ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« Συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A.) – Ιστορική εξέλιξη και μελέτη ενός σύγχρονου συστήματος»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Κοχλιός Γεώργιος 3/11

Επιβλέπων καθηγητής: Νηστικάκης Μιχαήλ

Συνεπιβλέπων καθηγητής: Βούβαρης Πέτρος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ…… 4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° : Τα πρώτα μέσα ηχογράφησης και τα συστήματα ήχου στους κινηματογράφους…….. 5-13

1.1: Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στις πρώτες ηχογραφήσεις…… 5

1.2: Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου των κινηματογράφων και η τοποθέτησή τους στο χώρο…… 10

1.3: Ο τρόπος λειτουργίας και κατασκευής των μεγαφώνων (χοανών) στους κινηματογράφους…… 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°: Τα πρώτα βήματα στην εξέλιξη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου……..... 14-19

2.1:Τα νέα μέσα ηχογράφησης που οδήγησαν στα πρώτα συστήματα ενίσχυσης ήχου σε συναυλίες……... 14

2.2:Τα μέρη που αποτελούσαν τα συστήματα ενίσχυσης ήχου στις πρώτες συναυλίες κλειστού και ανοιχτού χώρου…… 16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°: Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980…… 19-25

3.1:Η εξέλιξη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου στις δεκαετίες 1960-1980…. 20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°: Η δεκαετία του 1990 και η εξέλιξη στα συστήματα ενίσχυσης ήχου μέχρι και τη δεκαετία του 2000…… 26-28

4.1:Η γενική εξελικτική πορεία που ακολούθησε η τεχνολογία των συστημάτων ενίσχυσης ήχου τις δεκαετίες 1990 και 2000…….. 26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°: Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A.) – παρουσίαση και μελέτη των συστατικών μερών του…… 29-63

5.1: Βασικά ακουστικά φαινόμενα του ήχου στο χώρο……..... 29

5.2: Τα συστήματα P.A. και ο ζωντανός ήχος (live sound)…… 34

5.3: Γενική εισαγωγή, χαρακτηριστικά και λειτουργίες των συστημάτων ενίσχυσης ήχου……... 35

5.4: Ο εξοπλισμός ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A.)……. 38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : Ανάλυση ενός συστήματος Public Address (P.A.) – Ο τρόπος εγκατάστασης και λειτουργίας του και η συμπεριφορά του ανάλογα με τη χρήση του…… 63-79

6.1: Οι βασικές αρχές εγκατάστασης ενός συστήματος P.A…….. 66

6.2: Η εγκατάσταση και οι διαδικασίες που ρυθμίζουν τη σωστή λειτουργία 70

ενός συστήματος P.A.…….

6.3: Η αντήχηση και ο υπολογισμός της στους διάφορους χώρους…… 74

6.4: Η ισχύς, η αποδοτικότητα, και η μετάδοση του ήχου από το P.A. σύστημα στον κόσμο – το decibel (dB)……... 77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: Οι νέες τεχνολογίες που έχουν εισαχθεί στα P.A. συστήματα – οι σειριακές γραμμικές ηχητικές διατάξεις και τα είδη τους……. 79-96

7.1: Το θεωρητικό υπόβαθρο των line array……. 80

7.2: Τα είδη των σειριακών γραμμικών ηχητικών διατάξεων……. 84

7.3: Η κατασκευή και η λειτουργία των line arrays…….. 92

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ……. 97

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ…….. 99

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ιστορική εξέλιξη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου, μέχρι τη σημερινή εποχή με τα P.A. systems (Public Address systems), καθώς και την ανάλυση και τη μελέτη ενός τέτοιου συστήματος.

Η συγκεκριμένη εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη: το πρώτο μέρος, το οποίο περιλαμβάνει την ιστορική εξέλιξη της ενίσχυσης του ήχου, από τις απαρχές της και τις πρώτες μηχανές ηχογράφησης, μέχρι και τη σημερινή εποχή των συστημάτων P.A. (Public Address), και το δεύτερο, το οποίο αποτελεί ανάλυση και μελέτη ενός σύγχρονου συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών, βάσει συγκεκριμένων παραγόντων και παραμέτρων που αναφέρονται στους στόχους της εργασίας.

Πιο αναλυτικά, η εργασία χωρίζεται σε επτά κεφάλαια. Τα πρώτα τέσσερα κεφάλαια ομαδοποιούνται καθώς αποτελούν περιγράφουν την εξελικτική πορεία των συστημάτων ενίσχυσης ήχου, και καθένα από τα κεφάλαια καλύπτει διαφορετική χρονική περίοδο. Το πέμπτο κεφάλαιο περιγράφει σε γενικά πλαίσια τον ορισμό του συστήματος ενίσχυσης ήχου και σ’ αυτό αναλύονται τα συστατικά μέρη του συστήματος και η λειτουργία τους. Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A. system), ως προς την εγκατάστασή του, τη λειτουργία του, και τη συμπεριφορά του ανάλογα με τη χρήση του. Στο έβδομο κεφάλαιο, τέλος, γίνεται παρουσίαση και ανάλυση των νέων τεχνολογιών οι οποίες έχουν εισαχθεί σ’ αυτά τα συστήματα, τα οποία αποτελούν «state–of–the-art» στη σημερινή εποχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: «Τα πρώτα μέσα ηχογράφησης και τα συστήματα ήχου στους κινηματογράφους»

1.1 : «Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν στις πρώτες ηχογραφήσεις»

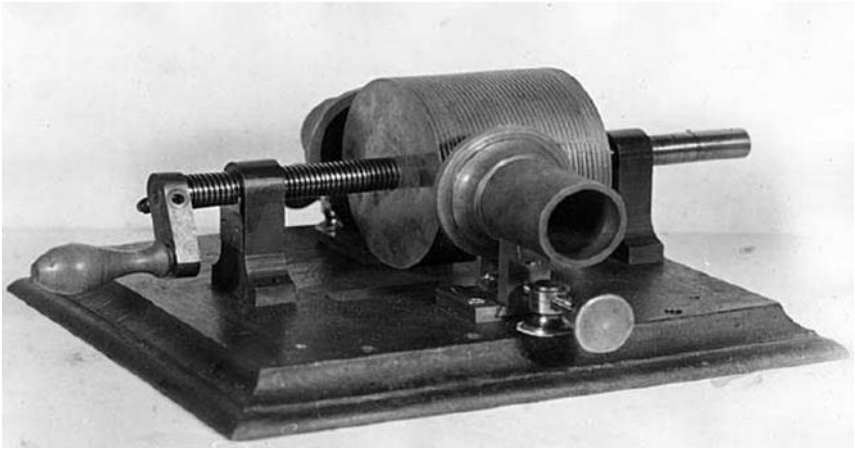
Τα πρώτα συστήματα ενίσχυσης ήχου, τα οποία αφορούσαν τον ομιλούντα κινηματογράφο, εμφανίστηκαν στις κινηματογραφικές αίθουσες, με σκοπό την ταυτόχρονη αναπαραγωγή ήχου και εικόνας, τόσο στις Η.Π.Α. όσο και στην Ευρώπη, κατά τις δύο πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα. Ταυτόχρονα, λοιπόν, με την εξέλιξη των κινηματογραφικών προβολών και την ανάπτυξη των κινηματογράφων, αυξάνεται και η ανάγκη ηχητικής κάλυψης των προβολών των ταινιών. Έτσι, εμφανίζεται ως πρωταρχική μορφή ηχητικής κάλυψης η χοάνη, η οποία έδινε τη δυνατότητα εκείνη τη συγκεκριμένη εποχή να ακούγεται ζωντανά ο ήχος σε συνδυασμό με τη μετάδοση της εικόνας.

Ωστόσο, η ιστορία δεν ξεκινά απ' ευθείας από τον κινηματογράφο, αλλά αρκετές δεκαετίες πιο πριν, όταν εφευρέθηκαν τα πρώτα συστήματα ηχογράφησης του ήχου, τα οποία χάρη στην εξέλιξή τους, οδήγησαν στη δημιουργία του μεγαφώνου και της χοάνης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε και στον κινηματογράφο.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηχογραφήσεων επηρέασε τον τρόπο ηχητικής κάλυψης γεγονότων και διαφόρων εκδηλώσεων, τόσο στους κινηματογράφους όσο και σε συναυλίες ανοικτού ή κλειστού χώρου και μουσικά φεστιβάλ ανά την υφήλιο[1]. Οι ιστορικοί σταθμοί στην εξέλιξη της τεχνολογίας των ηχογραφήσεων:

- 1877 – Ο Thomas Edison δημιούργησε την πρώτη μηχανή, η οποία ηχογράφησε την ανθρώπινη φωνή με επιτυχία. Η μηχανή αυτή ονομάστηκε « φωνόγραφος » και περιείχε έναν κύλινδρο καλυμμένο με αλουμινόχαρτο. Να σημειωθεί ότι πριν από τον Edison κάποιοι προσπάθησαν να δημιουργήσουν μία τέτοια μηχανή ηχογράφησης, αλλά η προσπάθεια του Edison ήταν η πρώτη επιτυχημένη.

[1] Steve Schoenherr, Audio Engineering Society, "Recording Technology History", http://www.aes.org/aeshc/docs/recording.technology.history/notes.html (προσπελάστηκε 10 Αυγούστου, 2014).



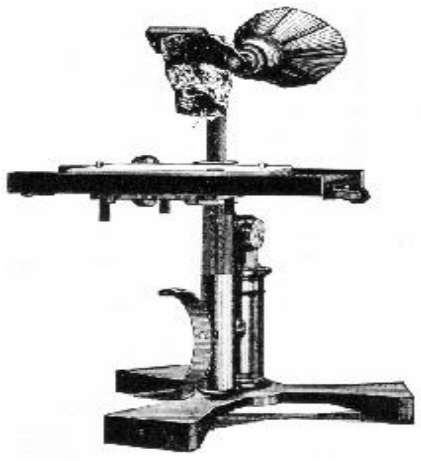
Εικόνα 1: Φωνόγραφος του Thomas Edison - http://www.melwdos.com/history (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

➢ 1885 – Οι Charles Tainter και Chichester Bell κατασκεύασαν έναν φωνόγραφο δεύτερου τύπου την οποία και ονόμασαν «graphophone». Για την κατασκευή του χρησιμοποίησαν κυλίνδρους επικαλυμμένους από κερί συνδυασμένους με ραβδώσεις κάθετα κομμένες.

Εικόνα 2: Το πρώτο «graphophone» που κατασκευάστηκε από τους Charles Tainter και Chichester Bell το 1885 - http://www.recording-history.org /HTML /phono technology3.php (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

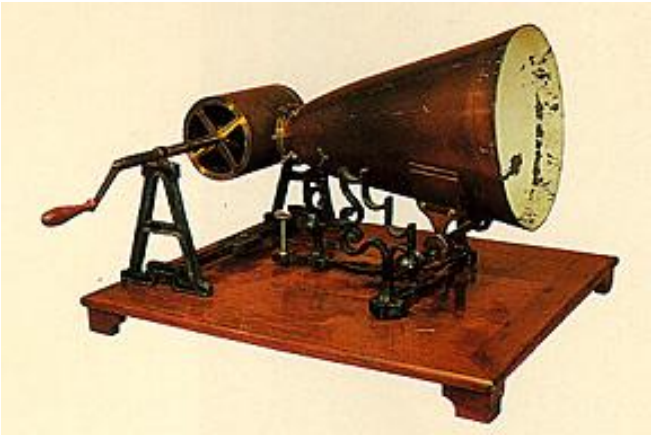
➢ 1887 – Ο τρίτος τύπος φωνόγραφου είναι γεγονός. Ο Emile Berliner, επεξεργαζόμενος το «graphophone» των Tainter και Bell και χρησιμοποιώντας ένα μη κέρινο δίσκο φωτογραφικά χαραγμένο με ραβδώσεις

πλάγια κομμένες, κατάφερε να βελτιώσει αισθητά την απόδοση του φωνόγραφου των δύο προαναφερθέντων εφευρετών[2].



Εικόνα 3: Φωνόγραφος του 1887 - http://www.aes.org/aeshc/docs/ recording.technology.history/notes.html (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

- 1890 – Η εξέλιξη προς τη χοάνη των κινηματογράφων έρχεται όλο και πιο κοντά. Το περίφημο « juke box » έρχεται στην αγορά, και τοποθετείται στο Palais Royal Room του San Francisco, κερδίζοντας πάνω από 1.000 $ τους πρώτους έξη μήνες λειτουργίας του. Λειτουργούσε με κέρματα και ήταν κατ' ουσία ένας κυλινδρικός φωνόγραφος.
- 1896 – Ο Eldridge βελτίωσε το φωνόγραφο, εισάγοντας σ' αυτόν ένα μοτέρ σχεδιασμένο από τον Levi Montross, καθιστώντας το φωνόγραφο μία απλή και φτηνή μηχανή η οποία έγινε ο πιο διάσημος φωνόγραφος μέχρι το 1900.



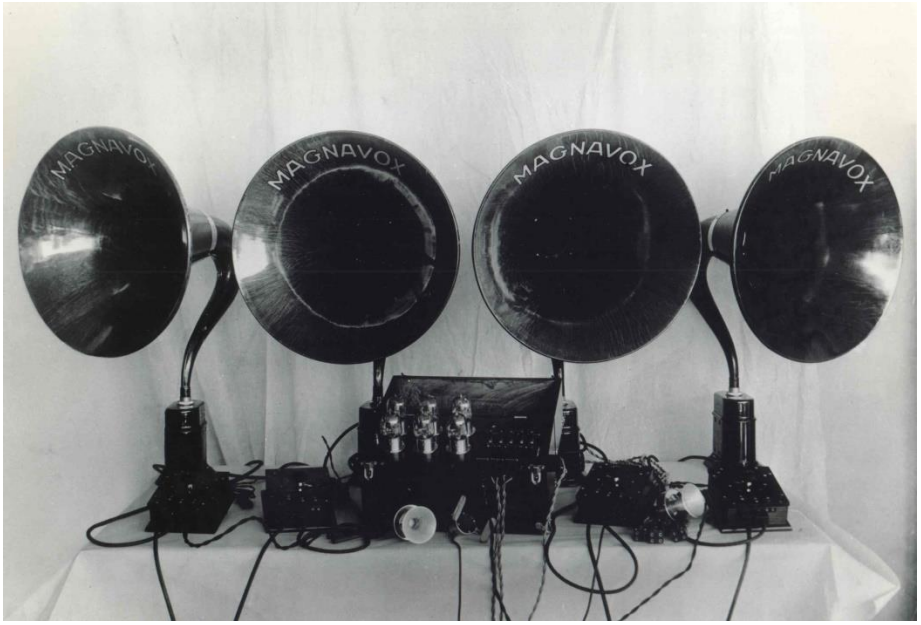
Εικόνα 4: Ο Φωνόγραφος του Eldridge - http://www.aes.org/aeshc/docs/recording.technology.history/notes.html (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

[2] Βλ. υποσημείωση 1.

➢ 1904 - Η Odeon ιδρύθηκε στη Γερμανία με πρωτοβουλία της International Talking Machine Co. με σκοπό να πουλήσει δίπλευρους δίσκους, οι οποίοι είχαν πρωτοπορήσει στη Νότια Αμερική το 1902. Ωστόσο, ήταν ακόμα αδύνατον να ηχογραφηθεί μία ολόκληρη συμφωνία σε ένα μονό δίσκο, και παραμένει αξιοσημείωτο ότι η πρώτη ολόκληρη όπερα που ηχογραφήθηκε ποτέ ήταν η όπερα «Ernani» του Verdi σε σαράντα μονόπλευρους δίσκους. Η Odeon πρωτοπόρησε και δημιούργησε κάτι που ονόμασε «album» με πρώτη απόπειρα ηχογράφησης τη «Σουίτα του Καρυοθραύστη» του Tchaikovsky το 1909 σε 4 δίπλευρους δίσκους, συμπεριλαμβανόμενους σε ειδικά σχεδιασμένο πακέτο κυκλοφορίας.

➢ 1906 – Η Victor εισήγαγε τον πρώτο ολικά κεκλεισμένο φωνόγραφο σε καμπίνα, ο οποίος μέχρι το 1907 είχε πάρει το προσωνύμιο «Victrola» και περιείχε εσώκλειστη μία κωνική χοάνη.

➢ 1911 - Οι Edwin S. Pridham και Peter Jensen στη Napa της California εφηύραν το πρώτο μεγάφωνο κινητού πηνίου, το γνωστό «Magnavox».



Εικόνα 5: Το Magnavox, θεωρητικά το πρώτο σύστημα P.A. - http://www.aes.org/aeshc/docs/recording.technology.history/notes.html (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

➢ 1912 - Ο Thomas Edison εισήγαγε τους κυλίνδρους «blue Amberol» οι οποίοι μπορούσαν να παίξουν για τέσσερα λεπτά. Είχαν μικρό επιφανειακό θόρυβο και υψηλότερη ποιότητα από τους επίπεδους δίσκους.

- 1916 - Ο Theodore Case ίδρυσε το εργαστήριό τους στη Νέα Υόρκη, και ανέπτυξε ένα σύστημα ηχογράφησης ήχου σε ταινία για κινούμενες εικόνες[3].
- 1925 – Οι πρώτοι ηλεκτρικά ηχογραφημένοι δίσκοι βγαίνουν προς πώληση χρησιμοποιώντας το σύστημα της Western Electric, το οποίο είχε αναπτυχθεί δέκα χρόνια πριν. Έτσι, κατέστη δυνατόν να ηχογραφηθούν ολόκληρες ορχήστρες και κινούμενες εικόνες με ήχο.
- 1927 – Η AMI εισήγαγε το «juke box», ένα ηλεκτρικό μηχάνημα αναπαραγωγής ήχου που δούλευε με κέρματα.
- 1929 – Η RCA ξεκίνησε να κατασκευάζει transcription δίσκους βινυλίου με σκοπό να αναπαράγουν τραγούδια στο ραδιόφωνο. Το ίδιο έτος η Magnavox βελτιώνει τη σπείρα μέσα στο μεγάφωνο, με αποτέλεσμα να μειωθεί το βουητό του μεγαφώνου.
- 1929 – Τα εργαστήρια του A.G. Bell εργάζονταν πάνω σε ένα νέο κωνοειδές μεγάφωνο υψηλής ευαισθησίας, συνδυαζόμενο με μία μεγάλου λαιμού χοάνη, η οποία θεωρητικά επέκτεινε την περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων. Το ίδιο έτος το νέο σχέδιο ηλεκτροστατικού μεγαφώνου κατασκευάστηκε και εγκαταστάθηκε σε πολλούς κινηματογράφους. Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα προσπάθησαν να κατασκευάσουν και οι Vogt και Engl στη Γερμανία χρησιμοποιώντας τρεις τύπους διαφορετικούς σε μέγεθος μεταξύ τους, με σκοπό να υπάρξει μία ευρεία απόκριση συχνότητας.
- 1931 – Ανοίγει το μεγαλύτερο στούντιο ηχογράφησης στον κόσμο, το στούντιο της EMI στο Λονδίνο. Ο ιδιοκτήτης της EMI, Louis Sterling, προσλαμβάνει τον Blumlein, επιτρέποντάς του να τοποθετήσει το δικό του ηλεκτρικό σύστημα ηχογράφησης.
- 1931 – Η AEG και η Pfleumer αρχίζουν να κατασκευάζουν τις πρώτες μηχανές ηχογράφησης μαγνητικής ταινίας[4].

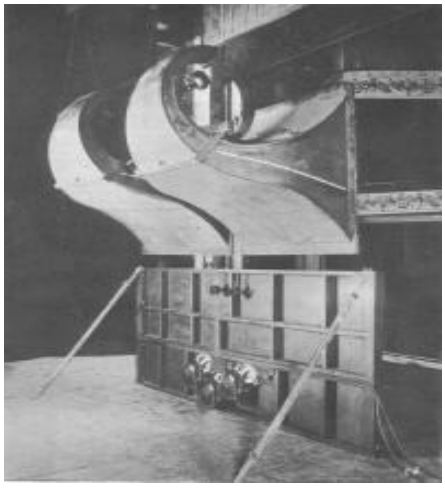
Ήταν πλέον βέβαιο ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας στο πεδίο των ηχογραφήσεων είχε φτάσει η ώρα για τη διάδοση της αναπαραγωγής ήχου στις τότε ευρείας κατανάλωσης μορφές διασκέδασης, που τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα είχαν γνωρίσει μεγάλη άνθιση, καθώς οι κινηματογράφοι πολλαπλασιάστηκαν, κυρίως στις Η.Π.Α., αλλά και στην

[3] Βλ. υποσημείωση 1.
[4] Βλ. υποσημείωση 1.

Ευρώπη, από όπου και ξεκίνησε ο κινηματογράφος ως μορφή ψυχαγωγίας. Τα γεγονότα που ακολούθησαν, αποδείχτηκαν σημαντικά όχι μόνο για την εξέλιξη των συσκευών ηχογράφησης και αναπαραγωγής ήχου, αλλά και για τη δημιουργία νέων συστημάτων μεγαλύτερης δυναμικής και καλύτερης ποιότητας, αλλά και για τη βελτίωση της ηχητικής κάλυψης, τόσο στους κινηματογράφους αλλά και μετέπειτα στις συναυλίες ανοικτού και κλειστού χώρου.

1.2 : «Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου των κινηματογράφων και η τοποθέτησή τους στο χώρο»

Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου στον κινηματογράφο αποτελούνταν από ένα μηχανικό γραμμόφωνο, το οποίο είχε ηχογραφημένη την ομιλία και τη μουσική σε δίσκους, και από μία ακουστική χοάνη, η οποία αναπαρήγαγε τις ηχογραφήσεις. Ωστόσο, από το 1925 και μετά, με την ανακάλυψη των λυχνιών ενίσχυσης κατέστη δυνατή η μετατροπή ήχου σε ηλεκτρικές δονήσεις χρησιμοποιώντας ένα μικρόφωνο άνθρακα, το οποίο εφευρέθηκε από τον Berliner[5]. Τα ηλεκτρικά σήματα, αφού ενισχύονταν, τροφοδοτούσαν την κεφαλή κοπής η οποία χάραζε την αυλάκωση του δίσκου. Από κείνη την εποχή και μετά η συνεχής έρευνα άρχισε να βελτιώνει τα υλικά ηχογράφησης, τις κεφαλές κοπής, τα πικάπ και τις τεχνικές ηχογράφησης.

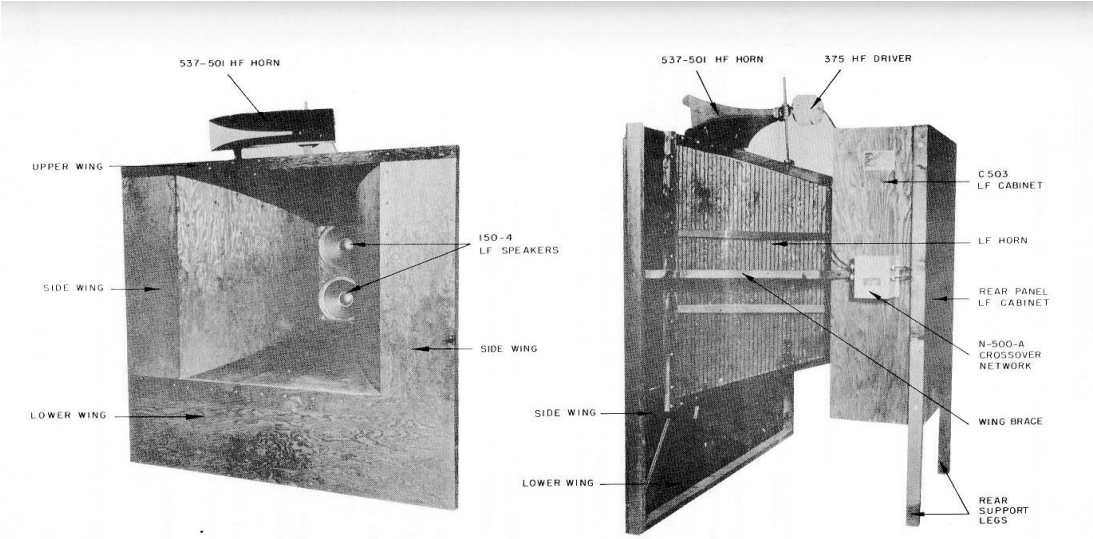


Εικόνα 6: Ένα από τα πρώτα συστήματα ενίσχυσης ήχου στους κινηματογράφους των δεκαετιών 1910 – 1920 - http://education.lenardaudio.com/en/17_cinema.html (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

[5] Βλ. υποσημείωση 1.

Τα ηχεία των κινηματογράφων γενικά πρέπει να αναπαράγουν εφέ, μουσική και διάλογο, με σημαντικότερο απ' αυτά το διάλογο. Για το λόγο αυτό, τα ηχεία των κινηματογράφων πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Τα κομμάτια που αφορούν κινούμενη εικόνα συμπεριλαμβάνουν ηχητικά εφέ. Τα συγκεκριμένα κομμάτια, λοιπόν, ηχογραφούνταν χωρίς κανένα στοιχείο, το οποίο να μιμείται τον αυθεντικό ήχο[6].



Εικόνα 7: Σύστημα μεγαφώνου των πρώτων κινηματογράφων της εταιρείας Ampex - http://www.itishifi.com/2012/05/early-ampex-corporation-theater-sound.html (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου, 2015)

Οι απαιτήσεις αυτές επιβάλλουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αφορούν το εύρος ζώνης του αναπαραγόμενου ήχου, καθώς και κατευθυντικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου συστήματος ηχείων. Όταν συνοδεύουν το διάλογο, η μουσική και τα εφέ θα πρέπει να έχουν ελεγχόμενη στάθμη και απόκριση υψηλής συχνότητας για την αποφυγή του φαινομένου της επικάλυψης, το οποίο θα μείωνε αισθητά την καταληπτότητα του λόγου. Ορισμένα ηχεία σήμερα προσφέρουν τη δυνατότητα υψηλής κατευθυντικότητας του εκπεμπόμενου ήχου στην περιοχή συχνοτήτων του λόγου όπου η ευαισθησία της καταληπτότητας είναι υψηλή από ό, τι οι χαμηλότερες συχνότητες.

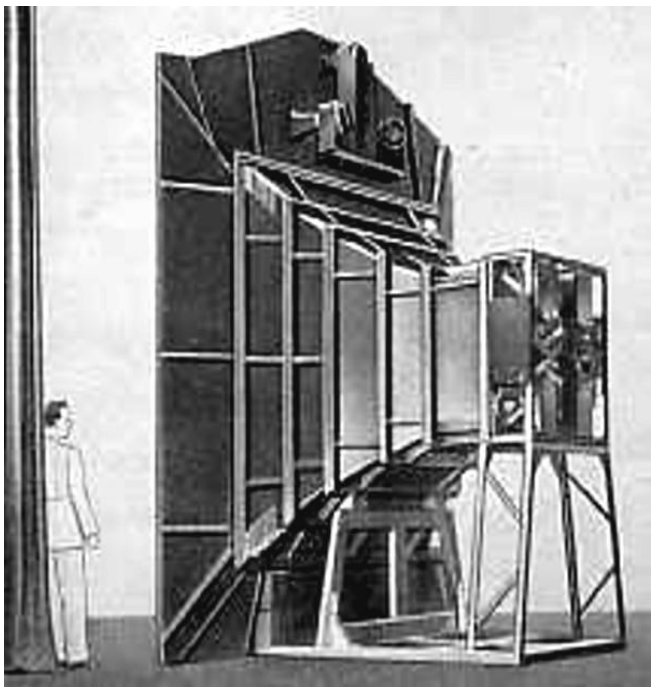
Τα συστήματα μεγαφώνων του κινηματογράφου τοποθετούνταν πίσω από τις οθόνες προβολής καλυμμένα με ηχοπερατό υλικό. Από κει, τα

[6] Βλ. υποσημείωση 1.

μεγάφωνα, οι μεγάλες χοάνες των συστημάτων ενίσχυσης ήχου, έπαιζαν συνδυαστικά τον ήχο με την μεταδιδόμενη εικόνα[7].

1.3 : «Ο τρόπος λειτουργίας και κατασκευής των μεγαφώνων (χοανών) στους κινηματογράφους»

Το σύστημα ενίσχυσης ήχου στους κινηματογράφους χρησιμοποιούσε ηχεία χοάνης. Η χοάνη ήταν τρόπος ενίσχυσης του ήχου του μεγαφώνου, που αναπαρήγαγε τον ήχο σε μεγάλες κινηματογραφικές αίθουσες. Κυριάρχησε μέχρι τη δεκαετία του 1950 και χρησιμοποιήθηκε και στα συστήματα ενίσχυσης ήχου στις πρώτες συναυλίες κυρίως κλειστού αλλά και ανοιχτού χώρου.



Εικόνα 8: Σχέδιο χοάνης στον κινηματογράφο και αναλογική παράσταση του μεγέθους της (σχέδιο από σημειώσεις Ηλεκτρακουστικής του καθηγητή κ. Νηστικάκη Μιχαήλ)

Ο τρόπος λειτουργίας της χοάνης ήταν η φόρτιση μέσω χοάνης του απευθείας ήχου του μεγαφώνου, η οποία εφαρμόστηκε αρχικά στα συστήματα ενίσχυσης ήχου των κινηματογραφικών αιθουσών. Το ζητούμενο τότε ήταν υψηλή στάθμη αναπαραγωγής με σχετικά χαμηλή παροχή ηλεκτρικής ισχύος από τους ενισχυτές. Ο συνηθισμένος ηλεκτροδυναμικός μετατροπέας έχει

[7] Βλ. υποσημείωση 1.

τυπικό βαθμό απόδοσης 1%. Η χοάνη, λοιπόν, λειτουργούσε ως μετασχηματιστής της ακουστικής αντίστασης προσαρμόζοντας την υψηλή αντίσταση του διαφράγματος του μεγαφώνου στη σχετικά χαμηλή ακουστική αντίσταση του αέρα. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της απόδοσης. Η απόδοση του συνδυασμού μεγαφώνου – χοάνης κυμαίνεται από 10% ως το μέγιστο θεωρητικό όριο του 50%. Ο περιορισμό της χαμηλής ισχύος των ενισχυτικών διατάξεων εκείνης της εποχής δεν ισχύει σήμερα, όμως η φόρτιση χοάνης εξακολουθεί να είναι δημοφιλής επειδή μπορεί να προσδώσει σταθερά χαρακτηριστικά κατευθυντικότητας σε ένα μετατροπέα. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα επιθυμητό στις επαγγελματικές εγκαταστάσεις, καθώς επιτρέπει την εστίαση του ήχου σε συγκεκριμένα τμήματα του ακροατηρίου.

Πάνω από μια ορισμένη συχνότητα αποκοπής η χοάνη λειτουργεί ως κυματοδηγός για τα ηχητικά κύματα. Κάτω από τη συχνότητα αποκοπής η φόρτιση του μεγαφώνου είναι αμελητέα και δεν μπορεί να υπάρξει κυματική διάδοση. Η γεωμετρία που εμφανίζεται πιο συχνά στις πρακτικές εφαρμογές (ακόμα και σήμερα) είναι αυτή της εκθετικής χοάνης[8].

Όσον αφορά την κατασκευή μεγαφώνων με φόρτιση χοάνης, υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις της αγοράς. Η φόρτιση χοάνης συναντάται σήμερα κυρίως στις επαγγελματικές ηχητικές εγκαταστάσεις, όπου υπάρχει ανάγκη για μεγάλες στάθμες και ελεγχόμενη κατευθυντικότητα. Τα μεγάφωνα που προορίζονται να συνεργαστούν με τη χοάνη έχουν ειδική κατασκευή. Η διάμετρος του διαφράγματος είναι συνήθως μεγαλύτερη από τη διάμετρο του λαιμού της κόρνας με σκοπό την αύξηση της ευαισθησίας. Τα μεγάφωνα αυτά αναπαράγουν μεσαίες και υψηλές συχνότητες πάνω από τα 500 Hz. Οι χαμηλές συχνότητες, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, αναπαράγονται από συμβατικά μεγάφωνα για πρακτικούς λόγους, όπως το μέγεθος.

