

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Μελετάται η συμπεριφορά ενός μετατροπέα βασισμένου στην αμοιβαία επαγωγή με δύο δευτερεύοντα πηνία συνδεδεμένα μεταξύ τους σε διάφορους συνδυασμούς.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Περιγραφή	Ποσότητα
Μονάδα οργάνων TK2941A	1
Εξοπλισμός για τη δοκιμή γραμμικών μετατροπέων TK294	1
Υπομονάδα γραμμικού μεταβλητού διαφορικού μετασχηματιστή (LVDT) TK294G	1
Τροφοδοτικό, $\pm 15V$ dc	1
Παλμογράφος 15 MHz, 2 εισόδων	1
DMM	1

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

17.1 Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (LVDT) AC Εξόδου

17.2 Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (LVDT) DC Εξόδου

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Να μάθετε τι σημαίνουν οι όροι *Γραμμικότητα* (Linearity) και *Κλίμακα Εισόδου* (Range) σε έναν μετασχηματιστή αμοιβαίας επαγωγής.
- Να μελετήσετε πως μπορείτε να πάρετε μια dc τάση εξόδου από έναν μετατροπέα αμοιβαίας επαγωγής που λειτουργεί με ένα σύστημα διαμόρφωσης FM.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

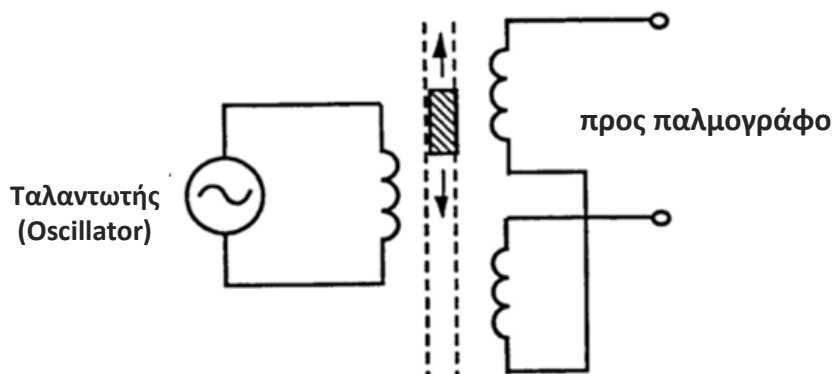
Ένα ζεύγος πηνίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μετατροπέας τύπου αμοιβαίας επαγωγής (μετασχηματιστής) μετρώντας την τάση του δευτερεύοντος πηνίου όταν το πρωτεύον πηνίο τροφοδοτείται από μια ac πηγή τάσης και μεταβάλλεται η μαγνητική αντίσταση (reluctance) του δρόμου μεταξύ τους. Επειδή η καμπύλη της τάσης εξόδου από ένα μόνο δευτερεύον πηνίο παρουσιάζει πολύ απότομη αλλαγή, η άμεση χρήση ενός τέτοιου τύπου μετατροπέα είναι πολύ μικρή.

Αν, όμως, είχαμε δύο δευτερεύοντα πηνία τοποθετημένα σε ίσες αποστάσεις από το πρωτεύον, που να δίνουν αντίθετες τάσεις, οι τάσεις αυτές προστιθέμενες αλγεβρικά θα μπορούσαν να δώσουν μια πολύ χρήσιμη χαρακτηριστική καμπύλη. Σ' αυτήν την άσκηση θα δούμε αν αυτή η ιδέα μπορεί να λειτουργήσει στην πράξη.

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 17.1

Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (LVDT) AC Εξόδου

Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα της Εικ. 4.17.1, όπως δείχνεται στην Εικ. 4.17.2. Ελέγξτε προσεκτικά αν οι ακροδέκτες του μετατροπέα έχουν συνδεσμολογηθεί σωστά.



