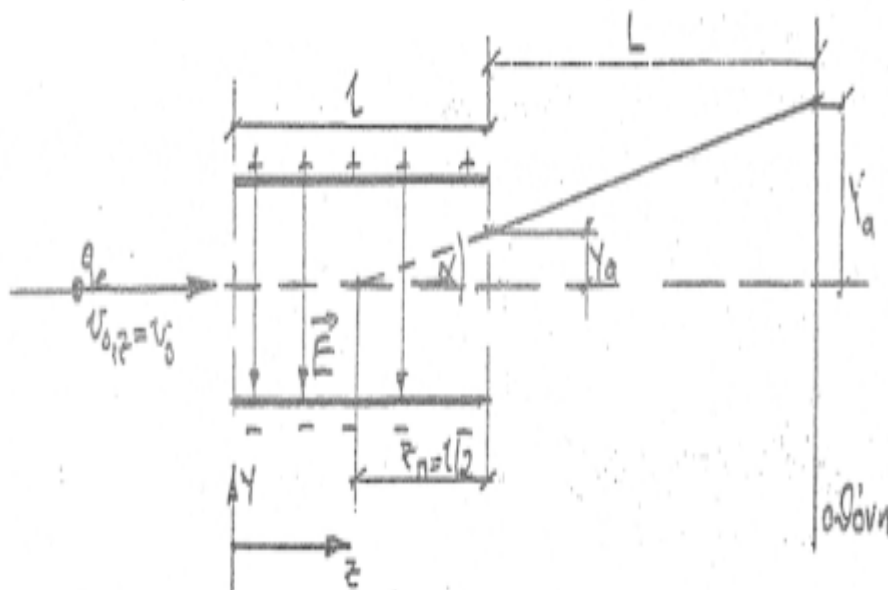


Άσκηση Η3

Επαλληλίσια κινήσεων (Μετρήσεις με παλμογράφο)

Εκτροπή δέσμης ηλεκτρονίων

Όταν μια δέσμη ηλεκτρονίων εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα $U_0=U_{z,0}$ (παράλληλα στον άξονα z) μέσα σε έναν πυκνωτή, του οποίου το ηλεκτρικό πεδίο έχει διεύθυνση προς τον άξονα Y και είναι ομογενές, τότε η δέσμη ηλεκτρονίων εκτρέπεται από την αρχική της κατεύθυνση, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1 – Απόκλιση στον πυκνωτή (σωλήνας Braun)

Η απόκλιση Y_0 είναι τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων. Ή με άλλα λόγια, ο χρόνος, ο οποίος δίδεται στα ηλεκτρόνια για να εκτραπούν από την αρχική τους κατεύθυνση, είναι τόσο μικρότερος όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική τους ταχύτητα U_0 .

Το σημείο άφιξης των ηλεκτρονίων πάνω στον άξονα Y της οθόνης δεν είναι πλέον το ίδιο. Η φωτεινή κυλίστα στην οθόνη μετακινείται ημιτονικά και καλύπτει την απόσταση από $-b$ μέχρι και $+b$. Το μάτι του ανθρώπου που είναι σε θέση να παρακολουθήσει την χρονική μετακίνηση της φωτεινής κυλίστας, παρατηρεί μια κατακόρυφη φωτεινή ευθεία.

Σημείο άφιξης των ηλεκτρονίων πάνω στην οθόνη

Η γωνία απόκλισης α στο σημείο $(z,y)=(l,y_0)$ μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση των ταχυτήτων:

$\varepsilon\varphi a = \frac{Y_a}{Z_p} = \frac{a_y}{2} \frac{l^2}{U_0^2} \frac{1}{Z_p} \Rightarrow Z_p = \frac{1}{2}$ Αυτό σημαίνει ότι όλα τα ηλεκτρόνια φαίνεται σαν αν εκκλύνουν στο κέντρο του πυκνωτή, δηλαδή η πηγή τους σαν να βρίσκεται στο σημείο $(z,y)=(\frac{l}{2},0)$. Αυτό όμως είναι γνωστό ότι δεν ισχύει σε καμία περίπτωση.

Στο σημείο άφιξης (πρόσπτωσης) των ηλεκτρονίων πάνω στην οθόνη προκύπτει πλέον εύκολα από τριγωνομετρικές θεωρήσεις:

$$\frac{Y_a}{Y_a} = \frac{\frac{l}{2} + 1}{\frac{l}{2}} \Rightarrow Y_a = \frac{\frac{l}{2} + 1}{\frac{l}{2}} Y_a = (L + \frac{l}{2}) \frac{\frac{a_y}{2} \frac{l^2}{U_0^2}}{\frac{l}{2}} = (L + \frac{l}{2}) \frac{a_y}{U_0^2}$$