Οι χοάνες που εμφανίστηκαν πρώτα στους κινηματογράφους εξελίχτηκαν με την πάροδο του χρόνου, εμφανίζοντας νέα χαρακτηριστικά σε κάθε περίοδο[9].

---

[8] Σπύρος Λουτρίδης, *Ηλεκτρακουστική και Ηχητικές Εγκαταστάσεις*, κεφάλαιο 7, 7.1 – «Φόρτιση χοάνης» (Ίων, 2010).
[9] Βλ. υποσημείωση 8.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} : «Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1960»

Η επόμενη περίοδος μετά την εμφάνιση των πρώτων συστημάτων ενίσχυσης ήχου στις πρώτες ηχογραφήσεις και στον κινηματογράφο, χαρακτηρίζεται από αρκετές μεταβολές στην τεχνολογία με την οποία κατασκευάζονται και λειτουργούν τα νέα συστήματα ενίσχυσης ήχου, τόσο στις ηχογραφήσεις της εποχής, όσο και στις συναυλίες ανοικτού και κλειστού χώρου. Ειδικά μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, όπου με την επικράτηση της ειρήνης άρχισε η αργή και σταδιακή ανασύνταξη και ανάπτυξη της ανθρωπότητας σε όλα τα επίπεδα, συμπεριλαμβανομένης και της μουσικής, ήταν λογικό η τεχνολογία του ήχου να ακολουθήσει τη γενικότερη πορεία με την εμφάνιση νέων μηχανημάτων και συστημάτων ηχογράφησης και κάλυψης συναυλιών.

2.1 : «Τα νέα μέσα ηχογράφησης που οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων μέσων ενίσχυσης ήχου στις συναυλίες»

Οι ανακαλύψεις που προαναφέρθηκαν όσον αφορά τον τομέα των ηχογραφήσεων στο προηγούμενο κεφάλαιο, σε συνδυασμό με τις πρώτες ηχογραφήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κυρίως στις δύο πρώτες δεκαετίες του 20^{ού} αιώνα, προώθησαν την ταυτόχρονη εξέλιξη των μέσων ηχογράφησης και αναπαραγωγής[10]. Έτσι, μέχρι το 1925 όλες οι ηχογραφήσεις γίνονταν ακουστικά και αναπαράγονταν από μηχανικά γραμμόφωνα μέσω των ακουστικών χοανών. Τα σημαντικά ορόσημα της ιστορίας της ηχογράφησης του ήχου ήταν η εφεύρεση του ηλεκτρικού πικάπ από τη Western Electric το 1918, η εφεύρεση του κρυσταλλικού πικάπ από τον Sawyer το 1931 και η εφεύρεση της πολυκάναλης διαμόρφωσης από τον Arthur Keller της Bell Labs το 1929, η οποία αργότερα εφαρμόστηκε από τον Blumlein το 1931. Έπειτα, η μέθοδος της χάραξης στερεοφωνικών δίσκων δε γνώρισε ιδιαίτερη επιτυχία με αποτέλεσμα αυτή η μέθοδος να εγκαταλειφθεί

[10] Glen Ballou, *Handbook for sound engineers*, *Disk recording and playback*, (Focal, 2005), 913-914.

σύντομα μετά την εφεύρεσή της. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιούσε διαμόρφωση της αυλάκωσης δίσκου κατά 45/45° με σκοπό την ηχογράφηση προγραμμάτων στερεοφωνικά με δύο ανεξάρτητα κανάλια και, παρόλο που εγκαταλείφθηκε τότε, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα με επιτυχία.

Η τεχνολογία της ηχογράφησης, η οποία χρησιμοποίησε δίσκους ως υλικό ηχογράφησης, πραγματοποίησε αξιοσημείωτα άλματα, προχωρώντας από τη χρήση των πρώτων δίσκων γραμμοφώνου shellac στο βινύλιο και από μηχανική διαμόρφωση σε στερεοφωνικές ηχογραφήσεις με μία δυναμική περιοχή κοντά στα 80 dB[11] και απόκριση συχνότητας από το κατώτατο φάσμα μέχρι το ανώτατο φάσμα της ανθρώπινης ακοής.

Σημαντικό ρόλο κατά την περίοδο αυτή φαίνεται να έπαιξε η εταιρεία Altec Lansing, η οποία ιδρύθηκε το 1937 και με τη λήξη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, άρχισε να εφαρμόζει το αναπτυξιακό της μοντέλο[12]. Ο «ομιλών κινηματογράφος» μπορεί να ήταν ήδη γεγονός, όμως η Altec προώθησε την τεχνολογία του ηλεκτρικά ενισχυόμενου ήχου, οδηγώντας σε μία μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου για μεγάλες εκδηλώσεις, κάτι που δεν υπήρχε ποτέ πριν σ' αυτό το βαθμό, καθιστώντας την εταιρεία ως τον κύριο κατασκευαστή συστημάτων ενίσχυσης ήχου. Πιο συγκεκριμένα, από το 1945 μέχρι και τα μέσα του 1963, η Altec :

1. Άρχισε να κατασκευάζει ενισχυτές ήχου.
2. Έγινε η πρώτη εταιρεία διαφήμισης και προώθησης επαγγελματικών συστημάτων ενίσχυσης ήχου προσαρμόσιμο για χρήση στο σπίτι, εγκαινιάζοντας την εποχή των hi-fi.
3. Διαδραμάτισε πρωταγωνιστικό ρόλο στην εισαγωγή του στερεοφωνικού ήχου στις κινηματογραφικές αίθουσες.
4. Εξόπλισε θέατρα σε όλο τον κόσμο με στερεοφωνικό ηχητικό εξοπλισμό.
5. Εισήγαγε το ηχητικό πεδίο μέτρησης υψηλής έντασης του ήχου.[13]

[11] Βλ. υποσημείωση 10.
[12] John W. Johnson, Lansing Heritage, "Altec Lansing History", http://www.audioheritage.org/html/history/altec/altec-1963.htm (προσπελάστηκε 18 Σεπτεμβρίου, 2014).
[13] Βλ. υποσημείωση 12.

2.2 : «Τα μέρη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου για συναυλίες ανοικτού και κλειστού χώρου»

Όπως ήταν φυσικό, τα συστήματα ενίσχυσης ήχου που κυριάρχησαν τις προηγούμενες δεκαετίες στον κινηματογράφο χάρη στην διαμόρφωση και την εξέλιξη που υπέστησαν, χρησιμοποιούνται από τη δεκαετία του 1940 και μετά σε συναυλίες κλειστού και ανοικτού χώρου. Μέχρι τη δεκαετία του 1960 όχι μόνο είχαν εδραιωθεί ως συστήματα ενίσχυσης ήχου στις εν λόγω συναυλίες, αλλά εξελίσσονταν συνεχώς και μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1960 στάθηκαν ικανά να καλύψουν ηχητικά τα πρώτα μεγάλα φεστιβάλ που διοργανώθηκαν σε διάφορες περιοχές του πλανήτη[14].

Μέχρι τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του 1950, οι απαιτήσεις όσον αφορά τα συστήματα ενίσχυσης ήχου σε συναυλίες δεν ήταν υψηλά, καθώς ακόμα τα ακουστικά όργανα υπερίσχυαν. Οι συμφωνικές ορχήστρες απέδιδαν έργα των κλασσικών, ρομαντικών αλλά και πιο σύγχρονων συνθετών, οι όπερες είχαν μειωμένη αλλά ακόμα σταθερή, σε σχέση με παλιότερες εποχές, απήχηση στο κοινό και ο κινηματογράφος είχε γίνει ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος διασκέδασης για το ευρύ κοινό, ειδικά μετά τη λήξη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Από την άλλη, οι συναυλίες της jazz και της blues μουσικής διεξάγονταν ως επί το πλείστον σε κλειστούς χώρους, με ακουστικά όργανα (κοντραμπάσο, πιάνο, ακουστική κιθάρα ή και κλασσική, φωνή). Ωστόσο, είναι βέβαιο ότι σ' αυτές τις δεκαετίες, δηλαδή του 1940, του 1950 και του 1960, το σημαντικότερο γεγονός ως προς την τεχνολογία ενίσχυσης ήχου είναι η ανάπτυξη του λεγόμενου «high end audio».

Ειδικά μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οπότε και ξεκίνησε ήχος «high end» , είχε αποκτήσει αρκετά μεγάλη δυναμική. Πολλοί, μάλιστα, βετεράνοι του πολέμου εκμεταλλεύτηκαν τα εκπαιδευτικά προγράμματα κατά τη διάρκεια της θητείας τους και δευτερευόντως στο GI Bill, με σκοπό να μάθουν ηλεκτρονικά. Εφόσον είχαν αποκτήσει νέα γνώση, οι βετεράνοι άρχισαν να οικοδομούν τα δικά τους συστήματα αναπαραγωγής μουσικής, αρχίζοντας κάπως έτσι τον κλάδο των επιχειρήσεων «high end audio»[15].

---

[14] Steven Stone, Audiophile Review, "The History of High End Audio", http://audiophilereview.com/the-history-of-high-end-audio.html (προσπελάστηκε 20 Σεπτεμβρίου, 2014).
[15] Βλ. υποσημείωση 14.

Εικόνα 9: Σύστημα Αναπαραγωγής μουσικής του 1940 - http://audiophilereview.com/the-history-of-high-end-audio.html (προσπελάστηκε 22 Ιανουαρίου, 2015)

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και στις αρχές της δεκαετίας του 1950 μία συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου ήταν είτε κονσόλες επικεντρωμένες στη διασκέδαση ή ραδιόφωνα που τοποθετούμενα επί του δαπέδου. Τα συστήματα αυτά ήταν γενικά ακριβά με μεγαλύτερη επικέντρωση ενδιαφέροντος στην ξύλινη καμπίνα από ότι υπήρχε στα εσωτερικά εξαρτήματα. Τα συστήματα τα οποία βασίζονταν στα εξαρτήματα ήταν σχεδόν αποκλειστικό «κτήμα» των ερασιτεχνικά ασχολούμενων και των επαγγελματιών εγκαταστατών των ηχητικών συστημάτων. Οι διανομείς μερών για ραδιόφωνο και τα καταστήματα ραδιοφώνων εφοδίαζαν εξαρτήματα αρχικά για κιτ, αλλά πολλές εταιρείες όπως η «Acrosound», η «Dyna», η «Health», η «Allied» και η «H.H. Scott» κατασκεύαζαν ολοκληρωμένα κιτ και τελειοποιημένα προϊόντα.

Οι περισσότερες εταιρείες οι οποίες ασχολούνταν στα τέλη του 1940 και στις αρχές του 1950 με εργαλεία ήχου έχουν παύσει τη λειτουργία τους ή δεν είναι πλέον ανεξάρτητες εμπορικές οντότητες. Η «Pedersen Electronics» είναι μία χαρακτηριστική περίπτωση. Η «Pedersen» παρήγαγε μία ολόκληρη σειρά από εξαρτήματα ήχου συμπεριλαμβανομένων δεκτών, προενισχυτών, και ενισχυτών ισχύος κατά τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Ωστόσο, παρά τις

εμπορικές διαφημίσεις μέχρι το 1959 είχε σβηστεί από το χάρτη του Audio Magazine, και συγκεκριμένα από τη λίστα της ετήσιας αξιολόγησης προϊόντων.

Το 1955 πραγματοποιείται κάτι πραγματικά καινοτόμο στο χώρο των συστημάτων ενίσχυσης ήχου. Πρόκειται για την πρώτη κατασκευή του Saul Marantz, η οποία λεγόταν «Audio Consolette» και ήταν μία κονσόλα μικρού μεγέθους για την οποία το Audio Magazine έγραψε : «Αξίζει σεβασμό όχι μόνο για την καλή της απόδοση αλλά και για το γεγονός ότι αποτελεί ένα αξιόλογο παράδειγμα καλής μηχανικής και κατασκευής». Το σχέδιό της περιελάμβανε δύο ξεχωριστά υψηλού όγκου προενισχυμένα κυκλώματα εισόδου και 36 πιθανά EQ καμπύλες από το τμήμα του phono.

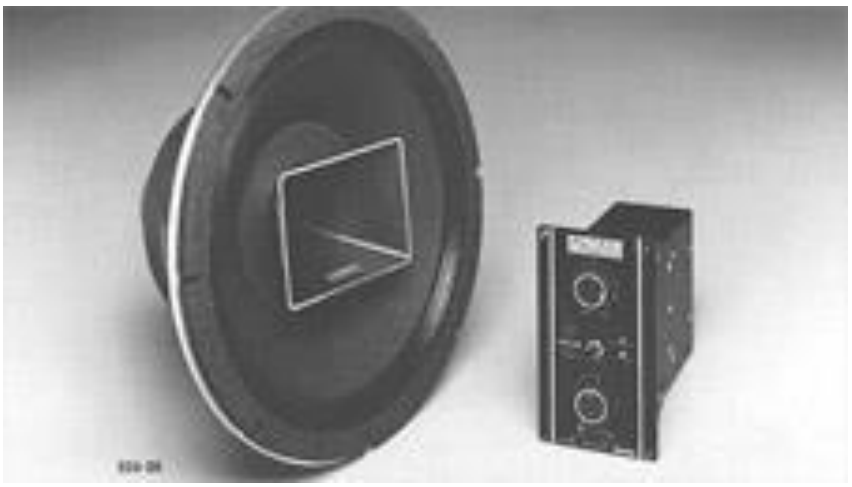
Εικόνα 10: Κονσόλα Ήχου του 1955 κατασκευασμένη από τον Saul Marantz - http://audiophilereview.com/the-history-of-high-end-audio.html (προσπελάστηκε 22 Ιανουαρίου, 2015)

Τα ηχητικά προϊόντα του Harry Kardon ήταν περισσότερο υψηλού στυλ από υψηλής τεχνολογίας, με εύκολα αφαιρούμενες προσόψεις σε μία ποικιλίας χρωμάτων του σχεδιαστή ως το σήμα κατατεθέν τους ως προς την πώληση. Ελάχιστα αργότερα, ο Sidney Harman προσέλαβε τον Stu Hegeman ως επικεφαλή σχεδίασης στην «HK», και έτσι η «the Award series and citation line» γεννήθηκε. Αποτελούταν από 5 κομμάτια τα οποία ήταν: το νο.1 προενισχυτής, το νο.2 ενισχυτής ισχύος, το νο.3 ένας δέκτης, το νο.4 ήταν ένας προενισχυτής και το νο.5 ένας ενισχυτής ισχύος.

Εκείνη την περίοδο περίπου, μία ακόμα εταιρεία, η «Leak» παρασκεύαζε ήδη από το 1934 προϊόντα σχετικά με τον ήχο, και το 1946

έφερε στην αγορά τον πρώτο ενισχυτή ισχύος «Type 15». Ωστόσο, από την αρνητική κριτική που δέχθηκε, αντικαταστάθηκε σύντομα από τον πολύ δημοφιλή ενισχυτή «TL/12» ο οποίος κράτησε πολλά χρόνια στο εμπόριο και η «Leak» συνέχισε να τον παράγει για πολλά χρόνια μετά.

Όσον αφορά τα μεγάφωνα, ακολούθησαν παρόμοια εξελικτική πορεία με τους ενισχυτές εκείνης της περιόδου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η «Bozak», η οποία ήδη ήταν μία πρωτοπόρος της αγοράς στα ακουστικά. Η «Bozak» πούλησε ολοκληρωμένα ακουστικά, όπως το μοντέλο «Kettle Drum». Η «Bozak» επίσης πούλησε κάποια εξαρτήματα ακουστικών, τα οποία συμπεριλάμβαναν την B-100 dual-tweeter διαμόρφωση και μια αντιστοίχηση B-199 midrange/woofer. Έως και σήμερα, αποτελεί οδηγό για εταιρείες που κατασκευάζουν μεγάφωνα[16].



Εικόνα 11: Μεγάφωνο Altec της δεκαετίας του 1950 - http://audiophilereview.com/the-history-of-high-end-audio.html (προσπελάστηκε 22 Ιανουαρίου, 2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : «Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980»

Οι δεκαετίες που ακολούθησαν χαρακτηρίζονται από ραγδαία εξέλιξη και ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας σε όλα τα επίπεδα. Η τεχνολογία του ήχου ενίσχυσης ήχου δεν θα μπορούσε να λείπει απ' αυτό. Συναντάται, έτσι, στη δεκαετία του '60, μία πιο εμπεριστατωμένη και ταυτόχρονα ολοκληρωμένη άποψη για τον ήχο, με την εμφάνιση διάφορων

[16] Βλ. Υποσημείωση 14.

συστημάτων ήχου (P.A.) ως το τεχνολογικό επίτευγμα της εποχής αυτής, και πώς αυτός πρέπει να ενισχύεται και να μεταδίδεται σε συναυλίες, κυρίως ανοιχτού χώρου πλέον, σε συνδυασμό με την έμπνευση, τη δημιουργία και τη διεξαγωγή πολλών και μαζικών, σε κοινό και σε καλλιτέχνες, φεστιβάλ μουσικής ανά τον κόσμο.

Φυσικά, η τεχνολογία ενίσχυσης και αναπαραγωγής ήχου, ακολουθώντας τη σειρά των προηγούμενων δεκαετιών, ξεκινά πρώτα από τα στούντιο που λειτουργούν αυτή την εποχή, παρέχοντας πολλαπλάσιες δυνατότητες επεξεργασίας του ήχου και αυξάνοντας την ποιότητα των ηχογραφήσεων σε μεγάλο βαθμό. Με την έλευση και την επικράτηση της rock μουσικής, έστω και στις πρώιμες μορφές της (pop - rock, ψυχεδελικό rock, blues, classic rock και slow rock), δημιουργούνται πολλά συγκροτήματα, τα οποία και την αναπτύσσουν, την εξελίσσουν και εφόσον ασχολούνται ενεργά με τη δισκογραφία παρουσιάζοντας στο κοινό τους δισκογραφικές δουλειές, βοηθούν στη βελτίωση των συστημάτων ηχογράφησης αλλά και ενίσχυσης και αναπαραγωγής ήχου, αφού διεξάγουν μεγάλες περιοδείες ανά τον κόσμο, καθεμία από τις οποίες περιλαμβάνει αρκετές έως πολλές συναυλίες. Υπό αυτές τις συνθήκες, και με την επικράτηση των μεγάλων συναυλιών εξωτερικού χώρου καθώς και των φεστιβάλ της ροκ μουσικής, η ανάγκη για αύξηση και επέκταση των συστημάτων ενίσχυσης ήχου με ταυτόχρονη απλοποίηση στη μεταφορά και στην εγκατάστασή τους κατέστη επιτακτική.

3.1: «Τεχνολογική εξέλιξη των συστημάτων ενίσχυσης ήχου των δεκαετιών 1960 - 1980»

Σ’ αυτή τη γενιά ένα μέρος μίας επαναστατικής νεανικής κουλτούρας χαρακτηρίζεται από επιθετικό, δυνατό και σκληρό παραμορφωμένο ήχο. Η ροκ μουσική, που κυριάρχησε σ’ αυτές τις δεκαετίες εξελίχτηκε από τα blues, τη μουσική των δρόμων. Οι περισσότεροι εξοπλισμοί στη δεκαετία ήταν χαμηλών δυνατοτήτων , όπως προαναφέρθηκε. Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A.) καθώς και οι ενισχυτές κιθάρας που κατασκευάζονταν

εκείνη την εποχή ήταν περιορισμένων δυνατοτήτων. Επίσης, δεν υπήρχε πλήρης σχεδιασμός ενός ηχητικού συστήματος[17].

Το 1964 οι Beatles διεξήγαγαν περιοδεία σ' όλο τον κόσμο χρησιμοποιώντας ενισχυτές Vox ισχύος 30Watt για τα μουσικά τους όργανα. Χρησιμοποιούσαν συχνά μικρά P.A. κλειστού χώρου αποτελούμενα από ηχεία 12 ιντσών διατεταγμένα σε στήλες που οδηγούνταν από ενισχυτές 100 Watt. Οι φωνές του κοινού τους κάλυπταν ολοκληρωτικά. Σε πολλές περιπτώσεις το συγκρότημα δεν ακουγόταν καν. Δεν διεξήγαγαν ξανά περιοδεία συναυλιών έκτοτε. Η απόφασή τους αυτή έστειλε ένα ηχηρό μήνυμα στους επιχειρηματίες ότι η απόδοση του συστήματος δεν κάλυπτε το παραβρισκόμενο κοινό. Τα συγκροτήματα της προηγούμενης περιόδου χρησιμοποιούσαν κυρίως μικρούς ενισχυτές με περιορισμένη γωνία ηχητικής κάλυψης. Η βάση του συστήματος ενίσχυσης ήταν ο ήχος των μουσικών οργάνων, με αποτέλεσμα η φωνή να υπερκαλύπτεται.

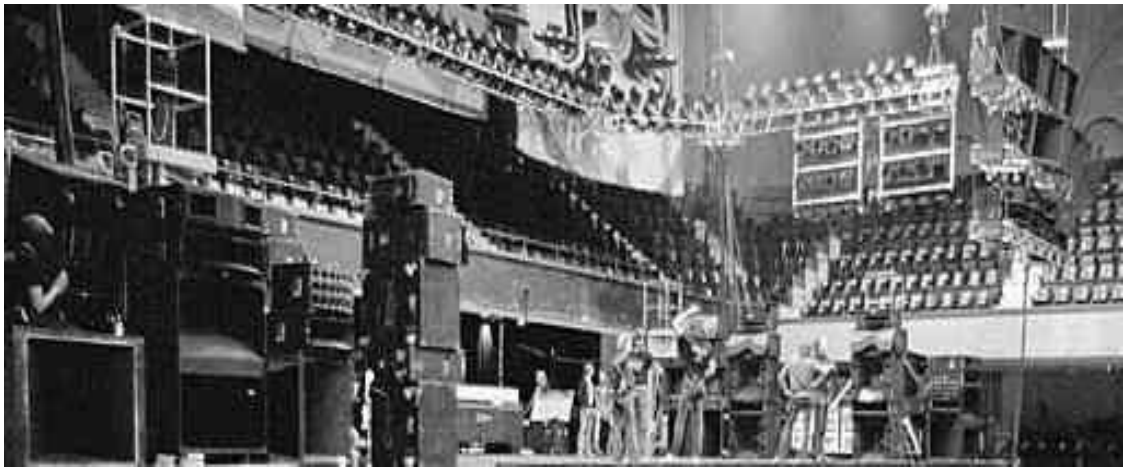
Εικόνα 12: Οι Beatles σε μία από τις πρώτες εμφανίσεις τους - http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html (προσπελάστηκε 2 Φεβρουαρίου, 2015)

Η πλειοψηφία των P.A. στις αρχές της δεκαετίας του 1960 αποτελούταν από ηχεία 12 ιντσών. Τα συγκεκριμένα P.A. είχαν συχνά 2 στήλες 4 μεγαφώνων 12 ιντσών το καθένα, παρόμοια δηλαδή με το μέγεθος

[17] John Burnett, Lenard Audio Institute, "Professional Live Music History", http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html, (προσπελάστηκε 27 Σεπτεμβρίου 2014).

των ενισχυτών. Τα μεγάλα ηχοσυστήματα ήταν εκτός προϋπολογισμού σε οικονομικό επίπεδο για τα περισσότερα συγκροτήματα της εποχής.

Η περίοδος της μετάβασης ήρθε στη δεκαετία του 1970, οπότε και τα P.A. καθιερώθηκαν ως το κύριο σύστημα ενίσχυσης ήχου, καθώς τόσο τα μουσικά όργανα, όσο και οι φωνές εντάχθηκαν σ' αυτό. Ωστόσο το αρχικό αποτέλεσμα ήταν ένας συμπιεσμένος ήχος, στερούμενος δυναμικής έκφρασης, πιστότητας και ρεαλισμού[18]. Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου βρέθηκαν σε αδιέξοδο. Ένα P.A., με σκοπό τη μέγιστη ηχητική στάθμη του, έπρεπε να 'ναι τουλάχιστον 4 φορές μεγαλύτερης ευαισθησίας από ό, τι ήταν οι ενισχυτές οργάνων και πλήρως ενεργό με σκοπό την επίτευξη πιστότητας. Πολλά συγκροτήματα πίστευαν ότι οι χώροι διεξαγωγής συναυλιών έπρεπε να προβλέπουν ένα πλήρες ηχητικό σύστημα ειδικά μελετημένο για την ακουστική του κάθε χώρου, αλλά αυτός ο ισχυρισμός δεν εξελίχτηκε επί της ουσίας ποτέ.



Εικόνα 13: Σύστημα P.A. της δεκαετίας του 1960 - http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html (προσπελάστηκε 4 Φεβρουαρίου, 2015)

Πολλοί από τους πρώτους κατασκευαστές ηχητικών συστημάτων ήταν συντηρητικοί λόγω της προηγούμενης γενιάς του 1940 και του 1950, όπου και οι κυρίαρχες μουσικές ήταν η θρησκευτική, η country και η jazz. Στις αρχές του 1960, πολλοί κατασκευαστές είχαν θορυβηθεί από τους αντισυμβατικούς μουσικούς της rock, οι οποίοι προσέθεταν σκληρή παραμόρφωση στα μουσικά τους όργανα. Όταν αυτά τα ηχητικά συστήματα σχεδιάστηκαν ήταν αδιανόητο ότι θα χρησιμοποιούνταν γι' αυτό το σκοπό. Οι τεχνικοί περιορισμοί

[18] Βλ. υποσημείωση 17.

αυτών των συστημάτων χαρακτήριζαν την ευκολία, με την οποία ο ήχος τους μπορούσε να παραμορφωθεί, και ασφαλώς αυτό ακριβώς επιδίωκαν πολλοί μουσικοί της rock ήδη από το 1960.

Η τραγική ειρωνεία ήταν ότι πολλοί κατασκευαστές αντέδρασαν αποφεύγοντας να δώσουν εγγύηση για το σύστημα ήχου το οποίο κατασκεύαζαν, άμα τα συγκεκριμένα συστήματα οδηγούνταν στην πλήρη ισχύ τους. Άλλοι κατασκευαστές απείλησαν ότι θα έκοβαν κάθε επαφή με τους πωλητές των ηχοσυστημάτων τους, εφόσον οι τελευταίοι τα πουλούσαν σε συγκροτήματα που έπαιζαν «τη μουσική του διαβόλου». Αυτή η παρωδία της ιστορικής αντίθεσης έχει ξαναγραφτεί, για να καταρρίψει το μύθο ότι οι εταιρείες κατασκευής ηχητικών συστημάτων τα σχεδίαζαν με γνώμονα το τι ακριβώς επιζητούσαν τα συγκροτήματα των δεκαετιών του 1960 και του 1970.

Πολλά συγκροτήματα της hard rock και της pop μουσικής δεν ήταν επαγγελματικά μουσικά, και οδηγήθηκαν στη σκηνή, αντιγράφοντας «heavy rock» τάσεις από τα στυλ των Rolling Stones, των Black Sabbath, των Sex Pistols, των Led Zeppelin κτλ. Η εικόνα των ναρκωτικών σε πολλά συγκροτήματα βοήθησε την προώθησή τους, με την καθολική υποστήριξη των δισκογραφικών εταιρειών και την έκθεση των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Αυτό αργότερα υιοθετήθηκε στα μουσικά είδη της rap και της techno. Η ναρκοκουλτούρα κυριάρχησε, επίσης, και στη νέα αναδυόμενη βιομηχανία της ενίσχυσης ήχου σε ζωντανές εμφανίσεις[19].

Τα περισσότερα συστήματα ήχου για συναυλίες αποτελούνταν από οριζόντιες σειρές cluster μαύρων και ογκοδών, όσον αφορά το σχέδιο, κουτιών (υιοθετημένα από τον κινηματογράφο), τα οποία παρήγαγαν έναν σκληρό, παραμορφωμένο και ακατάληπτο ήχο. Λόγω της άγνοιάς τους οι τεχνικοί τοποθετούσαν τα ηχεία με κατεύθυνση μπροστά, απέναντι από τους πλευρικούς τοίχους, με αποτέλεσμα την αύξηση της ανάκλασης του ήχου στο χώρο και την έντονη παραμόρφωση.

[19] Βλ. υποσημείωση 17.

Εικόνα 14: Σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών με οριζόντια clusters - http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html (προσπελάστηκε 10 Φεβρουαρίου, 2015)

Κατά τα τέλη του 1960, η fusion μουσική, η οποία ήταν ένα συνονθύλευμα από στοιχεία της rock, της pop και της R'n'B, απέδιδε ένα υψηλό επίπεδο μουσικής ικανότητας και έγινε αρκετά δημοφιλής στο κοινό. Οι χαρακτηριστικότεροι εκπρόσωποί της ήταν ο Santana, ο Frank Zappa, οι Eagles, οι Yes κ.ά. Αυτή η μουσική ενέπνευσε την ανάπτυξη της πλήρους πιστότητας, δηλαδή μεγάλης κλίμακας ενεργά P.A. συστήματα. Αλλά όπως και σήμερα, έτσι και τότε η μουσική που στηριζόταν στο υψηλό επίπεδο τεχνικής δεν είχε αρκετά μεγάλη υποστήριξη από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και τις δισκογραφικές εταιρείες.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ο κόσμος είχε αλλάξει. Η εποχή του 1960 η οποία δημιούργησε την ελεύθερη αγάπη και τη μεγαλύτερη ως τότε αντίθεση της μουσικής είχε πλέον τελειώσει. Η δεκαετία του 1980 έγινε γνωστή ως η εποχή της μεγάλης επιχειρηματικής απληστίας. Μία πληθώρα από αμφισβητήσιμες σχολές τεχνολογίας ήχου και ηχογράφησης άνθισε. Πολλά ηχοσυστήματα γνωστών εταιρειών κατασκευάζονταν όσο το δυνατόν φτηνότερα αλλά παρέμεναν ακριβά ως προς την αγορά τους, με σκοπό το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος.

Μέχρι τη δεκαετία του 1980, δημιουργήθηκε και επικράτησε η τάση για τη μεταφορά των ηχείων από την τοποθέτησή τους στο πάτωμα στην ανύψωσή τους και το κρέμασμά τους από το ταβάνι του εκάστοτε χώρου. Αυτή η τάση πρόσφερε επιπλέον χώρο στη σκηνή. Ωστόσο η ανάκλαση και η αντήχηση από τους τοίχους και το ταβάνι πολλαπλασιάζονται άμα τοποθετηθούν λανθασμένα τα συστήματα ήχου. Με την οργάνωση και

τοποθέτηση των ηχείων σε ημικυκλικά κάθετα cluster είχε την προοπτική μείωσης μερικά προβλήματα απ ‘αυτά που περιγράφτηκαν προηγουμένως. Η πιστότητα βελτιώνεται αισθητά εφόσον ο ήχος μεταδίδεται από μία και μόνο πηγή. Ωστόσο, υπάρχει ένα μέγιστο όριο συστοιχιών cluster που μπορεί να διαχειριστεί, προτού η παραμόρφωση γίνει ανυπόφορη.

Εικόνα 15: Ceiling clusters κατά τις δεκαετίες 1970 – 1980 - http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html (προσπελάστηκε 10 Φεβρουαρίου, 2015)

Τέλος, η ανάπτυξη της πλήρους πιστότητας, κατά τα τέλη του 1960 και τις αρχές του 1970, και των πλήρως ενεργών P.A. μεγάλης κλίμακας, παρέμεινε ανολοκλήρωτη. Έγινε πλέον δύσκολη η καινοτομία νέων σχεδίων σε μία τεχνικά «αναλφάβητη» βιομηχανία, η οποία προωθούσε τη hard rock, την εφηβική pop και την techno μουσική, καθώς εμπορικά τα τρία αυτά είδη κυριαρχούσαν στα νεανικά και όχι μόνο κοινά[20].

