

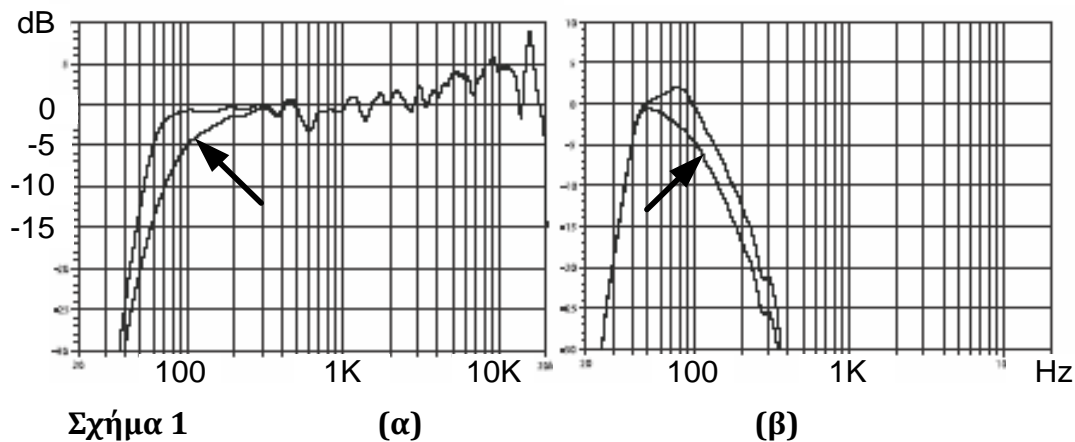
## ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

### Η/Α εγκατάσταση με συστοιχία

Δίνεται ηχοσύστημα για κάλυψη συναυλίας σε ανοικτό χώρο, που αποτελείται από:

- (i) Κεντρική γραμμική συστοιχία 6 ομοίων ηχείων. Το κάθε ηχείο έχει πλάτος απόκρισης συχνότητας που δίνεται στο **Σχήμα 1 (α) - βέλος**, στάθμης ευαισθησίας: 107 dB/W/m και ονομαστική αντίσταση (μέτρο) 8 Ω.
- (ii) 2 ηχεία χαμηλών συχνοτήτων subwoofer με πλάτος απόκρισης συχνότητας που δίνεται στο **Σχήμα 1 (β) - βέλος**, στάθμης ευαισθησίας: 105 dB/W/m και ονομαστική αντίσταση (μέτρο) 8 Ω.
- (iii) 5 ενισχυτές ισχύος ενός καναλιού, ο καθένας ονομαστικής ισχύος 1200W/4Ω ή 600W/8Ω.
- (iv) Παθητικό δικτύωμα διαχωρισμού περιοχών συχνότητας (cross-over) με φίλτρα μεταβλητής ρύθμισης παραμέτρων και ανεξάρτητη ρύθμιση του κέρδους λειτουργίας του κάθε φίλτρου.
- (v) Κονσόλα προενισχυτή-μίκτη.

Θεωρείστε ότι το ηχητικό σήμα που παράγει η συστοιχία είναι αντίστοιχο μιας σημειακής πηγής, δηλαδή το αποτέλεσμα της απλής άθροισης των επιμέρους σημάτων του κάθε ηχείου.



(α) να δοθεί διάγραμμα και αιτιολόγηση της καταλληλότερης διασύνδεσης των υποσυστημάτων του ηχοσυστήματος, με επεξήγηση του ρόλου της κάθε μονάδας.

(β) με βάση τη συνδεσμολογία στο (α), να υπολογισθεί η ηλεκτρική ισχύς με την οποία θα πρέπει να λειτουργεί ο κάθε ενισχυτής, ώστε το ηχοσύστημα να μπορεί να παράγει συνολική ηχοστάθμη 100 dB-SPL σε απόσταση 50m και στον ακουστικό άξονα των ηχείων.

## Λύση

(α)

Με δεδομένο ότι τα 6 ηχεία της κύριας γραμμικής συστοιχίας (στο **Σχήμα 2** σημειώνονται σαν HF) έχουν ονομαστική αντίσταση  $8\Omega$ , ο μόνος τρόπος που μπορούν να οδηγηθούν από τους διαθέσιμους ενισχυτές είναι αν συνδεθούν αν 2 παράλληλα. Έτσι, το κάθε ζεύγος θα εμφανίζει αντίσταση  $4\Omega$  και θα οδηγηθεί από ένα ενισχυτή που αποδίδει μέγιστη ισχύ  $1200W/4\Omega$  και η οδήγηση της κεντρικής συστοιχίας θα χρησιμοποιήσει τους 3 από τους 5 διαθέσιμους ενισχυτές.