$$Y_a = (L + \frac{l}{2}) \frac{l}{U_0^2} \frac{q_0}{U_1} E$$

Εκτροπή δέσμης ηλεκτρονίων σε μεταβλητή ένταση πεδίου

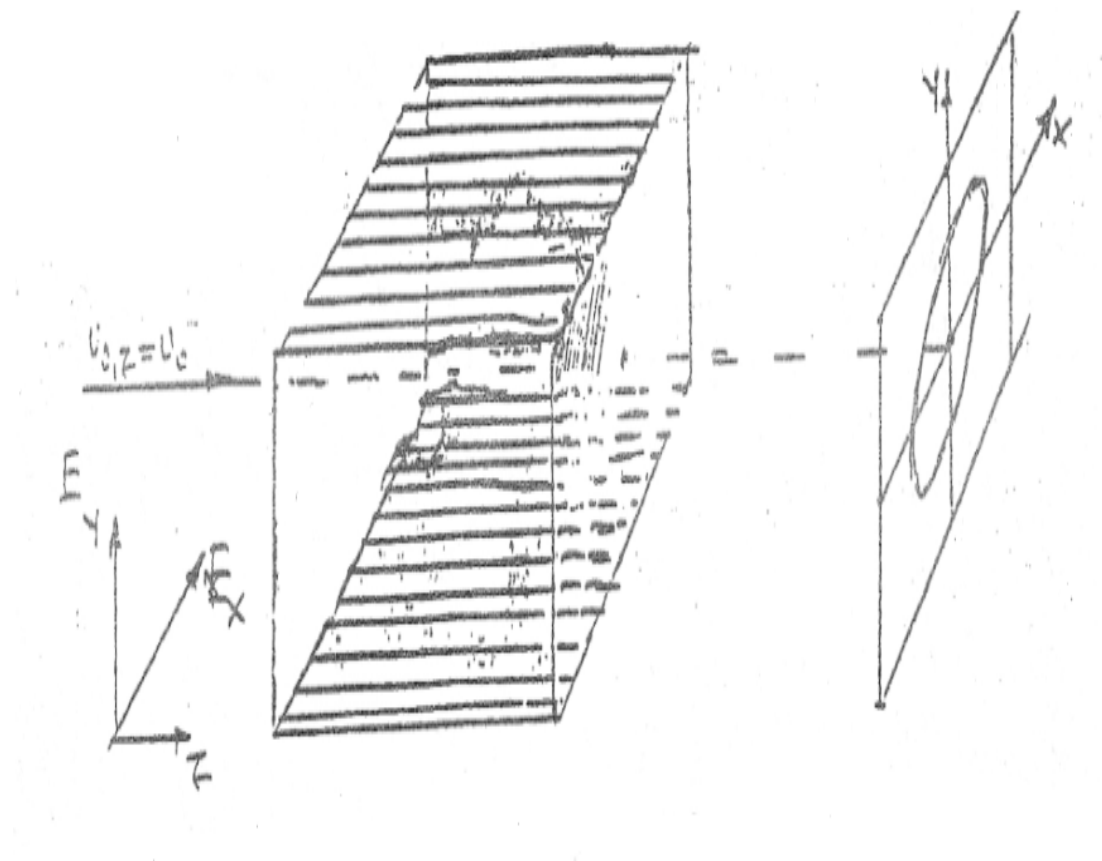
Το σημείο άφιξης των ηλεκτρονίων πάνω στην οθόνη είναι μονοσήμαντα δεδομένο, εφόσον τα μεγέθη J και L εξαρτώνται από την γεωμετρία του πυκνωτή. Τα μεγέθη q_e και m είναι σταθερές του ηλεκτρονίου και η ταχύτητα U_0 εξαρτάται από την τάση επιτάχυνσης των ηλεκτρονίων. Τόσο η τάση επιτάχυνσης όσο η αρχική της ταχύτητα U_0 και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E για την εκτροπή των ηλεκτρονίων δοκιμάζονται από τον πειραματιστή.

Με σταθερά τα μεγέθη L, l, q_e, m, U_0 και μεταβλητή την ένταση E του πεδίου, από την τελευταία σχέση που εκφράζει το Y_a προκύπτει (αυθαίρετα τίθεται $Y = y$):

$$y = b' E_0 \eta \mu \omega t = b' \eta \mu \omega t$$

Έλλειψη lissajous (μελέτη της διαφοράς φάσης)

Ως γνωστόν, ο σωλήνας Braun φέρει δύο ζεύγη οπλισμών (δύο πυκνωτές), ένα ζεύγος για την κατακόρυφη απόκλιση και ένα ζεύγος οπλισμών για την οριζόντια απόκλιση. Όταν, και στο δεύτερο ζεύγος οπλισμών εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση, τότε η εικόνα που παρατηρείται πάνω στην οθόνη, εξαρτάται από την συχνότητα των εφαρμοζόμενων τάσεων και από την διαφορά φάσης μεταξύ αυτών (βλέπε σχήμα 2)



Σχήμα 2 – Ζεύγοι οπλισμών στον άξονα x και στον άξονα y με τάσεις $x = a\eta\mu\omega t$ και $y = b\eta\mu(\omega t + \varphi)$

Έστω ότι στους οπλισμούς οριζόντιας απόκλισης (άξονας x) εφαρμόζεται μια τάση $U_x = U_{0,x}\eta\mu\omega t$ και στους οπλισμούς κατακόρυφης απόκλισης (άξονας y) μια τάση $U_y = U_{0,y}\eta\mu(\omega t + \varphi)$. Τότε πάνω στην οθόνη, προκύπτουν οι αντίστοιχες αποκλίσεις:

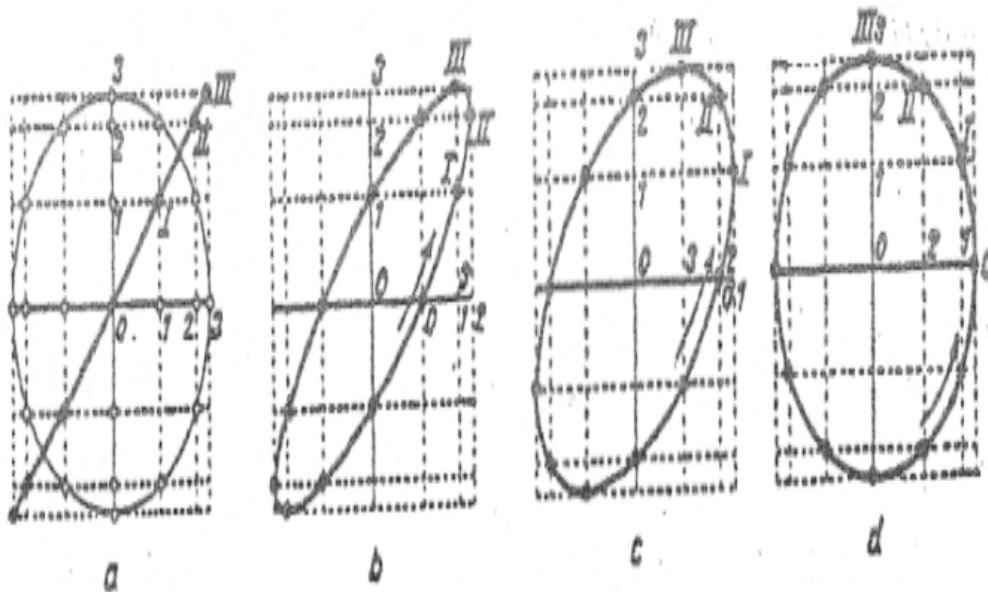
$$x = a\eta\mu\omega t \text{ και } y = b\eta\mu(\omega t + \varphi)$$

Δι' απαλοιφής του χρόνου t, λαμβάνεται:

$$\frac{y}{b} = \eta\mu(\omega t + \varphi) = \eta\mu\omega t \sigma\upsilon\nu\varphi + \sigma\upsilon\nu\omega t \eta\mu\varphi \quad \text{με } \eta\mu\varphi = \frac{x}{a} \text{ και με } \sigma\upsilon\nu\varphi = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$$

έχουμε:

$$\begin{aligned} \frac{y}{b} &= \frac{x}{a} \sigma\upsilon\nu\varphi + \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \eta\mu\varphi \Rightarrow \frac{y}{b} - \frac{x}{a} \sigma\upsilon\nu\varphi = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \eta\mu\varphi \Rightarrow \\ \left(\frac{y}{b} - \frac{x}{a} \sigma\upsilon\nu\varphi\right)^2 &= \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \eta\mu^2\varphi \Rightarrow \frac{y^2}{b^2} - 2\frac{xy}{ab} \sigma\upsilon\nu\varphi + \frac{x^2}{a^2} \sigma\upsilon\nu^2\varphi = \eta\mu^2\varphi \frac{x^2}{a^2} \Rightarrow \\ \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 2\frac{xy}{ab} \sigma\upsilon\nu\varphi &= \eta\mu^2\varphi \end{aligned}$$