[20] Βλ. υποσημείωση 17.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} : «Η δεκαετία του 1990 και η εξέλιξη στα συστήματα ενίσχυσης ήχου μέχρι και τη δεκαετία του 2000»

Στη δεκαετία του 1990, με νέα είδη μουσικής να έρχονται στο προσκήνιο, ήταν λογικό να αυξηθούν ή να αλλάξουν οι απαιτήσεις των μουσικών που έπαιζαν τα συγκεκριμένα είδη μουσικής, αλλά και του κοινού, καθώς με την αλλαγή της δεκαετίας συντελείται μεγάλη ανάπτυξη και εξέλιξη στα μουσικά φεστιβάλ σε όλο τον κόσμο, και η διάδοση της μουσικής γίνεται πιο εύκολη μέσω του Internet (κυρίως στη δεκαετία του 2000, αλλά ήδη από τη δεκαετία του 1990 στο εξωτερικό οι νέοι μπορούσαν να ακούν και να «κατεβάζουν» άλμπουμ των αγαπημένων τους καλλιτεχνών).

4.1 : «Η γενική εξελικτική πορεία που ακολούθησε η τεχνολογία των συστημάτων ενίσχυσης ήχου τις δεκαετίες 1990 και 2000»

Η εφαρμογή της τεχνολογίας line – source συστημάτων κατά τη δεκαετία του 1990 επέτρεψε στους επιχειρηματίες της τεχνολογίας ήχου να επενδύσουν σε όλο και μεγαλύτερες διοργανώσεις. Τα πρώτα συστήματα line – source κατασκευάστηκαν σε μικρές στήλες και συναντιόνταν στις εκκλησίες, στα γυμναστήρια και στα σχολεία. Η συγκεκριμένη τεχνολογία συστημάτων ενίσχυσης ήχου προϋπήρχε από τη δεκαετία του 1950. Ωστόσο, η περιορισμένη αποτελεσματικότητα ενός μεγάλου line – source σε σύγκριση με την υψηλότερη αποτελεσματικότητα ενός καλά σχεδιασμένου εκθετικού συστήματος χοανών άφησε την ιδέα αυτή στη θεωρία.

Επί της ουσίας, στη δεκαετία του 1990 και αυτή του 2000 που ακολούθησε, εμφανίστηκαν τα πρώτα συστήματα ενίσχυσης ήχου του τύπου P.A. (Public Address). Εντάσσονταν στο πλαίσιο των αυτοενισχυόμενων συστημάτων ήχου για συναυλίες, τα οποία έκαναν την εμφάνισή τους στις αρχές του 1990. Περιελάμβαναν τα συστήματα μεγαφώνων line array, τα οποία πρώτη έφερε στην αγορά η εταιρεία L-acoustics.

Εικόνα 16: Χαρακτηριστικό σύστημα μεγαφώνων τύπου line array της εταιρείας L-acoustics (KIVA) - http://hdproaudio.co.uk/lacoustics-kiva/ (προσπελάστηκε 15 Φεβρουαρίου, 2015)

Αρχικά, τα συστήματα μεγαφώνων line array είναι ένα σύστημα ηχείων, το οποίο αποτελείται από πανομοιότυπα μεγάφωνα τοποθετημένα σε μια γραμμή και τροφοδοτούμενα σε φάση, με σκοπό τη δημιουργία μιας κοντινής πηγαίας γραμμής του ήχου.

Η απόσταση μεταξύ των μεγαφώνων είναι κοντινή, με σκοπό τα τελευταία να αλληλεπιδρούν αποτελεσματικότερα μεταξύ τους για να στείλουν τα ηχητικά κύματα πιο μακριά από ό, τι τα παραδοσιακά ηχεία, και με μια πιο ομοιόμορφη κατανομή του μεταδιδόμενου ήχου.

Αν και ο πρωτοπόρος της θεωρίας της τεχνολογίας line array ήταν ο Harry Olson, η πρώτη εταιρεία, όπως προαναφέρθηκε, η οποία εισήγαγε τα συστήματα μεγαφώνων line array σε συναυλίες ήταν η L-acoustics το 1990, με το σύστημα V-DOSC. Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη συστοιχία μεγαφώνων, αλλά και για μήκη κύματος από 1.000Hz, ήταν να γίνει το μήκος της διαδρομής προοδευτικά περισσότερο στο κέντρο της συστοιχίας[21]. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε και από την εταιρεία JBL ως προς τη διαμόρφωση των δικών της συστημάτων μεγαφώνων line array.

Οι εταιρείες Electro Voice και McCauley βασίστηκαν σε μία άλλη τεχνική, η οποία περιελάμβανε τη χρήση μεταβλητής πυκνότητας αφρού, η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα του ήχου μέσω του πιο πυκνού μέσου προς το κέντρο της συστοιχίας. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε από τις δύο

[21] John Murray, ProSound Web, “Everything You Wanted To Know About Line Arrays (And ThenSome)”,http://www.prosoundweb.com/article/everything_you_wanted_to_know_about_line_arrays_and_thanks_for_asking/P3/ (προσπελάστηκε 14 Οκτωβρίου 2014).

προαναφερθείσες εταιρείες με σκοπό την παροχή μίας συστοιχίας ισοφασικής ενότητας.

Εικόνα 17: Το σύστημα line array 291 XLD horizontal 90ο της εταιρείας Electro Voice - http://www.electrovoice.com/product.php?id=917 (προσπελάστηκε 15 Φεβρουαρίου, 2015)

Η εταιρεία Meyer Sound ήταν, επίσης, μία από τις πρώτες που έφερε τη νέα αυτή τεχνολογία στα συστήματα ενίσχυσης ήχου. Συγκεκριμένα, το 1990 η Meyer παρουσίασε το HD – 1, το οποίο ήταν το πρώτο studio monitor υψηλής ευκρίνειας. Ήταν πλήρως αυτοδύναμο και αυτοενισχυόμενο σύστημα, το οποίο αναπτύχθηκε με σκοπό την ύπαρξή του ως πηγή χρησιμοποιούμενη για δοκιμές σε εσωτερικό χώρο. Όταν το HD – 1 καθιερώθηκε, η αυτοενίσχυση εγκαθιδρύθηκε γρήγορα ως προς τη χρησιμοποίησή της στα monitors των στούντιο, καθώς οι χαμηλές απαιτήσεις ισχύος έκαναν το βάρος και τη θερμότητα λιγότερο πιεστικά ζητήματα από ό, τι στην ενίσχυση ήχου.

Η Meyer κατασκεύασε το UPL – 2 για την ενίσχυση του ήχου, μία έκδοση του αυτοενισχυόμενου HD – 2 studio monitor, το οποίο ακολούθησε και αντικατέστησε το HD – 1, αλλά παρέμενε ακόμα ένα συγκριτικά χαμηλής δύναμης σύστημα.

Εικόνα 18: Το Μεγάφωνο HD – 1 της εταιρίας Meyer Sound - https://www.soundbroker.com/speakers/?start=80&sort=4 (προσπελάστηκε 15 Φεβρουαρίου, 2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο} : «Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών (P.A.) – παρουσίαση και μελέτη των συστατικών μερών του»

5.1: «Βασικά ακουστικά φαινόμενα του ήχου στο χώρο»

Γενικά χαρακτηριστικά του ήχου

Ο ήχος, εφόσον είναι κυματικό φαινόμενο, χαρακτηρίζεται από τέσσερις βασικές παραμέτρους οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

1. Συχνότητα (f): είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων των σωματιδίων του μέσου ανά sec κατά την διάδοση του κύματος.
2. Μήκος Κύματος (λ): το ορίζουμε σαν την απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών μεγίστων ή ελαχίστων του κύματος.
3. Περίοδος (T): που είναι η χρονική διάρκεια ενός πλήρη κύκλου μεταβολής του κύματος.
4. Ταχύτητα (c): που είναι ταχύτητα διάδοσης της διαταραχής στο μέσο που ποικίλει ανάλογα με αυτό (π.χ. στον αέρα σε 20°C είναι 343m/sec, ενώ στο νερό 1480m/sec). Η Βασική σχέση ταχύτητας, συχνότητας και μήκος κύματος είναι η εξής: $c = \lambda f$[22]

[22] Καπετάνογλου Νικόλαος και Ιωάννης Παγίδας, «Μελέτη για Ηχητική Εγκατάσταση Προδιαγραφών Κινηματογραφικής Αίθουσας στο Χώρο του Αμφιθεάτρου», (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, 2007), 9.

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι τα εξής:

1. Ύψος: μέσω του οποίου διακρίνουμε τον ήχο σε οξύ ή βαρύ. Είναι απευθείας συνδεδεμένο με τη συχνότητα του ηχητικού κύματος.

2. Ακουστότητα: είναι το μέγεθος της ακουστικής αντίληψης που παράγει ο ήχος στον ακροατή. Βάσει αυτού του μεγέθους διακρίνουμε αν ο ήχος είναι ισχυρός ή ασθενής.

3. Χροιά: αποτελεί το υποκειμενικό εκείνο γνώρισμα του ήχου το οποίο μας επιτρέπει να διαχωρίσουμε δυο ήχους του ιδίου ύψους και της ίδιας ακουστότητας που παράγονται από διαφορετικές πηγές.

Τέλος μπορούμε να πούμε πως ο ήχος διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

• Απλούς ήχους (Τόνους): στους οποίους η μορφή του ηχητικού κύματος είναι περιοδική και ημιτονοειδής.

• Σύνθετους ήχους: που αποτελούνται από τη σύνθεση πολλών απλών ήχων και η κυματομορφή τους είναι μεν περιοδική αλλά όχι ημιτονοειδής.

• Θορύβους: που αντιστοιχούν σε μη περιοδικά ηχητικά κύματα.

• Κρότους: που είναι μικρής χρονικής διάρκειας και σχετικά μεγάλης έως πολύ μεγάλης έντασης.

Ακουστικά φαινόμενα κλειστών χώρων

Τα P.A. συστήματα χρησιμοποιούνται ως συστήματα ενίσχυσης του ήχου σε συναυλίες τόσο σε εσωτερικούς (κλειστούς) χώρους όσο και σε εξωτερικούς (ανοιχτούς). Ασφαλώς υπάρχουν διαφορές μεταξύ της ακουστικής των δύο περιπτώσεων και είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε με ποιες παραμέτρους λειτουργεί το σύστημα P.A. και στις δύο αυτές περιπτώσεις[23].

Εφόσον το P.A. σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως συνολική πηγή ήχου, δεδομένου του ότι ενισχύει τον ήχο των μουσικών οργάνων και της φωνής συνολικά με σκοπό τη μετάδοσή του προς το κοινό, είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν και να αναλυθούν τα ακουστικά φαινόμενα των ανοιχτών και των κλειστών χώρων, με σκοπό να γίνει αντιληπτή η λειτουργία του P.A.

[23] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 3 – Systems and Applications (PC Publishing, 1996).

συστήματος σε κάθε περίπτωση και σε συνάρτηση με τις εκάστοτε παραμέτρους που τη ρυθμίζουν.

Ασφαλώς, για τη μελέτη και ανάλυση των ακουστικών φαινομένων χρειάζεται να γνωρίζουμε τις παραμέτρους των κλειστών χώρων. Αυτές είναι :

• Ο όγκος μετρήσιμος σε κυβικά μέτρα (m^3) .

• Ο αριθμός των επιφανειών του, κάθε μία μετρήσιμη σε τετραγωνικά μέτρα (m2).

• Η απορροφητικότητα της κάθε επιφάνειας (α), και ο μέσος συντελεστής απορρόφησης όλων των επιφανειών του χώρου (ā) που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{a} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \ldots\ldots + \alpha n Sn}{S_1 + S_2 + \ldots. + Sn} \quad \text{ή} \quad \bar{a} = \frac{A}{So\lambda}$$

Όπου: S1,S2, ..., Sn = τα εμβαδά των αντίστοιχων επιφανειών

α1, α2, ...,αn = ο συντελεστής απορρόφησης ξεχωριστά για κάθε επιφάνεια

A = η συνολική απορρόφηση όλων των υλικών

Sολ = το εμβαδό όλων των επιφανειών[24]

Τα ακουστικά φαινόμενα των εσωτερικών χώρων είναι :

α) Η ανάκλαση του ήχου

β) Η απορρόφηση του ήχου

γ) Η διάχυση του ήχου

δ) Η περίθλαση του ήχου

Ανάκλαση του ήχου

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηχητικό κύμα επιστρέφει (ανακλάται) από μια επιφάνεια όταν προσπίπτει σε αυτή. Γωνία πρόσπτωσης είναι η γωνία με την οποία προσπίπτει το ηχητικό κύμα στην επιφάνεια, ενώ γωνία ανάκλασης η γωνία με την οποία ανακλάται από την επιφάνεια. Κατά την ανάκλαση οι δυο αυτές γωνίες είναι ίσες. Προσπίπτον κύμα λέγεται το

[24] Όλες οι εικόνες οι οποίες περιλαμβάνουν τύπους υπολογισμού διάφορων μεγεθών των ακουστικών φαινομένων στα κεφάλαια 5 και 6 της παρούσας πτυχιακής εργασίας έχουν ληφθεί από το βιβλίο με τίτλο: «Εγχειρίδιο Ακουστικής» των Everest F. Alton και Ken C. Pohlmann, σε μετάφραση και απόδοση του Γεωργίου Μπόντζιου.

κύμα που εκπέμπεται από μια πηγή και έχει κατεύθυνση προς μια επιφάνεια, ενώ μετά την ανάκλαση λέγεται ανακλώμενο κύμα. Κάθε επιφάνεια ή υλικό έχει τον δικό του συντελεστή ανάκλασης (r) για ορισμένη συχνότητα και σε συγκεκριμένες συνθήκες. Αυτός ισούται με το λόγο της ισχύος του ανακλώμενου κύματος (Pr) προς την ισχύ του προσπίπτοντος κύματος (Pi).
Όλες οι επιφάνειες που έχουν την ιδιότητα να ανακλούν τον ήχο όταν αυτός προσπίπτει πάνω τους, λέγονται ανακλαστήρες. Μεγάλη σημασία στο αν ανακλούν το κύμα που προσπίπτει σε αυτούς έχει το μήκος του κύματος, που αν είναι μεγαλύτερο από τον ανακλαστήρα τότε δεν αντανακλάται[25].
Επίσης μεγάλη σημασία έχει το σχήμα του ανακλαστήρα όσον αφορά στο ποια διεύθυνση θα πάρει το ανακλώμενο κύμα. Οι κυρτές επιφάνειες διασκορπίζουν τον ήχο στο χώρο ενώ οι κοίλες συγκεντρώνουν τον ήχο και συνήθως ευθύνονται για την δημιουργία στάσιμων κυμάτων, ενώ οι ανώμαλες επιφάνειες διαχέουν τον ήχο προς όλες τις κατευθύνσεις.

Απορρόφηση του ήχου

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα υλικά απορροφούν την ηχητική ενέργεια και την μετατρέπουν σε άλλη μορφή ενέργειας, συνήθως θερμότητα. Κάθε επιφάνεια έχει τον δικό της συντελεστή απορρόφησης (α) που είναι ο λόγος της ηχητικής ισχύος που απορροφάται προς την ισχύ του προσπίπτον κύματος. Η τιμή του συντελεστή απορρόφησης κυμαίνεται από 0 έως 1 ή αν το εξετάσουμε ποσοστιαία από 0% έως 100%. Π.χ. συντελεστής α = 0,5 ενός υλικού σε συχνότητα 1KHz σημαίνει ότι το υλικό απορροφά το 50% της ηχητικής ενέργειας του 1KHz που προσπίπτει και αντανακλά το υπόλοιπο 50%.

Διάχυση του ήχου

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος έχει την ίδια πυκνότητα ηχητικής έντασης παντού, δηλαδή ο ήχος φτάνει σε όλα τα σημεία του χώρου το ίδιο και έχει την ίδια κατανομή. Η διάχυση είναι απαραίτητη συνθήκη για να ισχύουν οι κανόνες της γεωμετρικής ακουστικής σε μεγάλες αίθουσες συναυλιών και σε στούντιο ηχογράφησης. Αυτή πετυχαίνεται με την

[25] Everest F. Alton and Ken C. Pohlmann, *Εγχειρίδιο Ακουστικής*, μετάφραση και απόδοση Γιώργος Μπόντζιος, κεφάλαιο 6 - Ανάκλαση (Εκδ. Τζιόλα, 2011).

τοποθέτηση διαχυτών του ήχου που ουσιαστικά είναι ανακλαστικές επιφάνειες με πολλά και ποικίλα σχήματα (π.χ. κύβοι, ορθογώνια, πλάγια παραλληλεπίπεδα, ημισφαίρια, πυραμίδες, ημικύλινδροι κ.α.) και είναι συνήθως κυρτά για την αποφυγή στάσιμων κυμάτων.

Κατασκευάζονται από σκληρά και λεία υλικά που καταλήγουν σε μορφή έτσι ώστε να είναι πλήρως ανακλαστικά και να μην δονούνται σε κάποιες συχνότητες τις οποίες θα απορροφούσαν[26].

Οι διαχυτές τοποθετούνται στο χώρο έτσι ώστε τα ηχητικά κύματα να παίρνουν τελείως διαφορετικές διευθύνσεις και να εξυπηρετούν την ίδια αναλογία απορρόφησης των επιφανειών του χώρου, κάτι που χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις μεγάλες αίθουσες καθώς έχουν μεγάλο εύρος απορροφητικών συντελεστών λόγω των πολλών διαφορετικών αντικειμένων και επιφανειών. Αν δεν εξεταστεί καλά αυτός ο παράγοντας τότε μπορεί να οδηγηθούμε σε άλλα μη επιθυμητά αποτελέσματα, όπου η ένταση του ήχου κοντά στις πολύ απορροφητικές επιφάνειες είναι πολύ πιο ελαττωμένη από την ένταση που υπάρχει κοντά σε όχι τόσο απορροφητικές επιφάνειες.

Άλλος τρόπος για να επιτευχθεί καλή διάχυση είναι να κατασκευάσουμε τον χώρο δίνοντας του ασύμμετρο σχήμα, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα δημιουργίας στάσιμων κυμάτων που συμβαίνει στους συμμετρικούς χώρους οι οποίοι έχουν παράλληλες επιφάνειες.

Περίθλαση του ήχου

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ο ήχος αλλάζει διεύθυνση όταν συναντήσει κάποιο εμπόδιο ή σχισμή και αν έχει συγκρίσιμο μήκος κύματος με αυτά φθάνει σε σημεία που βρίσκονται στην "γεωμετρική σκιά". Για να καταλάβουμε καλύτερα πως λειτουργεί το φαινόμενο αυτό αρκεί να φανταστούμε πώς περνάει ο ήχος από μισάνοιχτα παράθυρα και πόρτες ή πώς παρακάμπτει ένα τοίχο και μια γωνία ενός κτιρίου. Αποτέλεσμα της περίθλασης του ήχου είναι η δημιουργία ασαφούς "ηχητικής σκιάς" όπως συμβαίνει στους εξώστες μεγάλου βάθους σε αίθουσες συναυλιών όπου

[26] Everest F. Alton and Ken C. Pohlmann, *Εγχειρίδιο Ακουστικής,* Κεφάλαιο 9 – *Διάχυση.*

ακούγονται μόνο οι χαμηλές συχνότητες επειδή κάτω από τα 250Hz δεν συμβαίνει περίθλαση[27].

5.2: «Τα συστήματα P.A. και ο ζωντανός ήχος (live sound)»

Το σύστημα P.A. στη θεωρία ακούγεται πολύ απλό – απλά δυναμώνεις την ένταση του συστήματος με σκοπό να ακούγεται από πιο πολλούς ανθρώπους. Το παραδοσιακό P.A. σύστημα μπορεί όντως να λειτουργεί έτσι. Η ποιότητα δεν αποτελεί ζήτημα, καθώς σ' αυτό το είδος λειτουργίας το μόνο επιθυμητό είναι η καταληπτότητα στο άκουσμα.

Ωστόσο, ο ζωντανός ήχος (live sound) είναι κάτι περισσότερο απ' αυτό. Σημαίνει τη μετάδοση της ποιότητας σαν κι αυτή ενός δίσκου προς το κοινό – συμπληρωμένη με δημιουργικότητα και διάθεση. Ένα λάθος στον ήχο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τεχνική των μουσικών πάνω στη σκηνή. Άμα ο τραγουδιστής, για παράδειγμα, δε μπορεί να ακούσει τον εαυτό του από τα ηχεία επιστροφής (monitor), μπορεί να τραγουδάει εκτός τόνου, ή μπορεί και ολόκληρο το συγκρότημα να μην παίζει με συνοχή λόγω του ότι ο μπασσίστας δεν μπορεί να ακούσει τον ντράμερ. Ακόμα, μπορεί ένα σόλο να μην ακουστεί καθαρά στο κοινό επειδή δεν είχε προνοήσει ο τεχνικός ήχου γι' αυτό! Αυτά είναι λάθη του τεχνικού του ήχου και όχι των μουσικών που παίζουν εκείνη τη στιγμή.

Υποκειμενικότητα

Ένα μείζον πρόβλημα με τον ήχο είναι ότι είναι ένας πολύ υποκειμενικός τομέας – σχετίζεται άμεσα με την προσωπική άποψη και τις προτιμήσεις. Ωστόσο, ενώ είναι σχεδόν αδύνατο να προσδιοριστεί η τέλεια μίξη, εφόσον ο καθένας έχει τις δικές του προτιμήσεις, μπορεί από την άλλη να υπάρξει μια σύγκλιση του τι θεωρείται ως «κακός ήχος»:

- ✓ Ένας ήχος ο οποίος είναι παραμορφωμένος ή θορυβώδης, και ο οποίος έχει πολλά σημεία του ακατάληπτα
- ✓ Ένας μη καθαρός ήχος στον οποίο δε μπορούν να προσδιοριστούν βασικά μουσικά όργανα

[27] Everest F. Alton and Ken C. Pohlmann, *Εγχειρίδιο Ακουστικής.* Κεφάλαιο 7 – *Περίθλαση.*

✓ Ένας ήχος ο οποίος δε βρίσκεται σε αντιστοιχία με τη διάθεση της παράστασης – όπως ένα δυνατό μουσικό σύνολο βάσης και ρυθμού σε μία μπαλάντα ή χαμηλωμένα ντραμς σε ένα χορευτικό τραγούδι.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ισορροπηθεί ένα μπάσο, για παράδειγμα, κανένας εκ των οποίων δεν είναι απαραίτητα καλύτερος από τους υπόλοιπους. Μία ικανοποιητική μίξη θα ήταν μία η οποία θα κρατούσε το χαρακτήρα, τον οποίο ο μουσικός έχει προσδιορίσει εξ αρχής. Βέβαια, μπορεί να χρειαστεί έντονη προσαρμογή με σκοπό να φτιαχτεί ένας συνεκτικός ήχος όσον αφορά το συγκρότημα. Η τέχνη της μίξης, όμως, μπορεί να χαρακτηριστεί σε πέντε διαφορετικούς ρόλους : δρομολόγηση (routing), έλεγχος (control), ισορροπία (balance), διάθεση (mood) και βελτιώσεις (refinements)[28].

- Δρομολόγηση – ο προγραμματισμός και η ρύθμιση του συστήματος, και η ικανότητα του να βρίσκεται ο τεχνικός την κατάλληλη στιγμή στο κατάλληλο σημείο της κονσόλας
- Έλεγχος – βεβαίωση ότι η ανατροφοδότηση (μικροφωνισμός), ο θόρυβος και η παραμόρφωση αποφεύγονται και ότι οι στάθμες είναι ικανοποιητικές τόσο στη μίξη των ηχείων όσο και προς το κοινό
- Ισορροπία – βεβαίωση ότι κάθε τι είναι ικανό να ακουστεί ξεχωριστά και ταυτόχρονα συνεισφέρει στον ήχο ως σύνολο
- Διάθεση – δημιουργία και ενίσχυση του συναισθήματος
- Βελτιώσεις – η μικρορύθμιση ώστε να γίνει ο συνολικός ήχος καθαρός[29]

5.3 : «Χαρακτηριστικά και λειτουργίες των συστημάτων ενίσχυσης ήχου»

Οι περισσότερες πηγές του φυσικού ήχου, όπως η ανθρώπινη φωνή ή τα μουσικά όργανα (τα ακουστικά), παράγουν στάθμες ήχου οι οποίες είναι επαρκείς ως προς την ακουστότητά τους σε σχετικά μικρές αποστάσεις, όπως για παράδειγμα σε χώρους με μικρό όγκο. Είναι γενικότερα αποδεκτό ότι σε

[28] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 1 – P.A. versus Live Sound (PC Publishing, 1996).
[29] Βλ. υποσημείωση 27.

ακουστικά καλά σχεδιασμένες αίθουσες με όγκο περίπου 1.500 $m^{3,}$ όπου η φωνή πρέπει να διανύσει περισσότερο από 15 m, θα απαιτηθεί ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου με σκοπό την παροχή μίας επαρκούς ενδυνάμωσης του ήχου και την ομοιόμορφη κατανομή του. Ακόμα και σε μικρότερες αίθουσες, όπως σε δωμάτια συνεδριάσεων και συναντήσεων με καθιστική χωρητικότητα 100 ατόμων ή λίγο περισσότερο, όπου οι ομιλητές με δυνατή φωνή μπορούν να ακουστούν καθαρά, οι πιο αδύναμες φωνές θα πρέπει να ενισχυθούν. Σε αίθουσες με μεγάλη αντήχηση, η οποία τις καθιστά μη προτιμώμενες για ομιλία, η καταληπτότητα μπορεί να βελτιωθεί με ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου, το οποίο αυξάνει την ποσότητα του απευθείας ήχου προς τη θέση του ακροατή. Για ικανοποιητική καταληπτότητα, με σκοπό την αποφυγή επικάλυψης του ήχου (masking effect), η φωνή θα έπρεπε να είναι τουλάχιστον 25 dB πάνω από το επίπεδο του ήχου περιβάλλοντος. Στα θέατρα και στις αίθουσες όπερας, τα συστήματα ενίσχυσης ήχου χρειάζονται με σκοπό να ενισχύσουν τις φωνές των καλλιτεχνών έτσι ώστε να μην καλύπτονται από τους ήχους της ορχήστρας[30].

Το ζήτημα της ύπαρξης συστημάτων ενίσχυσης ήχου στην όπερα συνιστά ένα θέμα όσον αφορά τη μουσική καθώς πολλοί άνθρωποι προτιμούν να ακούν την παράσταση χωρίς τεχνητή ενίσχυση. Αυτό δεν είναι πάντοτε δυνατό, ειδικά με μονωδούς οι οποίοι έχουν λιγότερο τελειοποιημένες και εκπαιδευμένες φωνές. Επίσης, η ανάγκη για ενίσχυση έχει καταστεί πιο χρήσιμη στις πρόσφατες εποχές, όταν για λόγους μεγαλύτερου κέρδους οδήγησαν στην κατασκευή λυρικών θεάτρων με χωρητικότητα καθισμάτων μεγαλύτερη από πριν.

Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου για αναπαραγωγή μουσικής πρέπει να καλύπτουν μία ευρύτερη περιοχή συχνοτήτων. Η θεμελιώδης συχνότητα των σωλήνων του εκκλησιαστικού οργάνου ξεκινά στα 16 Hz και αυτή των μπάσων τυμπάνων ξεκινά μεταξύ των 16 και των 20 Hz. Λίγα συστήματα ήχου είναι ικανά να αναπαράγουν τόσο χαμηλές συχνότητες. Ένα φυσιολογικό εύρος συχνοτήτων ενός υψηλής ποιότητας συστήματος ενίσχυσης ήχου εκτείνεται από τα 40 μέχρι και τα 20.000 Hz[31].

---

[30] Cavanaugh J. William and Joseph A. Wilkes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice,* (John Wiley and Sons, 1999), 187 – 196.
[31] Βλ. υποσημείωση 29.

Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου πρέπει να είναι σχεδιασμένα με σκοπό την παραγωγή επαρκών σταθμών ήχου χωρίς παραμόρφωση ή άλλο είδος υπερφόρτωσης. Τυπικά, τα συστήματα που προορίζονται για ενίσχυση στην ομιλία θα πρέπει να είναι ικανά να μεταδώσουν στάθμες ήχου μεταξύ 85 και 90dB. Συστήματα για ενίσχυση και αναπαραγωγή συμφωνικής μουσικής θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα να μεταδώσουν στάθμες ήχου μεταξύ 100 και 105dB. Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου που χρησιμοποιούνται από συγκροτήματα της rock μουσικής πρέπει να μπορούν να δημιουργήσουν μέσες στάθμες ήχου στο ακροατήριο από 110dB και άνω. Η έκθεση σε τόσο υψηλά επίπεδα ήχου για παρατεταμένη διάρκεια μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ακοή.

Ο εντοπισμός μίας ηχητικής πηγής από τον ακροατή συμβαίνει με την άφιξη του πρώτου ηχητικού κύματος από τη συγκεκριμένη πηγή. Οι συνεχείς επαναλήψεις του συγκεκριμένου σήματος, είτε με τη μορφή φυσικών ανακλάσεων ήχου από σκληρές επιφάνειες στην αίθουσα είτε με τη μορφή ηχητικών κυμάτων από τα μεγάφωνα, δεν καταγράφονται από τον ακροατή ως ξεχωριστοί ήχοι μέχρι η καθυστέρηση να φτάσει σε υψηλές τιμές της τάξης των περισσότερων από 50 msec. Η ενοποίηση των ήχων που φτάνουν με μικρή καθυστέρηση ονομάζεται «το φαινόμενο Haas» (the Haas effect), ύστερα από την ανακάλυψη του συγκεκριμένου φαινομένου. Τέτοιες επαναλαμβανόμενες διαδοχικές πρώιμες αφίξεις συμβάλλουν στην ενδυνάμωση του πρωτογενούς σήματος, και σε κάποιες περιπτώσεις αυξάνουν την καταληπτότητα. Το φαινόμενο Haas χρησιμοποιείται ευρέως στο σχεδιασμό των συστημάτων ήχου όταν πρέπει να διατηρηθεί η αίσθηση της κατεύθυνσης της πηγής από την οποία προέρχεται ο ήχος. Αυτό απαιτεί τοποθέτηση των μεγαφώνων με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο ενισχυμένος ήχος να φτάνει στο αυτί του ακροατή με ελαφρά καθυστέρηση ακολουθώντας τον ήχο από τη φυσική πηγή. Κατ’ αυτή την προσαρμογή, ο ακροατής θα εντοπίσει τον ήχο όπως ο τελευταίος καταφτάνει από την ηχητική πηγή και όχι από το μεγάφωνο. Η μεγαλύτερη αύξηση της καταληπτότητας του λόγου εξ αιτίας της λειτουργίας ενός συστήματος ήχου θα συμβεί εάν ο περισσότερος ήχος από τα μεγάφωνα φτάσει απ’ ευθείας στους ακροατές, χωρίς ανακλάσεις από τους τοίχους ή από το ταβάνι. Αυτό απαιτεί είτε την τοποθέτηση των

μεγαφώνων κοντά στους ακροατές είτε την υψηλής κατευθυντικότητας παραγωγή του ήχου, ή και τα δύο συνδυασμένα.