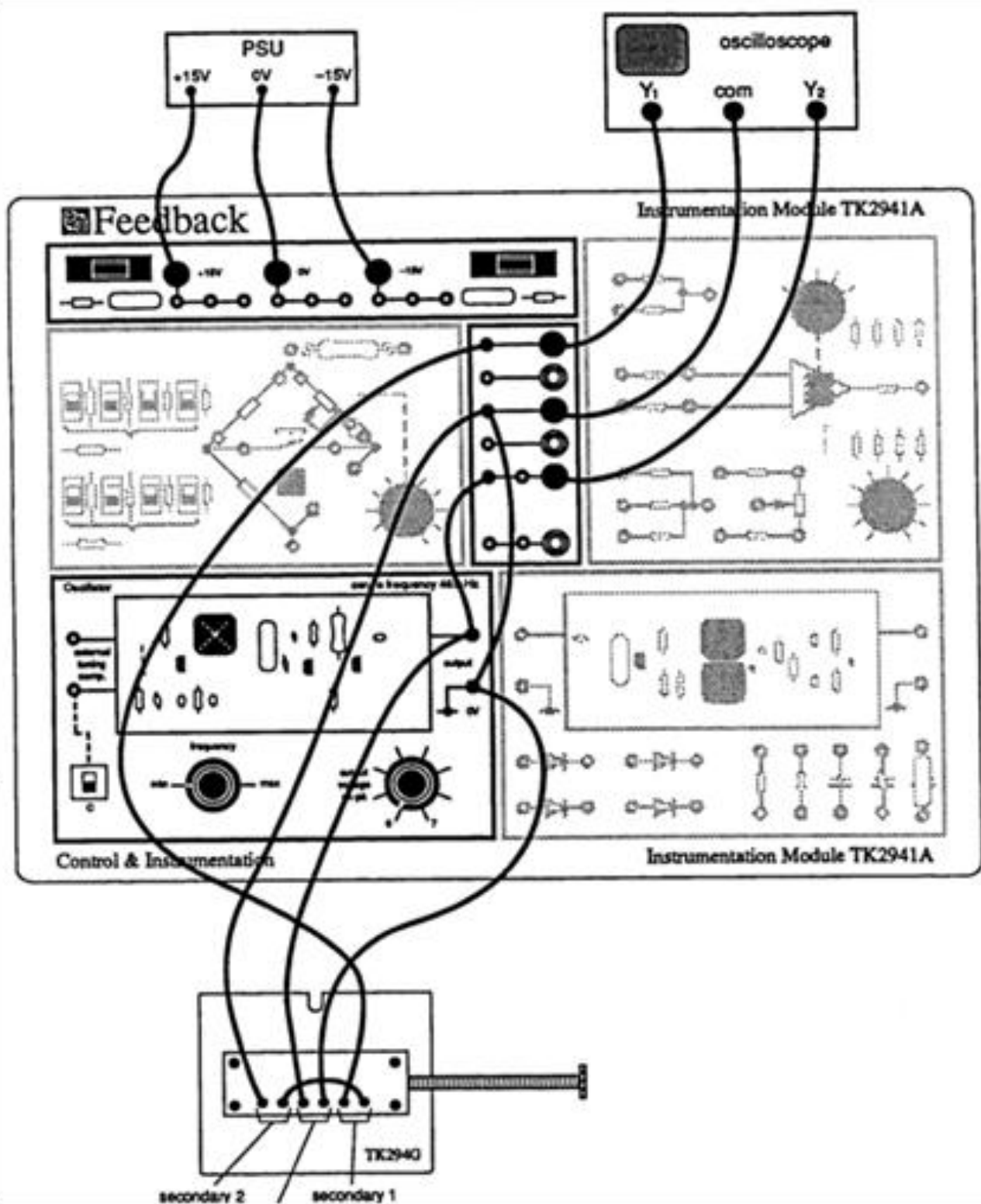
Εικ. 4.17.1

Βεβαιωθείτε ότι ο διακόπτης στην υπομονάδα του ταλαντωτή (Oscillator) είναι τοποθετημένος στη θέση C. Αυτός ο διακόπτης βρίσκεται στην κάτω αριστερή γωνία της πλακέτας.

Επίσης, βάλτε το κουμπί ρύθμισης της συχνότητας (frequency) στη θέση 'max' και το κουμπί ρύθμισης του πλάτους (output voltage pk-pk) στο '7'.

Ανοίξτε το τροφοδοτικό.