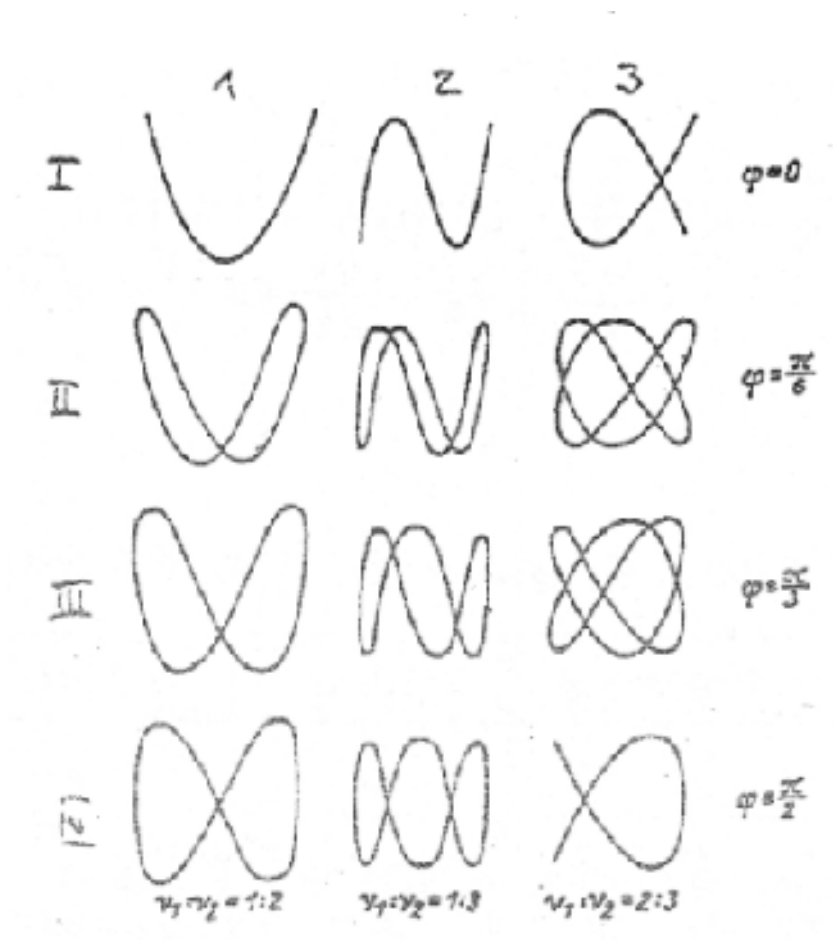


Σχήμα 3 – Σύνθεση ταλαντώσεων (κάθετων μεταξύ τους) με ίδια συχνότητα και με ίδιο πλάτος. Οι

διαφορές φάσης είναι α) $\varphi = 0$, β) $\varphi = \frac{\pi}{6}$, γ) $\varphi = \frac{\pi}{3}$, δ) $\varphi = \frac{\pi}{2}$

Σχήματα Lissajous

Όταν οι δύο ταλαντώσεις διαφέρουν όχι μόνο στην φάση και στο πλάτος αλλά και στην συχνότητα, τότε στην οθόνη σχηματίζονται πολύπλοκα σχήματα (βλέπε σχήμα 5).



Σχήμα 5 – Σχήματα Lissajous

Αφετηρία για την μελέτη αυτών των σχημάτων αποτελούν οι δύο ταλαντώσεις που συνθέτουν το σχήμα στην οθόνη. Εξετάζονται μερικές απλές περιπτώσεις:

$$1) \quad \omega_x = \omega, \quad \omega_y = 2\omega$$

$$1.1) \quad \Phi = 0$$

Για τις δύο περιπτώσεις ισχύει επομένως:

$$x = a \sin \omega t \Rightarrow \sin \omega t = \frac{x}{a}$$

$$y = b \sin 2\omega t \Rightarrow \frac{y}{b} = \sin 2\omega t = 2 \sin^2 \omega t - 1 \Rightarrow y = \frac{2b}{a} x^2 - 1$$

Η προκύπτουσα εικόνα δίδεται από $\frac{I}{1}$ (βλέπε σχήμα 5), η οποία είναι μια παραβολή.

(Με $x = a \sin \omega t$, $y = b \sin 2\omega t$ δεν προκύπτει παραβολή, αλλά το σύμβολο του απείρου, το οποίο δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα)

$$1.2) \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

Για τις δύο ταλαντώσεις ισχύει:

$$x = a\eta\mu(\omega t + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow \frac{x}{a} = \eta\mu(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \eta\mu\omega t \sigma\upsilon\nu\frac{\pi}{2} + \eta\mu\frac{\pi}{2} \sigma\upsilon\nu\omega t = \sigma\upsilon\nu\omega t$$

$$y = b\eta\mu 2\omega t \Rightarrow \frac{y}{b} = \eta\mu 2\omega t = 2\eta\mu\omega t \sigma\upsilon\nu\omega t = 2\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \frac{x}{a} \Rightarrow y = 2\frac{b}{a} x \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$$

Η προκύπτουσα συνάρτηση διαφέρει από την περίπτωση $\phi = 0$. Όταν $Y = 0$ τότε $x = 0$ και $x = \pm a$. Για τα ακρότατα προκύπτει:

$$\frac{a}{2b} \frac{dy}{dx} = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} - \frac{\frac{x^2}{a^2}}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}} = 0 \Rightarrow x_{\frac{1}{2}} = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} a \text{ με } y_{\frac{1}{2}} = \pm b, \text{ τόσο για } x_1, \text{ όσο και για } x_2.$$

Το προκύπτον σχήμα είναι το $\frac{IV}{1}$ (βλέπε σχήμα 5), είναι δηλαδή ένα ξαπλωμένο οκτώ, κάτι το οποίο είναι το σύμβολο του απείρου.

