

ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Φύλλο εργασίας – Καθηγητής

Στόχοι:

Οι μαθητές αν όχι αδύνατο, είναι πολύ δύσκολο να αντιληφθούν την έννοια του διακροτήματος μέσω της θεωρητικής μελέτης. Στη παρούσα εργαστηριακή άσκηση τους παρέχεται η δυνατότητα:

- Να ακούσουν ήχους που δημιουργούν διακροτήματα αλλά και να τα «δουν» στην οθόνη.
- Να διαπιστώσουν ότι διακροτήματα δημιουργούνται από αρμονικές ταλαντώσεις των οποίων οι συχνότητες διαφέρουν λίγο μεταξύ τους.
- Να μετρήσουν τα πλάτη και τις συχνότητες των ταλαντώσεων, το μέγιστο πλάτος της σύνθεσης τους καθώς και τη συχνότητα του διακροτήματος.
- Να περιγράψουν με εξισώσεις τις αρμονικές ταλαντώσεις και την ιδιόμορφη ταλάντωση που προκύπτει από τη σύνθεση τους.

Εισαγωγικές γνώσεις:

Η σύνθεση δυο αρμονικών ταλαντώσεων του ίδιου πλάτους των οποίων οι συχνότητες διαφέρουν λίγο μεταξύ τους, είναι μια ιδιόμορφη ταλάντωση της ίδιας περιόδου συχνότητας με τις επιμέρους ταλαντώσεις, το πλάτος της οποίας μεταβάλλεται με αργό ρυθμό από μηδέν έως το διπλάσιο του πλάτους των επιμέρους ταλαντώσεων. Η ιδιόμορφη αυτή ταλάντωση παρουσιάζει όπως λέμε διακροτήματα. Στη περίπτωση που οι αρμονικές ταλαντώσεις είναι ακουστές συχνότητες (τόνοι) το φαινόμενο γίνεται έντονα αντιληπτό καθώς στα αυτιά μας φτάνει ήχος με ένταση που αυξομειώνεται περιοδικά. Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών (ή δυο διαδοχικών μέγιστων), ονομάζεται περίοδος T_δ του διακροτήματος. Μπορούμε να μελετήσουμε τη ταλάντωση αν μετατρέψουμε τον ήχο σε ηλεκτρικό σήμα μέσω μικροφώνου και το οδηγήσουμε μέσω του MultiLog στην οθόνη του υπολογιστή. Οι δύο ακουστές συχνότητες αντιστοιχίζονται σε ηλεκτρικές αρμονικές ταλαντώσεις μεταβλητής τάσης η κάθε μια της μορφής:

$$V_1 = V_0 \eta \mu \omega_1 t \quad \text{και} \quad V_2 = V_0 \eta \mu \omega_2 t.$$

Για κάθε χρονική στιγμή η συνολική τάση θα είναι: $V = V_1 + V_2$ δηλαδή $V = V_0 \eta \mu \omega_1 t + V_0 \eta \mu \omega_2 t$

Εφαρμόζοντας τις τριγωνομετρικές ταυτότητες προκύπτει: $V = 2V_0 \sigma \nu \nu \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right) \cdot \eta \mu \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \right)$

Επειδή οι δυο συχνότητες ω_1 και ω_2 διαφέρουν πολύ λίγο μεταξύ τους, ο παράγοντας $\sigma \nu \nu \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \right)$

μεταβάλλεται πολύ πιο αργά με το χρόνο από τον $\eta \mu \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right)$ ο οποίος μεταβάλλεται με γωνιακή

συχνότητα ίση με τη μέση τιμή των ω_1 και ω_2 : $\bar{\omega} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$. Επειδή αυτές διαφέρουν λίγο μεταξύ τους

ισχύει $\bar{\omega} \approx \omega_1 \approx \omega_2$. Συνεπώς η νέα τάση είναι της μορφής $V = V' \eta \mu \bar{\omega} t$ όπου το πλάτος της

