φέρον).

Το φέρον σήμα έχει εκτελέσει τη μεταφορά της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη και δε χρειάζεται άλλο. Πρέπει να ξεχωρίσει από το σήμα της πληροφορίας και να πεταχτεί.

Η αποδιαμόρφωση είναι το αντίθετο της διαμόρφωσης. Έτσι κάθε κατηγορία διαμόρφωσης έχει και την αποδιαμόρφωσή της.

Αποδιαμόρφωση FM

Το βασικό πλεονέκτημα της FM είναι ότι το σήμα μπορεί να απαλλαχτεί από τα παράσιτα που μεταφέρει, οπότε επιτυγχάνεται υψηλή πιστότητα στη λήψη. Για το λόγο αυτό, το σήμα μετά τον ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας (IF) οδηγείται στον περιοριστή (Limiter), ο οποίος ψαλιδίζει τις κορυφές του και τις φέρνει στο 1010 ύψος. Το σήμα, απαλλαγμένο από τα παράσιτα οδηγείται στο φωρατή ο οποίος στην περίπτωση της FM είναι γνωστός ως διευκρινιστής (discriminator). Πολλές

μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για την αποδιαμόρφωση FM. Η αρχή λειτουργίας της μπορεί να γίνει κατανοητή με την παρακάτω μέθοδο:

Το σήμα IF οδηγείται σε ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού RLC, το οποίο μετατρέπει τις μεταβολές της συχνότητας σε μεταβολές του πλάτους.

Δηλαδή, μετατρέπει το διαμορφωμένο κατά συχνότητα σήμα σε διαμορφωμένο κατά πλάτος. Στη συνέχεια, με το γνωστό διοδικό φωρατή απαλλάσσεται το σήμα από τη φέρουσα συχνότητα.

Τα σήματα που εφαρμόζονται στο κύκλωμα RLC έχουν το ίδιο πλάτος, αλλά οι συχνότητές τους αυξομειώνονται γύρω από τη φέρουσα συχνότητα f_c .

Όταν μεταβάλλεται η συχνότητα του σήματος, μεταβάλλεται και το πλάτος του ρεύματος, σύμφωνα με τη γνωστή καμπύλη συντονισμού. Στο πηνίο L επάγεται σήμα, του οποίου το πλάτος μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της συχνότητας του σήματος FM, επομένως, ανάλογα και με το διαμορφώνον σήμα. Η διάοδος που ακολουθεί μαζί με το φίλτρο RC ξεχωρίζει το σήμα ΧΣ από τις υψηλές συχνότητες, κατά τα γνωστά από τη φώραση AM. Η παραπάνω μέθοδος δε δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, γιατί ίσες μεταβολές της συχνότητας του σήματος εισόδου δεν προκαλούν ίσες μεταβολές του πλάτους του σήματος εξόδου. Αυτό οφείλεται στη μη γραμμικότητα της καμπύλης συντονισμού.

Η καλύτερη μέχρι σήμερα μέθοδος φώρασης συχνότητας θεωρείται ο βρόχος κλειδωμένης φάσης (PLL). Ο βρόχος αυτός περιλαμβάνει έναν ταλαντωτή ελεγχόμενο από τάση (VCO), ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων (Low, -Pass filter, LPF) και έναν συγκριτή φάσης.

Ο συγκριτής φάσης συγκρίνει τις συχνότητες των δύο σημάτων εισόδου και δίνει μια τάση ανάλογη με τη διαφορά φάσης τους. Μπορεί να κατασκευαστεί με αναλογικά ή ψηφιακά κυκλώματα.

Το φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων εμποδίζει τη διέλευση των υψηλών συχνοτήτων οι οποίες πιθανόν ανήκουν στις συχνότητες IF του σήματος εισόδου ή στο θόρυβο.

Όταν στην είσοδο του PLL εφαρμοστεί σήμα FM, ο συγκριτής δίνει τάση μεταβαλλόμενη με τον ίδιο τρόπο που μεταβάλλεται και το διαμορφώνον σήμα. Το σήμα αυτό, αφού φιλτραριστεί, είναι εντελώς όμοιο με το διαμορφώνον και έχει λόγο σήμα προς θόρυβο S/N καλύτερο από τους άλλους φωρατές FM. Η μελέτη του PLL άρχισε το 1930, αλλά παρά τα πλεονεκτήματά του δεν εξαπλώθηκε, γιατί το κόστος του ήταν υψηλό. Σήμερα κατασκευάζεται ως ολοκληρωμένο κύκλωμα με χαμηλό κόστος και εύκολη εφαρμογή. Γι'αυτό βρίσκει πάρα πολλές εφαρμογές, μεταξύ των οποίων και τη φώραση FM στην οποία χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά.