

αφέρθηκαν για τα μουσικά όργανα και για τη Φυσική, που διέπει τη λειτουργία τους. Έτσι, λοιπόν, για την Ακουστική των μουσικών οργάνων εργάστηκαν ο Benade, ο Sundberg και ο Taylor, για την λεπτομερή μαθηματική αντιμετώπιση της λειτουργίας των μουσικών οργάνων μας διαφώτισαν ο Fletcher και ο Rossing, για την λεπτομερειακή και εξαντλητική ανάλυση των εγχόρδων μουσικών οργάνων με δοξάρι εργάστηκαν οι Cremer, Hutchins και σε συνεργασία οι Hutchins και Benade, εκτεταμένη και λεπτομερή ανάλυση για το πιάνο και τα ξύλινα πνευστά όργανα δημοσιεύθηκε από τον Kent και για τις καμπάνες των πνευστών μουσικών οργάνων από τον Rossing.

Παράλληλα με την έρευνα αναπτύχθηκε και μια πλούσια βιβλιογραφία που καλύπτει όλο το φάσμα των μουσικών οργάνων (πνευστά, έγχορδα, κρουστά), όσον αφορά στη Φυσική της ηχητικής τους συμπεριφοράς καθώς επίσης και ένας μεγάλος πλούτος εικονογραφημένης ιστορικής βιβλιογραφίας πάνω στην ανάπτυξη συγκεκριμένων μουσικών οργάνων ανά τους αιώνες.

Για την εις βάθος μελέτη της Φυσικής των μουσικών οργάνων χρειάζονται γνώσεις Ακουστικής και ο άνετος χειρισμός πολλών και δύσκολων μαθηματικών εργαλείων. Ορισμένες φορές, μάλιστα, μας χρειάζονται μαθηματικά εργαλεία που ακόμη δεν έχουν ανακαλυφθεί. Έτσι, ορισμένα διακριτικά χαρακτηριστικά των μουσικών ήχων, τα οποία γνωρίζουν οι κατασκευαστές μουσικών οργάνων και οι μουσικοί, εξακολουθούμε να μη μπορούμε να τα προσδιορίσουμε πειραματικά ή να τα αιτιολογήσουμε θεωρητικά.

Αναγκαζόμαστε, λοιπόν, να προβούμε σε συμβιβασμούς κάνοντας προσεγγίσεις σε απλούστερα φυσικά μοντέλα δομής και λειτουργίας των μουσικών οργάνων, τα οποία μαθηματικά αναλύονται με απλούστερα μαθηματικά εργαλεία.

Οι περισσότερες στοιχειώδεις αντιμετώπισεις της ακουστικής των μουσικών οργάνων βασίζονται πάνω σε μια γραμμική αρμονική προσέγγιση. Η έννοια της γραμμικότητας χρησιμοποιείται πάρα πολύ στις ακουστικές έρευνες. Το κάθε μουσικό όργανο συχνά θεωρείται ότι αποτελείται από διαδοχικές βαθμίδες ή μέρη, ώστε η έξοδος σε κάποια βαθμίδα αποτελεί την είσοδο για την επόμενη. Καθεμιά από αυτές τις βαθμίδες μπορεί να θεωρηθεί σαν μια διάταξη ή ένα σύστημα με μια είσοδο και μια έξοδο.

Για να είναι το σύστημα γραμμικό πρέπει να ισχύουν κάποιες σχέσεις μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του.

Πρώτον: η έξοδος του συστήματος σαν απόκριση σε ένα πλήθος ανεξάρτητων εισόδων, που δρουν συγχρόνως, θα πρέπει να ισούται με το άθροισμα των εξόδων που θα έχουν ληφθεί, εάν κάθε μία είσοδος δρούσε μόνη της.

Δεύτερον: εάν η είσοδος του συστήματος μεταβάλλεται σε μέγεθος κατά k φορές, τότε και η έξοδος θα πρέπει επίσης να πολλαπλασιάζεται επί τον συντελεστή k , αλλά κατά τα άλλα να είναι αμετάβλητη.

Οι δύο αυτές προϋποθέσεις είναι γνωστές ως συνθήκη της επιπρόσθεσης και συνθήκη της ομογένειας, αντιστοίχως.

Η έξοδος ενός γραμμικού συστήματος ΠΟΤΕ δεν περιέχει συνιστώσες συχνότητας που δεν υπήρχαν στο σήμα της εισόδου. Έτσι, μια ημιτονοειδής είσοδος προκαλεί ημιτονοειδή έξοδο, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητα αληθές για άλλες κυματομορφές.