$V' = 2V_0 \sigma \nu \nu \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \right)$ μεταβάλλεται αργά και αρμονικά με το χρόνο. Η γωνιακή συχνότητα μεταβολής

του πλάτους της τάσης V' είναι $\omega' = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$ η συχνότητα $f' = \frac{f_1 - f_2}{2}$ και η περίοδος $T' = \frac{1}{f'}$. Στη

διάρκεια αυτής της περιόδου το πλάτος της τάσης παίρνει δυο φορές τη μέγιστη (ή την ελάχιστη) τιμή του, άρα η περίοδος T_δ του διακροτήματος είναι η μισή της T' . Κατά συνέπεια η συχνότητα του

διακροτήματος f_δ είναι διπλάσια της f' : $f_\delta = 2f' = f_1 - f_2$ και $T_\delta = \frac{1}{f_1 - f_2}$

Απαραίτητα όργανα και συσκευές:

κατάλογος οργάνων(έκδοσης 2000)

- | | |
|---|----------|
| 1. Σύστημα Συγχρονικής Λήψης – Απεικόνισης αποτελούμενη από: | |
| □ την κεντρική μονάδα(HDL) | ΛΑ.610.0 |
| □ τον αισθητήρα έντασης ήχου (μικροφώνου) | ΛΑ.740.0 |
| 2. ηλεκτρονικός υπολογιστής | ΛΑ 500.0 |
| 3. εκτυπωτής | ΛΑ 540.0 |
| 4. βιντεοπροβολέας | ΛΑ40X.0 |
| 5. βάση στήριξης | ΓΕ 010.0 |
| 6. ράβδος μεταλλική 0,30m | ΓΕ 030.1 |
| 7. σύνδεσμος απλός | ΓΕ 020.0 |
| 8. 2 ακουστικοί ενισχυτές ισχύος (ακουστές συχνότητες 20 Hz – 20 kHz) | ΗΛ 640.0 |
| 9. ηχείο (το ζεύγος ηχείων του Η/Υ) | |
| 10. καλώδια σύνδεσης | |

Πειραματική διαδικασία:

1. Πραγματοποιούμε τη διάταξη της εικόνας 1. Πραγματοποιούμε παράλληλη σύνδεση των εξόδων των ακουστών ενισχυτών με την είσοδο των ηχείων.

2. Συνδέουμε τον αισθητήρα του μικροφώνου με την είσοδο I/O-1 του καταγραφέα δεδομένων – MultiLog.

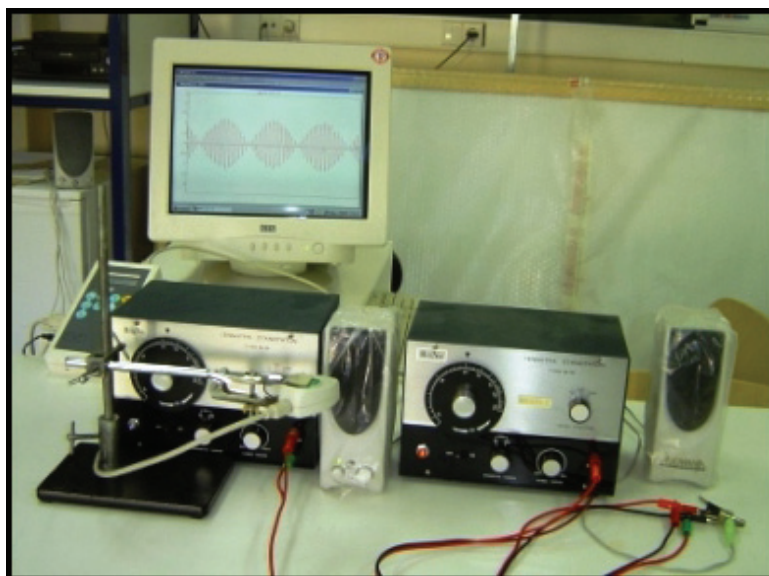
3. Συνδέουμε τον MultiLog σε σειριακή θύρα του Η/Υ, στον οποίο έχουμε ήδη εγκαταστήσει το λογισμικό DB-Lab.