Τα σχήματα Lissajous εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό μιας άγνωστης συχνότητας. Η άγνωστη συχνότητα έστω ότι εφαρμόζεται στο οριζόντιο κανάλι του παλμογράφου (άξονας x). Στο κανάλι 2 (κάθετα, άξονας y) προσάγεται σήμα από γεννήτρια, του οποίου συχνότητα μεταβάλλεται μέχρι στην οθόνη να προκύψει κάποιο σχήμα Lissajous. Τότε η άγνωστη συχνότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$F_{\text{οριζόντια}} = \frac{\text{πλήθος} - \text{κατακόρυφων} - \text{βρόγχων}}{\text{πλήθος} - \text{οριζόντιων} - \text{βρόγχων}} F_{\text{κατακόρυφη}}$$

Πρόσθεση ταλαντώσεων

Για την πρόσθεση δύο ταλαντώσεων αφετηρία αποτελεί η απλή εξίσωση

$$u = a\eta\mu\omega_1 t + b\eta\mu\omega_2 t \Rightarrow$$

$$u = a(\eta\mu\omega_1 t + \eta\mu\omega_2 t) + (b - a)\eta\mu\omega_2 t \Rightarrow$$

$$u = 2a\eta\mu(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t) \sigma\upsilon\nu(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t) + (b - a)\eta\mu\omega_2 t$$

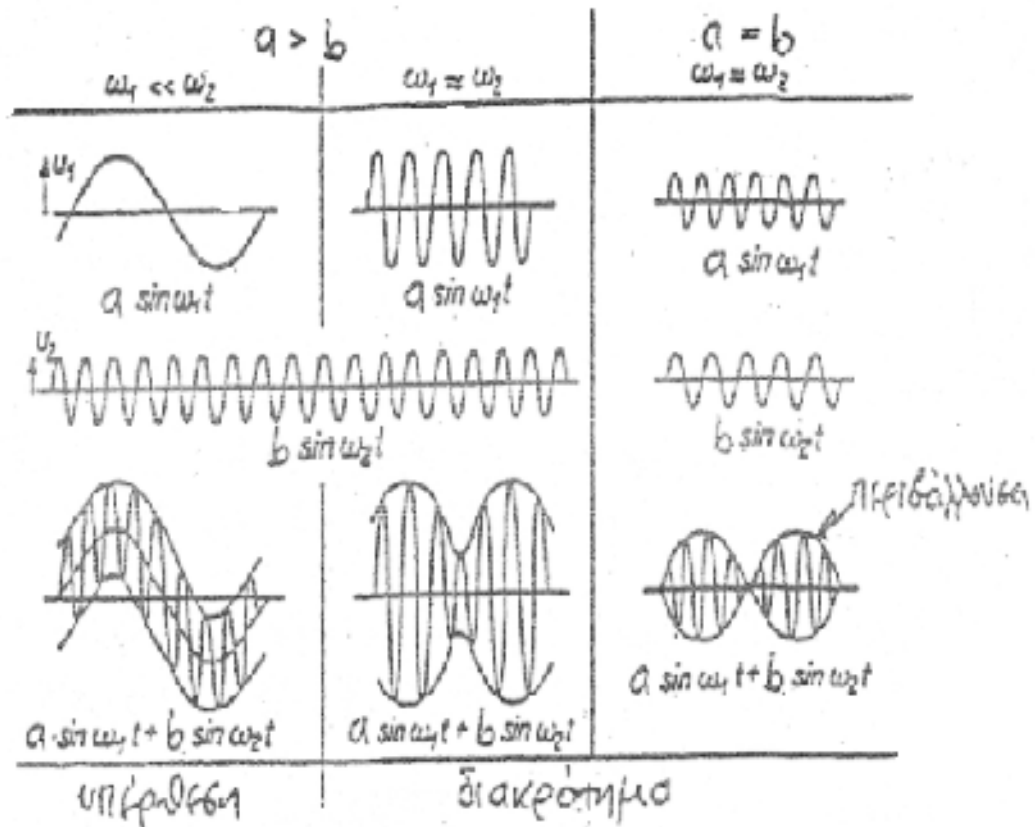
Για $a = b$ προκύπτει:

$$u = 2a \sigma\upsilon\nu(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t) \eta\mu(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t) = A(t) \eta\mu(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t)$$

Το αποτέλεσμα είναι ήδη σημαντικό. Η συχνότητα της συνισταμένης εξίσωσης, είναι: $\omega = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$, ενώ το πλάτος της ταλάντωσης είναι: $A = 2a \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2}t\right)$ και μεταβάλλεται περιοδικά με την συχνότητα $\omega_\Delta = \frac{1}{2}(\omega_2 - \omega_1)$

Για $a = b$ και $\omega_1 = \omega_2$, προκύπτει η απλή ταλάντωση $u = 2a \sin \omega_1 t$, η οποία έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Από όλες τις άλλες περιπτώσεις τα αποτελέσματα δεν είναι ολοφάνερα εφόσον διάφορες μορφές συνισταμένων ταλαντώσεων σχηματίζονται δια διαφοροποίησης του λόγου συχνοτήτων και του λόγου πλατών (βλέπε σχήμα 6)



Σχήμα 6 – Πρόσθεση δύο ταλαντώσεων

Στην περίπτωση $a > b$, $\omega_1 \neq \omega_2$ (πρώτη στήλη), το φαινόμενο καλείται υπέρθεση.

Στις περιπτώσεις όπου οι συχνότητες διαφέρουν μεταξύ τους ελάχιστα ($\omega_2 = \omega_1 + \Delta\omega$), και ανεξάρτητα από τον λόγο πλατών (είτε $a > b$ είτε $a = b$), το αποτέλεσμα καλείται διακρότημα.

Η συχνότητα της συνισταμένης ταλάντωσης είναι $\omega = \frac{1}{2}\omega_2 + \omega_1 \Rightarrow F = \frac{F_2 + F_1}{2}$, ενώ αυτή της περιβάλλουσας ταλάντωσης, δηλαδή του διακροτήματος, είναι:

$$F_{\Delta} = \frac{1}{2}(F_2 - F_1).$$

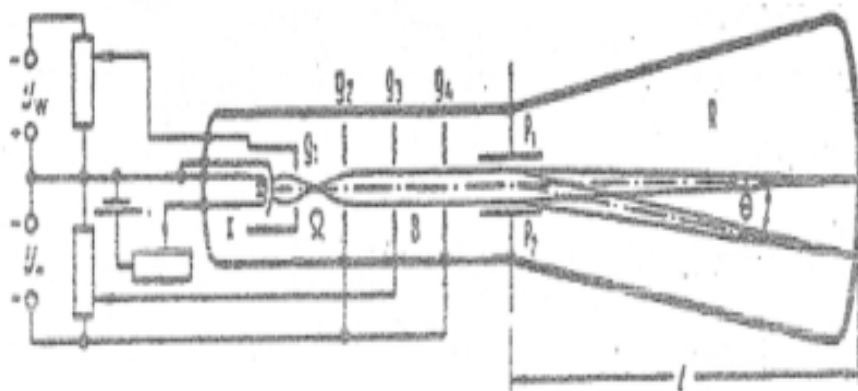
Μια σημαντική ιδιότητα της συνισταμένης ταλάντωσης, είναι το γεγονός, ότι η συχνότητα $F = \frac{F_1 + F_2}{2}$ δεν μπορεί να μετρηθεί εύκολα (π.χ. με τον κυματομετρητή). Αυτό αφεύεται στο ότι με κάθε περίοδο του διακροτήματος, η φάση αλλάζει κατά π (άλμα φάσης). Το άλμα φάσης, είναι ολοφάνερο, όταν ο λόγος συχνοτήτων $F_1 : F_2$ είναι αρμονικός. Σε περίπτωση που ο λόγος είναι ακέραιος, βγαίνει πιο περίπλοκο σχήμα.

Το διακρότημα έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην ιστορία της ατομικής Φυσικής. Το άτομο θεωρήθηκε ως διακρότημα δημιουργούμενο από άπειρες επιμέρους ταλαντώσεις.

Παλμογράφος

Δομή και λειτουργία του παλμογράφου

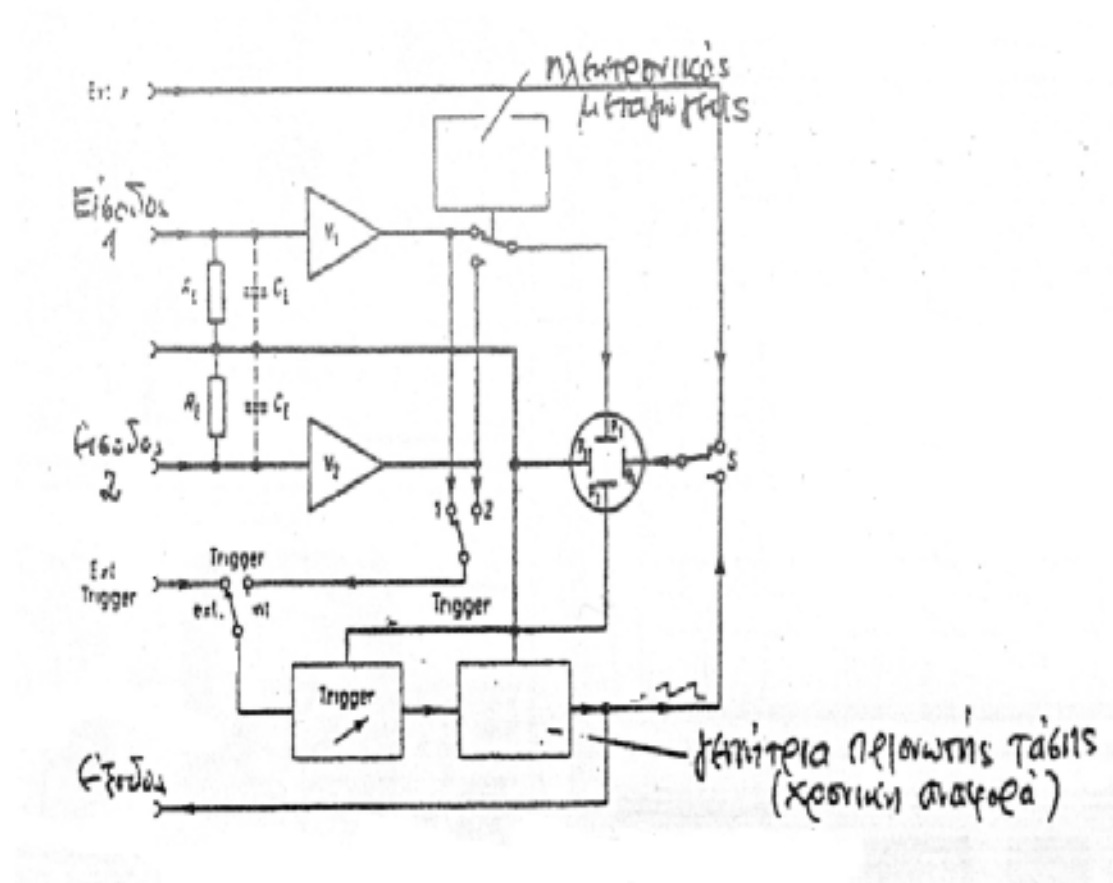
Ο παλμογράφος χρησιμεύει για την μελέτη και την μέτρηση χρονικά εξαρτημένων τάσεων. Ο πιο σημαντικός δομικός λίθος του παλμογράφου (καλύτερα παλμοσκοπίου) είναι ο σωλήνας Braun, ο οποίος διαθέτει δύο ζεύγη σπλισμών εκτροπής της δέσμης ηλεκτρονίων, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Ο ένας πυκνωτής εκτρέπει την δέσμη κατακόρυφα, δηλαδή στην διεύθυνση του άξονα Υ, πρόκειται επομένως για το ζεύγος σπλισμών Υ. Το δεύτερο ζεύγος σπλισμών (πυκνωτής Χ) ευθύνεται για την οριζόντια εκτροπή των ηλεκτρονίων, δηλαδή στην διεύθυνση του άξονα Χ.



Σχήμα 7 – Σωλήνας Braun (g_1 - κύλινδρος Wehnelt, g_2, g_3, g_4 - ηλεκτρικοί φακοί, B – δέσμη ηλεκτρονίων, P_1, P_2 - σπλισμοί εκτροπής, K – νήμα θέρμανσης)

Για την εκτροπή της δέσμης των ηλεκτρονίων (της φωτεινής κυλίδας) από το κέντρο προς την περιφέρεια την οθόνης, χρειάζονται τάσεις συνήθως της τάξης των $\pm 10V$.

Εφόσον οι εξεταζόμενες τάσεις έχουν μια τέτοια τιμή, τότε αυτές μπορούν να εφαρμοστούν αμέσως στους οπλισμούς, για παράδειγμα στον ακροδέκτη Ext x, κάτι το οποίο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αν όμως είναι μικρότερες, κάτι το οποίο συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις, τότε θα πρέπει να ενισχυθούν. Για τον σκοπό αυτόν ο παλμογράφος εξοπλίζεται με ενισχυτές V_1 και V_2 των οποίων ο συντελεστής ενίσχυσης είναι ρυθμιζόμενος και μετρήσιμος.



Σχήμα 8 – Παλμογράφος δύο καναλιών (P_1, P_2 - οπλισμοί Y, P_3, P_4 - οπλισμοί X, V_1, V_2 - ενισχυτές)

Όταν σε ένα ζεύγος οπλισμών (για παράδειγμα στους Y) εφαρμόζεται μια τάση $V_{y,p}$ τότε η φωτεινή κυλίδα υφίσταται μια εκτροπή Y, η οποία είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης.