Όταν ένα σύστημα είναι γραμμικό, τότε η ανάλυσή του γίνεται σχετικά εύκολα. Εάν μετρήσουμε την απόκρισή του σε ημιτονοειδή είσοδο ως συνάρτηση της συχνότητας, τότε αυτή η απόκριση μας λέει όλα, όσα χρειάζεται να γνωρίζουμε για το σύστημα. Για να προβλέψουμε την απόκριση σε μια αυθαίρετη σύνθετη είσοδο, πρέπει πρώτα να κάνουμε ανάλυση Fourier γι' αυτήν την είσοδο. Ήδη, όμως, έχουμε την πληροφορία να υπολογίσουμε την απόκριση για κάθε μία ημιτονοειδή συνιστώσα της εισόδου. Η απόκριση για όλη την σύνθετη είσοδο μπορεί να υπολογισθεί ως το άθροισμα των αποκρίσεων των επιμέρους ημιτονοειδών συνιστουσών. Αυτή είναι μια σπουδαία μέθοδος και γι' αυτό χρησιμοποιούμε ημιτονοειδείς διεγέρσεις.

Κάποια μέρη των μουσικών οργάνων συμπεριφέρονται ως κατά προσέγγιση γραμμικά, ενώ άλλα ως μη γραμμικά.

Όταν ένα σύστημα είναι μη γραμμικό, αφενός μεν η απόκρισή του σε σύνθετη διέγερση (είσοδο) γενικώς δεν μπορεί να προβλεφθεί από τις αποκρίσεις των ημιτονοειδών συνιστουσών της εισόδου και αφετέρου η ανάλυσή του απαιτεί πολλά και δύσκολα μαθηματικά εργαλεία.

Τα μουσικά όργανα συχνά θεωρούνται ως γραμμικά αρμονικά συστήματα και πράγματι η πρώτης-τάξης περιγραφή τους μπορεί άνετα ν' αποδοθεί μ' αυτήν την προσέγγιση.

Όσον αφορά στα συνεχούς διέγερσης όργανα, όπως είναι τα βιολιά, τα φλάουτα, τα κλαρινέτα κ.λπ., είναι γνωστό ότι τα modes των συχνοτήτων μιας τεντωμένης χορδής, ενός κυλινδρικού ηχητικού σωλήνα και ενός κωνικού κέρατος συσχετίζονται γραμμικά και αυτό που είναι αναγκαίο είναι να συζεύξεις έναν από αυτούς τους παθητικούς συντονιστές σε κάποιου είδους πηγή ελεγχόμενης ενέργειας, που θα είχε, αντίστοιχα, τη μορφή ενός δοξαριού, ενός ρεύματος αέρα ή μιας δονούμενης καλαμίδας έτσι, ώστε να συντηρούνται οι ταλαντώσεις.

Μόνο στην περίπτωση των μουσικών οργάνων που διεγείρονται με κρούση, όπως είναι οι καμπάνες, τα gongs κ.λπ., φαίνεται ότι είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε ότι τα modes δεν συσχετίζονται γραμμικά. Μόνον προσφάτως με τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της Ηλεκτρονικής διερευνήθηκαν με συστηματικό τρόπο οι ιδιότητες των ήχων τους, που στηρίζονται στους μη γραμμικούς αρμονικούς όρους.

Όλα αυτά φαίνονται αρκετά απλά μέχρι τη στιγμή που η Φυσική αυτών των οργάνων γίνει περισσότερο απαιτητική και διεξοδική. Τότε διαπιστώνεται ότι τα modes των συχνοτήτων μιας πραγματικής χορδής δεν συσχετίζονται ακριβώς γραμμικά, αλλά μη γραμμικά εξ αιτίας της ακαμψίας της χορδής και ότι τα modes των συχνοτήτων ακόμη και των απλών κυλινδρικών ηχητικών σωλήνων συσχετίζονται μη γραμμικά λόγω της διόρθωσης των ανοικτών άκρων.