Ο παλμογράφος στην Εικ. 4.17.2 δείχνει τις δύο εισόδους (Y1 και Y2) και το καλώδιο κοινής τάσης αναφοράς. Στους παλμογράφους του εργαστηρίου τα δύο κανάλια εισόδου (Ch1 και Ch2) έχουν θηλυκό ομοαξονικό ακροδέκτη. Και οι δύο ακροδέκτες έχουν επαφή για το καλώδιο τάσης αναφοράς, οπότε δεν υπάρχει τρίτος ακροδέκτης 'COM'. Τα ομοαξονικά καλώδια που θα συνδέσετε στα δύο κανάλια του παλμογράφου, έχουν στο εξωτερικό δακτύλιο ένα συρμάτινο πλέγμα, το οποίο καταλήγει σε μαύρο κροκοδειλάκι. Και τα δύο μαύρα κροκοδειλάκια θα τα συνδέσετε στο σημείο που της πλακέτας που καταλήγει το καλώδιο 'COM'. Τα κόκκινα κροκοδειλάκια των ομοαξονικών καλωδίων των καναλιών Ch1 και Ch2 θα συνδεθούν στα σημεία της πλακέτας που καταλήγουν τα καλώδια Y1 και Y2, αντίστοιχα.



δευτερεύον 2 δευτερεύον 1
 πρωτεύον

Εικ. 4.17.2

Με τον παλμογράφο συνδεδεμένο όπως φαίνεται στην Εικ. 4.17.2, ρυθμίστε την ανάλυση του χρόνου στο 1 $\mu\text{s}/\text{div}$ και την κατακόρυφη ανάλυση στα 2 V/div ώστε να βλέπετε στην οθόνη μερικές περιόδους της κυματομορφής εξόδου (Y1) και της κυματομορφής του ταλαντωτή (Y2, στο πρωτεύον). Ο διακόπτης trigger του παλμογράφου πρέπει να τεθεί στη θέση 'Y2', ώστε η δεύτερη κυματομορφή να δίνει το σήμα έναυσης και για τα δύο κανάλια του παλμογράφου.

Πιέζοντας τη ράβδο με το ελατήριο, κινήστε τον πυρήνα φερίτη μέσα από το σώμα του μετατροπέα. Παρατηρήστε στον παλμογράφο την κυματομορφή της τάσης εξόδου του δευτερεύοντος πηνίου. Πρέπει να πηγαίνει σε δύο μέγιστα, να μειώνεται σχεδόν στο μηδέν, να αλλάζει φάση και μετά από δύο ακόμα μέγιστα να αλλάζει ξανά φάση. Παρατηρήστε ιδιαίτερα την αλλαγή φάσης στη μηδενική θέση. Πρέπει να είναι 180° . Ρυθμίστε την ανάλυση της οθόνης του παλμογράφου ώστε να έχετε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη οθόνη.

Μειώστε την κλίμακα χρόνου του παλμογράφου στα 100 $\mu\text{s}/\text{div}$, έτσι ώστε να διαβάζετε ευκολότερα το πλάτος peak-to-peak της κυματομορφής.

Βάλτε το μικρόμετρο στη θέση 0 mm και το δείκτη του ολισθητήρα στη θέση της κλίμακας 60 mm.

Χρησιμοποιώντας το μικρόμετρο κινήστε τον πυρήνα μέσω των πηνίων με βήμα 1 mm, καταγράφοντας σε κάθε βήμα την τάση εξόδου (1^ο κανάλι) ώπου να φτάσετε σε μια τελική ένδειξη στο μικρόμετρο 21 mm.

Καταγράψτε τις μετρήσεις σας σε ένα δικό σας αντίγραφο του πίνακα της Εικ. 4.17.3. Αγνοήστε προσωρινά την τρίτη στήλη.

Όπως έχετε παρατηρήσει, όταν η τάση εξόδου περάσει από το μηδέν, υπάρχει μια μεταβολή της φάσης κατά 180° . Σημειώστε τη θέση στην οποία συμβαίνει αυτό και όλες τις επόμενες ενδείξεις της τάσης εξόδου σημειώστε τις σαν αρνητικές.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματά σας, σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της τάσης εξόδου ως προς τη θέση για όλη την κλίμακα της κίνησης.

Θέση (mm)	Τάση εξόδου ac (Vp-p)	Τάση εξόδου dc (Volts)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

Εικ. 4.17.3

Ερώτηση 17.1 Τι μορφή έχει η γραφική παράσταση ιδιαίτερα γύρω από το κεντρικό τμήμα της;

Άσκηση 17.1 Σημειώστε το κεντρικό τμήμα της γραφικής παράστασης που προσεγγίζει περισσότερο την ευθεία.

Μετρήστε τη μέγιστη απόσταση της καμπύλης σας απ' αυτήν την ευθεία γραμμή κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (δηλαδή, τη διεύθυνση του άξονα της τάσης εξόδου). Εκφράστε την σαν ποσοστό % της ολικής κλίμακας της τάσης εξόδου από κορυφή σε κορυφή. Πείτε το ποσοστό αυτό x%.

Το νούμερο αυτό, που μόλις υπολογίσατε, είναι η *ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ* (Linearity) του μετατροπέα. Για έναν καλό μετατροπέα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο.

Ερώτηση 17.2 Ανάμεσα σε ποιές θέσεις η τάση εξόδου είναι βρίσκεται εντός των ορίων αυτού του ποσοστού γραμμικότητας; Οι θέσεις αυτές αντιπροσωπεύουν την *ΚΛΙΜΑΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ* (Range) του μετατροπέα. Εκφράστε την στη μορφή $\pm y$ mm γύρω από το μηδενικό σημείο.

Τώρα έχετε δύο νούμερα για τις προδιαγραφές αυτού του μετατροπέα. Μπορούμε να πούμε ότι η γραμμικότητα της εξόδου του είναι x% σε μια κλίμακα $\pm y$ mm γύρω από το κέντρο του. Δεν ξεχνάμε, όμως, ότι η έξοδος είναι μια ac τάση η οποία για να μετρηθεί χρειάζεται ένας παλμογράφος.

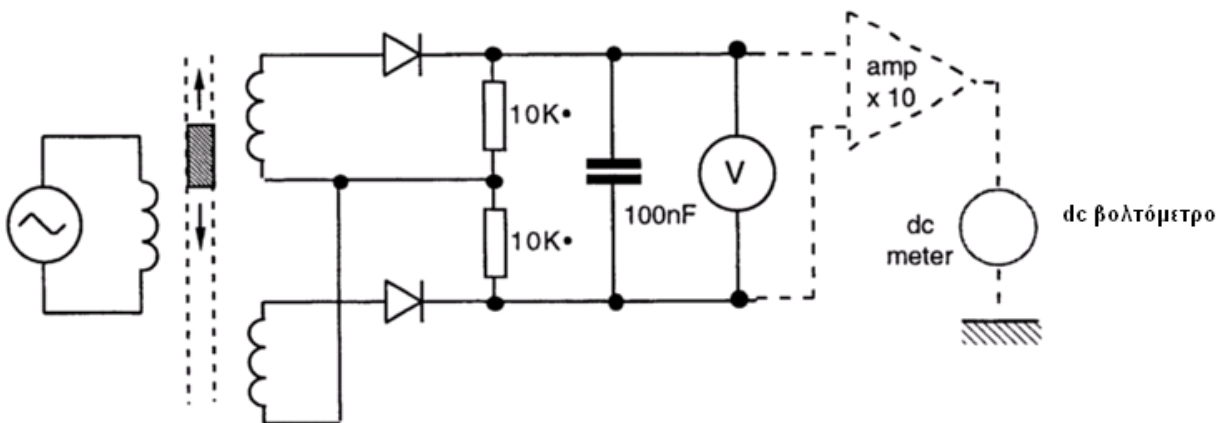
Ερώτηση 17.3 Νομίζετε πως μια dc τάση εξόδου θα ήταν πιά βολική;

Η απάντηση φυσικά θα έπρεπε να είναι ναι. Εκτός του ότι θα ήταν ευκολότερο να τη μετρήσουμε, θα μπορούσαμε να την βάλουμε κατ'ευθείαν στην είσοδο ενός συστήματος επεξεργασίας σήματος (π.χ., ενισχυτή) ή συστήματος ελέγχου.

Ερώτηση 14.4 Ποιά βασική μονάδα χρειαζόμαστε για να μετατρέψουμε την ac τάση σε dc τάση;

Ερώτηση 14.5 Πως μπορούμε να λάβουμε υπόψη μας την αλλαγή της φάσης καθώς η τάση εξόδου περνάει από το μηδέν;

Το κύκλωμα της Εικ. 4.17.4 προσφέρει τις απαντήσεις και στις δύο παραπάνω ερωτήσεις. Το κύκλωμα είναι ένας διαφορικός ανορθωτής (differential amplifier). Αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας του μπορεί να βρει κανείς στα περισσότερα βιβλία ηλεκτρονικών. Δίνει τόσο θετικές όσο και αρνητικές dc τάσεις εξόδου. Συνήθως, είναι απαραίτητος και ένας τελεστικός ενισχυτής, καθώς η τάση εξόδου μπορεί να είναι πολύ χαμηλή. Η λειτουργία του κυκλώματος αυτού μπορεί να ονομαστεί **αποδιαμόρφωση** (demodulation).