Στην είσοδο του παλμογράφου εφαρμόζεται η τάση $V_{y,e}$ και μεταξύ εισόδου και οπλισμών είναι εγκατεστημένος ένας ενισχυτής με συντελεστή ενίσχυσης V_y , τότε η εκτροπή ισούται με: $Y = C_y \cdot V_y \cdot V_{y,e}$

Η εκτροπή αυτή είναι ανάλογη της τάσης $V_{y,e}$, εφόσον η V_y δεν εξαρτάται από την $V_{y,e}$ (γραμμική περιοχή του ενισχυτή).

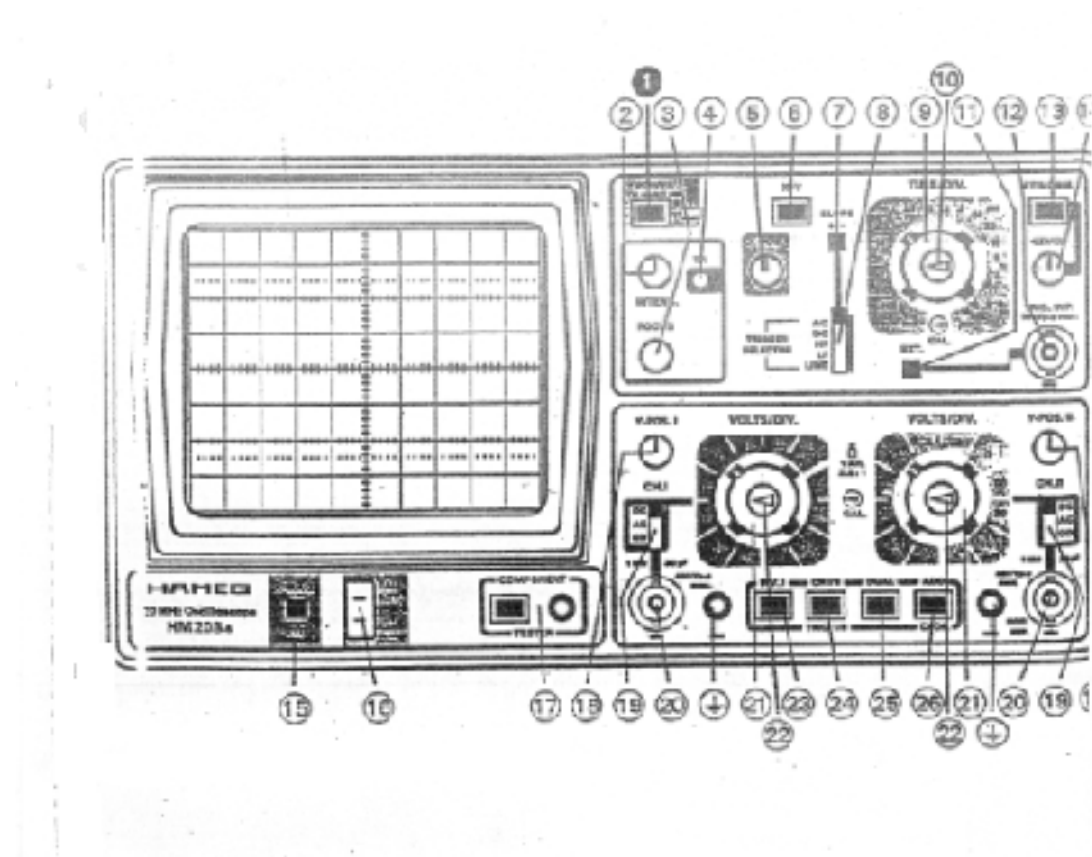
Για την μέτρηση είτε της εκτροπής Υ είτε της εκτροπής Χ, μπροστά από την οθόνη τοποθετείται ένα σύστημα συντεταγμένων. Στους διακόπτες ρύθμισης των ενισχυτών υπάρχουν κλίμακες, οι οποίες επιτρέπουν την ανάγνωση του λόγου

Τάση στην είσοδο / Εκτροπή της φωτεινής κυλίδας

Η εγκατεστημένη διάταξη βαθμονόμησης (καλιμπραρίσματος) εξασφαλίζει την δυνατότητα διόρθωσης της ενδεικνυμένης τιμής. Για αυτόν τον σκοπό, ο παλμογράφος γίνεται βολτόμετρο.

Η μέτρηση ρεύματος με τον παλμογράφο δεν είναι δυνατή. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται άμεσα, μέσω της τάσης.

Αναγνώριση του παλμογράφου



Σχήμα 9 – Πρόσοψη παλμογράφου

Η σημασία των αριθμών που δίδονται για την πρόσοψη του παλμογράφου έχει ως εξής:

- 1 κεντρικός διακόπτης
- 2 ένταση φωτεινότητας
- 3 εστίαση
- 4

- 5 ρύθμιση κηλίδας ως προς X
- 6 ένδειξη φαινομένων X-Y
- 7
- 8
- 9 ρύθμιση χρονικής κλίμακας
- 10 ευαισθησία ρύθμισης χρόνου
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17 δοκιμαστής (tester)
- 18 ρύθμιση κηλίδας ως προς Y
- 19 DC – άμεση ένδειξη
 - AC – σύνδεση μέσω πυκνωτή
 - GD –
- 20 είσοδοι καναλιών (I,II)
- 21 μεταγωγέας, έλεγχος πλάτους
- 22 ευαίσθητη ρύθμιση πλάτους Y
- 23 ανατροπή I
- 24 επιλογή I είτε II
- 25 δύο εικόνες στην οθόνη
- 26 πρόσθεση σημάτων από κανάλια I και II

Πολλοί παλμογράφοι, όπως και αυτός ο οποίος φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, διαθέτουν δύο κανάλια. Για αυτόν τον λόγο γίνεται δυνατή η εισαγωγή στον παλμογράφο

δύο σημάτων. Με τον χειρισμό του διακόπτη 25 γίνεται δυνατή και η ταυτόχρονη απεικόνιση και παρακολούθηση των δύο φαινομένων. Κάθε κανάλι διαθέτει δικό του ενισχυτή. Μέσω ενός ηλεκτρονικού μετατροπέα η τάση V_1 και η τάση V_2 εφαρμόζονται διαδοχικά στους οπλισμούς Υ, έτσι ώστε και τα δύο φαινόμενα να καταγράφονται εναλλάξ το ένα μετά το άλλο. Ουσιαστικά πρόκειται για οφθαλμαπάτη, κι' αυτό γιατί το μάτι δεν αντιλαμβάνεται καν το ότι το κάθε σήμα διακόπτεται περιοδικά.

Η απεικόνιση του διακροτήματος γίνεται δυνατή, επειδή υπάρχουν δύο σήματα τα οποία εισέρχονται το ένα στο πρώτο κανάλι και το άλλο στο δεύτερο κανάλι του παλμογράφου. Έτσι μπορεί να υλοποιηθεί και η πρόσθεσή τους, με την χρήση του πλήκτρου 26.