4. Ανοίγουμε το MultiLog (θέση on) και ακολουθούμε την διαδικασία στην οθόνη του υπολογιστή:

A) Ανοίγουμε το λογισμικό DB-Lab. Στην οθόνη επιλέγουμε το μενού «Καταγραφείας»

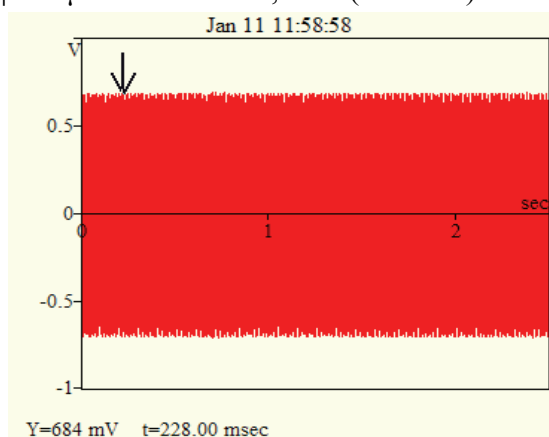
B) Ανοίγουμε το παράθυρο «Πίνακας

Ελέγχου» και στην «είσοδο 1» επιλέγουμε το «μικρόφωνο». Οι άλλες εισοδοι παραμένουν «κενές».

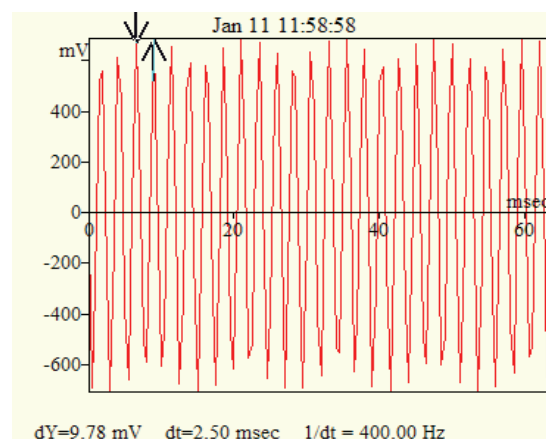


Εικόνα 1

Γ) Επιλέγουμε 5000 «σημεία» και «ρυθμό» 2000/sec ώστε ο συνολικός χρόνος καταγραφής του φαινομένου να είναι 2,5 sec (εικόνα 2).