Το μέγεθος της αίθουσας, στην οποία λειτουργεί ένα σύστημα ήχου, έχει επίδραση στην απόδοση του συστήματος και θα επηρεάσει την επιλογή των μεγαφώνων ως προς την καταλληλότητά τους σε μία δεδομένη κατάσταση. Σε μικρές αίθουσες, για παράδειγμα, όλες οι ανακλάσεις ήχου από τα όρια του χώρου φτάνουν στον ακροατή με μία πολύ γρήγορη διαδοχή, ακολουθώντας τον απευθείας ήχο σε απόσταση λίγων msec, και ενοποιούνται γρήγορα και εύκολα με τον απευθείας ήχο. Για το λόγο αυτό, σε μικρούς χώρους, τα μεγάφωνα με ευρεία διασπορά ήχου θα αποδώσουν ικανοποιητικά, και δε χρειάζεται η χρησιμοποίηση μεγαφώνων υψηλής κατευθυντικότητας. Σε πολύ μεγάλες αίθουσες, οι ανακλάσεις του ήχου από τους τοίχους φτάνουν με πολύ μεγάλη καθυστέρηση ακολουθώντας τον απευθείας ήχο, μερικές φορές και σε δεκάδες ή εκατοντάδες msec. Τέτοιες ανακλάσεις τόσο μεγάλης καθυστέρησης είναι γενικά επιβλαβείς ως προς την καταληπτότητα και την καθαρότητα του ήχου. Γι' αυτό, σε μεγάλους χώρους, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται μέσω της χρησιμοποίησης ηχείων, τα οποία εκπέμπουν τον ήχο μέσα από μία στενή γωνία και έχουν κατεύθυνση προς το κοινό. Η κατευθυντικότητά τους βοηθά στη μείωση της αναλογίας των επιβλαβών ανακλάσεων του ήχου από τους τοίχους[32].

5.4: «Ο εξοπλισμός ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών (Ρ.Α.)»

Σ' αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν τα συστατικά μέρη, τα οποία αποτελούν ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών, και πώς αυτά ενσωματώνονται από τις συσκευές του συστήματος, μέχρι τις συστοιχίες των μεγαφώνων (line arrays).

Συστατικά μέρη του συστήματος ήχου

Σε κάθε σύστημα Ρ.Α. υπάρχει ένα σύνολο επιμέρους μηχανημάτων. Η ποσότητα, η ισχύς και το κόστος μπορεί να διαφέρουν, αλλά τα μέρη όχι. Τα κύρια τμήματα ενός τέτοιου συστήματος είναι:

[32] Βλ. υποσημείωση 29.

- Είσοδοι ήχου (inputs) – μικρόφωνα, DI boxes και πεδία βυσμάτων σκηνής (stage boxes).
- Έλεγχος και δρομολόγηση – ο μίκτης ο οποίος παρέχει κέρδος ενίσχυσης και έλεγχο στάθμης ήχου, ισοστάθμιση, ισορρόπηση και έλεγχο δρομολόγησης
- Επεξεργασία – εξωτερικά εφέ όπως συμπιεστές, θύρες, εξωτερική εξίσωση και ισορρόπηση, αντηχήσεις και καθυστερήσεις
- Ενίσχυση - οι τελικοί ενισχυτές ισχύος. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει ένα διπλοενισχυόμενο ή τριπλοενισχυόμενο σύστημα, όπου η κάθε περιοχή συχνοτήτων οδηγείται ξεχωριστά. Αυτό περιλαμβάνει ηλεκτρονικούς διαχωριστές συχνοτήτων (crossovers) οι οποίοι διαιρούν την τροφοδότηση από το μίκτη σε περιοχές συχνοτήτων και μετά τροφοδοτούν κάθε τελικό ενισχυτή.
- Έξοδος ήχου – μεγάφωνα - Υπάρχουν δύο τύποι ηχείων – τα FOH (front of house) που είναι ηχεία για το κοινό, και τα ηχεία monitor τα οποία είναι για τους καλλιτέχνες.

Κάθε σύστημα P.A. είναι απλώς μία επέκταση ενός μεγαλύτερου αριθμού από τα προαναφερθέντα στοιχεία.

Η φυσική επεξεργασία και διαδικασία που ακολουθείται, ίσως διευκολύνει την κατανόηση της λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος. Ο ακουστικός ήχος μετατρέπεται πρώτα σε ηλεκτρισμό, επεξεργάζεται, έπειτα, όπως απαιτείται, είτε διορθωτικά είτε δημιουργικά, προωθείται έπειτα στο επιθυμητό επίπεδο και μετατρέπεται πάλι σε ήχο μέσω του μεγαφώνου[33].

Λειτουργίες του κάθε συστατικού μέρους του συστήματος

Ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών, όπως προαναφέρθηκε, αποτελείται από πολλά μέρη. Είναι χρήσιμο, λοιπόν, να εξετάσουμε την επιμέρους λειτουργία του κάθε μέρους και τη συνεισφορά του στο σύστημα P.A.

[33] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians,* first edition, Chapter 1 – P.A. versus Live Sound (PC Publishing, 1996).

Μικρόφωνα

Η λειτουργία του μικροφώνου είναι η συλλογή του ακουστικού ήχου και η μετατροπή του σε ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή μετατρέπει μία μορφή ενέργειας σε μία άλλη ονομάζεται μετατροπέας. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη μικροφώνων.

Το μικρόφωνο πήρε την ονομασία του από τον David Hoose, ο οποίος επινόησε μια διάταξη μεταφοράς ήχου που ήταν τόσο ευαίσθητη, που τη θεωρούσε κάτι σαν «μικροσκόπιο ήχου» και την ονόμασε «μικρόφωνο»

Τα μικρόφωνα ταξινομούνται (α) ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους και (β) ανάλογα με την κατευθυντικότητα τους. Αν τα ταξινομήσουμε με τον τρόπο λειτουργίας τους θα καταλήξουμε στις τέσσερις παρακάτω κατηγορίες:

α) Δυναμικά μικρόφωνα

β) Μικρόφωνα ταινίας

γ) Πυκνωτικά μικρόφωνα

δ) Μικρόφωνα Κρυστάλλων

Το δυναμικό μικρόφωνο αποτελείται από έναν ισχυρό μόνιμο μαγνήτη και ένα πηνίο τοποθετημένο ανάμεσα στους πόλους του, ώστε να κινείται ελεύθερα. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής: όταν ηχητικά κύματα πέφτουν στο διάφραγμα, το πηνίο πάλλεται στο πεδίο του μαγνήτη, τέμνονται οι μαγνητικές γραμμές κι εμφανίζεται στα άκρα του πηνίου επαγωγική τάση.

Το μικρόφωνο ταινίας αποτελείται από μια λεπτή πτυχωτή ταινία, συνήθως από αλουμίνιο, η οποία μπορεί και πάλλεται ελεύθερα μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργεί ένας ισχυρός μαγνήτης.

Το μικρόφωνο αυτό έχει κατευθυνόμενη λήψη από δύο αντίθετες κατευθύνσεις και χρησιμοποιείται για ταυτόχρονη εξυπηρέτηση δύο ομιλητών, λόγω της καλής του απόκρισης.

Το πυκνωτικό μικρόφωνο στηρίζει τη λειτουργία του στις μεταβολές χωρητικότητας ενός ενσωματωμένου πυκνωτή, σύμφωνα με τις μεταβολές της πίεσης που προκαλούνται από τα ηχητικά κύματα. Το μικρόφωνο κρυστάλλων χρησιμοποιεί μια λεπτή λωρίδα πιεζοηλεκτρικού υλικού, το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένα διάφραγμα.

Τα μικρόφωνα διαφέρουν μεταξύ τους στο φάσμα των συχνοτήτων που καλύπτουν ικανοποιητικά, στην ακουστική ένταση στην οποία δεν παραμορφώνουν το σήμα, στην αναλογία σήματος / θορύβου και φυσικά στην τιμή τους. Ως προς τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων, αναδεικνύονται οι εξής κατηγορίες:

α) Πανκατευθυντικά.

β) Δικατευθυντικά.

γ) Μονοκατευθυντικά.

δ) Ιδιαιτέρως- κατευθυντικά.

ε) Μικρόφωνα με περισσότερα από ένα πολικό διάγραμμα.

Τα πανκατευθυντικά είναι εξίσου ευαίσθητα σε όλα τα ηχητικά ερεθίσματα, ανεξάρτητα από πια κατεύθυνση έρχονται και τη γωνία που έχει η πηγή τους σε σχέση με το διάφραγμά τους.

Εικόνα 19: Το πανκατευθυντικό μικρόφωνο M 150 Tube της εταιρείας Neumann - http://vintageking.com/neumann-m-150-tube (προσπελάστηκε 2 Μαρτίου, 2015)

Τα δικατευθυντικά είναι εξίσου ευαίσθητα στις πιέσεις που ασκούνται από το εμπρός και το πίσω μέρος του διαφράγματος, αλλά χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλά επίπεδα ευαισθησίας που δείχνει σε πιέσεις που ασκούνται από τα πλαϊνά μέρη του μικροφώνου.

Τα μονοκατευθυντικά μικρόφωνα είναι ιδιαιτέρως ευαίσθητα σε ήχους που προέρχονται ακριβώς μπροστά από το διάφραγμα (μηδέν μοίρες). Αντίθετα, μπορεί να είναι ελάχιστα ή καθόλου ευαίσθητα σε πηγές που

βρίσκονται στο πίσω μέρος του διαφράγματος (180 μοίρες). Οι πλευρικοί ήχοι με κλίση μικρότερη των 90° ή μεγαλύτερη των 270° μπορούν να συλληφθούν ικανοποιητικά, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τους υπόλοιπους πλευρικούς ήχους.

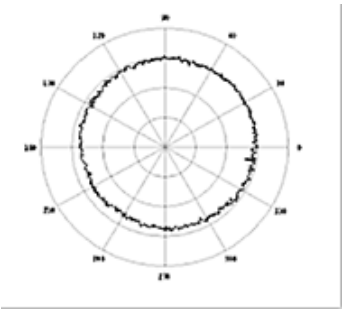
Εικόνα 20: Το μονοκατευθυντικό μικρόφωνο Shure SM58 - http://www.shure.co.uk/products/microphones/sm58 (προσπελάστηκε 2 Μαρτίου, 2015)

Τα ιδιαιτέρως κατευθυντικά μικρόφωνα χαρακτηρίζονται από την ιδιαιτέρα υψηλή ευαισθησία που δείχνουν στα ηχητικά σήματα που βρίσκονται σε 0 μοίρες (μπροστά τους), την ελάχιστη ευαισθησία στα σήματα που βρίσκονται σε 180 μοίρες και την ιδιαίτερα χαμηλή ευαισθησία που έχουν στους πλευρικούς ήχους. Αυτά τα μικρόφωνα δεν χρησιμοποιούνται συχνά στη μουσική, αλλά βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή στην τηλεόραση, τον κινηματογράφο και το θέατρο. Εκεί δηλαδή, όπου θέλουμε το μικρόφωνο να είναι μακριά από την πηγή (π.χ. τον ηθοποιό), να μην επηρεάζεται πολύ από τους ήχους του περιβάλλοντος, αλλά και να μην διακρίνεται στις κάμερες ή από τον θεατή στο θέατρο.

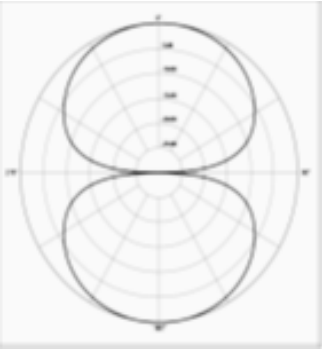
Τα μικρόφωνα με διαφορετικά επιλεγόμενα πολικά διαγράμματα είναι πυκνωτικά μικρόφωνα διπλού διαφράγματος και χρησιμοποιούνται κυρίως στα στούντιο ηχογραφήσεων.

Στις παρακάτω φωτογραφίες απεικονίζονται τα πολικά διαγράμματα της κάθε προαναφερθείσας κατηγορίας μικροφώνων, βάσει κατευθυντικότητας, α) πανκατευθυντικού μικροφώνου, β) δικατευθυντικού μικροφώνου, γ) μονοκατευθυντικού μικροφώνου και δ) ιδιαιτέρως κατευθυντικού μικροφώνου[34].

[34] Μηνάς Εμμανουήλ, «Σημειώσεις Ηχοληψίας του ΤΕΙ Κεφαλονιάς 2007 – 2008», http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mta/, (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου 2015).

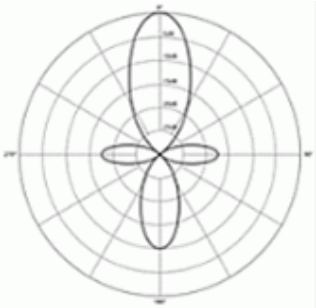


Εικόνα 21:Πολικό διάγραμμα πανκατευθυντικού μικροφώνου[35].



Εικόνα 22:Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου.

Εικόνα 23:Πολικό διάγραμμα μονοκετευθυντικού μικροφώνου (καρδιοειδούς - cardioid).



Εικόνα 24:Πολικό διάγραμμα ιδιαιτέρως κατευθυντικού μικροφώνου (shot gun).

[35] Όλες οι εικόνες οι οποίες αναπαριστούν πολικά διαγράμματα μικροφώνων έχουν ληφθεί από τις Σημειώσεις Ηχοληψίας του ΤΕΙ Κεφαλονιάς 2007 – 2008, του Μηνά Εμμανουήλ (υποσημείωση 34).

DI (Direct Injection box – DI box)

Ένα DI χρησιμοποιείται για να συνδέσει τα όργανα με έξοδο line (στάθμης γραμμής) στις υποδοχές μικροφώνων του μίκτη. Τα όργανα με έξοδο line είναι εκείνα τα οποία δε χρειάζονται μικρόφωνο επειδή έχουν ήδη ηλεκτρική έξοδο – όπως τα πλήκτρα, κιθάρες, cd players.

Εάν τα καλώδια διασύνδεσης είναι διαθέσιμα και μακριά σε μήκος, τότε μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στην είσοδο του μίκτη. Ωστόσο οι είσοδοι στους περισσότερους μίκτες είναι χαμηλής αντίστασης ή ισορροπημένου τύπου (balanced), πράγμα το οποίο σημαίνει ότι εφόσον χρειάζεται μεγαλύτερου μήκους καλώδιο σύνδεσης είναι πιθανόν να υπάρξουν και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και θόρυβοι.

Η λειτουργία του DI box επομένως είναι:

1. Μετατρέπει τη μη ζυγισμένη συνδεσμολογία (unbalanced) του κάθε μουσικού οργάνου σε ζυγισμένη συνδεσμολογία (balanced)
2. Προσαρμόζει τις σύνθετες αντιστάσεις και τις στάθμες των οργάνων στις εισόδους του μίκτη

Για κάθε όργανο το οποίο δεν ενισχύεται μέσω μικροφώνου χρειάζεται ένα ξεχωριστό DI. Για την παράλληλη σύνδεση του οργάνου με ένα ενισχυτή οργάνου υπάρχει βύσμα παράλληλης σύνδεσης πάνω στο DI (π.χ. η ηλεκτρική κιθάρα στον ενισχυτή στον οποίο είναι συνδεδεμένη).

Ειδικές είσοδοι παρέχονται συνήθως για εισόδους υψηλής στάθμης όπως προεκτάσεις εξόδων ηχείων, έτσι ώστε ο ήχος του ενισχυτή να λαμβάνεται επίσης. Γνωστοί είναι δύο τύποι συσκευών DI – τα παθητικά και τα ενεργά. Τα παθητικά χρησιμοποιούν έναν αυτομετασχηματιστή και δε χρειάζονται επιπλέον ισχύ, αλλά δυστυχώς αυτό εισάγει κάποια απόσβεση (απώλεια στάθμης σήματος). Τα ενεργά χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία ενισχύονται από μία εσωτερική μπαταρία. Συχνά μπορούν να χρησιμοποιούν την τάση τροφοδοσίας +48V (phantom power) από το μίκτη – πλεονέκτημα το οποίο δεν απαιτεί την αλλαγή μπαταριών σε κάθε συναυλία.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η σχεδίαση με αυτομετασχηματιστή (παθητικά) συμπεριλαμβάνει μερική παραμόρφωση η οποία είναι ανεπιθύμητη, ειδικά σε όρους μεταβατικής απόκρισης, αλλά οι καινούριες

εκδόσεις είναι αρκετά καλές. Οι ηλεκτρονικές εκδόσεις είναι πιο ακριβές και μπορούν να παρέχουν ηλεκτρονικό φύσημα από μόνες τους.

Εικόνα 25: DI Box AR – 133 - http://bssaudio.com/en/products/ar-133 (προσπελάστηκε 2 Μαρτίου, 2015)

Πολυκαλώδια (multicores) και κουτιά σκηνής (stage boxes)

Πολυκαλώδιο (multicore) είναι μία δέσμη καλωδίων που εσωκλείονται σε ένα μεγαλύτερο καλώδιο με εξωτερική κάλυψη. Χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των μικροφώνων και των μουσικών οργάνων της σκηνής με την κονσόλα. Εξοικονομεί πολύ χρόνο από το να ξεχωρίζει κανείς και να εγκαθιστά ξεχωριστά πολλά καλώδια μαζί. Αυτό απαιτεί οικονομική επένδυση, καθότι ένα τέτοιο σύστημα καλωδίων είναι πιο ακριβό.

Εικόνα 26: Χαρακτηριστική εικόνα ενός multicore (πολυκαλωδίου) - http://www.thenoizeworks.co.uk/15-metre-124-stagebox-multicore-248-p.asp (προσπελάστηκε 6 Μαρτίου, 2015)

Κονσόλα monitor (foldback monitor mixer)

Οι περισσότεροι άνθρωποι νομίζουν ότι το σημαντικότερο μέρος μίας ηχητικής κάλυψης ενός γεγονότος είναι ο ήχος που απευθύνεται στο κοινό – και σχεδόν έτσι είναι. Ωστόσο, εάν οι καλλιτέχνες δεν μπορούν να ακούσουν πράγματα που χρειάζονται, δεν θα μπορούν προφανώς να αποδώσουν σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο. Το κοινό θέλει να ακούει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα, αλλά ο κάθε καλλιτέχνης είναι πιο πιθανό να πιστέψει ότι ήταν καλή η συναυλία του εφόσον έχει ικανοποιητική ακρόαση του κάθε μέρους που παίζει κατά τη διάρκεια της συναυλίας.

Το κύριο θέμα της μίξης του monitor είναι ιδανικά μία προσωπική μίξη για κάθε καλλιτέχνη που μετέχει στη συναυλία, με ίσως περισσότερα γεμίσματα και υποστήριξη, εφόσον για παράδειγμα θέλει να ακούει περισσότερο κάποιο άλλο μουσικό όργανο ή όχι. Ένα διαχωρισμένο κομμάτι του μίκτη χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ξεχωριστών μίξεων επιστροφής, ή σε ιδανικές συνθήκες, ένας ξεχωριστός ολόκληρος μίκτης και ένας τεχνικός ήχου ελέγχει την επιστροφή του ήχου.

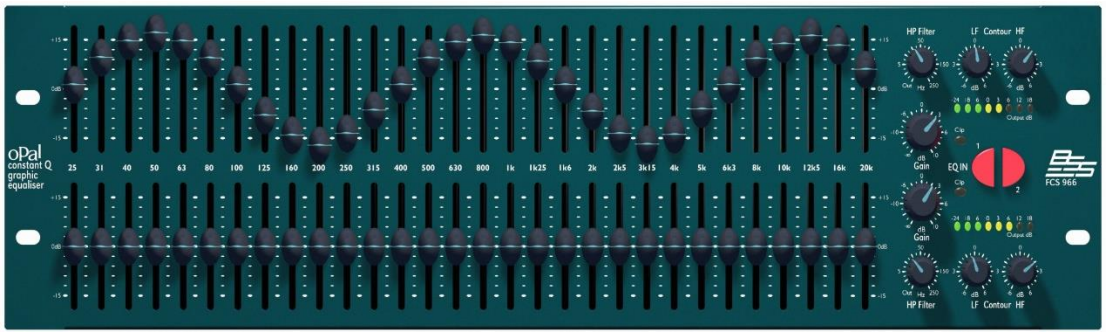
Εικόνα 27: Monitor mixer στημένος απέναντι από τη σκηνή στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου - https://www.soundtech.co.uk/case-studies/university-of-london-student-central (προσπελάστηκε 6 Μαρτίου, 2015)

Ισοσταθμιστές (equalizers)

Ένας ισοσταθμιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους – δημιουργικά και τεχνικά. Δημιουργικά μπορεί να δημιουργήσει ένα εφέ ή διάθεση. Τεχνικά μπορεί να αντισταθμίσει την ακουστότητα του χώρου και του κοινού, ή να αυξήσει την στάθμη πριν το όριο της ανατροφοδότησης.

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο equalizing εννοούμε την εξισορρόπηση των συχνοτήτων που ενυπάρχουν σε ένα σήμα. Πρακτικά, το equalizing χρησιμοποιείται για να «χρωματίσουμε» έναν ήχο. Υπάρχουν δύο τύποι ισοσταθμιστών, οι γραφικοί ισοσταθμιστές και οι παραμετρικοί ισοσταθμιστές.

Ο γραφικός ισοσταθμιστής είναι ένας τύπος ισοσταθμιστή που αποτελείται από sliders (ρυθμιστικά). Κάθε ρυθμιστικό επηρεάζει μια συγκεκριμένη κεντρική συχνότητα και ανεβάζοντας ή κατεβάζοντας το, ενισχύουμε ή αποδυναμώνουμε τη συγκεκριμένη συχνοτική περιοχή. Κάθε γραφικός ισοσταθμιστής είναι διαχωρισμένος σε ίσα μουσικά διαστήματα, για παράδειγμα ένας ισοσταθμιστής με 12 faders θα έχει σαν κεντρικές συχνότητες τις 20, 40, 80, 160……..20kHz. Ένας επαγγελματικός γραφικός ισοσταθμιστής για live εφαρμογή, περιέχει από 25 έως 31 faders ανά κανάλι ικανά για γρήγορη διαβάθμιση του ήχου. Ιστορικά, ο πρώτος γραφικός ισοσταθμιστής ήταν ο Largevin Model EQ-251A και είχε δυο επιλογές ισοστάθμισης. Μια που «έκοβε» ή ενίσχυε τις ψηλές συχνότητες και μια που «έκοβε» ή ενίσχυε τις χαμηλές συχνότητες. Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε έναν τέτοιο ισοσταθμιστή.

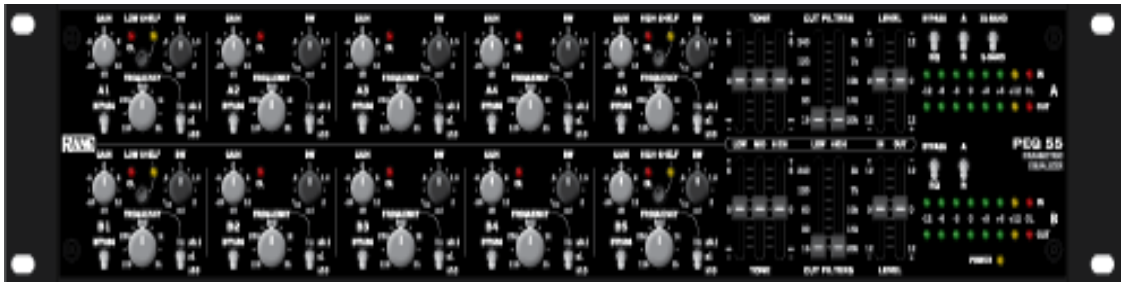


Εικόνα 28: Γραφικός Ισοσταθμιστής FCS – 966 - http://bssaudio.com/en/products/fcs-966 (προσπελάστηκε 8 Μαρτίου, 2015)

Ο τύπος ενός παραμετρικού ισοσταθμιστή αποτελείται από ποτενσιόμετρα τα οποία ενισχύουν ή αποδυναμώνουν μια συχνοτική περιοχή, αυτοί οι ισοσταθμιστές είναι που συναντάμε συνήθως στις κονσόλες.

Στους παραμετρικούς ισοσταθμιστές μπορούμε να μεταβάλουμε την κεντρική συχνότητα, την ένταση της και το εύρος της. Ο έλεγχος του εύρους ονομάζεται bandwidth control και συμβολίζεται με το γράμμα Q (από την λέξη Quality factor). Με την επιλογή Q μπορούμε να επιλέξουμε στην ισοστάθμιση

αν κάποια συχνότητα θα επηρεάσει τις δίπλα συχνότητες (Broader Broadband Adjustment) ή αν θα επηρεάσει μόνο το προεπιλεγμένο εύρος συχνοτήτων (Narrow Broadband Adjustment). Ο τελευταίος τύπος μας βοηθάει να κάνουμε λεπτομερείς αλλαγές στις συχνότητες[36].



Εικόνα 29: Παραμετρικός Ισοσταθμιστής PEC – 55 - https://home.comcast.net/~thomasw-2/SubwooferSetupandEQpage5.html (προσπελάστηκε 8 Μαρτίου, 2015)

Ενισχυτές

Η λειτουργία ενός ενισχυτή είναι απλή αλλά σημαντική – να ενισχύσει τον ήχο. Βασικό κριτήριο για την επιλογή ισχύος του ενισχυτή είναι η απαίτηση και δυνατότητα πρόσληψης της ισχύος αυτής από τα ηχεία. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο για την επιλογή ισχύος και τύπου ενισχυτή είναι ο συντελεστής απόσβεσης (dumping factor).

Εικόνα 30: Ένα χαρακτηριστικό δείγμα ενισχυτή ισχύος της εταιρείας Labgruppen (PLM series) - http://www.pro-music-news.com/html/16/e81207la.htm (προσπελάστηκε 9 Μαρτίου, 2015)

[36] Βλ. υποσημείωση 33.

Εικόνα 31: Ενισχυτές ισχύος της εταιρείας Crown - https://www.scmsinc.com/shop-item/studio-products-amplifiers/it4x3500hdb-crown-it4x3500hdb-binding-post-version-i-tech-touring-sound-amplifier/ (προσπελάστηκε 9 Μαρτίου, 2015)

Κυκλώματα διαχωρισμού συχνοτήτων (Crossovers)

Τα κυκλώματα διαχωρισμού συχνοτήτων χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό του φάσματος συχνοτήτων έτσι ώστε να τροφοδοτηθούν τα επιμέρους μεγάφωνα ενός συστήματος ηχείων με τις συχνότητες που αντιστοιχούν στη βέλτιστη συχνοτική περιοχή λειτουργίας του κάθε μεγαφώνου.

Σχεδιάζοντας, έτσι, ηχεία να δουλεύουν με πιο περιορισμένες περιοχές συχνοτήτων, π.χ. woofer, mid-range, και tweeters, και έπειτα χωρίζοντας το σήμα του ενισχυτή σε διαφορετικές αντίστοιχες περιοχές συχνοτήτων, μπορούμε να παράγουμε ένα πιο αποδοτικό σύστημα ήχου. Μ' αυτό τον τρόπο τα σήματα χαμηλών συχνοτήτων στέλνονται στο woofer, τα σήματα των μεσαίων συχνοτήτων στέλνονται στα μεγάφωνα μεσαίας περιοχής συχνοτήτων (mid-range), και τα σήματα υψηλών συχνοτήτων στέλνονται στα tweeter.

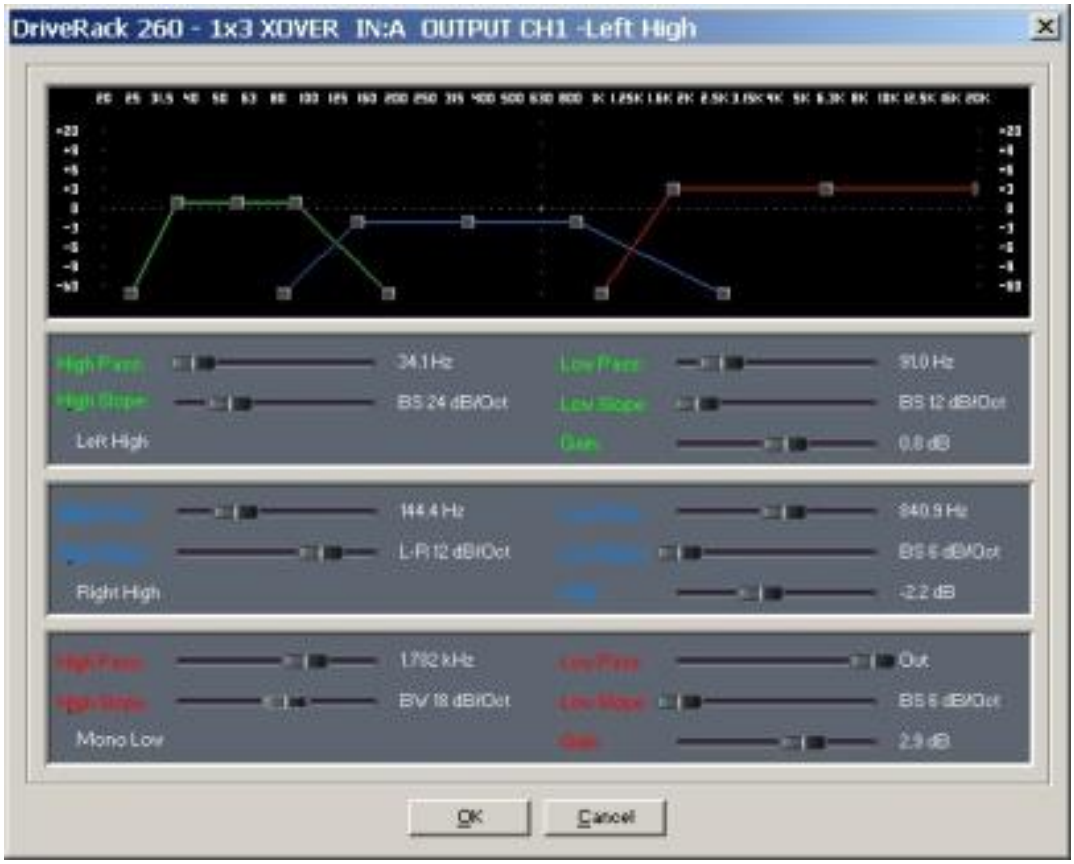
Ένα ηχείο περιέχει ένα παθητικό δίκτυο crossover που μπορεί να αποτελείται από παθητικά στοιχεία όπως: πυκνωτές, πηνία, αντιστάσεις. Μια άλλη μέθοδος διαχωρισμού συχνοτήτων περιλαμβάνει ηλεκτρονικά συστήματα ενεργού διαχωρισμού συχνοτήτων (active crossover) με πολλά πλεονεκτήματα όπως η μη απώλεια ισχύος σε παθητικά εξαρτήματα, η δυνατότητα ελέγχου μέσω συνεχούς μεταβολής των συχνοτήτων

διαχωρισμού, της στάθμης των επιμέρους περιοχών του φάσματος και ρύθμιση της φάσης και της χρονικής καθυστέρησης μεταξύ των μεγαφώνων, και σε πολλές περιπτώσεις της κλίσης του βαθμού αποκοπής των επιλεγμένων φίλτρων.

Εικόνα 32: Η μπροστά και η πίσω πλευρά του crossover 234 XL της εταιρείας dbx - http://thenexusacoustics.blogspot.gr/2013/01/magnepan-mg-27-qr-active.html (προσπελάστηκε 9 Μαρτίου, 2015)

Τα τελευταία χρόνια γίνεται ευρύτατη χρήση ψηφιακών συστημάτων διαχωρισμού συχνοτήτων με τη χρήση επεξεργασίας DSP (digital signal processing). Μέσω των συστημάτων αυτών είναι δυνατή η απομακρυσμένη ρύθμιση όλων των παραμέτρων μέσω ενός υπολογιστή με τη χρήση του GUI (graphical user interface). Οι διαφορετικές έξοδοι του επεξεργαστή αυτού δρομολογούνται σε ξεχωριστούς ενισχυτές ισχύος που οδηγούν τα αντίστοιχα μεγάφωνα.