Χωρίς την ύπαρξη των δύο καναλιών δεν θα ήταν δυνατή ούτε η απεικόνιση της έλλειψης ούτε η απεικόνιση των σχημάτων Lissajous. Με άλλα λόγια δεν θα ήταν δυνατή η παρακολούθηση και των δύο σημάτων και επομένως ούτε και η μέτρηση της διαφοράς φάσης μεταξύ αυτών, αλλά ούτε και η μέτρηση της άγνωστης συχνότητας ενός σήματος με την βοήθεια των σημάτων Lissajous. Για αυτόν τον λόγο, οι παλμογράφοι ενός μόνο καναλιού, είναι απαρχαιωμένοι.

Ένας σημαντικός διακόπτης είναι και το πλήκτρο 17. Το πλήκτρο 17, όταν είναι πατημένο, επιτρέπει τον έλεγχο της καλής λειτουργίας διαφόρων εξαρτημάτων, όπως για παράδειγμα πυκνωτών, αντιστάσεων, πηνίων, διόδων κλπ.. το υπό έλεγχο εξάρτημα συνδέεται με τον έναν ακροδέκτη του στην επαφή του δοκιμαστή και με τον άλλον ακροδέκτη του στην γείωση του καναλιού Ι, η οποία βρίσκεται κοντά στον δοκιμαστή. Στην οθόνη εμφανίζεται το σχήμα που είναι συγκεκριμένο για το κάθε εξάρτημα.

Μετρήσεις

Μέτρηση συνεχούς τάσης (DC)

Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο πατώντας το πλήκτρο 1 και μετά από μερικά δευτερόλεπτα, στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζεται μια φωτεινή κηλίδα. Ρυθμίζουμε την φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της οθόνης με τον χειρισμό του πλήκτρου 5 και του πλήκτρου 18. Ρυθμίζουμε την φωτεινότητα της κηλίδας με τον χειρισμό του πλήκτρου 3. Τοποθετούμε τον διακόπτη 19 στην θέση DC. Συνδέουμε την προς μέτρηση τάση μέσω καλωδίου δοκιμής (prob) σε ένα από τα δύο κανάλια (20). Σε περίπτωση επιλογής του καναλιού II, το οποίο είναι το κανάλι στα δεξιά, θα πρέπει να πατήσουμε και το πλήκτρο 24.

Μετά από τους παραπάνω χειρισμούς, παρατηρούμε την εκτροπή της κηλίδας. Η άγνωστη τάση υπολογίζεται με την βοήθεια του μεταγωγέα 21.

Μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης (AC)

Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο πατώντας το πλήκτρο 1 και μετά από μερικά δευτερόλεπτα, στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζεται μια φωτεινή κηλίδα. Ρυθμίζουμε την φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της οθόνης με τον χειρισμό του πλήκτρου 5 και του πλήκτρου 18. Ρυθμίζουμε την φωτεινότητα της κηλίδας με τον χειρισμό του πλήκτρου 3. Τοποθετούμε τον διακόπτη 19 στην θέση AC. Συνδέουμε την προς μέτρηση τάση μέσω καλωδίου δοκιμής (prob) σε ένα από τα δύο κανάλια (20). Και στις δύο περιπτώσεις, είτε

δηλαδή με το κανάλι I, χωρίς να πατήσουμε το πλήκτρο 24, είτε με το κανάλι II, έχοντας πατημένο το πλήκτρο 24, στην οθόνη εμφανίζεται η κυματομορφή. Η άγνωστη τάση υπολογίζεται με την βοήθεια του μεταγωγέα 21. Για το ότι η τάση που βρήκαμε είναι και αυτή που ζητάμε, φαίνεται καλύτερα πατώντας τον διακόπτη 6. Με πατημένο τον διακόπτη 6 και με την χρήση του καναλιού I, στην οθόνη εμφανίζεται μια κατακόρυφη ευθεία. Με πατημένο τον διακόπτη 6 και με την χρήση του καναλιού II, στην οθόνη εμφανίζεται μια κεκλιμένη ευθεία. Μετρώντας τον αριθμό των υποδιαίρεσεων από άκρο σε άκρο (κατακόρυφα), συγκρίνουμε το τορινό αποτέλεσμα με το προηγούμενο αποτέλεσμα.

Μέτρηση της περιόδου

Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο πατώντας το πλήκτρο 1 και μετά από μερικά δευτερόλεπτα, στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζεται μια φωτεινή κηλίδα. Ρυθμίζουμε την φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της οθόνης με τον χειρισμό του πλήκτρου 5 και του πλήκτρου 18. Ρυθμίζουμε την φωτεινότητα της κηλίδας με τον χειρισμό του πλήκτρου 3. Τοποθετούμε τον διακόπτη 19 στην θέση AC. Συνδέουμε την προς μέτρηση τάση μέσω καλωδίου δοκιμής (prob) σε ένα από τα δύο κανάλια (20). Και στις δύο περιπτώσεις, είτε δηλαδή με το κανάλι I, χωρίς να πατήσουμε το πλήκτρο 24, είτε με το κανάλι II, έχοντας πατημένο το πλήκτρο 24, στην οθόνη εμφανίζεται η κυματομορφή. Στην οθόνη εμφανίζεται μια κυματομορφή, η οποία διαστέλλεται ή συστέλλεται χρονικά με την χρήση του διακόπτη 9. Μετράμε την απόσταση που καταλαμβάνει στον άξονα X της οθόνης μια ταλάντωση, δηλαδή την απόσταση μεταξύ δύο ελάχιστων ή δύο μέγιστων ακροτάτων. Αναγνώνουμε την θέση του μεταγωγέα 9 και υπολογίζουμε την περίοδο.