Είναι γνωστό από τη Μουσική Ακουστική ότι τα ξύλινα και τα χάλκινα μουσικά όργανα χρησιμοποιούν ταλαντώσεις μέσα σε ηχητικούς σωλήνες προκειμένου να παράγουν ήχους. Οι διαφορές τους προέρχονται από το είδος του διεγέρτη που χρησιμοποιείται για να προκληθεί η ταλάντωση. Στα περισσότερα ξύλινα πνευστά μουσικά όργανα ως διεγέρτης χρησιμοποιείται μία τουλάχιστον καλαμίδα, ενώ στα χάλκινα μουσικά όργανα διεγέρτης είναι τα χείλη του εκτελεστή.

Στα όργανα αυτά οι διαφορετικές νότες παράγονται με την επιμήκυνση και την επιβράχυνση του ηχητικού σωλήνα. Στα ξύλινα πνευστά μουσικά όργανα συνήθως ανοιγοκλείνουμε οπές επί του σώματος του ηχητικού σωλήνα, στα χάλκινα μουσικά όργανα χρησιμοποιούνται είτε ολισθητήρες είτε βαλβίδες.

Τα φωνητικά όργανα παράγουν ήχους λόγω διέλευσης αέρα μέσα από τις φωνητικές πτυχές, που τις αναγκάζει να ταλαντωθούν. Η διαφοροποίηση του μήκους των φωνητικών πτυχών επιφέρει την αλλαγή του μουσικού ύψους του παραγόμενου ήχου.

Η ύλη του βιβλίου «Η Φυσική των μουσικών οργάνων» που κρατάτε αποσπάστηκε, ως αυτοδύναμο κομμάτι, από το βιβλίο μου με τίτλο «Μουσική Ακουστική», που συνέγραψα το 1990 για να καλύψω τότε τις διδακτικές ανάγκες των φοιτητών μου στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα, πρόκειται για το «Μέρος Ε» (σελίδες 213-368) του μνημονευθέντος συγγράμματος με ομώνυμο τίτλο. Τούτο έπραξα ευχαρίστως ανταποκρινόμενος σε αίτημα του Τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης (Παράρτημα Ρεθύμνου) προκειμένου να καλυφθεί διδακτικά το μάθημα «ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ», που διδάσκεται στο 3^ο εξάμηνο.

Το βιβλίο απευθύνεται, βεβαίως, και σε όλους τους φοιτητές των Μουσικών Πανεπιστημιακών Τμημάτων, σε όλους τους σπουδαστές των Τ.Ε.Ι. και των άλλων Σχολών Ήχου, όπως είναι οι Σχολές Ηχοληψίας κ.λπ. που ενδιαφέρονται για τους μηχανισμούς λειτουργίας των μουσικών οργάνων.

Το βιβλίο γράφτηκε με πολλή σαφήνεια, με έναν απλό, λιτό, ευρηματικό και εποπτικό τρόπο, ώστε να τονίζει και να εξηγεί στον φοιτητή τα θέματα και τα σημεία, τα οποία συχνά παρανοούνται, που με την κατανόηση

των οποίων ως μουσικός θα καταστήσει ικανό το μουσικό του όργανο να αποδίδει πολύ καλύτερα.

Η ύλη του βιβλίου κατανέμεται στα εξής τέσσερα Κεφάλαια: πνευστά μουσικά όργανα, έγχορδα μουσικά όργανα, κρουστά μουσικά όργανα, το φωνητικό όργανο στον άνθρωπο και στα πουλιά.

Προς αρωγήν των φοιτητών, σε δύο Παραρτήματα συμπεριελήφθησαν χρήσιμες πληροφορίες. Συγκεκριμένα, στο Παράρτημα Ι περιλαμβάνεται το συχνοτικό εύρος διαφόρων μουσικών οργάνων σε σχέση με τις νότες στη μουσική κλίμακα και στο πληκτρολόγιο του πιάνου και στο Παράρτημα ΙΙ αναλύεται η Φυσική της λειτουργίας του μηχανισμού διέγερσης των πνευστών μουσικών οργάνων.

Το εξώφυλλο του βιβλίου φιλοτέχνησε η θυγατέρα μου Ελένη Χ. Σπυρίδου PhD, BSc (Hons), την οποία ευχαριστώ και τις εύχομαι επίτευξη των επιστημονικών της στόχων.

Αθήνα 2008

Χαράλαμπος Χ. Σπυρίδης,
Καθηγητής
Μουσικής Ακουστικής, Πληροφορικής,
Διευθυντής
Εργαστηρίου Μουσικής Ακουστικής Τεχνολογίας,
Τμήματος Μουσικών Σπουδών,
Φιλοσοφικής Σχολής,
Πανεπιστημίου Αθηνών