Εικόνα 33: Ψηφιακός επεξεργαστής ήχου dbx DriveRack PA 2 + - http://dbxpro.com/en-US/products/driverack-pa2 (προσπελάστηκε 10 Μαρτίου, 2015)



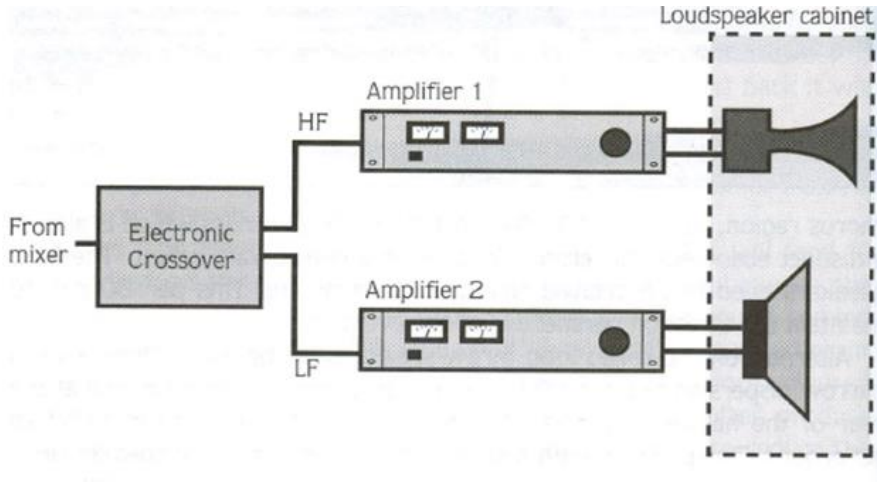
Εικόνα 34: Απεικόνιση οθόνης GUI ρύθμισης crossover dbx DriveRack 260 - http://www.audioheritage.org/vbulletin/showthread.php?8210-Opinions-on-the-Driverack-PA (προσπελάστηκε 10 Μαρτίου, 2015)

Bi – amping (διπλοενίσχυση)

Η διπλή ενίσχυση είναι η διαδικασία κατά την οποία η ενίσχυση του ήχου χωρίζεται σε περιοχές μπάσων και μεσαίων/υψηλών συχνοτήτων. Το κάθε μισό περιλαμβάνεται στο δικό του ενισχυτή, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή απόδοση. Χρειάζεται πολύ λιγότερη ισχύς στην αναπαραγωγή των υψηλών συχνοτήτων σε σύγκριση με την οδήγηση που απαιτείται για την αναπαραγωγή των χαμηλών συχνοτήτων.

Όπως αφήνουμε την κάθε συσκευή του συστήματος να λειτουργήσει σωστά σ' αυτό που κάνει, σημαίνει ότι μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την ισχύ του ενισχυτή για κάθε περιοχή συχνότητας. Μ' αυτό τον τρόπο, η κάθε επιμέρους περιοχή δεν θα υπόκειται στις ανεπάρκειες της άλλης. Έτσι για παράδειγμα, εάν ο ενισχυτής των μπάσων συχνοτήτων είναι

υπερφορτωμένος και αρχίζει να ψαλιδίζει, η παραμόρφωση δεν θα τροφοδοτηθεί στο tweeter[37].



Εικόνα 35 : Η διαδικασία διπλοενίσχυσης σε ένα σύστημα P.A. – σχεδιάγραμμα από το βιβλίο "Live Sound: P.A. for Performing Musicians" του Peter Buick, Chapter 1 – P.A. versus Live Sound

Μεγάφωνα (loudspeakers)

Τα ηλεκτρομαγνητικά, άμεσης εκπομπής μεγάφωνα χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην ενίσχυση ήχου. Η επιμέρους λειτουργία ενός μεγαφώνου είναι η μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος με την οποία το τροφοδοτεί ο ενισχυτής ισχύος σε μία ταλάντωση στον αέρα, την οποία το σύστημα ακοής προσλαμβάνει ως ήχο. Ένα ηλεκτρομαγνητικό μεγάφωνο αποτελείται από ένα μαγνήτη με ένα κυκλικό διάκενο και ένα πηνίο φωνής, το οποίο μετακινείται μέσα στο κενό. Το πηνίο φωνής προσκολλάται σε ένα κώνο χαρτιού ή διάφραγμα, το οποίο σχεδιάζεται με σκοπό την εκπομπή της ταλάντωσης. Τα μεγάφωνα κώνου ποικίλουν από 7 cm σε διάμετρο, από μεγάφωνα τα οποία προορίζονται για αναπαραγωγή υψηλών συχνοτήτων, σε πάνω από 45 cm σε διάμετρο για μεγάφωνα χαμηλών συχνοτήτων. Τα μεγάφωνα άμεσης εκπομπής θα πρέπει να τοποθετούνται σε καμπίνες με σκοπό την ακύρωση της επίδρασης της εκπομπής από το πίσω μέρος του κώνου. Τα μεγάφωνα μικρής διαμέτρου δεν είναι τόσο αποδοτικά όσο αυτά με μεγάλη διάμετρο στην εκπομπή χαμηλών συχνοτήτων. Η επίδραση της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε ακουστική είναι σχετικά χαμηλή από τα μεγάφωνα άμεσης

[37] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 1 – P.A. versus Live Sound (PC Publishing, 1996).

εκπομπής. Η τυπική επίδραση αυτού του είδους των μεγαφώνων κυμαίνεται μεταξύ 1 και 4%.

Μία από τις ελλείψεις ενός απλού μεγαφώνου άμεσης εκπομπής είναι ο κατευθυντικός χαρακτήρας του, ο οποίος έχει τάση να συγκεντρώνει τους ήχους υψηλής συχνότητας σε μία στενή δέσμη ακτινοβολίας. Ένα χαρακτηριστικό βελτιωμένης εκπομπής, με μία ευρύτερη γωνία εκπομπής στις ψηλές συχνότητες, είναι πιθανό με ένα ομοαξονικό σχεδιασμό, στον οποίο η εκπομπή χαμηλών συχνοτήτων αρχίζει από ένα διάφραγμα μεγάλης διαμέτρου, και η εκπομπή υψηλών συχνοτήτων ξεκινά από ένα ξεχωριστό, μικρό διάφραγμα, το οποίο έχει εγκατασταθεί ομοκεντρικά μέσα στο μεγάλο διάφραγμα χαμηλών συχνοτήτων. Τα ομοκεντρικά σχεδιασμένα μεγάφωνα δείχνουν μία ομοιόμορφη γωνία διασποράς τουλάχιστον 60ο μέχρι μία συχνότητα 4 KHz. Είναι τα προτιμώμενα μεγάφωνα σε εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν διανεμημένα συστήματα μεγαφώνων.

Η αποδοτικότητα της εκπομπής των μεγαφώνων μπορεί να βελτιωθεί θεαματικά όταν ένας ηλεκτρομαγνητικός οδηγός συνδυάζεται με τον εξωτερικό αέρα μέσω μίας χοάνης. Τότε η χοάνη λειτουργεί ως προσαρμογέας της διαφορετικής σύνθετης αντίστασης, μειώνοντας τις απώλειες εξ αιτίας της αναντιστοιχίας της αντίστασης μεταξύ του διαφράγματος του οδηγού και του αέρα. Στις περιοχές των μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων, τα μεγάφωνα χοάνης με τους οδηγούς συμπίεσης (compression drivers) μπορούν να έχουν απόδοση εκπομπής μέχρι και 50%, καθιστάμενα έτσι ως τα πιο αποδοτικά συστήματα μεγαφώνων που είναι διαθέσιμα σήμερα.

Εικόνα 36 : Το μεγάφωνο Sx-100 + της εταιρείας Electro Voice - http://www.electrovoice.com/product.php?id=200 (προσπελάστηκε 13 Μαρτίου, 2015)

Εξ αιτίας των φυσικών περιορισμών, δεν είναι δυνατόν να παραχθεί ένα απλό μεγάφωνο ικανό για αναπαραγωγή τόσο της έκτασης όλων των συχνοτήτων όσο και της απαιτούμενης στάθμης από μία μόνο μονάδα, δηλαδή από ένα μόνο ηχείο. Η αποδεκτή μέθοδος είναι ο διαχωρισμός των συχνοτήτων του ήχου σε δύο, τρεις ή τέσσερις περιοχές συχνοτήτων, ειδικά εφαρμοσμένες για αναπαραγωγή από ξεχωριστά μεγάφωνα. Η απόδοση των συγκεκριμένων ηχείων είναι βελτιστοποιημένη από την άποψη της κατευθυντικότητας, της απόκρισης συχνότητας, της απόδοσης και της δυνατότητας πρόσληψης ισχύος στις αντίστοιχες περιοχές συχνοτήτων.

Τις τελευταίες δύο με τρεις δεκαετίες, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν κάνει την εμφάνισή τους τα line arrays, γραμμικές συστοιχίες μεγαφώνων, οι οποίες ανάλογα με τις ανάγκες κάλυψης μπορούν να μεταβάλουν την κατακόρυφη διάταξη ανάρτησης σχηματίζοντας μία καμπύλη, ευθεία, ή διαμόρφωση τύπου «J». Περιέχουν μεγάφωνα τα οποία επικεντρώνονται στις συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων (subwoofer, woofer, midrange, tweeter). Έχουν βελτιστοποιημένη απόδοση και ελεγχόμενη έντονη κατευθυντικότητα από τα ηχεία προηγούμενης γενιάς λόγω του σχεδιασμού και της προσαρμογής τους. Αποτελούν το σύγχρονο «state-of-the-art» των μεγαφώνων των συστημάτων P.A[38].

[38] Cavanaugh J. William and Joseph A. Wilkes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice*, (John Wiley and Sons, 1999), 187 – 196.

Εικόνα 37 : Ένα σύστημα μεγαφώνων τύπου line array, της εταιρείας JBL - http://www.digitalavmagazine.com/en/2013/02/28/las-empresas-europeas-de-alquiler-confian-en-los-line-array-de-nueva-generacion-vtx-de-jbl/ (προσπελάστηκε 13 Μαρτίου, 2015)

Monitor (foldback speakers)

Τα ηχεία/ακουστικά επιστροφής (foldback speakers) παρέχουν στους καλλιτέχνες μία μίξη ήχου έτσι ώστε να ακούν, κατά τη διάρκεια της συναυλίας, τι παίζουν αυτοί και το υπόλοιπο συγκρότημα.

Εφόσον τα ηχεία επιστροφής δουλεύουν σε συγκεκριμένο πλαίσιο και σε κλειστό χώρο (πάνω στη σκηνή στραμμένα προς τους μουσικούς/ καλλιτέχνες), δε χρειάζεται ιδιαίτερη ισχύς, όμως, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για πιθανό φαινόμενο ανατροφοδότησης.

Μία πρόσφατη καινοτομία και ανάπτυξη στον ήχο που ακούν οι καλλιτέχνες αποτελεί η εφαρμογή των συσκευών «in-ear», ή αλλιώς ακουστικά τα οποία παρέχουν την ίδια ακριβώς μίξη με τα ηχεία επιστροφής, αλλά βρίσκονται τοποθετημένα στα αυτιά του κάθε καλλιτέχνη. Περιορίζουν δραστικά την ανατροφοδότηση, άρα και την αυξημένη επιστροφή του ήχου, και ταυτόχρονα εξοικονομούν πολύ χώρο πάνω στη σκηνή.

Εικόνα 38 : α) monitor / foldback speaker MJF 212a της εταιρείας Meyer Sound - http://www.meyersound.com/product/mjf-212a/ (προσπελάστηκε 20 Μαρτίου, 2015) β) σύστημα monitor «in ear» της εταιρείας AKG - http://www.akg.com/pro/p/ivm4500system (προσπελάστηκε 20 Μαρτίου, 2015)

System gadgetry (συσκευές υψηλής τεχνολογίας για το σύστημα)

Εφόσον η τεχνολογία των συστημάτων P.A. έχει γίνει πιο εξεζητημένη από ποτέ, όλα τα είδη συσκευών υψηλής τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί και τελειοποιηθεί. Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμες συσκευές οι οποίες μπορούν να αναλύσουν την κατάσταση των ενισχυτών, και να πουν αν η έξοδος έχει παραμόρφωση ή όχι, καθώς και συσκευές οι οποίες αναλύουν και διορθώνουν αυτόματα την ανατροφοδότηση.

Μίκτης (κονσόλα – mixer for the house)

Ο μίκτης είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο. Ο ηχολήπτης περνάει το 95% της ώρας κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος εκεί. Ο μίκτης έχει δύο βασικές λειτουργίες – δρομολόγηση και επεξεργασία:

- Δρομολόγηση: Από το μίκτη καθορίζεται ποιο σήμα πάει πού. Πιο συγκεκριμένα, αποφασίζει ο τεχνικός άμα θα στείλει ένα σήμα στην επιστροφή (foldback) ή στα εφέ, ή ακόμα και στη στερεοφωνική μίξη.
- Επεξεργασία: Οι κύριοι τύποι επεξεργασίας ενός μίκτη είναι η ρύθμιση στάθμης και η ισοστάθμιση (equalization). Αποφασίζεται στην επεξεργασία, επίσης, πόση εξωτερική επεξεργασία (π.χ. αντήχηση) αποδίδεται σε κάθε πηγή.

Μερικοί μίκτες έχουν ορισμένα εφέ τα οποία είναι ήδη εγκατεστημένα από την κατασκευή τους , αλλά αυτό ίσως να μην είναι και η καλύτερη δυνατή περίπτωση. Τα εφέ ενός μίκτη μπορεί να μην είναι τόσο υψηλής ποιότητας όσο οι εξωτερικές επιλογές, και σίγουρα θα είναι λιγότερο ευέλικτα.

Μία κονσόλα (μίκτης) χωρίζεται σε συγκεκριμένα μέρη, βάσει λειτουργιών και διαδικασιών, βασικότερα εκ των οποίων είναι τα ακόλουθα:

1. Το κανάλι εισόδου της κονσόλας : Όπως λέει το όνομά του, το κανάλι εισόδου της κονσόλας είναι ένα σύνολο εισόδων με καλώδια τύπου xlr και line, επιτρέποντας την είσοδο στην κονσόλα τόσο μικροφώνων όσο και μουσικών οργάνων σύνδεσης line. Σε κάθε κανάλι εισόδου της κονσόλας υπάρχουν ειδικά χειριστήρια ρύθμισης έντασης σήματος (gain), και χειριστήρια ρυθμίσεων του σήματος που εισέρχεται στο κανάλι από την πηγή, όπως effects, ρύθμιση έντασης περιοχών συχνοτήτων (χαμηλά, μεσαία, υψηλά)[39].

2. Serial and parallel effects (σειριακά και παράλληλα εφέ): Το σειριακό εφέ είναι αυτό το οποίο αντικαθιστά το αρχικό σήμα με το δικό του εφέ. Παραδείγματα αποτελούν η ισοστάθμιση, το gating και η συμπίεση (compression). Κάποια εφέ βασισμένα στο delay (καθυστέρηση) μπορούν επίσης να προστεθούν μ' αυτό τον τρόπο.

Τα παράλληλα εφέ από την άλλη είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα αρχικά, κυρίως λειτουργώντας συμπληρωματικά και όχι αντικαθιστώντας το αρχικό σήμα. Τα parallel effects χρησιμοποιούνται συχνότερα στο βοηθητικό σύστημα έτσι ώστε να μπορούν να διαμοιράζονται ανάμεσα σε όλα τα κανάλια.

3. Επιλογή εισόδου (input selector): Η αλλαγή mic/line ποια υποδοχή εισόδου και ποια ρύθμιση έντασης θα χρησιμοποιηθεί. Σε έναν επαγγελματικό μίκτη, η υποδοχή εισόδου του μικροφώνου είναι ένα τριών καρφιών θηλυκό XLR, το οποίο πολλές φορές επιτρέπει και την παροχή phantom power απ' αυτό.

4. Pad: Το πλήκτρο pad εισάγει μία ελάττωση περίπου 20-30 dB στην ένταση του σήματος προτού αυτό φτάσει σε κάποιο κύκλωμα του μίκτη. Αυτή η διαδικασία προλαμβάνει την υπερφόρτωση των ηλεκτρονικών σε ένα πρώτο στάδιο, κυρίως σε υψηλής στάθμης μικρόφωνα ή σε μπότα (από το drum set).

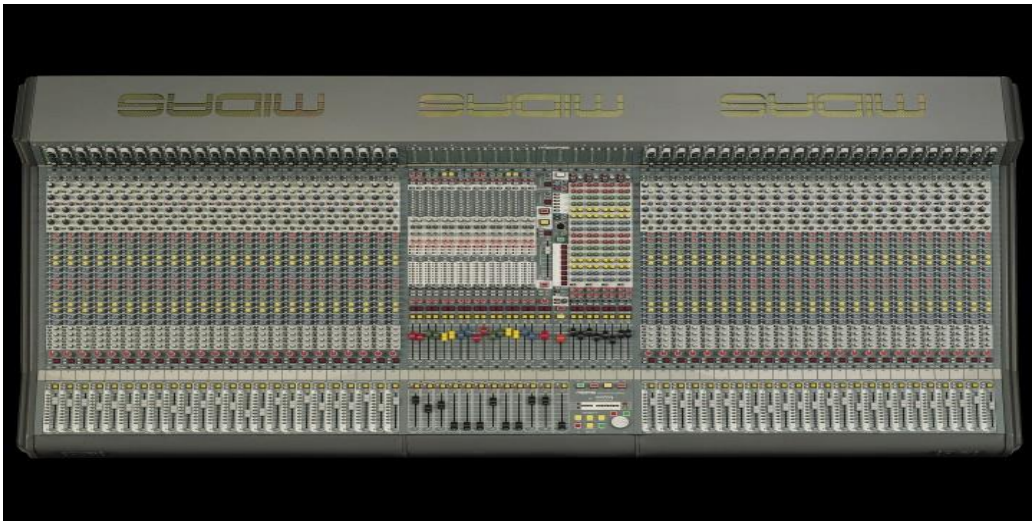
[39] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 5 – The Mixer (PC Publishing, 1996).

5. Phantom power: Η τροφοδοσία φάντασμα (phantom power), όπως προδίδει και το όνομά της, δρα αόρατα. Χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους τύπους μικροφώνων (πυκνωτικά) και για τα ενεργά DI κουτιά, παρέχοντας μία ικανοποιητική πηγή ισχύος. Η λειτουργία της βασίζεται στο γεγονός ότι παρέχει την τάση αυτή (48 V DC) χωρίς να χρησιμοποιεί επιπλέον αγωγούς στα καλώδια.

6. Έλεγχος έντασης: Ο έλεγχος έντασης (gain control) αντιστοιχίζει τη στάθμη της πηγής στο μίκτη, όπως ακριβώς ένα κιβώτιο ταχυτήτων προσαρμόζει την ταχύτητα του κινητήρα στην ταχύτητα του δρόμου. Για παράδειγμα, κάποιοι άνθρωποι τραγουδούν σιγά, κάποιοι δυνατότερα και κάποια μουσικά όργανα, όπως οι ηλεκτρικές κιθάρες και τα πλήκτρα, παράγουν πολύ υψηλά επίπεδα ηλεκτρικού σήματος. Ο έλεγχος έντασης, λοιπόν, ρυθμίζει τόσο το επίπεδο έντασης της κάθε ηχητικής πηγής και ταυτόχρονα βοηθάει σε μία μίξη των εντάσεων όλων των πηγών με σκοπό την ομαλότερη επίτευξη ενός ικανοποιητικού ήχου.

7. Solo button (πλήκτρο solo): Το πλήκτρο solo βρίσκεται συνήθως πάνω από τα συρόμενα κουμπιά της στάθμης σε κάθε κανάλι εισόδου της κονσόλας. Επιτρέπει στον ηχολήπτη να ακούσει κάποιο μουσικό όργανο ή κάποιο μικρόφωνο μεμονωμένα, ανεξάρτητα από την κύρια μίξη, ακόμα και κατά τη διάρκεια μίας συναυλίας, πατώντας το. Με τον τρόπο αυτό, ελέγχει τη στάθμη και την ποιότητα του ήχου της πηγής που επιλέγει να ακούσει ξεχωριστά.

8. Channel fader (συρόμενα ποτενσιόμετρα καναλιού): Μετά την ισοστάθμιση το σήμα τροφοδοτεί το ποτενσιόμετρο του καναλιού, δηλαδή το συρόμενο πλήκτρο ρύθμισης της στάθμης του κάθε καναλιού, ή πιο απλά το fader. Κάθε κανάλι έχει το δικό του fader, με σκοπό τη ρύθμιση της στάθμης του σήματος της κάθε πηγής που εισάγεται σ’ αυτό, και υπάρχουν και δύο faders για την κύρια ρύθμιση της στάθμης, που δεν υπάγονται σε κάποιο κανάλι, αλλά ρυθμίζουν τη συνολική στάθμη του ήχου που στέλνεται στα μεγάφωνα από την κονσόλα.



Εικόνα 39 : Η αναλογική κονσόλα XI4 της εταιρείας MIDAS - http://en.audiofanzine.com/analog-mixer/midas/XL4/medias/pictures/a.play,m.544406.html (προσπελάστηκε 22 Μαρτίου, 2015)

Εικόνα 40: Η ψηφιακή κονσόλα Soundcraft Vi – 3000 - https://www.facebook.com/BON.STUDIO.SA/photos/pb.286602497056.-2207520000. 1436800966./10152832210017057/?type=3&theater (προσπελάστηκε 27 Μαρτίου, 2015)

Αυτοματοποίηση (automation)

Η αυτοματοποίηση (automation) είναι η δυνατότητα που παρέχουν κάποιες κονσόλες, συνήθως ψηφιακές, να αποθηκεύουν όλες τις ρυθμίσεις ώστε αυτές να μπορούν να ανακληθούν οποιαδήποτε στιγμή.

Απομακρυσμένος έλεγχος (remote control)

Ο απομακρυσμένος έλεγχος των ενισχυτών επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση όλων των επιμέρους παραμέτρων καλής λειτουργίας τους και επιτρέπει στο χρήστη την άμεση τροποποίηση του τρόπου λειτουργίας συγκεκριμένων μονάδων όταν διαπιστώνεται κάποιο πρόβλημα (υπερθέρμανση, υπεροδήγηση κτλ) είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα. Η δυνατότητα αυτή δίνεται τόσο για τα συστήματα ενισχυτών που οδηγούν παθητικά συστήματα ηχείων είτε για τους ενισχυτές που εμπεριέχονται σε αναρτημένα συστήματα ενεργών ηχείων.

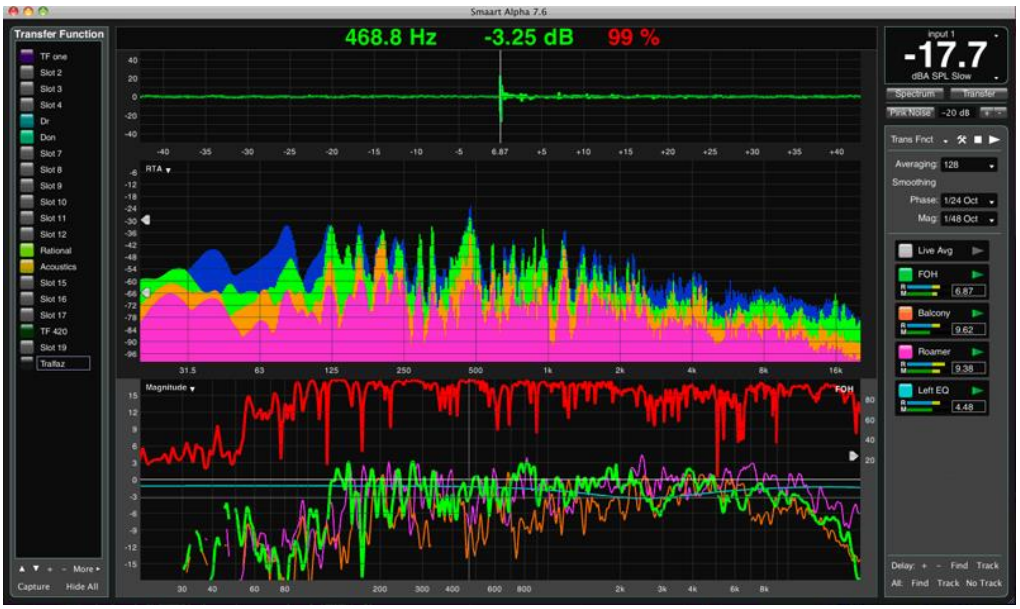
Εικόνα 41: Απεικόνιση εφαρμογής απομακρυσμένου ελέγχου ενισχυτών στον υπολογιστή (band manager) http://www.crownaudio.com/en/softwares/hiqnet-band-manager-v2-00-0-0-r1-windows (προσπελάστηκε 28 Μαρτίου, 2015)

Αναλυτής φάσματος (spectrum analyzer)

Οι αναλυτές φάσματος (spectrum analyzers), χρησιμοποιούνται για τη λεπτομερή ρύθμιση και παρακολούθηση του φάσματος των επιμέρους συχνοτήτων οπτικά σε πραγματικό χρόνο του ηχητικού συστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικού μικροφώνου μετρήσεων το οποίο λαμβάνει το σήμα που εκπέμπουν τα ηχεία στο χώρο. Ως σήμα για τη ρύθμιση του ηχητικού συστήματος και του χώρου χρησιμοποιείται ο ροζ θόρυβος (pink

noise) καθώς το σήμα αυτό έχει την ίδια στάθμη ανά octava ή 3octava. Κατά τη διάρκεια μιας συναυλίας ο ηχολήπτης μπορεί να διαπιστώσει την περιοχή συχνοτήτων ενός μικροφωνισμού και να προβεί σε μείωση της συγκεκριμένης περιοχής του φάσματος. Οι νεότερου τύπου αναλυτές φάσματος μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως σήμα ελέγχου το ίδιο το μουσικό πρόγραμμα, συγκρίνοντας σε πραγματικό χρόνο το σήμα της κονσόλας σε σχέση με το ακουστικό σήμα που λαμβάνεται από το μικρόφωνο μέσα στο χώρο. Έτσι, με μια διαδικασία σύγκρισης εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή η διαφορά ανάμεσα στα δύο φάσματα συχνοτήτων.

Εικόνα 42: Ο αναλυτής φάσματος (spectrum analyzer) DN60 της εταιρείας Klark Teknik - http://www.broadcastbaron.com/infoklarkteknikdn60.htm (προσπελάστηκε 2 Απριλίου, 2015)



Εικόνα 43: Ψηφιακό σύστημα ανάλυσης ήχου μέσω υπολογιστή (Smaart v.7) - http://www.tigeraudioinc.com/sales.html (προσπελάστηκε 2 Απριλίου, 2015)

Εξοπλισμός επεξεργασίας σήματος

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία από εξοπλισμό επεξεργασίας σήματος, η οποία χρησιμοποιείται σε συστήματα ενίσχυσης ήχου. Οι ισοσταθμιστές (equalizers) χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν την απόκριση συχνοτήτων του συστήματος. Χρησιμοποιούνται για την αύξηση ή τη μείωση του κέρδους (gain) στις περιοχές ιδιαίτερων συχνοτήτων με εύρος οκτάβας ή του 1/3 της οκτάβας. Ο σκοπός ενός ισοσταθμιστή είναι να διορθώσει τη διαφοροποίηση σε σχέση με την επίπεδη απόκριση συχνότητας των μετατροπέων (μικρόφωνα και μεγάφωνα) σε συνδυασμό με τις επιδράσεις της ακουστικής του χώρου. Η διόρθωση των επιμέρους κορυφώσεων στην απόκριση συχνότητας του συνολικού συστήματος και χώρου μειώνει τον κίνδυνο ηχητικής ανατροφοδότησης (μικροφωνισμό), επιτρέποντας υψηλότερο λόγο gain/feedback (μέγιστης στάθμης πριν το μικροφωνισμό) και συγχρόνως κάνοντας το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα πιο κοντά στο φυσικό ήχο.

Οι περιοριστές (limiters), όπως λέει και το όνομά τους, περιορίζουν το επίπεδο του σήματος το οποίο μπορεί να φτάσει στις εισόδους των ηχητικών συσκευών, προστατεύοντας έτσι τους ενισχυτές και τα μεγάφωνα από μία υπερφόρτωση και πιθανή καταστροφή. Οι περιοριστές είναι απαραίτητοι στα συστήματα ήχου ως προς την κάλυψη μεγάλων ανοικτών χώρων ή ανοικτών σταδίων, όπου οι επιμέρους συσκευές, με σκοπό να αποδώσουν τα υψηλά επίπεδα στάθμης ήχου, πιθανόν να λειτουργούν κοντά στη περιοχή της μέγιστης δυνατότητας ασφαλούς λειτουργίας τους.

Η ηλεκτρονική καθυστέρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης με κατανεμημένα συστήματα ηχείων για να αντισταθμίσει τη χρονική διαφορά ανάμεσα στην άφιξη του ήχου από τη σκηνή και του ήχου από τα πλησιέστερα μεγάφωνα προς τον ακροατή.

Οι ενισχυτές κατανομής (distribution amplifiers) χρησιμοποιούνται σε μεγάλα συστήματα ήχου αποτελούμενοι από πολλά ανεξάρτητα μέρη ενίσχυσης, όπου κρίνεται αναγκαία η τροφοδότηση ενός αριθμού από γραμμές σήματος από μία πηγή χωρίς να επηρεαστεί η συγκεκριμένη πηγή μέσω μίας αλληλεπίδρασης από τις γραμμές ή από μία ενδεχόμενη υπερφόρτωση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρησιμοποίησης ενισχυτών

κατανομής, οι οποίοι παρέχουν τη διαίρεση των σημάτων, ενώ ταυτόχρονα διατηρούν την απομόνωση μεταξύ της πηγής και των δεκτών[40].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: « Ανάλυση ενός συστήματος Public Address (P.A.) – Ο τρόπος εγκατάστασης και λειτουργίας του και η συμπεριφορά του ανάλογα με τη χρήση του »

Ο όρος «P.A. system» αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και έγινε μία αρχική περιγραφή και μελέτη του. Ως προς την ανάλυσή του, όμως, ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών μπορεί να διαφέρει με ένα όμοιό του ανάλογα με τη χρήση του και την εφαρμογή του. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει από αλλαγές σε μερικά ή και στα περισσότερα συστατικά του μέρη, μέχρι και επέκταση ή σμίκρυνση του όγκου που καταλαμβάνει και των μηχανημάτων που χρειάζεται ανάλογα με τη χρήση του. Φυσικά, η απόδοσή του και η αποτελεσματικότητά του επηρεάζονται σε συνάρτηση με τις προηγούμενες ρυθμίσεις που ενδεχομένως να εφαρμόζονται ανάλογα με τη χρήση του εκάστοτε συστήματος.

Σε ένα πολύ γενικό πλαίσιο θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι κύριες εφαρμογές ενός P.A. συστήματος, όσον αφορά τη μουσική, είναι οι εξής :

1. **Μουσική σε κλειστό χώρο:** γενικά, σε χώρο που υπάρχει ζωντανή μουσική αλλά υπάρχει και ομιλία (π.χ. σε μπαρ, σε καφετέρια), η μέση απόδοση του συστήματος θα πρέπει να ‘ναι περίπου στα 95 dB.

2. **Μουσική για μικρά συγκροτήματα:** Για ακουστικά συγκροτήματα ή καλλιτέχνες, η απόδοση ενός P.A. συστήματος θα πρέπει να ‘ναι γύρω στα 110 dB.