Το καθένα από τα 2 ηχεία χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer) που στο **Σχήμα 2** σημειώνονται σαν LF, με δεδομένο ότι έχουν και χαμηλότερη στάθμη ευαισθησίας, θα απαιτήσουν οδήγηση από ξεχωριστό ενισχυτή που άρα θα τα οδηγεί με μέγιστη ισχύ  $600W/8\Omega$ .

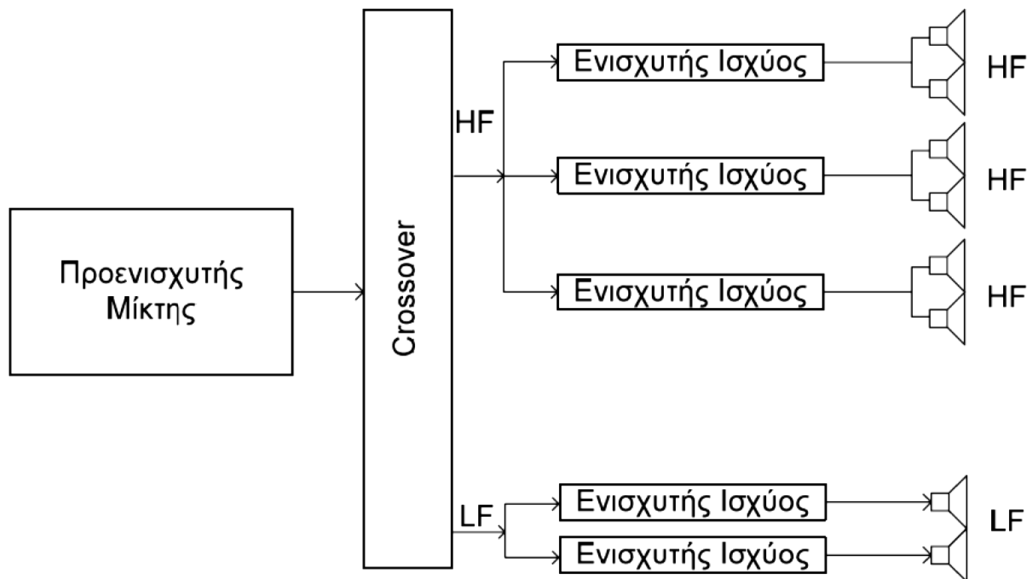
Τα υπόλοιπα διαθέσιμα υποσυστήματα, θα πρέπει να συνδεθούν όπως φαίνεται στο **Σχήμα2**: η έξοδος του Προενισχυτή / Μίκτη θα συνδεθεί στο Παθητικό δικτύωμα διαχωρισμού περιοχών συχνότητας (crossover) που από το σήμα εισόδου που έχει εύρος όλη την απαιτούμενη περιοχή συχνοτήτων, θα δημιουργήσει 2 εξόδους με προσαρμοσμένη συχνοτική ζώνη ώστε να οδηγούν την περιοχή απόκρισης των ηχείων της κεντρικής συστοιχίας (HF, **Σχήμα 1(α)**) και των ηχείων χαμηλών συχνοτήτων (LF, **Σχήμα 1(β)**). Συνεπώς, το δικτύωμα αποτελείται από 2 παράλληλα φίλτρα, ένα χαμηλοδιαβατό (LF) και ένα υψηλοδιαβατό (HF). Το καθένα από τα 2 παράλληλα φίλτρα επιτρέπει μεταβλητή ρύθμιση των παραμέτρων και ανεξάρτητη ρύθμιση του κέρδους λειτουργίας του. Ενδεικτικά, με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν στην εκφώνηση και στο **Σχήμα 1**, η συχνότητα αποκοπής των φίλτρων (υποθέτουμε εδώ ότι το καθένα είναι 1<sup>ης</sup> τάξης) θα βρίσκεται στην περιοχή των  $100\text{Hz}$  ώστε η επικάλυψη τους σε συνδυασμό με τις αποκρίσεις συχνότητας των ηχείων, να δημιουργεί συνολικά μια επίπεδη απόκριση συχνότητας. Επειδή οι ενισχυτές δεν έχουν δυνατότητα ανεξάρτητης ρύθμισης του κέρδους τους και συνεπώς ενισχύουν με σταθερό κέρδος το σήμα εισόδου τους, η ρύθμιση του κέρδους του κάθε φίλτρου του δικτύωματος, θα επιτρέψει την επίτευξη της σταθερής επίπεδης απόκρισης στις 2 συχνοτικές περιοχές λειτουργίας.