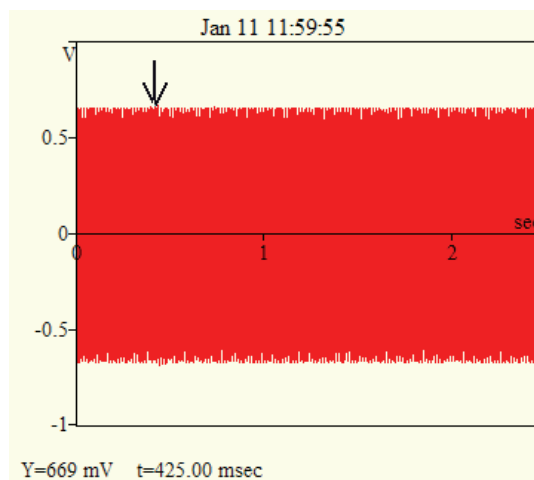
Εικόνα 2



Εικόνα 3

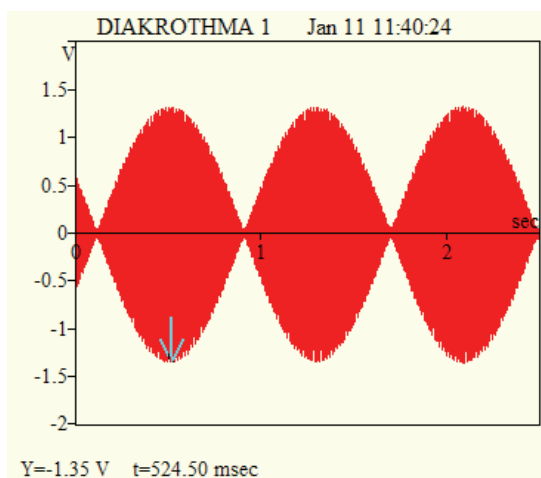
5. Επιθυμούμε οι δύο ακουστές συχνότητες να έχουν την ίδια ένταση και συνεπώς το ίδιο πλάτος ταλάντωσης. Για το λόγο αυτό προχωρούμε στις εξής ρυθμίσεις: ανοίγουμε τον πρώτο ενισχυτή και ρυθμίζουμε τη συχνότητα στα 400 Hz. Ενεργοποιούμε τη «λήψη δεδομένων» του MultiLog και αναμένουμε επί 2,5 δευτερόλεπτα. Επειδή ο ρυθμός λήψης των δεδομένων είναι πολύ μεγάλος στην οθόνη δεν εμφανίζεται το γράφημα. Αυτό εμφανίζεται όταν από το μενού εντολών «καταγραφείας» επιλέξουμε την εντολή «ανάκτηση δεδομένων». Στην οθόνη παρατηρούμε σμήνος 1000 ταλαντώσεων. Καταγράφουμε το πλάτος τους (στην εικόνα 2 είναι 684 mV) και επιλέγοντας μια μικρή περιοχή της ταλάντωσης, ελέγχουμε την συχνότητα μέσω του μενού «προβολή» και της εντολής «μεγέθυνση». Στην εικόνα 3 η συχνότητα είναι πράγματι 400 Hz. Εάν η συχνότητα του ήχου δεν είναι η επιθυμητή τη μεταβάλλουμε λίγο και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία. Τη μέτρηση αυτή (όπως και τις επόμενες που θα ακολουθήσουν) την αποθηκεύουμε ώστε να έχουμε τη δυνατότητα επεξεργασίας της.

6. Κλείνουμε τον πρώτο ενισχυτή και ανοίγουμε τον δεύτερο. Πραγματοποιούμε την αντίστοιχη διαδικασία και επιδιώκουμε με διαδοχικές ρυθμίσεις, η ένταση του νέου ήχου όπως και η συχνότητα να είναι περίπου ίση με αυτή του πρώτου. Στην εικόνα 4 το πλάτος της δεύτερης ταλάντωσης προσεγγίζει αυτό της πρώτης και είναι 669 mV.