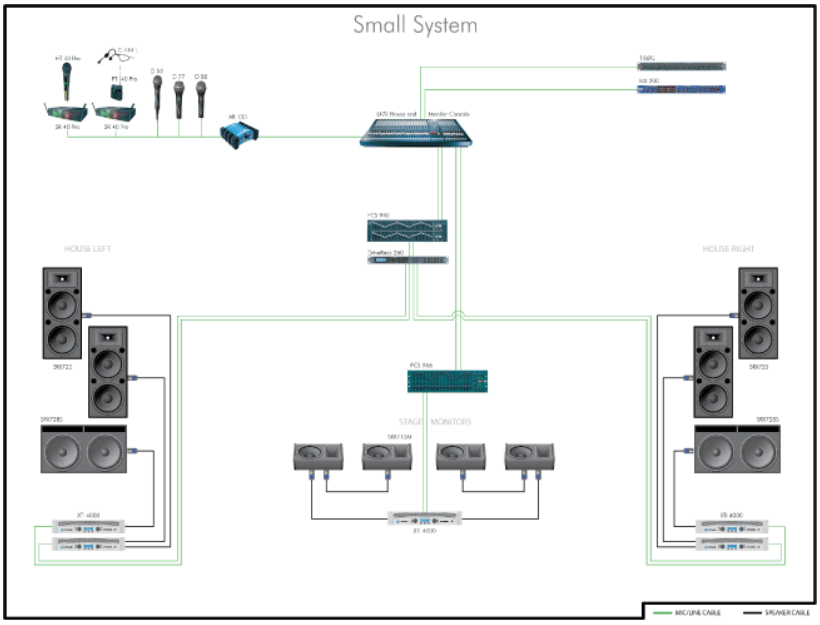
3. **Ροκ μουσική:** Η ροκ μουσική απαιτεί από το σύστημα ικανότητα υψηλότερης πρόσληψης ισχύος και μέγιστης στάθμης λειτουργίας, καθώς και μεγαλύτερο εύρος λειτουργίας όσον αφορά το φάσμα συχνοτήτων από τις προηγούμενες κατηγορίες που αναφέρθηκαν. Χρειάζεται σε πολλές

[40] Cavanaugh J. William and Joseph A. Wilkes, *Architectural Acoustics: Principles and Practice*, (John Wiley and Sons, 1999), 187 – 196.

περιπτώσεις ενίσχυση ήχου στις συναυλίες, η οποία φτάνει στα επίπεδα του πόνου, γύρω στα 130 dB. Ωστόσο, από πολλούς ειδικούς στο θέμα, θεωρείται ότι η μέση απόδοση, η οποία δεν αποτελεί και δε δημιουργεί πρόβλημα, είναι αυτή των 95 dB.

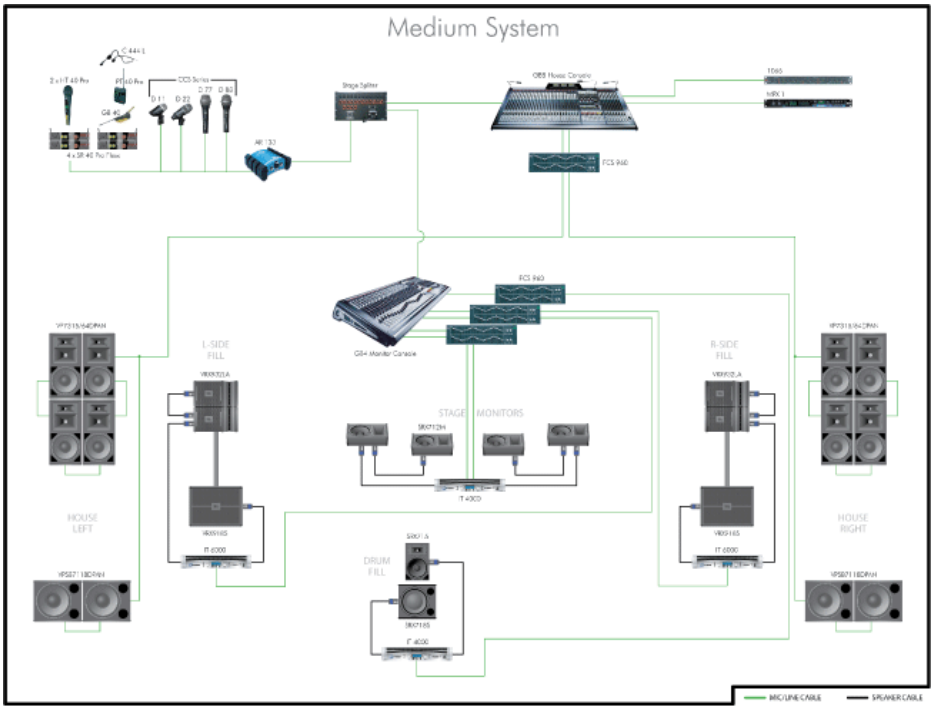
4. **Κλασσική μουσική:** Για την κλασσική μουσική, το εύρος δυναμικής είναι ένα σχετικό ζήτημα, καθώς χρειάζεται η ακρόαση ενός ευρέως φάσματος επιπέδων ήχου, από ένα σόλο βιολιού για παράδειγμα μέχρι και ένα crescendo ολόκληρης της ορχήστρας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης timpani. Στις ψηλές στάθμες, η μέγιστη στάθμη φτάνει τα 120 dB.

5. **Χορευτική μουσική:** Και φτάνουμε στη μουσική της διασκέδασης, τη χορευτική μουσική. Στα ίδια επίπεδα φτάνει η απόδοση ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου κι εδώ, με τη διαφορά ότι λόγω και της συγκεκριμένης μουσικής αλλά και του τρόπου της συγκεκριμένης διασκέδασης, χρειάζεται μεγαλύτερη έμφαση στην ακρόαση του μπάσου[41].

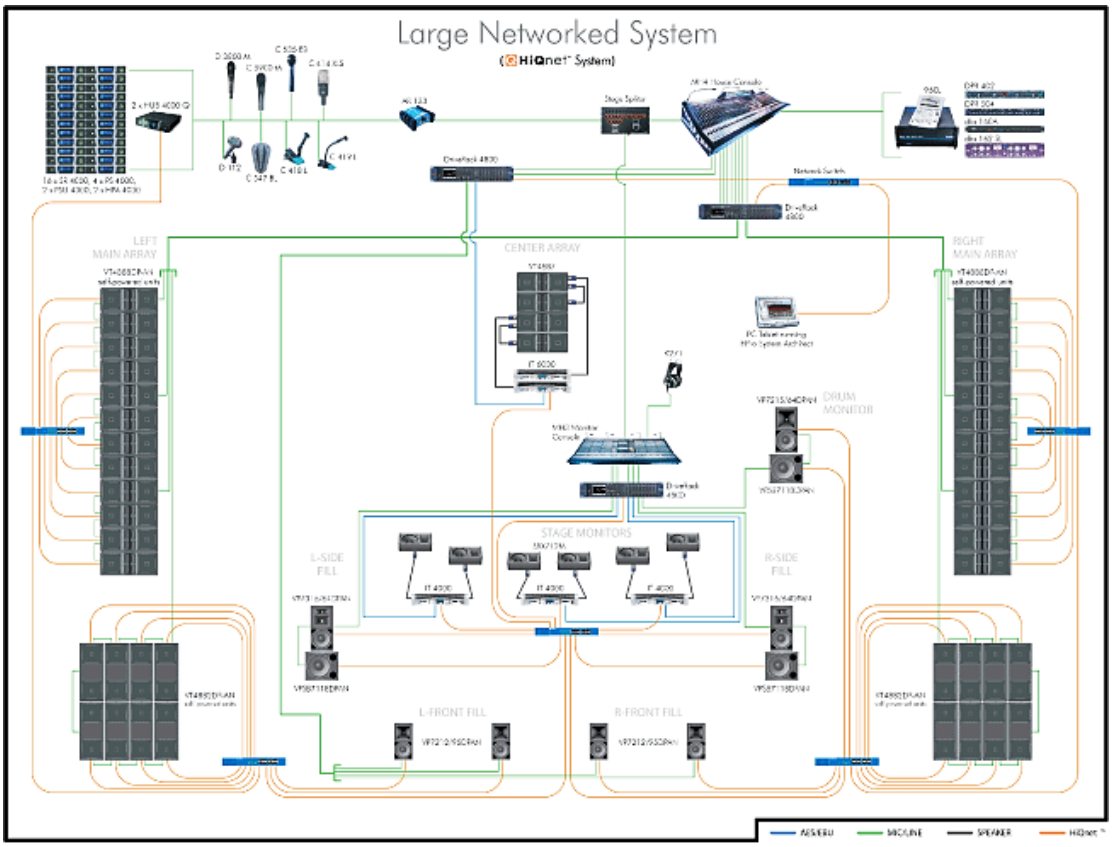


Εικόνα 44: Ένα μικρό σύστημα P.A. για ηχητική κάλυψη μικρού χώρου[42]

[41] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 3 – Systems and Applications (PC Publishing, 1996).
[42] Τα σχεδιαγράμματα που απεικονίζουν τα P.A. συστήματα διαφόρων μεγεθών έχουν ληφθεί από σημειώσεις του μαθήματος «Εργαστήριο Μουσικής Τεχνολογίας Ι» του καθηγητή κ. Νηστικάκη Μιχαήλ.



Εικόνα 45: Ένα μεσαίο σύστημα P.A. για ηχητική κάλυψη ενός χώρου μεσαίων απαιτήσεων



Εικόνα 46: Ένα παράδειγμα οργάνωσης της δομής ενός μεγάλου P.A. συστήματος

6.1: «Οι βασικές αρχές εγκατάστασης ενός συστήματος Ρ.Α.»

Οι παραπάνω φωτογραφίες απεικονίζουν τη σύνδεση μεταξύ των συστατικών μερών ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών και την «αλυσίδα» της διαδρομής του σήματος μέσα σε ένα σύστημα Ρ.Α. Αν και οι παραπάνω εικόνες φαίνονται πολύπλοκες, στην πραγματικότητα η σύνδεση και η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος έχει καταστεί απλή λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας του ήχου. Ασφαλώς, όμως, υπάρχει ένας βασικός παράγοντας, πέρα από τη διαδικασία της εγκατάστασης του συστήματος, ο οποίος είναι καθοριστικός για την αποτελεσματικότητα της τελευταίας. Ο παράγοντας αυτός είναι ο σχεδιασμός (planning), δηλαδή η οργάνωση του πώς θα στηθεί ένα τέτοιο σύστημα για μία εκδήλωση/συναυλία.

Σχεδιασμός

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες σε μία εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος Ρ.Α. είναι ο σχεδιασμός της εγκατάστασης καθαυτής, διότι ποτέ δεν ξέρει κάποιος τι προβλήματα μπορεί να συναντήσει σε μία εφαρμογή και λειτουργία του. Χρήσιμη είναι μία έρευνα για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λειτουργήσει ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών, όπως ο αριθμός των θεατών, η ακουστική του χώρου, είτε ανοικτού είτε κλειστού στον οποίο θα διεξαχθεί η συναυλία, ο διαθέσιμος εξοπλισμός, τα μέλη του συγκροτήματος ή οι μουσικοί ενός καλλιτέχνη ως προς τον αριθμό τους και τις απαιτήσεις που ενδεχομένως θα ‘χουν, και φυσικά ο έλεγχος του εξοπλισμού ότι λειτουργεί σωστά και χωρίς προβλήματα.

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες, μπορεί κανείς να προγραμματίσει σωστά τις επιλογές μικροφώνων, τον αριθμό των ηχείων και των ενισχυτών, το βοηθητικό εξοπλισμό και την εφεδρική διάταξη.

Εγκατάσταση του συστήματος

Υπάρχουν επτά απλά βήματα για την εγκατάσταση ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών. Αυτά είναι :

- Τοποθέτηση και συνδεσμολογία του εξοπλισμού

- Έλεγχος ολόκληρου του εξοπλισμού
- Προσαρμογή εξοπλισμού σε λογική διάταξη
- Δοκιμαστική λειτουργία του P.A.
- Προσαρμογή ενισχυτών
- Πολλαπλά σετ
- Επίλυση προβλημάτων

Τοποθέτηση και συνδεσμολογία του εξοπλισμού

Οι ενισχυτές και τα βοηθητικά εργαλεία θα έπρεπε να τοποθετούνται δίπλα στην κονσόλα ώστε να μπορούν να παρακολουθούνται και να προσαρμόζονται εύκολα. Όταν υπάρχει rigging, είναι απαραίτητο να μπορούν να ταυτοποιούνται τα μικρόφωνα ώστε να διακρίνονται από τη θέση τους στο monitor. Οι τραγουδιστές έχουν την τάση να μετακινούνται διαρκώς χωρίς να γνωρίζει τίποτα ο τεχνικός ήχου, οπότε συνίστανται έγχρωμες αυτοκόλλητες ταινίες σήμανσης με σκοπό το διαχωρισμό τους.

Επίσης, θα πρέπει να γίνει ομαδοποίηση των καλωδίων και πολυκαλωδίων αλλά και ομαδοποίηση καναλιών του μίκτη ως προς κανάλια οργάνων και τοποθέτησης. Τέλος, τα κανάλια του μίκτη θα πρέπει να ομαδοποιηθούν και κατ' όργανο, έτσι ώστε τα μικρόφωνα του drum set για παράδειγμα να εμφανίζονται σε γειτονικά κανάλια, και μ' αυτό τον τρόπο να επιτυγχάνεται η ομαλότερη διαχείρισή τους.

Έλεγχος ολόκληρου του εξοπλισμού

Ο έλεγχος του εξοπλισμού βοηθάει στην προθέρμανση των ενισχυτών και στην μείωση του κινδύνου από μία ενδεχόμενη απότομη αύξηση της έντασης ενώ τα μηχανήματα είναι κρύα. Επίσης, ο έλεγχος είναι σημαντικός επειδή ο ηχολήπτης μπορεί να πάρει μία πρώτη ιδέα για το πόσο καλά ακούγεται ο ήχος ως προς την πραγματοποίηση της συναυλίας και πόσο καλά μπορούν τα μεγάφωνα να καλύψουν την περιοχή, ενώ ταυτόχρονα στήνεται και ο υπόλοιπος εξοπλισμός.

Προσαρμογή εξοπλισμού σε λογική διάταξη

Η προσαρμογή εξοπλισμού σε μία λογική διάταξη με σκοπό την εύρυθμη λειτουργία του Ρ.Α. συστήματος είναι πολύ σημαντικό βήμα, και αποτελείται από επί μέρους ενέργειες, στις οποίες πρέπει να προβεί ο ηχολήπτης.

Η πρώτη ενέργεια είναι η ισοστάθμιση των κύριων εξόδων. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να επιτευχθεί αυτό. Ο ένας τρόπος είναι με την ισοστάθμιση μέσω της γνωστής ροής στον ηχολήπτη (το παίξιμο ενός τραγουδιού δικού του και ταυτόχρονος έλεγχος), και ο άλλος τρόπος είναι με τη χρησιμοποίηση ενός μικροφώνου μπροστά από τα ηχεία. Στη διαδικασία αυτή ο ηχολήπτης αυξάνει την τάση (gain) ώσπου να αρχίσει η ανατροφοδότηση (επιστροφή), έπειτα βρίσκει την προβληματική συχνότητα και την ελαττώνει. Ωστόσο, στο δεύτερο αυτό τρόπο, δεν πρέπει να μειώνεται υπερβολικά η προβληματική συχνότητα, καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο αρνητικής επίδρασης στη χροιά της μουσικής. Συνήθως, με μία προσαρμογή γύρω στα 6 dB το πρόβλημα λύνεται.

Η δεύτερη επιμέρους ενέργεια είναι η ρύθμιση του κέρδους εισόδου (gain) και ο καθορισμός του κάθε καναλιού. Η αρχική ρύθμιση του gain του κάθε μικροφώνου μπορεί να γίνει με τη φωνή των συντελεστών της παράστασης. Μ' αυτή τη διαδικασία μπορεί να μετρηθεί η πιθανότητα των ευαισθησιών των σταθμών μεταξύ των οργάνων.

Τρίτη και τελευταία επιμέρους ενέργεια είναι ο καθορισμός των σταθμών των μικροφώνων για τις φωνές. Εφόσον τα φωνητικά είναι το δυνατότερο σημείο ενός Ρ.Α. συστήματος και επειδή προκαλεί τα περισσότερα προβλήματα εξ αιτίας της ανατροφοδότησης, θα πρέπει να ακολουθηθούν τα ακόλουθα βήματα με σκοπό τον καθορισμό των σταθμών τους σε ένα αρχικό επίπεδο, με απώτερο κέρδος την αποφυγή για αρχή της δημιουργίας προβλημάτων στον ήχο εξ αιτίας των μικροφώνων, και συγκεκριμένα των σταθμών τους. Τα βήματα αυτά είναι :

- Προσαρμογή των σταθμών των μουσικών οργάνων

- Στήσιμο των monitors σκηνής και ισοστάθμισή τους ως προς την ανατροφοδότηση[43].

Δοκιμαστική λειτουργία του P.A.

Σ' αυτό το βήμα κρίνεται απαραίτητη η λειτουργία των οργάνων ξεχωριστά το ένα από το άλλο, αλλά και όλα μαζί ως ολοκληρωμένο συγκρότημα (full band). Χρήσιμη είναι η εφαρμογή της ισορροπίας και η λήψη ικανοποιητικής στάθμης για τη συναυλία. Πιθανόν να χρειαστεί ξανά ισοστάθμιση των γραφικών και καθορισμός του καναλιού ισοστάθμισης για κάθε πηγή ξεχωριστά. Αυτή η διαδικασία αποτελεί συμβιβασμό μεταξύ του ήχου που θέλει ο κάθε ηχολήπτης και της αποφυγής της ανατροφοδότησης. Υπάρχει, τέλος, μεγαλύτερη επιτυχία στο βήμα αυτό όταν χρησιμοποιείται ελάττωση στην ισοστάθμιση παρά ενίσχυση.

Προσαρμογή ενισχυτών

Οι ενισχυτές θα πρέπει να προσαρμόζονται στη στάθμη που απαιτείται για το κοινό. Σημειώνεται ότι τα monitor και τα μικρόφωνα δεν πρέπει να μετακινηθούν εφόσον στηθούν πάνω στη σκηνή. Ο σχεδιασμός και οι πρόβες κρίνονται απαραίτητα συστατικά για μία άνετη παράσταση, καθώς στη συναυλία δεν υπάρχουν επαναλήψεις.

Πολλαπλά σετ

Είναι χρήσιμο να δημιουργείται ένα φύλλο εργασίας για κάθε τραγούδι στο σετ με σκοπό την υπενθύμιση κάποιας ειδικής ισοστάθμισης είτε αλλαγή στάθμης, ή ρυθμίσεων εφέ. Εάν η συναυλία περιλαμβάνει πολλά συγκροτήματα, στην οποία χρησιμοποιείται το ίδιο P.A., το φύλλο εργασίας είναι απαραίτητο για κάθε συγκρότημα ξεχωριστά με σκοπό να θυμάται ο ηχολήπτης τις ρυθμίσεις κάθε συγκροτήματος, όταν αυτό ανέβει στη σκηνή.

Επίλυση προβλημάτων

Το βήμα αυτό συναντάται κυρίως κατά τη διάρκεια της ενδεχόμενης συναυλίας, και αφορά στην επίλυση προβλημάτων που ενδέχεται να

[43] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 14 – PA in Action (PC Publishing, 1996).

προκύψουν. Εδώ καταλυτικό ρόλο παίζει στην κονσόλα το πλήκτρο «solo»,το οποίο βοηθά στην ακρόαση από τον ηχολήπτη του ήχου που βγαίνει προς τα έξω και μ' αυτό τον τρόπο ο τελευταίος μπορεί να εντοπίσει το λάθος και να το διορθώσει, χωρίς να επηρεάσει περαιτέρω αρνητικά τον ήχο που ακούει το εκάστοτε κοινό. Φυσικά για την ακρόαση του ήχου απαραίτητα είναι ακουστικά συνδεδεμένα με την κονσόλα, έτσι ώστε όταν ο ηχολήπτης πατήσει το συγκεκριμένο πλήκτρο να ακούσει τον ήχο και να εντοπίσει το ενδεχόμενο σφάλμα που έχει παρατηρήσει.

Είναι λιγότερο πιθανό να συναντήσει κάποιος ηχολήπτης προβλήματα εφόσον έχει μάθει τις στάθμες στις οποίες συμβαίνει ανατροφοδότηση κατά τη διάρκεια της ακρόασης. Ωστόσο, άμα εντοπιστεί ξανά πρόβλημα κατά τη διάρκεια της συναυλίας, η επιλογή είναι μικρές επιπλέον ρυθμίσεις, όπως μείωση της έντασης των άλλων οργάνων είτε η αναπροσαρμογή της ισοστάθμισης με σκοπό την πιο φυσική και ισορροπημένη αναπαραγωγή.

Τέλος, όταν το κοινό φτάνει και γεμίζει το χώρο, το όριο της ανατροφοδότησης μπορεί να ανέβει ελαφρά, καθώς το κοινό μπορεί να απορροφήσει λίγη από τη στάθμη και να μειώσει λίγο την ατμόσφαιρα και τις ανακλάσεις, οι οποίες συνεισφέρουν στην ανατροφοδότηση.

6.2: «Η εγκατάσταση και οι διαδικασίες που ρυθμίζουν τη σωστή λειτουργία ενός συστήματος Ρ.Α.»

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκαν τα βασικά βήματα της εγκατάστασης ενός συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών. Σ' αυτή την ενότητα θα ασχοληθούμε με την ανάλυση της εγκατάστασης του Ρ.Α. συστήματος, καθώς και με τους δύο παράγοντες που αποδεικνύονται καθοριστικοί για τη σωστή λειτουργία του. Αυτοί είναι η μίξη και η ισοστάθμιση του ήχου στο σύστημα.

Εγκατάσταση του συστήματος και τελική μίξη

Η μίξη του ήχου που θα γίνει αλλά και ο τελικός ήχος τον οποίο θα παράγει το σύστημα ενίσχυσης ήχου συναυλιών σε μία συναυλία εξαρτάται από την εγκατάστασή του, και τον τρόπο με τον οποίο αυτή πραγματοποιείται. Η κονσόλα θα πρέπει να βρίσκεται περίπου στη μέση του κοινού, και όχι πολύ

πίσω στο χώρο ή καλυπτόμενη, καθώς ο ήχος που θα ακούει ο ηχολήπτης τότε θα είναι πολύ διαφορετικός - κάθε επιφάνεια ενισχύει την απόκριση του μπάσου κατά 3 dB, και εφόσον σε μία τέτοια περίπτωση θα υπάρχουν παραπάνω από μία ανακλάσεις, ο ήχος θα είναι πολύ διαφορετικός.

Κατά την εγκατάσταση, πολύ σημαντική κρίνεται και η σύνδεση των καλωδίων. Πρώτα συνδέονται τα καλώδια του ρεύματος, έπειτα τα καλώδια των ηχείων, μετά αυτά των μικροφώνων και τέλος τα καλώδια της επεξεργασίας ήχου. Τα καλώδια ήχου θα πρέπει να κρατούνται μακριά από τα καλώδια ρεύματος.

Τα stage boxes, όπως και τα καλώδια που αιωρούνται, θα πρέπει να είναι τοποθετημένα στο έδαφος, με σκοπό την αποφυγή ατυχημάτων. Αυτά που παραμένουν στο έδαφος, ωστόσο, θα πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να ασφαλίζονται και να μην υπάρχουν ατυχήματα λόγω της διέλευσης του κόσμου. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η χρησιμοποίηση ταινίας για το δέσιμο και την κάλυψή τους. Τέλος, τα καλώδια ίσως θα έπρεπε να έχουν πάνω τους κάποια φωτεινή ένδειξη, όπως ένα φωτεινό χαρτάκι, που λειτουργεί ως σημαία και μπορούν να είναι ορατά κατά τη διάρκεια της συναυλίας, ιδιαίτερα αν η τελευταία πραγματοποιείται τις βραδινές ώρες.

Ως προς τον έλεγχο της ισχύος του συστήματος, τώρα, πρώτα ανοίγουν οι διακόπτες των περιφερειακών μηχανημάτων και προχωρούν προς την κονσόλα. Οι ενισχυτές έχουν πάντα την ένταση στο minimum και είναι το τελευταίο μηχάνημα που ανοίγει με σκοπό την αποφυγή στιγμιαίας υπερφόρτωσης.

Έπειτα, περνάμε στον έλεγχο της ηχητικής λειτουργίας του συστήματος. Παίζοντας κάτι ηχογραφημένο, ο ηχολήπτης ανεβάζει τα master levels (τις γενικές στάθμες). Μετά ανεβάζει στο μισό τη στάθμη των crossover. Τέλος, ανεβάζει λίγο τους κύριους ενισχυτές. Μ' αυτό τον τρόπο βεβαιώνεται ότι όλα λειτουργούν σωστά χωρίς παρεμβολές και διάφορους θορύβους.

Ο έλεγχος των μικροφώνων αρχικά γίνεται από την κονσόλα, με σκοπό να διαπιστωθεί αν τα μικρόφωνα έχουν ομαδοποιηθεί σωστά (π.χ. τα μικρόφωνα που χρησιμοποιούνται στα ντραμς ή και τα μικρόφωνα που χρησιμοποιούνται για τις φωνές). Μετά, το κάθε μικρόφωνο πρέπει να ελεγχθεί ότι λειτουργεί με το να απομονωθεί και να ακουστεί ξεχωριστά για περιβάλλοντα θόρυβο (ambient noise).

Τα monitor ελέγχονται ως προς το αν λειτουργούν σε χαμηλή στάθμη αρχικά, και έπειτα πιο ψηλά. Παίζοντας το ηχογραφημένο μέρος που χρησιμοποιείται για το σύστημα είναι ο καλύτερος τρόπος για τον έλεγχο και των monitor.

Ισοστάθμιση του συστήματος (equalizing the system)

Η ισοστάθμιση του ήχου του συστήματος είναι πολύ σημαντική διαδικασία, γιατί στην ουσία είναι αυτή η οποία φέρνει τον ήχο που φτιάχνει ο ηχολήπτης στον κόσμο. Έτσι, ανάλογα με το τι ήχος θα βγει, ο κόσμος θα είναι είτε ικανοποιημένος ή δυσαρεστημένος.

Εάν το σύστημα δουλεύει με διπλοενίσχυση ή τριπλοενίσχυση, το πρώτο που πρέπει να γίνει είναι ο ορισμός των σημείων του crossover και μετά η ένταση της κάθε μπάντας. Αυτό από μόνο του θα καταδείξει την ισορροπία μεταξύ των επιμέρους περιοχών. Είτε το σύστημα δουλεύει με διπλοενίσχυση είτε όχι, πρέπει να αρχίσει ο ηχολήπτης με ένα μέσο επίπεδο στάθμης την όλη διαδικασία.

Μετά, ο ηχολήπτης πρέπει να ορίσει το γραφικό equalizer χρησιμοποιώντας το 1/3 της οκτάβας (31 μπάντες) (ή το κύριο σταθερό EQ αν είναι όλο αυτό που υπάρχει) στις εξόδους. Υπάρχουν δύο κύριες απαιτήσεις εδώ:

1. Η επίτευξη μίας καλής στάθμης πριν την ανατροφοδότηση (μικροφωνισμό)
2. Η μικροδιόρθωση της απόκρισης συχνότητας του συστήματος και η τελική διαμόρφωση του ηχητικού χαρακτήρα που θέλει ο ηχολήπτης.

Sound check

Sound check σημαίνει κατά βάση έλεγχος ήχου. Έτσι και στο στήσιμο του P.A. συστήματος σημαίνει έλεγχος του ήχου του συστήματος σε συνδυασμό με τον ήχο των μουσικών πριν τη συναυλία. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να γίνεται υπό σφιχτό έλεγχο, και όχι να αποτελεί μία ακρόαση όλης της πρόβας σε ελεύθερη μορφή. Μόλις τελειώσει το sound check το συγκρότημα μπορεί να κάνει πρόβα όσο θέλει.

Εάν ο ηχολήπτης συναντήσει κάποιο πρόβλημα κατά τη διάρκεια του sound check, πρέπει να το σημειώσει, να συνεχίσει τη διαδικασία και να επανέλθει σ' αυτό αργότερα, έτσι ώστε να μη διακοπεί η ροή του check.

Οι στάθμες ήχου του κάθε μουσικού οργάνου αλλά και των φωνών, τα αρχικά EQ αλλά και οι εντάσεις μπορούν να ρυθμιστούν με τη βοήθεια του πλήκτρου «solo» ενώ οι καλλιτέχνες παίζουν ταυτόχρονα.

Το sound check πρέπει να ξεκινάει με το άκουσμα κάθε μουσικού οργάνου ξεχωριστά, με σκοπό να καταλάβει ο ηχολήπτης να ελέγξει τις στάθμες και την ποιότητα ήχου. Μετά ο ηχολήπτης ακούει όλη τη μπάντα μαζί για τη ρύθμιση ενός συνολικού ήχου και ταυτόχρονα επιμέρους ρυθμίσεις στον ήχο του κάθε μουσικού οργάνου ξεχωριστά. Η ακρόαση όλων των μουσικών μαζί βοηθά στην εξισορρόπηση του ήχου αλλά και στο συνδυασμό των ήχων ξεχωριστά μεταξύ τους. Όταν αρχίζει αυτή η διαδικασία, ο χειριστής της κονσόλας θα πρέπει να συγκεντρώνεται περισσότερο στην πηγή που είναι πιο δυνατά.

Sub mixing and grouping (Ομαδοποίηση και μίξη ξεχωριστά)

Το sub mixing είναι μία χρήσιμη τεχνική για να γίνει πιο εύκολη η μίξη. Με τη σημείωση κάποιων κομματιών από πριν και μειώνοντας τον αριθμό των faders (τα συρόμενα πλήκτρα για τη στάθμη του ήχου), η μίξη μπορεί να γίνει αρκετά ευκολότερη. Η ομαδοποίηση, δηλαδή, σε οικογένειες των οργάνων που έχει ο ηχολήπτης πάνω στη σκηνή, και η μίξη σε κατηγορίες διευκολύνει κατά πολύ τη διαδικασία της δημιουργίας του συνολικού ήχου[44].

Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών, όπως δηλώνει και το όνομά τους, ενισχύουν τον ήχο που λαμβάνεται μέσω των μικροφώνων ή παράγεται μέσω των μουσικών οργάνων και τον μεταδίδουν στο κοινό. Εφόσον, λοιπόν, χρησιμοποιούνται γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, θα πρέπει να γνωρίζουμε τους νόμους της ακουστικής που διέπουν το σύστημα P.A. και πώς αυτό συμπεριφέρεται και λειτουργεί βάσει αυτών.

---

[44] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 6 – Mixing, The Art of Live Sound (PC Publishing, 1996).

6.3: «Η αντήχηση και ο υπολογισμός της στους διάφορους χώρους»

Βάσει όλων των παραπάνω ακουστικών φαινομένων που συναντώνται στους κλειστούς χώρους, γίνεται αντιληπτό ότι ένα σύστημα Ρ.Α. πρέπει να ρυθμιστεί και να προσαρμοστεί κατ' αυτόν τον τρόπο, με σκοπό η λειτουργία του να μπορεί να δημιουργήσει και να παράγει εκείνο τον ήχο, ο οποίος θα μεταδίδεται και θα προξενεί στο κοινό μία αίσθηση ικανοποίησης και ευχαρίστησης στο αυτί. Ασφαλώς για την οργάνωση του συστήματος Ρ.Α. και τη ρύθμισή του, κυρίως με την προσαρμογή στις εκάστοτε συνθήκες, πρέπει να υπολογιστεί η αντήχηση του χώρου στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο κάθε φορά ένα Ρ.Α. σύστημα, με σκοπό να μπορούν να προβλεφθούν κάποιες ή οι περισσότερες ρυθμίσεις ενός συστήματος σε συνάρτηση με τις συνολικές ανακλάσεις του ήχου που συμβαίνουν στο χώρο, και έτσι να υπολογιστεί και ο χρόνος αποκατάστασης της ισορροπίας στον ήχο.

Τι είναι η αντήχηση

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα των ανακλάσεων είναι το φαινόμενο της αντήχησης ενός χώρου. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα μεγάλο χώρο που περιλαμβάνει μια πηγή εκπομπής ηχητικής ενέργειας σταθερής στάθμης και στο χώρο δεν υπάρχει καθόλου ηχητική ενέργεια. Η πηγή αρχίζει να εκπέμπει ήχο όπου διαχέεται στο χώρο. Ένα μέρος της ενέργειας του ήχου απορροφάται, ένα άλλο μεταδίδεται μέσω των επιφανειών και το υπόλοιπο και μεγαλύτερο μέρος αντανακλάται από τα τοιχώματα πίσω στο δωμάτιο. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια προοδευτική αύξηση της ηχητικής ενέργειας στο χώρο μέχρι να αποκατασταθεί η ισορροπία. Στη συνέχεια η πηγή μηδενίζεται. Η ηχητική ενέργεια στο χώρο δεν μηδενίζεται απότομα αλλά διαρκεί για όσο χρόνο υπάρχουν οι καθυστερημένες ανακλάσεις από τα τοιχώματα. Το φαινόμενο αυτό το αντιλαμβανόμαστε σε συνάρτηση με το χρόνο για αυτό και το ονομάζουμε χρόνο αντήχησης και το μετράμε σε δευτερόλεπτα.