(β) Επειδή απαιτείται ηχοστάθμη  $100\text{dB}$  στα  $50\text{m}$ , σε όλο το εύρος συχνοτήτων και επειδή με βάση τα παραπάνω, θεωρούμε ότι δεν υπάρχει σημαντική επικάλυψη στην εκπομπή των ηχείων στις 2 συχνοτικές περιοχές, εξετάζουμε την ακουστική κάλυψη ξεχωριστά στις 2 αυτές περιοχές. Με βάση την εκφώνηση, θεωρούμε ότι το ηχητικό σήμα που παράγει η συστοιχία είναι αποτέλεσμα της απλής άθροισης των επιμέρους σημάτων του κάθε ηχείου και συνεπώς για τις μεσαίες-ψηλές προκύπτει από τη συνεισφορά  $N = 6$  ηχείων, ενώ για τις χαμηλές, από  $N = 2$  ηχεία.

Η εγκατάσταση λειτουργεί σε ανοικτό χώρο και συνεπώς, χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$L_p = SW + 10\log W_{HA} + 10\log N - 20\log r - b(\theta) \text{ dB}$$

Επιπλέον, επειδή εξετάζουμε την εκπομπή στον ακουστικό άξονα,  $b(\theta) = 0 \text{ dB}$ .



**Σχήμα 2**

Συνοπώς:

- (i) για την περιοχή Μεσαίων - Υψηλών (HF) συχνοτήτων της κεντρικής συστοιχίας, θα έχουμε:

$$L_p = 100 = 107 + 10\log W_{HA} + 10\log 6 - 20\log 50 \text{ dB}$$

και κάθε ηχείο θα πρέπει να τροφοδοτείται με:

$$\log W_{HA} = 1,92 \Rightarrow W_{HA} = 83,14 \text{ Watt}$$

άρα κάθε ένας από τους 3 ενισχυτές αυτής της περιοχής πρέπει να τροφοδοτεί τα 2 ηχεία με

$$W_{HA} = 2 \times 83,14 = 166 \text{ Watt}$$

- (ii) για την περιοχή Χαμηλών (LF) συχνοτήτων, θα έχουμε:

$$L_p = 100 = 105 + 10\log W_{HA} + 10\log 2 - 20\log 50 \text{ dB}$$

και κάθε ηχείο θα πρέπει να τροφοδοτείται με:

$$\log W_{HA} = 2,59 \Rightarrow W_{HA} = 389 \text{ Watt}$$

άρα κάθε ένας από τους 2 ενισχυτές αυτής της περιοχής πρέπει να τροφοδοτεί το κάθε ηχείο με  $W_{HA} = 389 \text{ Watt}$ .

## **Σημείωση**

Το παραπάνω σύστημα αποτελεί τη διάταξη του ενός καναλιού από τις 2 συστοιχίες (δεξιά και αριστερή) της ηχητικής εγκατάστασης της Κυρίας Αίθουσας του Συνεδριακού και Πολιτιστικού Κέντρου του Παν/μίου Πατρών (ΣΠΚ, δείτε και σχετική παρουσίαση). Στο σύστημα αυτό, οι ενισχυτές που περιεγράφηκαν στην εκφώνηση έχουν 2 κανάλια και έτσι οδηγείται ξεχωριστά το δεξί και αριστερό κανάλι, με βάση την παραπάνω συνδεσμολογία. Η παραπάνω ανάλυση περιγράφει επίσης την ακουστική κάλυψη του απευθείας σήματος, μια που δεν υπολογίστηκε η συνεισφορά της στάθμης λόγω αντήχησης.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι οι ενισχυτές που οδηγούν την κεντρική συστοιχία, λειτουργούν σχεδόν στο 14% της μέγιστης ισχύος τους για να πετύχουν 100dB στα 50m. Αντίθετα, οι ενισχυτές που οδηγούν τα subwoofer λειτουργούν περίπου στο 64% της μέγιστης δυνατότητας τους για να πετύχουν την ίδια στάθμη.

Στην πράξη, οι προδιαγραφές λειτουργίας του συστήματος καθορίζουν μέγιστη στάθμη απευθείας σήματος 104dB για κάλυψη σε όλες τις θέσεις του ΣΠΚ.