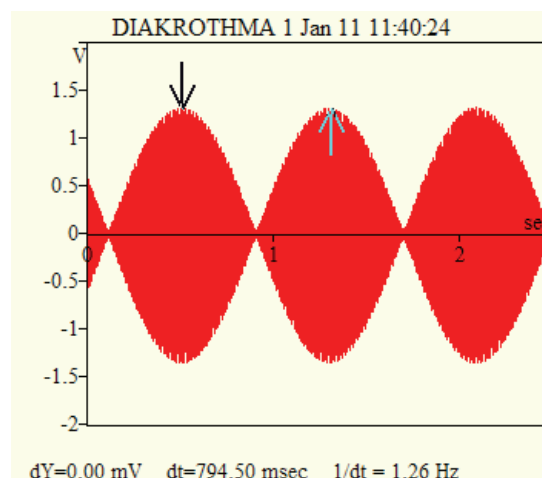


Εικόνα 4

7. Η διάταξη είναι έτοιμη να δημιουργήσει διακρότημα. Ανοίγουμε και τους δύο ενισχυτές ήχου. Από τα ηχεία ακούγεται ο σύνθετος ήχος που δημιουργεί διακροτήματα, αυξομειώνοντας την ένταση του. Επαναλαμβάνουμε τις ενέργειες του βήματος 5 και καταγράφουμε το φαινόμενο στην οθόνη. Στην εικόνα 5 παρατηρούμε τη σύνθετη ταλάντωση με τα διακροτήματα που παρουσιάζει. Μαρκάρουμε με τον κέρσορα τη μέγιστη τιμή του πλάτους και τη βρίσκουμε ίση με $V'_{\max} = 1,35 \text{ V}$ (εικόνα 5) η οποία ανταποκρίνεται στο άθροισμα των πλατών των δυο ταλαντώσεων. Μεταξύ δυο διαδοχικών μέγιστων μετρούμε τη συχνότητα του διακροτήματος η οποία είναι $f_8 = 1,26 \text{ Hz}$ (εικόνα 6). Συνεπώς η συχνότητα του δεύτερου ήχου είναι $f_2 = f_1 \pm f_8$ άρα $f_2 = 401,26 \text{ Hz}$ ή $f_2 = 398,74 \text{ Hz}$.



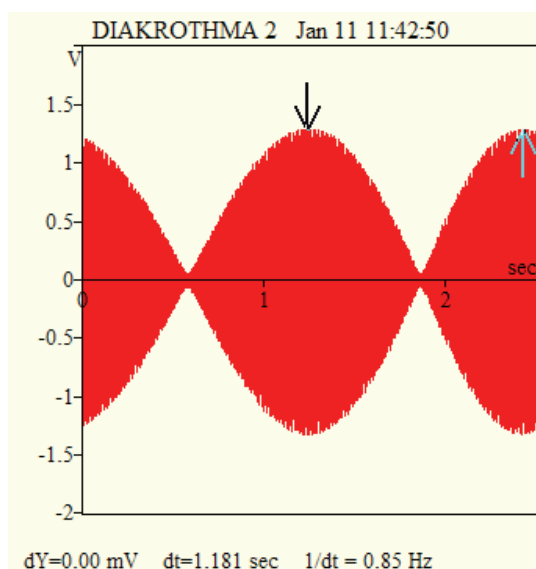
Εικόνα 5



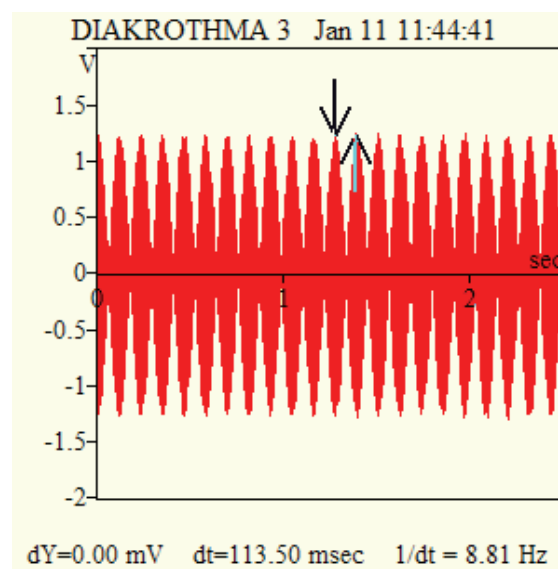
Εικόνα 6

8. Για να διαπιστώσουμε ποια από τις δυο τιμές της συχνότητας του δεύτερου ήχου είναι η πραγματική, την ελαττώνουμε και παρατηρούμε αν η συχνότητα των νέων διακροτημάτων αυξάνεται ή ελαττώνεται. Στο πείραμα μας παρατηρούμε ότι η συχνότητα του διακροτήματος ελαττώθηκε και έγινε $f_8 = 0,85 \text{ Hz}$ (εικόνα 7), άρα η f_2 πλησίασε την f_1 . Άρα η πραγματική της τιμή ήταν η $f_2 = 401,26 \text{ Hz}$.