Επομένως, χρόνος αντήχησης RT60 είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη του ήχου σε κάποιο σημείο να ελαττωθεί κατά 60 dB, μετά το μηδενισμό του εκπεμπόμενου ήχου από την πηγή.

Λόγω αυτού του φαινόμενου ακούμε μια πηγή να ακούγεται διαφορετικά σε δυο διαφορετικούς χώρους. Μεγάλη επίσης σημασία στη

χροιά που δίνει η αντήχηση στον χώρο είναι οι πρώτες ανακλάσεις οι οποίες είναι και οι πιο σημαντικές στο να αποδώσουμε το πώς συμπεριφέρεται ο χώρος.

Ένας χώρος με χαμηλή απορρόφηση και μεγάλο χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «ζωντανός χώρος» (live) ενώ ένας άλλος με μεγάλη απορρόφηση και μικρό χρόνο αντήχησης χαρακτηρίζεται ως «νεκρός χώρος» (dead).

Υπολογισμός του χρόνου αντήχησης

Υπάρχουν πολλές εξισώσεις που υπολογίζουν τον χρόνο αντήχησης διαφορετικά.

Οι κυριότερες είναι οι παρακάτω:

1. Η εξίσωση του Sabine:

$$RT_{60} = \frac{0.161\,V}{A}$$

Όπου: V = ο όγκος της αίθουσας σε m³.

A = η συνολική απορρόφηση του χώρου που ισούται με το άθροισμα των επιφανειών του χώρου (S) επί τον συντελεστή απορρόφησης κάθε επιφάνειας (α) A = S1a1+ S2a2 +.....+ Snan

Η εξίσωση του Sabine ισχύει ικανοποιητικά για μικρούς χώρους που οι επιφάνειες έχουν παρόμοιους συντελεστές απορρόφησης.

2. Η εξίσωση του Norris - Eyring:

$$RT_{60} = \frac{0.161\,V}{S\ln\left(\frac{1}{1\text{-}a}\right)}$$

Όπου: a = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης:

$$a = \frac{S_1a_1 + S_2a_2 + ... + S_na_n}{S}$$

S = η συνολική επιφάνεια του χώρου: S = S1 + S2 + …+ Sn

Η εξίσωση αυτή ισχύει ικανοποιητικά για κλειστούς χώρους, όταν η απορρόφηση όλων των επιφανειών είναι η ίδια. Στην περίπτωση που υπάρχουν έντονες διαφορές στην απορρόφηση των επιφανειών, οι αποκλίσεις από τις μετρούμενες τιμές είναι σημαντικές και τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο του Fitzroy. Επίσης για πολύ μεγάλους χώρους όπως εκκλησίες, θέατρα κ.α. ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$RT_{60} = \frac{0.161V}{\left|S \ln\left(\frac{1}{1-a}\right) + 4mV\right.}$$

Όπου: m = ο συντελεστής εξασθένησης της ενέργειας που η τιμή του εξαρτάται από την υγρασία και την συχνότητα

V = ο όγκος του χώρου

3. Η εξίσωση του Fitzroy:

Ο Fitzroy παρατήρησε πως η αντήχηση ενός χώρου είναι το άθροισμα των αντηχήσεων που παράγονται μεταξύ: • πατώματος και ταβανιού • πλαϊνών τοίχων• μπροστά και πίσω τοίχων. Ο τύπος του Fitzroy είναι ο εξής:

$$RT_{60} = \frac{0.049V}{S^2}\left(\frac{2(XY)}{\bar{a}_{xy}} + \frac{2(XZ)}{\bar{a}_{xz}} + \frac{2(YZ)}{\bar{a}_{yz}}\right)$$

Όπου: $\bar{a}xy$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xy

$\bar{a}xz$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών xz

$\bar{a}yz$ = ο μέσος συντελεστής απορρόφησης των επιφανειών yz

Η εξίσωση αυτή έχει καλά αποτελέσματα σε χώρους με ανομοιόμορφη απορρόφηση και είναι εφαρμόσιμος στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις[45].

[45] Everest F. Alton and Ken C. Pohlmann, Εγχειρίδιο Ακουστικής, μετάφραση και απόδοση Γιώργος Μπόντζιος, (Εκδ. Τζιόλα, 2011), Κεφάλαιο 11 – Αντήχηση.

6.4: «Η ισχύς, η αποδοτικότητα, και η μετάδοση του ήχου από το P.A. σύστημα στον κόσμο – το decibel (dB)»

Τα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών που χρησιμοποιούνται στους εξωτερικούς χώρους (π.χ. συναυλίες σε πλατείες όπως στο Grasspop festival ή συναυλίες σε ανοιχτούς χώρους όπως το Donington Park), δεν έχουν να αντιμετωπίσουν τα προαναφερθέντα φαινόμενα ακουστικής τα οποία παρατηρούνται στους κλειστούς χώρους. Ωστόσο, η ενίσχυση και η μετάδοση του ήχου από το P.A. στο κοινό απαιτεί προσεκτική ρύθμιση λόγω του ότι η ακουστότητα του ήχου είναι ικανοποιητική σε συγκεκριμένα επίπεδα, τα οποία και αν υπερβληθούν, μπορεί να έχουν δυσάρεστες συνέπειες ακόμα και στην υγεία των ακροατών.

Ηχηρότητα και αποδοτικότητα – το decibel (dB)

Η αποδοτικότητα ενός συστήματος P.A. είναι ένα από τα κύρια ζητήματα. Για την κατανόηση του συγκεκριμένου ζητήματος, πρέπει αρχικά να γίνει κατανοητή η έννοια του decibel (dB). Το decibel, λοιπόν, πήρε το όνομά του από τον Alexander Graham Bell, και χρησιμοποιείται για να εκφράσει διαφορές στάθμης και στάθμες σήματος στην πίεση του ήχου, στην τάση και την ισχύ. Είναι εξαιρετικά χρήσιμο μέσον γιατί επιτρέπει τη χρήση σχετικά μικρής γκάμας αριθμών για την έκφραση και τον υπολογισμό μεγάλων και δυσθεώρητων ποσοτήτων.

Θεμελιωδώς, το bel ορίζεται ως ο λογάριθμος μιας σχέσης ισχύος:

bel = log (P1/P0)

Για άνεση, όμως, χρησιμοποιείται το decibel (dB), το οποίο στην ουσία είναι το ένα δέκατο του bel. Έτσι ισχύει:

Level in decibels (dB) = 10 log (P1/P0)

Εκτός από τις σχέσεις ισχύος, ο όρος της στάθμης σε dB συναντάται και σε σχέσεις τάσης, ρεύματος και πίεσης του ήχου. Το decibel στάθμης αναφέρεται συνήθως ως 0,775 V.

Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των dB τάσης είναι:

dB = 20 log v/Vref

Αυτό σημαίνει ότι:

1. Εάν ο μίκτης στείλει 0,775 V, τότε η στάθμη είναι 0 dB.
2. Εάν ο μίκτης στείλει 1,55 V, τότε η στάθμη ισούται με + 6 dB.
3. Εάν ο μίκτης στείλει 7.75 V, τότε (στα peaks) η στάθμη είναι 20 dB.

Εάν, από την άλλη, θέλουμε να γνωρίζουμε πόσα V αναλογούν στα αντίστοιχα dB, τότε η μέθοδος υπολογισμού είναι η ακόλουθη[46]:

if	dB = 20 log (v /Vref) then		
	dB /20 = log (v/Vref)		
	antilog (dB/20) = v/Vref		
	v = antilog (dB/20) x Vref		
So	+4 dB	= 1.23 V	pro line level
	+3 dB	= 1.095 V	
	+6 dB	= 1.55 V	twice the 0.775 V voltage
	+20 dB	= 7.75 V	ten times the 0.775 V voltage
	–10 dB	= 0.245 = 245 mV	
	–7.8 dB	= 0.316 = 316 mV	semi pro line level
	–20 dB	= 0.775 = 77.5 mV	guitar level
	–50 dB	= 0.00245 = 2.45 mV	mic level

Η μετάδοση του συνολικού ήχου του P.A. συστήματος στον κοινό

Ένα σύστημα P.A., πέρα από τα ακουστικά φαινόμενα σε συνάρτηση με τα οποία λειτουργεί, αλλά πέρα από το σχεδιασμό του, την οργάνωσή του και την εγκατάστασή του, ουσιαστικά ενισχύει τον ήχο διάφορων πηγών συνδυαστικά και συνολικά (φωνές και μουσικά όργανα), και με τη μίξη την οποία πραγματοποιεί ο ηχολήπτης στο μίκτη και στους ενισχυτές των μουσικών οργάνων (όπως κιθάρα και μπάσο), ο ήχος μεταδίδεται στο κοινό από τα συστήματα μεγαφώνων που έχει το σύστημα.

Για να γίνει κατανοητό αυτό, όμως, είναι χρήσιμο να υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού της έντασης (gain) που αποστέλλεται στο κοινό. Επειδή, για παράδειγμα, πολλές φορές το σύστημα ενίσχυσης ήχου μπορεί

[46] Peter Buick, *Live Sound: P.A. for Performing Musicians*, first edition, Chapter 3 – Systems and Applications (PC Publishing, 1996).

να είναι ικανό να δώσει περισσότερη ένταση απ' αυτή που πραγματικά χρειάζεται, είναι λογικό να μπορεί ο ηχολήπτης να έχει κάποια λύση η οποία θα λειτουργήσει καταλυτικά στην επίτευξη καλού ήχου προς το κοινό.

Σημαντικός παράγοντας είναι και η απόσταση του κοινού από την πηγή του ήχου, δηλαδή τα μεγάφωνα του P.A. συστήματος εν προκειμένω, οπότε το λογικό είναι η στάθμη του ήχου να υπολογίζεται σε σχέση με την απόσταση η οποία υπάρχει σε κάθε περίπτωση, και στην οποία πρέπει να φτάσει ο ήχος. Η μέθοδος υπολογισμού της απαραίτητης έντασης είναι η ακόλουθη:

$20 \log D_0 - 20 \log EAD$

Όπου:

D_0 = η δεδομένη απόσταση

EAD (effective acoustical distance) = η ακουστική απόσταση, στην οποία ο ακροατής θα ακούει με μεγαλύτερη αποδοτικότητα την πηγή[47].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: «Οι νέες τεχνολογίες που έχουν εισαχθεί στα P.A. συστήματα – οι σειριακές γραμμικές ηχητικές διατάξεις και τα είδη τους»

Όπως αναφέρθηκε στο 4° κεφάλαιο ήδη, ιδιαίτερα κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν εισαχθεί, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας του ήχου, καινοτόμα στοιχεία στα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών. Ένα από αυτά τα στοιχεία, το οποίο γνώρισε και τη μεγαλύτερη εξέλιξη (κι ακόμα γνωρίζει), είναι οι σειριακές γραμμικές ηχητικές διατάξεις, ή αλλιώς line array, τα οποία και έχουν εδραιωθεί πλέον στα συστήματα P.A. ως τα συστήματα μεγαφώνων που χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα.

[47] John Eargle, JBL Professional, "Sound System Design Reference Manual", http://www.jblpro.com/pub/manuals/pssdm_1.pdf, (προσπελάστηκε 23 Μαρτίου, 2015).

Εικόνα 47: JBL vertec line array (line array σύστημα της εταιρείας JBL) - https://www.pinterest.com/pin/300826450082984571/ (προσπελάστηκε 21 Απριλίου, 2015)

7.1: «Το θεωρητικό υπόβαθρο των line array»

Η σειριακή διάταξη πηγών είναι ένας όρος ο οποίος ορίζει μια διάταξη από ομοιοκατευθυντικές πηγές στοιχισμένες σε μια ευθεία γραμμή σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, εκπέμποντας με την ίδια φάση και ένταση. Οι διατάξεις αυτές μπορούν να αποδώσουν ικανοποιητικά όσον αφορά τη κατευθυντικότητα του κάθετου πεδίου γι' αυτό το λόγο είναι χρήσιμες σε εφαρμογές που ο ήχος πρέπει να διανύει μεγάλες αποστάσεις. Η κατευθυντικότητα αυτή επιτυγχάνεται μέσω του φαινόμενου της καταστρεπτικής και εποικοδομητικής συμβολής. Τοποθετώντας μια πηγή πολύ κοντά σε μία άλλη, η ηχητική στάθμη αυξάνεται στα σημεία πάνω στον άξονα που διέρχεται από το ενδιάμεσο των πηγών αυτών. Όσο αυξάνεται το πλήθος των πηγών αυξάνεται και η ηχητική στάθμη. Αποκλίνοντας από τον άξονα η πίεση μειώνεται και σε μερικά σημεία μάλιστα μηδενίζεται[48].

[48] Άνθης Μιχάλης, «Θεωρητικά μοντέλα σειριακών διατάξεων ηχητικών πηγών», (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2008), 4-6.

Όλα τα παραπάνω ξεκινούν από τη μελέτη του Olson επάνω σε διάφορα είδη line sources και θεωρητικά συμπέρανε ότι εφόσον σε μία ευθεία γραμμική πηγή ο αριθμός των στοιχείων πλησιάσει το άπειρο (N→∞) και η απόσταση μεταξύ των στοιχείων πλησιάσει το μηδέν (b→0), θα δημιουργηθεί ένα κυλινδρικό κύμα. Έτσι παρέχεται πολύ κατευθυντική κάθετη κάλυψη και η εξασθένηση της έντασης ανά διπλασιασμό της απόστασης θα είναι 3dB SPL αντί για 6dB SPL που ισχύει για το σφαιρικό κύμα.

Το αποτέλεσμα αυτής της κατευθυντικής κάλυψης έχει πολύ ενδιαφέρον γιατί βασιζόμενες σε αυτή τη θεωρία στηρίχτηκαν πολλές εταιρίες ηχητικών εξοπλισμών για να φτιάξουν ένα καινούργιο ηχητικό σύστημα διαφορετικής λειτουργίας. Όμως το μοντέλο του line source array είναι καθαρά θεωρητικό και δεν μπορεί να υλοποιηθεί λόγω πρακτικών και φυσικών περιορισμών. Σε οποιοδήποτε ηχητικό σύστημα είτε φορητό είτε σταθερό, δεν είναι εφικτό να υπάρχουν άπειρα ηχεία και αυτά, λόγω των φυσικών διαστάσεών τους, δεν μπορούν να έρθουν σε μηδενική απόσταση μεταξύ τους. Οπότε οι εταιρίες απορρίπτουν την υλοποίηση του line source array και σε πιο πρακτική προσέγγιση διαμορφώνουν τη θεωρία του line array. Line array ονομάζεται μία διάταξη από ηχεία τοποθετημένα σε μια ευθεία γραμμή και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, τα οποία εκπέμπουν με το ίδιο πλάτος (ηχητική ένταση) και σε φάση. Δεν ισχύουν οι κανόνες απείρου μήκους και μηδενικής απόστασης αλλά υπάρχουν κανόνες και περιορισμοί ώστε ένα line array να πλησιάζει το θεωρητικό μοντέλο του Olson[49].

Κατευθυντικότητα line array

Γενικά η κατευθυντικότητα ενός μεγαφώνου καθορίζεται από την εντασιακή απόκριση καθώς αλλάζει η γωνία παρατήρησης. Η κατευθυντικότητα ενός μεγαφώνου είναι διαφορετική για κάθε συχνότητα. Ένα αξιόπιστο line array σύστημα είτε φορητό είτε σταθερά εγκατεστημένο έχει καθαρή αναπαραγωγή του ήχου με την ίδια πιστότητα και μικρή απόκλιση έντασης σε όλο τον χώρο του ακροατηρίου.

[49] Καλιαμπέτσος Τρύφωνας και Βασίλειος Αδαμάντιος, «Η θεωρία του line array και η εφαρμογή της σε συστήματα ζωντανών οπτικοακουστικών εκδηλώσεων», (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2011), 20 – 27.

Κατά τη συνήχηση δύο ηχητικών πηγών σε ένα χώρο παρατήρησης μπορούν να δημιουργηθούν εποικοδομητικές και καταστρεπτικές συμβολές. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται comb filtering. Ένα line array αποτελείται από μία συστοιχία μεγαφώνων συγκεκριμένα απομακρυσμένα μεταξύ τους και με τέτοια κλίση σε ανάλογες περιπτώσεις, έτσι ώστε κατά την εκπομπή τους να προκαλούνται εποικοδομητικές συμβολές στην on-axis περιοχή (που βρίσκεται το ακροατήριο) και καταστρεπτικές συμβολές στα άκρα (έξω απ' την επιθυμητή περιοχή του ακροατηρίου). Αυτό επιτυγχάνεται εξαιτίας του comb filtering και παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις της φυσικής ακουστικής αναφέρεται ως ανεπιθύμητο, στην περίπτωση των line array προκαλείται επιθυμητά. Λόγω της κατευθυντικής κάθετης κάλυψης είναι πολύ αποτελεσματικό σε εφαρμογές όπου ο ήχος πρέπει να φτάσει σε μακρινές και γεωμετρικά επιλεγμένες αποστάσεις[50].

Κανόνες λειτουργίας line array

Οι παρακάτω κανόνες οριοθετούν τα πλαίσια της λειτουργίας ενός line array συστήματος σαν μία ενιαία πηγή. Οι τρεις πρώτοι (1,2,3) αναφέρονται στην κατασκευή και οι υπόλοιποι (4,5 και 6) στην εγκατάσταση.

1. Ο Olson είχε υπολογίσει ότι δύο σημειακές πηγές οι οποίες απέχουν λιγότερο από το ¼ του μήκους κύματος που εκπέμπουν, δημιουργούν ένα ομοιόμορφο πολικό διάγραμμα χωρίς λοβούς. Μέχρι και για απόσταση του ½ του μήκους κύματος που εκπέμπεται, το πολικό διάγραμμα θα είναι ομοιόμορφο καθώς και πιο στενό. Αν η απόσταση υπερβεί το ½ του μήκους κύματος τότε αρχίζουν να δημιουργούνται πλευρικοί λοβοί λόγω καταστρεπτικών συμβολών. Από εκεί προκύπτει ένας κανόνας: Για να λειτουργεί με βάση τη θεωρία του Olson ένα line array σύστημα σ' ένα συγκεκριμένο συχνοτικό φάσμα, η απόσταση μεταξύ των ακουστικών κέντρων δύο γειτονικών οδηγών πρέπει να είναι μικρότερη από το μισό του μήκους κύματος της μέγιστης συχνότητας που εκπέμπουν αυτές οι πηγές. Εάν αυτή η απόσταση οριστεί ως b, τότε μπορεί να τεθεί ο πρώτος κανόνας που λέει ότι: $b<\lambda min/2$. Όπου λmin το μήκος κύματος που αντιστοιχεί για την fmax που εκπέμπει ο οδηγός του συστήματος. Για ένα line array αυτός είναι και ο

[50] Meyer Sound, "Line Arrays: Theory, Fact and Myth", http://www.meyersound. com/ pdf/support/papers/meyer_line_array.pdf, (προσπελάστηκε 16 Απριλίου, 2014).

κανόνας που οριοθετεί την υψηλότερη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει όλο το σύστημα βάση της θεωρίας του Olson.

2. Το συνολικό μήκος μίας συστοιχίας line array πρέπει να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερο του μήκους κύματος της χαμηλότερης συχνότητας που εκπέμπει η συστοιχία. Δηλαδή αν τεθεί ότι Η = συνολικό μήκος συστοιχίας, πρέπει Η>4λmax όπου λmax το μήκος κύματος για τη χαμηλότερη συχνότητα που εκπέμπεται. Αυτός είναι ο δεύτερος κανόνας και οριοθετεί τη χαμηλότερη συχνότητα που μπορεί να ακτινοβολήσει το line array ώστε να λειτουργεί σωστά βάση της θεωρίας του Olson.

3. Η απόκλιση που μπορεί να έχει μία συστοιχία από ένα επίπεδο ηχητικό μέτωπο (καμπύλωση) πρέπει να είναι λιγότερο του λ/4 της υψηλότερης συχνότητας λειτουργίας. Θέτοντας αυτή την απόσταση ίση με x πρέπει x< λmin/4. Αυτό αντιστοιχεί σε λιγότερο από 5mm καμπύλωσης στα 16 kHz.

4. Η απόσταση από το κάτω άκρο της συστοιχίας έως τον πρώτο ακροατή, πρέπει να είναι το ¼ της απόστασης από το πάνω άκρο, έως τον τελευταίο ακροατή.

5. Η συνολική επιφάνεια της κυματομορφής που ακτινοβολεί κάθε πηγή μεμονωμένα, πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 80% της επιφάνειας του ακροατηρίου όπου στοχεύει.

6. Για καμπυλωτά line arrays, οι γωνίες που καθορίζουν την θέση των καμπινών πρέπει να κυμαίνονται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση από τους ακροατές[51].

Επιπλέον στόχοι των κατασκευαστών

Πέρα από τους κανόνες που αφορούν τη σωστή κατασκευή και τοποθέτηση ενός line array συστήματος, υπάρχουν και κάποιοι επιπλέον στόχοι των κατασκευαστριών εταιριών:

1. Το μικρότερο σε μέγεθος και βάρος σύστημα, αναλογικά της ισχύος του.

[51] Καλιαμπέτσος Τρύφωνας και Βασίλειος Αδαμάντιος, «Η θεωρία του line array και η εφαρμογή της σε συστήματα ζωντανών οπτικοακουστικών εκδηλώσεων», (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2011), 20 – 27.

2. Εύχρηστο, γρήγορο και αξιόπιστο σύστημα ανάρτησης δορυφόρων.

3. Απλή, γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσμολογία/καλωδίωση και ροή του σήματος.

4. Αξονική συμμετρία ώστε οι συστοιχίες να λειτουργούν πανομοιότυπα.

5. Κάλυψη όλου του συχνοτικού εύρους.

7.2: «Τα είδη των σειριακών γραμμικών ηχητικών διατάξεων»

Ένα line array σύστημα, όσον αφορά την ανάρτησή του, μπορεί να τοποθετηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους: είτε flown, είτε stacked, είτε hybrid (flown/stacked). Γενικά τα line array συστήματα (όσον αφορά τους δορυφόρους) είναι κατασκευασμένα για να τοποθετούνται flown. Γι' αυτό το λόγο οι περισσότεροι ηχολήπτες προτιμούν αυτή την τοποθέτηση. Όμως η επιλογή της σωστής τοποθέτησης συνδυάζεται πάντα με τον εκάστοτε χώρο. Δηλαδή η επιλογή της κατάλληλης τοποθέτησης ενός line array συστήματος, γίνεται σύμφωνα με τις ακουστικές και γεωμετρικές ιδιότητες του χώρου. Ένα δεύτερο κριτήριο για την τοποθέτηση των line array συστημάτων, είναι η καμπύλωσή τους. Όπως έχει προαναφερθεί, η κατευθυντικότητα ενός line array συστήματος διαμορφώνεται και αλλάζει ανάλογα με την κλίση της εκάστοτε συστοιχίας. Η κατηγοριοποίηση των ειδών των line array, επομένως, αποτελεί ουσιαστικά διαφοροποίηση του ίδιου συστήματος ανάλογα με τον τρόπο ανάρτησής του. Έτσι, έχουν προκύψει οι εξής κατηγορίες: stack / flown / hybrid, flat array, curved array, "J" array, και spiral array[52].

Stack / flown / hybrid

Τρεις είναι οι βασικοί τρόποι ανάρτησης των συστημάτων: stack, flown και hybrid. Με τον όρο stack εννοείται ένα σύστημα που στηρίζεται στο έδαφος. Ο όρος flown περιγράφει ένα σύστημα το οποίο έχει αναρτηθεί πάνω από το έδαφος σε κάποιο ύψος. Με τον όρο hybrid περιγράφεται ένας συνδυασμός των δύο προηγούμενων. Παρόλο που τα flown συστήματα

[52] D&B Audiotechnik, "C4 System, Specifications and Configurations", http://www.dbaudio.com/fileadmin/docbase/TI323_E.PDF (προσπελάστηκε 19 Απριλίου, 2015).

προτιμούνται από τους μηχανικούς ήχου, καθένας από τους τρεις τρόπους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η επιλογή μεταξύ αυτών πολλές φορές υποδεικνύεται από τον ίδιο τον χώρο. Για παράδειγμα δεν είναι πάντα δυνατό να αναρτηθεί ένα σύστημα λόγω των περιορισμών βάρους, ύψους αλλά και της μη πρόβλεψης για “rigging points”.

Τα stack συστήματα βελτιώνουν την στέρεο εικόνα των οργάνων για το κοινό, αφού η στερεοφωνική εικόνα που παράγεται είναι στο επίπεδο του stage, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μικρούς συναυλιακούς χώρους. Λόγω δε της επαφής του ηχείου με το έδαφος παρατηρείται αύξηση στην ενέργεια των χαμηλών συχνοτήτων.

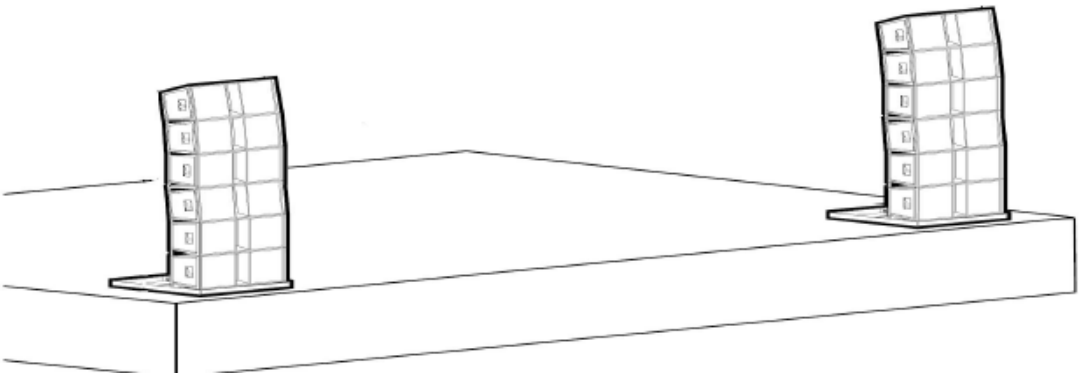
Επιπλέον για γεωμετρικούς λόγους ένα stack σύστημα μπορεί να προσφέρει διευρυμένη κάθετη κάλυψη από ένα flown σύστημα, αναλόγως του σχήματος του ακροατηρίου. Έτσι απαιτούνται λιγότερες καμπίνες για να επιτευχθεί η βέλτιστη κάθετη κάλυψη. Ωστόσο υπάρχουν και περιορισμοί, αναλόγως την εταιρία, στο πόσα ηχεία μπορούν να στοιβαχτούν ώστε η συστοιχία να είναι ασφαλής. Επίσης μια stack συστοιχία δεν μπορεί να καλύψει χώρους όπου περιλαμβάνονται εξώστες ή πολλαπλά διαζώματα.

Όσον αφορά τα flown συστήματα είναι η καλύτερη λύση για την ισοκατανομή της ακουστικής πίεσης και την ομοιόμορφη συχνοτική απόκριση στον χώρο των θεατών, εφόσον ο αριθμός των πηγών είναι αρκετός ώστε να παρέχει την λεγόμενη front-to-rear κάλυψη, δηλαδή το σύστημα να μπορεί να καλύψει επαρκώς όλο τον χώρο του ακροατηρίου. Μια τέτοια τοποθέτηση μπορεί να καλύψει τους εξώστες ή άλλα διαζώματα, σε αντίθεση με την stack τοποθέτηση.

Λαμβάνοντας υπόψη και το αισθητικό μέρος μιας συναυλίας, αναρτώντας το σύστημα πάνω από το έδαφος, λύνονται προβλήματα θέασης προς την σκηνή.

Τα υβριδικά συστήματα είναι πολύ διαδεδομένα γιατί ενσωματώνουν τα θετικά στοιχεία των δύο προηγούμενων τοποθετήσεων. Συνδυάζεται το πλεονέκτημα στην εντασιακή και συχνοτική κάλυψη των flown, με αυτό των stack που αφορά την ενίσχυση των μπάσων ή ακόμα και την τοποθέτηση

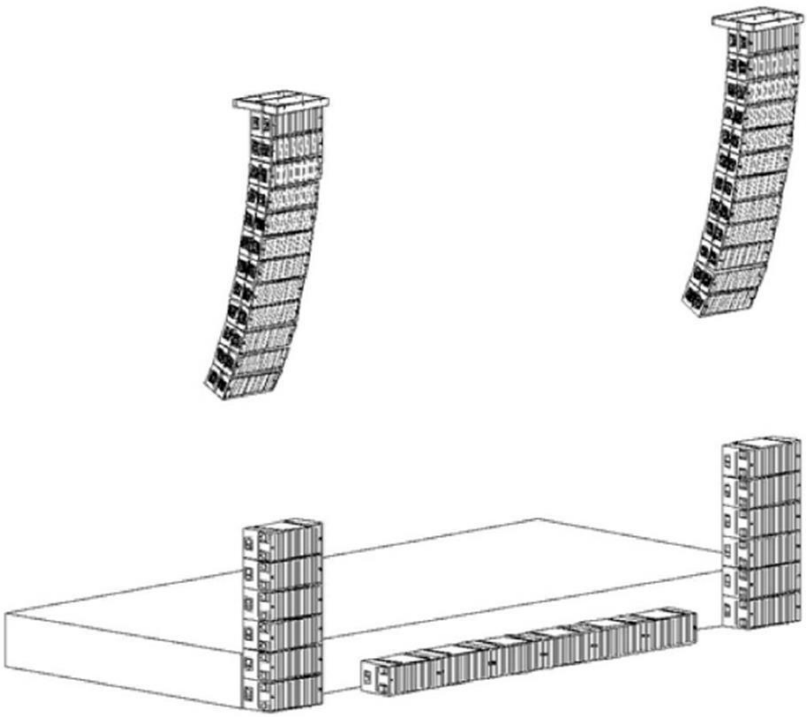
λιγότερων καμπινών, και την βελτίωση της stereo εικόνας αν τοποθετηθούν κάποιοι από τους οδηγούς των μεσαίων και των πρίμων στο πάτωμα[53].



Εικόνα 48: Ενδεικτική τοποθέτηση ενός stacked line array[54]

Εικόνα 49: Ενδεικτική τοποθέτηση flown line array της εταιρείας Meyer Sound - http://www.jamesrudder.com/2012/10/09/meyer-sounds-new-line-array-demo/ (προσπελάστηκε 22 Απριλίου, 2015)

[53] Βλ. υποσημείωση 49.
[54] Όλα τα σχεδιαγράμματα τα οποία απεικονίζουν την τοποθέτηση των line array έχουν σχεδιαστεί στο Google Sketch Up 7 και έχουν μετατραπεί σε εικόνα μορφής .jpg.



Εικόνα 50: Πιθανή τοποθέτηση ενός hybrid line array

Flat τοποθέτηση των line array

Στα flat arrays, για ένα δεδομένο μήκος συστοιχίας, όσο μειώνεται το μήκος κύματος – αύξηση συχνότητας- τόσο πιο κατευθυντικά γίνονται. Αυτή τους η συμπεριφορά δεν είναι όμως πάντα επιθυμητή για τον λόγο ότι η δέσμη του ήχου που ακτινοβολείται είναι υπερβολικά στενή στις ψηλές συχνότητες. Επίσης ένα flat array είναι ανίκανο να καλύψει επαρκώς χώρους με διαζώματα-εξώστες, γιατί για να συμβεί αυτό θα έπρεπε η συστοιχία να εκτείνεται από το πάτωμα ως τα διαζώματα προς κάλυψη.