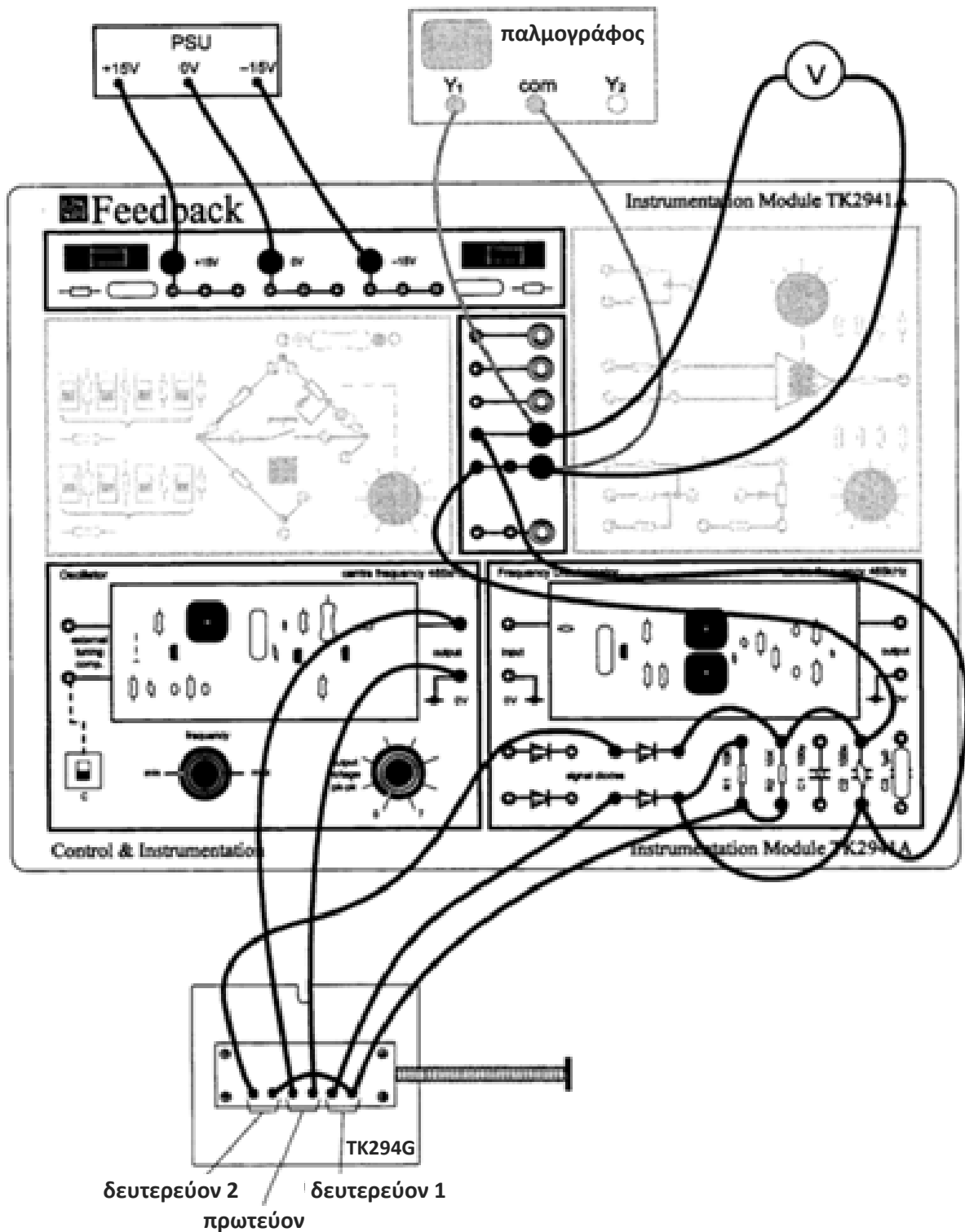


Εικ. 4.17.4

ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 17.2

Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (LVDT) DC Εξόδου

Κλείστε το τροφοδοτικό και συνδεσμολογήστε το κύκλωμα της Εικ. 4.17.4 όπως δείχνεται στην Εικ. 4.17.5. Ελέγξτε προσεκτικά αν οι ακροδέκτες του μετατροπέα είναι σωστά συνδεδεμένοι.