9. Αν ελαττώσουμε κι άλλο τη συχνότητα του δεύτερου ήχου μπορούμε να επιτύχουμε ταύτιση των δυο συχνοτήτων οπότε παύουν να ακούγονται διακροτήματα. Η σύνθεση των δύο ταλαντώσεων είναι μια νέα ταλάντωση της ίδιας συχνότητας 400 Hz και διπλάσιου πλάτους δηλαδή ο ήχος που ακούγεται τώρα έχει διπλάσια ένταση από τον αρχικό. Ελαττώνουμε κι άλλο τη συχνότητα του δεύτερου ήχου οπότε ακούγονται πάλι διακροτήματα συχνότητας $f_8 = 8,81 \text{ Hz}$ (εικόνα 8). Τώρα η συχνότητα του δεύτερου ήχου είναι μικρότερη του πρώτου και ίση με $f_2 = 391,19 \text{ Hz}$



Εικόνα 7



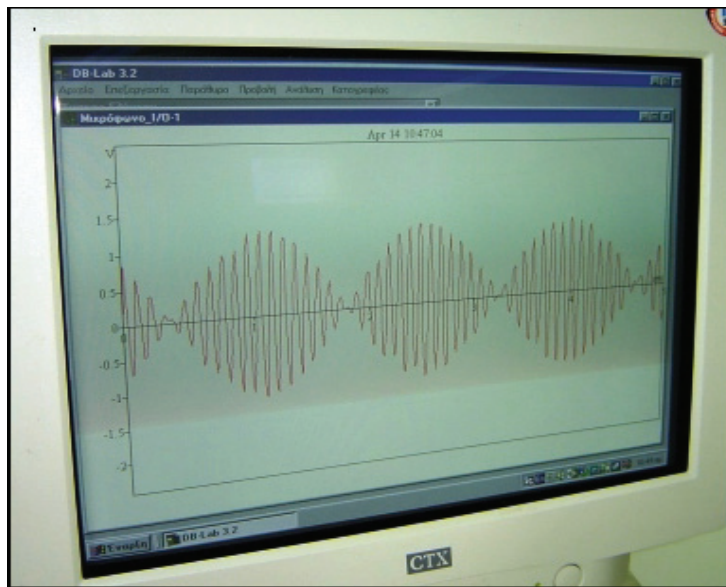
Εικόνα 8

10. Από τα στοιχεία που διαθέτουμε μπορούμε τώρα να περιγράψουμε τις εξισώσεις των δύο ήχων καθώς και της σύνθεσης τους, αντιστοιχίζοντας την ένταση τους στην τάση του σήματος που καταγράφει το MultiLog:

$$V_1 = V_{01} \eta \mu \omega_1 t = 0,68 \eta \mu 800 \pi t \quad V_2 = V_{02} \eta \mu \omega_2 t = 0,67 \eta \mu 802,52 \pi t$$

και
$$V = 2V_0 \sigma \upsilon \nu \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t \right) \cdot \eta \mu \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t \right) = 1,35 \sigma \upsilon \nu (1,26 \pi t) \cdot \eta \mu (801,26 \pi t)$$

11. Μπορούμε να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη του φαινομένου σε πραγματικό χρόνο αν στο «πίνακα ελέγχου» επιλέξουμε «ρυθμό» 100/sec και 500 «σημεία» (εικόνα 9), στη περίπτωση αυτή όμως οι μετρήσεις των συχνοτήτων δεν είναι σωστές αφού η συχνότητα των 100Hz που λαμβάνονται τα δείγματα είναι πολύ μικρότερη των συχνοτήτων των δύο ήχων.



Εικόνα 9

ΓΙΩΡΓΟΣ ΤΟΥΝΤΟΥΛΙΔΗΣ

Υπεύθυνος ΕΚΦΕ ΝΙΚΑΙΑΣ-ΠΕΙΡΑΙΑ