Μέτρηση της συχνότητας

Υπολογισμός της συχνότητας μέσω της περιόδου

Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο πατώντας το πλήκτρο 1 και μετά από μερικά δευτερόλεπτα, στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζεται μια φωτεινή κηλίδα. Ρυθμίζουμε την φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της οθόνης με τον χειρισμό του πλήκτρου 5 και του πλήκτρου 18. Ρυθμίζουμε την φωτεινότητα της κηλίδας με τον χειρισμό του πλήκτρου 3. Τοποθετούμε τον διακόπτη 19 στην θέση AC. Συνδέουμε την προς μέτρηση τάση μέσω καλωδίου δοκιμής (prob) σε ένα από τα δύο κανάλια (20). Και στις δύο περιπτώσεις, είτε δηλαδή με το κανάλι I, χωρίς να πατήσουμε το πλήκτρο 24, είτε με το κανάλι II, έχοντας πατημένο το πλήκτρο 24, στην οθόνη εμφανίζεται η κυματομορφή. Στην οθόνη εμφανίζεται μια κυματομορφή, η οποία διαστέλλεται ή συστέλλεται χρονικά με τον διακόπτη 9. μετράμε την απόσταση που καταλαμβάνει στον άξονα X της οθόνης μια ταλάντωση (απόσταση μεταξύ δύο ελάχιστων ή δύο μέγιστων ακροτάτων). Αναγνώνουμε την θέση του μεταγωγέα 9 και υπολογίζουμε την περίοδο. Για να υπολογίζουμε την συχνότητα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον γνωστό τύπο
$$F = \frac{1}{T}.$$

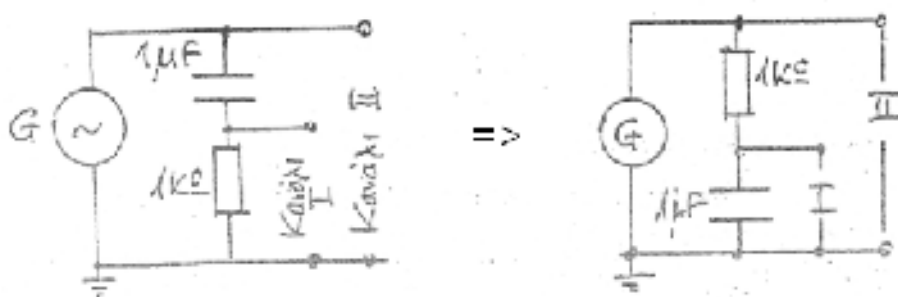
Μέτρηση της συχνότητας με την βοήθεια των σχημάτων Lissajous

Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο πατώντας το πλήκτρο 1. τοποθετούμε τους διακόπτες και των δύο καναλιών στην θέση AC. Στην είσοδο του καναλιού 1 προσάγεται μια

κυματομορφή άγνωστης συχνότητας. Στην οθόνη εμφανίζεται η κυματομορφή που μπορεί να ρυθμιστεί, σε περίπτωση που δεν είναι καθαρή, με τον διακόπτη 9, ως προς τον χρόνο και με τον διακόπτη 21 ως προς την τάση. Αν πατήσουμε το πλήκτρο 6, τότε θα εμφανιστεί μια κατακόρυφη ευθεία. Μπορούμε να πατήσουμε το πλήκτρο 6, να παρατηρήσουμε αυτό που βλέπουμε και μετά να το ελευθερώσουμε. Στην είσοδο του καναλιού II προσάγεται από την γεννήτρια μια κυματομορφή γνωστής συχνότητας. Πατάμε το πλήκτρο 24 και στην οθόνη θα εμφανιστεί η κυματομορφή, η οποία, αν δεν είναι καθαρή και ακίνητη, τότε μπορούμε με την χρήση του διακόπτη 9 να την ρυθμίσουμε ως προς τον χρόνο και με τον διακόπτη 21 ως προς την τάση. Ελευθερώνουμε το πλήκτρο 24 και πατάμε το πλήκτρο 25. στην οθόνη εμφανίζονται και οι δύο κυματομορφές. Ελευθερώνουμε το πλήκτρο 25 και πατάμε το πλήκτρο 6. στην οθόνη εμφανίζονται ανεξήγητα και πολύπλοκα σχήματα. Ρυθμίζουμε την γνωστή συχνότητα μέχρι πάνω στην οθόνη να εμφανιστεί κάποιο σχήμα Lissajous. Το σχήμα αυτό δεν θα είναι ακίνητο, αλλά θα μεταβάλλεται συνεχώς, κάτι το οποίο οφείλεται στην συνεχώς μεταβαλλόμενη διαφορά φάσης μεταξύ των δύο σημάτων. Η συνεχής μετατροπή του σχήματος δεν αποτελεί μειονέκτημα.

Μέτρηση της διαφοράς φάσης

Κατασκευάζουμε το κύκλωμα RC και το συνδέουμε σε γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 10 – Σταθεροποίηση εικόνας (έλλειψης)

Πατάμε το πλήκτρο 6 και στην οθόνη εμφανίζεται μια έλλειψη, την οποία μπορούμε να την τροποποιήσουμε ρυθμίζοντας την συχνότητα της γεννήτριας G. Εφόσον έχει πραγματοποιηθεί μια έλλειψη της αρεσκείας του πειραματιστή, μπορούμε να υπολογίσουμε την διαφορά φάσης μεταξύ των σημάτων I και II σύμφωνα με την σχέση $\eta\mu\phi = A/B$

Διακρότημα

Στην είσοδο του καναλιού I προσάγουμε ένα σήμα από την γεννήτρια και ελέγχουμε αν βλέπουμε το σήμα αυτό στην οθόνη του παλμογράφου. Στην είσοδο του καναλιού II προσάγουμε ένα δεύτερο σήμα από μια άλλη γεννήτρια και επίσης ελέγχουμε αν υπάρχει και αυτό το σήμα στην οθόνη. Πατάμε το πλήκτρο 26 και στην οθόνη θα πρέπει να εμφανιστεί το άθροισμα των δύο σημάτων. Ρυθμίζουμε τις τάσεις στις γεννήτριες έτσι, ώστε να προκύψουν οι δύο μορφές διακροτήματος όπως αυτές που απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.

[Σχήμα 6 – Πρόσθεση δύο ταλαντώσεων]

Υπολογίζουμε την συχνότητα της περιβάλλουσας και της συνισταμένης ταλάντωσης και τέλος ρυθμίζουμε τις τάσεις και τις συχνότητες έτσι, ώστε να προκύψει υπέρθεση.

Δοκιμαστής (tester)

Μετράμε μερικά απλά ηλεκτρονικά εξαρτήματα, συγκρίνουμε με τις χαρακτηριστικές, οι οποίες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα και αποφασίζουμε αν τα εξαρτήματα τα οποία μετρήσαμε, είναι έτοιμα ή όχι προς χρήση.

Τρόπος λειτουργίας του δοκιμαστή

Ο δοκιμαστής λειτουργεί σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα. Το απεικονιζόμενο σχήμα είναι εγκατεστημένο εντός της συσκευής του παλμογράφου και μόνο οι ακροδέκτες 1 και 2 οδηγούνται προς τα έξω έτσι, ώστε να μπορούμε να συνδέσουμε κάποιο εξάρτημα.

[Σχήμα 12 – Δοκιμαστής (tester)]

Στα εξαρτήματα, στα οποία, σχετικά με R_0 , το σήμα έχει μια διαφορά φάσης και στην οθόνη σχηματίζεται μια έλλειψη. Στην αντίσταση δοκιμής δεν υπάρχει διαφορά φάσης σχετικά με R_0 , επομένως προκύπτει ευθεία.