Εικ. 4.17.5

Βεβαιωθείτε ότι ο διακόπτης στην υπομονάδα του ταλαντωτή (Oscillator) είναι ακόμα στη θέση 'C' και ότι το κουμπί ρύθμισης της συχνότητας (frequency) είναι στη θέση 'max'. Βάλτε το κουμπί ρύθμισης του πλάτους (output voltage pk-pk) στο '7' και ανοίξτε το τροφοδοτικό.

Συνδέστε τον παλμογράφο στους ακροδέκτες εξόδου του ανορθωτή, ρυθμίστε την ανάλυση του χρόνου, όπως πριν, στο 1 $\mu\text{s}/\text{div}$ και την ανάλυση Y στα 2 V/div και σύζευξη dc (dc coupling).

Προσωρινά, βγάλτε εκτός κυκλώματος τον πυκνωτή βγάζοντας από κάθε έναν από τους δύο ακροδέκτες του 100nF πυκνωτή C2 τις άκρες των δύο καλωδίων, κρατώντας τα, όμως, ενωμένα μεταξύ τους. Παρατηρήστε την ανόρθωση από τις δύο διόδους μόνο (δηλαδή, χωρίς την εξομάλυνση του πυκνωτή).

Αποκαταστήστε τις συνδέσεις που βγάλατε από τον πυκνωτή, αυτή τη φορά, όμως στον 100pF πυκνωτή C1. Προσέξτε ότι αυτή η τιμή της χωρητικότητας δεν προσφέρει επαρκή εξομάλυνση και ότι η dc κυματομορφή παρουσιάζει μεγάλη κυμάτωση.

Βάλτε το κέρδος στον άξονα Y του παλμογράφου στο 0.5 V/div. Αλλάξτε πάλι τις συνδέσεις για να βάλετε στο κύκλωμα τον 1 μF πυκνωτή C3. Παρατηρήστε την κυματομορφή καθώς κινείται τον πυρήνα πολύ γρήγορα μέσα από τα πηνία.

Ερώτηση 17.6 Θα ήταν επαρκής αυτός ο πυκνωτής να εξομαλύνει την τάση εξόδου αν ο πυρήνας ήταν σε συνεχή κίνηση;

Αποκαταστήστε τον σωστό πυκνωτή 100nF και αποσύρετε τον πυρήνα από τα πηνία. Πάρτε ένα σετ μετρήσεων της dc τάσης εξόδου και της θέσης του πυρήνα σε διαστήματα του 1mm καθώς κινείτε τον πυρήνα μέσα από τα δύο πηνία, όπως πριν.

Καταγράψτε τις τιμές στην τρίτη στήλη του πίνακά σας. Σημειώστε τη θέση που η τάση εξόδου είναι μηδέν.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτά, σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της τάσης εξόδου ως προς τη θέση για όλη την κλίμακα της κίνησης. Σχεδιάστε την στην ίδια γραφική παράσταση που σχεδιάσατε και την ac τάση εξόδου. Πρόκειται να κάνουμε τους ίδιους υπολογισμούς.

Ερώτηση 17.7 Τι μορφή έχει η γραφική παράσταση ιδιαίτερα γύρω από το κεντρικό τμήμα της; Έχει την ίδια μορφή με την ac καμπύλη;

Άσκηση 17.2 Σημειώστε το κεντρικό τμήμα της γραφικής παράστασης που προσεγγίζει περισσότερο την ευθεία.

Μετρήστε τη μέγιστη απόσταση της καμπύλης σας απ'αυτήν την ευθεία γραμμή κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (δηλαδή, τη διεύθυνση του άξονα της τάσης εξόδου). Εκφράστε την σαν ποσοστό % της ολικής κλίμακας της τάσης εξόδου από κορυφή σε κορυφή. Πείτε το ποσοστό αυτό x%. Όπως πριν, αυτή είναι η γραμμικότητα dc του μετατροπέα όπως συνδυάζεται τώρα με το βολτόμετρο.

Ερώτηση 17.8 Ανάμεσα σε ποιές θέσεις η τάση εξόδου είναι βρίσκεται εντός αυτών των ορίων της γραμμικότητας; Εκφράστε αυτήν την κλίμακα στη μορφή $\pm y$ mm γύρω από το μηδενικό σημείο; Είναι αυτή η κλίμακα μεγαλύτερη ή μικρότερη από την αντίστοιχη κλίμακα της ac τάσης;