Η ανάγκη για καμπύλωση των line array προέκυψε μέσα από θέματα ομοιόμορφης κάλυψης του εκάστοτε χώρου, ιδιαίτερα σε αυτούς που είχαν κάποιο άνω διάζωμα - εξώστη, ακόμη και σε αυτούς που είχαν αμφιθεατρικό σχήμα. Η καμπύλωση ενός line array έχει επίδραση στην συχνοτική και εντασιακή συμπεριφορά του αλλά κυρίως στην κατευθυντικότητα. Μελέτες έχουν δείξει ότι καμπυλώνοντας την συστοιχία δημιουργείται ένα ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στον κάθετο επίπεδο, το οποίο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο σε μεγάλες ηχητικές εγκαταστάσεις, όπου χρειάζεται πολλή ενέργεια

ώστε ο ήχος να φτάσει στους πιο απομακρυσμένους θεατές και ταυτόχρονα να πληροί όλες τις προϋποθέσεις της «line array διάδοσης του ήχου[55]».

Curved array

Η επόμενη περίπτωση είναι αυτή της καμπύλωσης του array (curved). Έχει μορφή αψίδας (arc) αφού καμπυλώνεται το άνω μέρος προς τα πάνω και τα κάτω μέρος προς τα κάτω.

Αυτή η καμπύλωση δεν γίνεται ανεξέλεγκτα. Ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ορθή κυματική λειτουργία της συστοιχίας, είναι η μέγιστη γωνία κλίσης που μπορεί να υπάρξει ανάμεσα σε δύο διαδοχικές καμπίνες και περιγράφεται από τον τύπο:

$$\alpha max \leq 3^{o}/ STEP$$

όπου:

αmax: η μέγιστη γωνία κλίσης ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπίνες

STEP: Η απόσταση ανάμεσα στα ακουστικά κέντρα δυο διαδοχικών καμπινών. Μονάδα μέτρησης του STEP είναι το μέτρο.

Όμως για να υπάρξει η δυνατότητα καμπύλωσης ενός array θα πρέπει το κάθετο μέγεθος της καμπίνας να είναι μικρότερο από το STEPmax.

Τα curved arrays έχουν την δυνατότητα να παρέχουν διευρυμένη κάθετη κάλυψη και κατά συνέπεια μπορούν να στέλνουν τον ήχο σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Έχουν όμως και μειονεκτήματα. Λόγω της γεωμετρίας τους η άνω καμπύλη «βλέπει» την οροφή. Αυτό είναι πραχτικά μη εκμεταλλεύσιμο από τον sound designer καθιστώντας μη ικανή την ομοιόμορφη κάλυψη στους περισσότερους χώρους. Επιπλέον ενώ στις υψηλές συχνότητες μπορούν να διευρύνουν την εκπομπή τους, στις χαμηλές συχνότητες δεν επιφέρουν καμία αλλαγή αφού το μήκος της συστοιχίας είναι μικρό σε σχέση με τα μήκη κύματος αυτής της συχνοτικής περιοχής[56].

---

[55] Σολιδάκης Γεώργιος, «Ηχητικός σχεδιασμός ανοιχτών χώρων με το σύστημα ηχείων line array dV-Dosc της L-Acoustics μέσω του προγράμματος Soundvision για μουσική παράσταση ακουστικών οργάνων», (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2011), 23 – 24.

[56] Stephen Bunting, UniS, “Line Arrays for Live Sound”, 12, http://stevebunting. Com /downloads/linearrays.pdf (προσπελάστηκε 21 Απριλίου, 2015).

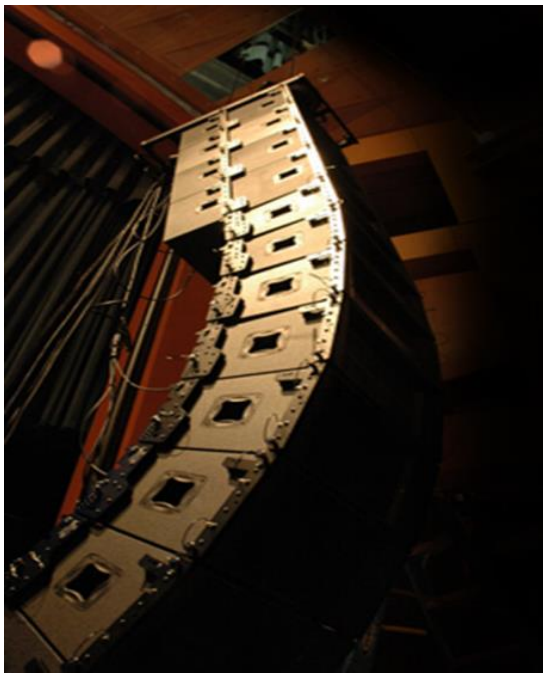
Εικόνα 51: Ένα ενδεικτικό curved line array - http://www.performing-musician.com/pm/feb09/articles/technotes.htm (προσπελάστηκε 22 Απριλίου, 2015)

“J” array

Λόγω του περιορισμένου πεδίου χρήσης των curved arrays, έπρεπε να βρεθεί ένας άλλος τρόπος τοποθέτησης. Αυτός είναι ο “J” shaped, ο οποίος ενσωματώνει τα θετικά χαρακτηριστικά των flat και curved μιας και είναι μία υβριδική τοποθέτηση μεταξύ αυτών των δύο. Το όνομά του το πήρε από το γεωμετρικό σχήμα που δημιουργεί. Στην κορυφή οι καμπίνες είναι τοποθετημένες σε ευθεία γραμμή, ενώ στο κάτω άκρο σχηματίζουν μία κλιμακούμενη κύρτωση. Κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η κάλυψη των απομακρυσμένων θεατών, και κατ’ επέκταση το far field, από το άνω μέρος της συστοιχίας και η κάλυψη των κοντινότερων – near field – ακροατών από το κάτω μέρος της, οι οποίοι βρίσκονται μπροστά ή και κάτω από την ηχοστήλη. Ο συνδυασμός αυτών των δύο τρόπων προσφέρει ένα ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στο κάθετο επίπεδο το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο.

Η κατευθυντικότητα της εν λόγω τοποθέτησης επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό της κατευθυντικότητας των straight και curved συστοιχιών. Συνεπώς τρείς βασικοί παράγοντες επηρεάζουν την κατευθυντικότητα. Το

μήκος του ευθυγράμμου τμήματος (AL), το μήκος του καμπυλωμένου τμήματος (AC) και η γωνία του κυρτωμένου τμήματος και κατ' επέκταση η σχετική ένταση μεταξύ των, το σχετικό μήκος των δύο τμημάτων και προφανώς η παραγόμενη συχνότητα. Το τμήμα της συστοιχίας που βρίσκεται σε ευθεία γραμμή, είναι υπεύθυνο για την κάλυψη στο μακρινό πεδίο, για την απόκριση και ακτινοβολεί πολύ στενή δέσμη ενέργειας, ιδιαίτερα στα υψηλά συχνοτικά κύματα. Το τμήμα που έχει υποστεί κύρτωση δεν μπορεί να ισορροπήσει αυτή την εντασιακή διαφορά των υψηλών συχνοτήτων[57].



Εικόνα 52: Ένα χαρακτηριστικό "J" line array της εταιρείας VTC Pro Audio – http://www.vtcproaudio.com/loudspeakers.html (προσπελάστηκε 22 Απριλίου, 2015)

Spiral array

Η ανάγκη για ακόμη πιο ισορροπημένη απόκριση των συστημάτων, ώθησε τους σχεδιαστές συστημάτων και κατασκευών ήχου να εξελίξουν τα "J" arrays. Αυτός ο νέος τρόπος τοποθέτησης ονομάστηκε Spiral Array. Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των "J" arrays, το ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στο κάθετο επίπεδο και επιπλέον ακτινοβολεί το ίδιο για μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων, δηλαδή η κατευθυντικότητα δεν μεταβάλλεται σημαντικά όσο μικραίνει το μήκος κύματος. Για να καταστεί αυτό δυνατό, η κλίση δίδεται από

[57] D&B Audiotechnik, "C4 System, Specifications and Configurations", http://www.dbaudio.com/fileadmin/docbase/TI323_E.PDF, (προσπελάστηκε 21 Απριλίου, 2015).

την αρχή της συστοιχίας-άνω τμήμα- μη επιτρέποντας σε καμία πηγή να είναι σε απόλυτη ευθεία.

Έτσι δεν έχουμε πια δύο τμήματα, το straight line και το curved, αφού η καμπύλωση είναι προοδευτική ανάλογα με το μήκος της συστοιχίας, δηλαδή όσο αυξάνει το μήκος της συστοιχίας τόσο μεγαλώνει και η κλίση. Συνεπώς το άνω τμήμα βρίσκεται σε σχεδόν ευθεία γραμμή, αλλά όχι τέλεια στοιχισμένο, και το κάτω τμήμα καμπυλώνεται προοδευτικά προς τα κάτω.

Υπάρχουν πολλοί τύποι spiral array αλλά αυτός του arithmetic spiral array, αποτελεί ίσως τον πιο διαδεδομένο τύπο. Ένα arithmetic spiral είναι εκείνο το οποίο η γωνία ανάμεσα σε διαδοχικές καμπίνες αλλάζει κατά ένα προκαθορισμένο 1θ. Η γωνία της τελευταίας καμπίνας ως προς τον άξονα x δίνεται σύμφωνα με τον τύπο[58]:

$$\Omega = \frac{1}{2} n(1+n)1\theta$$

Όπου:

Ω: η γωνία της τελευταίας καμπίνας ως προς τον άξονα x.

n: ο αριθμός της καμπίνας.

1θ: η γωνία ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπίνες.

Εικόνα 53: Το χαρακτηριστικότερο, ίσως, spiral line array, από την περιοδεία των U2 "360° tour" - http://simpleandgreen.net/2009/07/18/u2-360-tour-and-carbon-offsets/ (προσπελάστηκε 27 Απριλίου, 2015)

[58] Stephen Bunting, UniS, "Line Arrays for Live Sound", 15, http://stevebunting.com/downloads/linearrays.pdf (προσπελάστηκε 27 Απριλίου, 2015).

7.3: «Η κατασκευή και η λειτουργία των line arrays»

Η εσωτερική δομή και οι περιορισμοί των σειριακών γραμμικών ηχητικών διατάξεων

Αυξάνοντας το μέγεθος ενός ηχείου ή μουσικού οργάνου, δε σημαίνει ότι θα αυξάνεται και η ένταση που θα παράγει, αλλά πιθανόν να μεταβληθεί η αποδοτικότητά του σε χαμηλότερα επίπεδα πάνω στο μουσικό φάσμα. Θεωρητικά ο ήχος που παράγεται από μία και μόνη πηγή φέρει την υψηλότερη απόδοση. Ομαδοποιώντας πολλές πηγές μαζί, για αύξηση της έντασης, η χαμηλή απόδοση της πηγής αποτελεί πια συμβιβασμό, ανεξαρτήτως της δομής της διάταξης.

Οι περιορισμοί τώρα όσον αφορά τις διατάξεις αυτές συναντιούνται στη γεωμετρία γύρω από την οποία πρέπει να λειτουργούν: μια κάθετη συστοιχία από ζεύγη πηγών, τοποθετημένα σε μια απόσταση μεταξύ τους, η οποία πρέπει να είναι μικρότερη από το μισό του μήκους κύματος της υψηλότερης συχνότητας που εκπέμπει η διάταξη αυτή.

Εφόσον όμως, το μήκος κύματος των υψηλότερων συχνοτήτων μπορεί να είναι πολύ μικρότερο από τη διάμετρο οποιασδήποτε πηγής, μια ειδική μεταχείριση για τις υψηλές συχνότητες είναι συνήθως απαραίτητη. Έτσι λοιπόν συνήθως χρησιμοποιούνται πιο κατευθυντικές πηγές, που όμως παρουσιάζουν με τη σειρά τους κάποιες ανωμαλίες στην εκπομπή των μεσαίων, καθώς το μήκος κύματος είναι αρκετά μεγάλο. Τα προβλήματα αυτά είναι εμφανή στο μακρινό πεδίο. Οι πιο καινούργιες διατάξεις εξουδετερώνουν το πρόβλημα των υψηλών συχνοτήτων, χρησιμοποιώντας ηχεία πολλαπλών δρόμων σε διάταξη σχήματος “J”. Παρόλα αυτά στις περισσότερες περιπτώσεις συμβιβάζονται με τη δυσλειτουργία στις μεσαίες συχνότητες.

Η Lenard Audio στο διαδικτυακό της άρθρο «Horns and Large Systems and Line Arrays» αναφέρει επίσης: «οι σειριακές ηχητικές διατάξεις θεωρούνται μη αποδοτικά συστήματα και γι’ αυτό το λόγο χρειάζονται έναν μεγάλο αριθμό ενισχυτών για να τα οδηγήσουν. Αυτόματοι συμπιεστές και περιορισμοί κορυφών σήματος εισόδου είναι συχνά απαραίτητες τεχνικές για την προστασία των οδηγών. Ακόμα, απαιτείται επιμέρους ισοστάθμιση με πολύ απότομες κλίσεις στις συχνότητες των φίλτρων για επίπεδη απόκριση».

Στην πράξη, τα στοιχεία μιας σειριακής ηχητικής διάταξης αποτελούν οι ηχητικές καμπίνες, όπου τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο. Η εσωτερική δομή των καμπινών αυτών ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή και τον κατασκευαστή. Συνήθως η δομή τους αποτελείται από:

- ένα μεγάφωνο 15 ιντσών και μία χοάνη υψηλών συχνοτήτων.
- δύο μεγάφωνα 15 ιντσών, τέσσερα μεγάφωνα 8 ιντσών και χοάνες υψηλών συχνοτήτων.

Το κάθε μεγάφωνο μέσα στη καμπίνα έχει συγκεκριμένο ρόλο, όπως η αναπαραγωγή συγκεκριμένου φάσματος συχνοτήτων. Ο διαχωρισμός της λειτουργίας των διάφορων μεγαφώνων γίνεται μέσω ειδικών φίλτρων διέλευσης φάσματος ρυθμιζόμενων σε συγκεκριμένες συχνότητες. Οι χοάνες που χρησιμοποιούνται στις ηχητικές καμπίνες δεν επιλέχθηκαν τυχαία. Αν υποθέσουμε ότι ένα ιδανικό ηχείο αποδίδει στο 100% λόγω της θεωρητικά μηδενικής παραμόρφωσής του, οι χοάνες πρακτικά προσεγγίζουν το 20% με τα ηχεία κώνου να αποδίδουν κατά προσέγγιση στο 2%.

Η λειτουργία της χοάνης με απλά λόγια έχει ως εξής: περιβάλλει τον αέρα μπροστά από το μεγάφωνο (οδηγό). Ο παλλόμενος αέρας συγκλίνει προς τα μπροστά αυξάνοντας την απόδοση. Για να επιτευχθεί όμως αυτό, πρέπει το σχήμα της χοάνης να μεταβάλλεται ομαλά μέχρι να σχηματίσει γωνία 90 μοιρών. Έτσι, ο αέρας δεν μπορεί να διαφύγει από το πλάι, με αποτέλεσμα η μάζα του μπροστά από το μεγάφωνο (οδηγό) να παραμένει σταθερή. Χωρίς τη χοάνη η μετατόπιση του κώνου στο μεγάφωνο αυξάνεται έως και τέσσερις φορές για κάθε μοναδιαία μείωση οκτάβας, ενώ με τη προσθήκη αυτής μειώνεται σημαντικά.

Θεωρητικά, το γεγονός ότι το μήκος και το στόμιο της χοάνης πρέπει να είναι ίσα με το μήκος κύματος της χαμηλότερης συχνότητας του συστήματος, αποτελεί περιορισμό για τη μέγιστη απόδοση της. Αυτό συνεπάγεται στη χρήση μικρών χοανών για τις υψηλές συχνότητες και μεγάλων για τις χαμηλές. Στις υψηλές συχνότητες το ανθρώπινο αυτί είναι πολύ ευαίσθητο. Έτσι οι σχεδιαστές των σειριακών ηχητικών διατάξεων αναγκάστηκαν να τροποποιήσουν την χοάνη υψηλών συχνοτήτων, με σκοπό

ο ήχος να μεταφέρεται μέσα από μια μικρή κάθετη σχισμή, η οποία βρίσκεται στο κέντρο ενός κουτιού που ονομάζεται κυματοδηγός. Οι κυματοδηγούμενες χοάνες, οι οποίες βρίσκονται η μία πάνω από την άλλη, λόγω των περιορισμών που αναφέρθηκαν παραπάνω, δημιουργούν πολύ μικρά κενά μεταξύ τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η συνολική ενέργεια των υψηλών συχνοτήτων που παράγεται από τη διάταξη να δίνει την αίσθηση, ότι προέρχεται από μία και μοναδική μεγάλης διαμέτρου χοάνη.

Επίσης, οι πρώτες σειριακές ηχητικές διατάξεις που κατασκευάστηκαν, χρησιμοποιούσαν μεγάφωνα υψηλών συχνοτήτων (tweeter) στοιχισμένα σε μία κάθετη νοητή γραμμή, η οποία περνούσε από το κέντρο της κάθε ηχητικής καμπίνας. Αυτές οι διατάξεις είχαν πολύ υψηλότερη απόδοση όσον αφορά τη ποιότητα του παραγόμενου ήχου, όμως η χρήση τους περιορίστηκε λόγω της χαμηλής ισχύς τους[59].

Η λειτουργία των line array

Η λειτουργία των line array εντοπίζεται, εφόσον αυτά αποτελούν σύγχρονα συστήματα μεγαφώνων, στην ηχητική κάλυψη που παρέχει τόσο στο P.A. σύστημα (μετάδοση του ήχου στο κοινό), όσο και στο χώρο, αναβαθμίζοντας την ποιότητα του ήχου και διευρύνοντας το πεδίο αποδοτικότητας του P.A. συστήματος στο σύνολό του.

Εντασιακή κάλυψη

Η εντασιακή κάλυψη ενός line array εξαρτάται από το σύστημα και το χώρο που διατίθεται. Επιτυχής εντασιακή κάλυψη σημαίνει ότι από τις πρώτες θέσεις του ακροατηρίου ως και τις τελευταίες, πραγματοποιείται η ελάχιστη δυνατή μείωση της έντασης. Μία σωστή τοποθέτηση του κατάλληλου συστήματος για τον εκάστοτε χώρο μπορεί να επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα.

Για να γίνει κατανοητό γιατί τα line array συστήματα καλύπτουν ομοιόμορφα εντασιακά έναν χώρο στον οποίο τοποθετούνται πρέπει να αναφερθεί ο τρόπος που καλύπτεται εντασιακά ένα ακροατήριο με ένα συμβατικό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα που για την απόδοση των υψηλών

[59] John Burnett, Lenard Audio Institute, “Horns and Large Systems and Line Arrays”, http://education.lenardaudio.com/en/07_horns_3.html, (προσπελάστηκε 10 Μαΐου, 2015).

συχνοτήτων χρησιμοποιεί οδηγούς συμπίεσης (compression drivers) ενσωματωμένους σε κυματοδηγούς χοάνης. Τα ηχεία αυτά βασικά είναι κατασκευασμένα για ν' ακτινοβολούν σε 60° x 40° ή 90° x 60° σε οριζόντιο και κάθετο άξονα αντίστοιχα. Φυσικά υπάρχουν και άλλες μοίρες λειτουργίας που μπορεί να προτιμάει κάποιος κατασκευαστής. Στην περίπτωση που ένας σχετικά μικρός χώρος πρέπει να καλυφθεί με ένα συμβατικό σύστημα, η εντασιακή κάλυψη επιτυγχάνεται τοποθετώντας την χοάνη να στοχεύει με το κέντρο της στη πίσω σειρά του κοινού και το κάτω άκρο της στη πρώτη σειρά των ακροατών. Με αυτή την κλίση και με μία τοποθέτηση αρκετά ψηλά μπορεί η απόσταση της χοάνης απ' τη μπροστινή σειρά να είναι η μισή της απόστασης από την τελευταία σειρά. Με αυτόν τον τρόπο η διασπορά της χοάνης μπορεί να καλύψει την απώλεια έντασης που δημιουργείται απ' την απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του κοινού.

Ένα line array έχει πολύ δυνατότερη εντασιακή απόδοση από ένα μεμονωμένο συμβατικό ηχείο. Επίσης διαμορφώνοντας την καμπυλότητα της συστοιχίας σε διάφορες θέσεις δίνεται μία πληθώρα επιλογών κάθετης κατευθυντικότητας που μπορεί να εξυπηρετεί στον εκάστοτε χώρο. Οπότε με την ίδια λογική που κάποτε ένα μονάχα συμβατικό ηχείο με την κατάλληλη τοποθέτηση και στόχευση της χοάνης μπορούσε να καλύψει ομοιόμορφα εντασιακά ένα μικρό χώρο, έτσι με την σωστή καμπύλωση ενός line array συστήματος επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή έντασης σε κάθε χώρο[60].

Η απόδοση του line array

Η θεωρητική απόδοση (σε dB) ενός line array δεν είναι ίδια για όλες τις θέσεις μέσα στο πεδίο που εκπέμπει. Συγκεκριμένα χωρίζεται σε δύο πεδία: Το ένα είναι το κοντινό πεδίο όπου η ένταση μειώνεται κατά 3dB ανά διπλασιασμό της απόστασης και το άλλο είναι το μακρινό πεδίο όπου η ένταση μειώνεται κατά 6dB ανά διπλασιασμό της απόστασης. Το μεταβατικό σημείο στο οποίο γίνεται αυτή η αλλαγή συνήθως ονομάζεται κρίσιμη απόσταση και εξαρτάται από το μήκος της συστοιχίας και από τη συχνότητα.
Πιο συγκεκριμένα, ισχύει ο ακόλουθος τύπος:

$$r = (H^2 \times f) / 690$$

[60] Stephen Bunting, UniS, "Line Arrays for Live Sound", 15, http://stevebunting.com/downloads/linearrays.pdf (προσπελάστηκε 23 Μαΐου, 2015).

Όπου:

r : το σημείο διαχωρισμού των δύο πεδίων (κρίσιμη απόσταση)

H : το μήκος της συστοιχίας

f : η συχνότητα

Μελετώντας τον τύπο φαίνεται πως όσο αυξάνεται το μήκος της συστοιχίας τόσο μεγαλώνει η κρίσιμη απόσταση ενώ μικραίνει για μεγάλα μήκη κύματος.

Δηλαδή βάση του παραπάνω τύπου για τις χαμηλές συχνότητες η κρίσιμη απόσταση είναι πιο μικρή. Από εδώ προκύπτει ότι στις μακρινές αποστάσεις υπάρχει απώλεια στις χαμηλές συχνότητες και υπερισχύουν οι υψηλές. Όμως οι υψηλές συχνότητες φέρουν λιγότερη ενέργεια από τις χαμηλές και λόγω της απορρόφησης του αέρα προκύπτει το αντίθετο.

Η εξάρτηση της κρίσιμης απόστασης από το μήκος της συστοιχίας δηλώνει πως κάθε line array έχει διαφορετική κρίσιμη απόσταση. Επίσης λόγω της συνάρτησης της συχνότητας, αυτή η απόσταση δεν μπορεί να είναι μία για όλο το συχνοτικό εύρος και ούτε είναι αποτελεσματικό να υπολογίζεται για κάθε συχνότητα ο διαχωρισμός του κοντινού απ' το μακρινό πεδίο.

Συχνοτική κάλυψη

Γενικά τα line array στοχεύουν σε μία συχνοτικά flat απόκριση σε όλες τις θέσεις κατά μήκος και πλάτος του ακροατηρίου. Επειδή όμως η κάθετη κατευθυντικότητα των συστοιχιών αλλά και η απώλεια έντασης ανά διπλασιασμό της απόστασης εξαρτώνται από τη συχνότητα εκπομπής, παρακάτω γίνεται αναλυτική η συχνοτική συμπεριφορά των line array. Παρόλο που δεν αντιπροσωπεύει την λειτουργία του line array στο near και far field, θα γίνει μία γρήγορη επισκόπηση στην on-axis απόκριση μίας line source συστοιχίας[61].

[61] Meyer Sound, "Line Arrays: Theory, Fact and Myth", http://www.meyersound.com/pdf/support/papers/meyer_line_array.pdf, (προσπελάστηκε 29 Μαΐου, 2015).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί περισσότερο μελέτη και ανάλυση της ιστορικής εξέλιξης των συστημάτων ενίσχυσης ήχου συναυλιών αλλά και της σύγχρονης μορφής τους, ως προς τον τρόπο εγκατάστασης, λειτουργίας, μελέτης των μηχανημάτων που τα αποτελούν, αλλά περιλαμβάνει και μία μικρή έρευνα για τα τελευταία τεχνολογικά επιτεύγματα που έχουν εισαχθεί και εδραιωθεί μέσα στα συστήματα P.A.

Βάσει της ιστορικής αναδρομής, συμπεραίνεται ότι τα συστήματα ενίσχυσης ήχου προήλθαν από τις πρώτες μηχανές ηχογράφησης, αλλά και από τα συστήματα μεγαφώνων στους πρώτους κινηματογράφους, τις χοάνες. Χάρη στη συστηματική μελέτη της ακουστικής και στην εξέλιξη της τεχνολογίας ήχου η κατασκευή νέων συστημάτων ενίσχυσης ήχου ή η εξέλιξη προηγούμενων προχώρησε σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα ο ήχος να φτάνει στα πρώτα του ολοκληρωμένα συστήματα ενίσχυσης ήχου συναυλιών τη δεκαετία του 1960, με την ταυτόχρονη διοργάνωση των πρώτων φεστιβάλ μουσικής (κυρίως rock), έχοντας τη δυνατότητα, προφανώς, να καλύψουν ηχητικά τόσο μεγάλους εξωτερικούς χώρους. Η εξέλιξη συνεχίζεται και στις επόμενες δεκαετίες με ακόμα πιο γρήγορους ρυθμούς φτάνοντας στη σημερινή εποχή, στην οποία τα P.A. συστήματα αποτελούν «state of the art» του συνόλου της μουσικής τεχνολογίας, με τα συστήματα line arrays, τα οποία έχουν προστεθεί ως συστατικό μέρος τους, και με καινοτομίες όπως το in ear monitoring και με τη χρήση ψηφιακών μικτών.

Η μελέτη και η ανάλυση ενός σύγχρονου συστήματος P.A. κατέδειξε ότι η λειτουργία τους, αν και διέπεται από τα ακουστικά φαινόμενα τόσο των κλειστών όσο και των ανοιχτών χώρων, δεν είναι τόσο σύνθετη όσο φαίνεται, με την προϋπόθεση της ακολουθίας κάποιων βασικών βημάτων στην εγκατάσταση, στον έλεγχο, και στη διάταξη και προσαρμογή ενός τέτοιου συστήματος, αλλά και με προαπαιτούμενο τη γνώση της λειτουργίας του κάθε συστατικού μέρους του εκάστοτε συστήματος ενίσχυσης ήχου συναυλιών ξεχωριστά.

Εν κατακλείδι, η εργασία μου έδωσε προσωπικά την ευκαιρία να μελετήσω και να αναλύσω ένα ολόκληρο κεφάλαιο της ηλεκτρακουστικής, το οποίο δεν είχα την ευκαιρία να πραγματοποιήσω μέχρι τώρα, και θεωρώ ότι

δίνει το έναυσμα (όχι μόνο σε μένα προσωπικά), για νέες έρευνες πάνω στα πεδία της μουσικής τεχνολογίας, της τεχνολογίας του ήχου και της ακουστικής των χώρων, με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας του ήχου που μπορεί να απολαύσει το κοινό σε κάθε συναυλία, αλλά και τη βελτίωση της ποιότητας του ήχου που ακούει ο κάθε καλλιτέχνης ή το κάθε συγκρότημα κατά τη διάρκεια της συναυλίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

Ballou, Glen. Handbook for sound engineers. (Focal, 2005).

Buick, Peter. Live Sound: P.A. for Performing Musicians. (PC Publishing, first edition, 1996).

Cavanaugh J. William and Joseph A. Wilkes. Architectural Acoustics: Principles and Practice, (John Wiley and Sons, 1999).

Everest F. Alton and Ken C. Pohlmann. Εγχειρίδιο Ακουστικής, μετάφραση και απόδοση Γιώργος Μπόντζιος, (Εκδ. Τζιόλα, 2011).

Άνθης, Μιχάλης. «Θεωρητικά μοντέλα σειριακών διατάξεων ηχητικών πηγών». (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2008).

Καλιαμπέτσος Τρύφωνας και Βασίλειος Αδαμάντιος. «Η θεωρία του line array και η εφαρμογή της σε συστήματα ζωντανών οπτικοακουστικών εκδηλώσεων». (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2011).

Καπετάνογλου Νικόλαος και Ιωάννης Παγίδας. «Μελέτη για Ηχητική Εγκατάσταση Προδιαγραφών Κινηματογραφικής Αίθουσας στο Χώρο του Αμφιθεάτρου». (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, 2007).

Λουτρίδης, Σπυρίδων. Ηλεκτρακουστική και Ηχητικές Εγκαταστάσεις, (Ίων, 2010).

Σολιδάκης Γεώργιος. «Ηχητικός σχεδιασμός ανοιχτών χώρων με το σύστημα ηχείων line array dV-Dosc της L-Acoustics μέσω του προγράμματος Soundvision για μουσική παράσταση ακουστικών οργάνων». (Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο, 2011).

Υλικό από το διαδίκτυο (Web content)

Bunting, Stephen. UniS. “Line Arrays for Live Sound”. http://stevebunting.com/downloads/linearrays.pdf. (προσπελάστηκε 21 Απριλίου, 2015).

Burnett, John. Lenard Audio Institute. “Horns and Large Systems and Line Arrays”. http://education.lenardaudio.com/en/07_horns_3.html. (προσπελάστηκε 10 Μαΐου, 2015).

Burnett, John. Lenard Audio Institute. “Professional Live Music History”. http://education.lenardaudio.com/en/08_live.html, (προσπελάστηκε 27 Σεπτεμβρίου 2014).

D&B Audiotechnik. “C4 System, Specifications and Configurations”. http://www.dbaudio.com/fileadmin/docbase/TI323_E.PDF. (προσπελάστηκε 19 Απριλίου, 2015).

Eargle, John. JBL Professional. “Sound System Design Reference Manual”. http://www.jblpro.com/pub/manuals/pssdm_1.pdf, (προσπελάστηκε 23 Μαρτίου, 2015).

Johnson, W. John. Lansing Heritage. “Altec Lansing History”.

http://www.audioheritage.org/html/history/altec/altec-1963.htm (προσπελάστηκε 18 Σεπτεμβρίου, 2014).
Meyer Sound. “Line Arrays: Theory, Fact and Myth”. http://www.meyersound.com/pdf/support/papers/meyer_line_array.pdf. (προσπελάστηκε 16 Απριλίου, 2014).
Murray, John. ProSound Web, “Everything You Wanted To Know About Line Arrays (And ThenSome)”. http://www.prosoundweb.com/article/everything_you_wanted_to_know_about_line_arrays_and_thanks_for_asking/P3/ (προσπελάστηκε 14 Οκτωβρίου, 2014).
Schoenherr, Steve. Audio Engineering Society, “Recording Technology History”.http://www.aes.org/aeshc/docs/recording.technology.history/notes.html (προσπελάστηκε 10 Αυγούστου, 2014).
Stone, Steven. Audiophile Review, “The History of High End Audio”. http://audiophilereview.com/the-history-of-high-end-audio.html (προσπελάστηκε 20 Σεπτεμβρίου, 2014).
Μηνάς Εμμανουήλ. «Σημειώσεις Ηχοληψίας του ΤΕΙ Κεφαλονιάς 2007 – 2008»,http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mta/. (προσπελάστηκε 20 Ιανουαρίου 2015).