

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

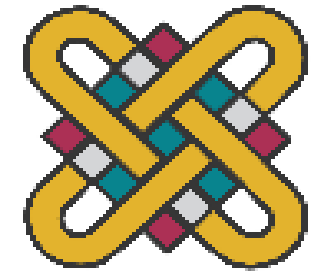


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Εισαγωγή στις μονάδες αναλογικού ελέγχου θέσης

2024-2025

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

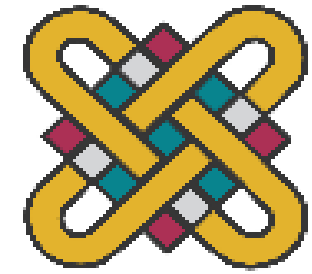


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

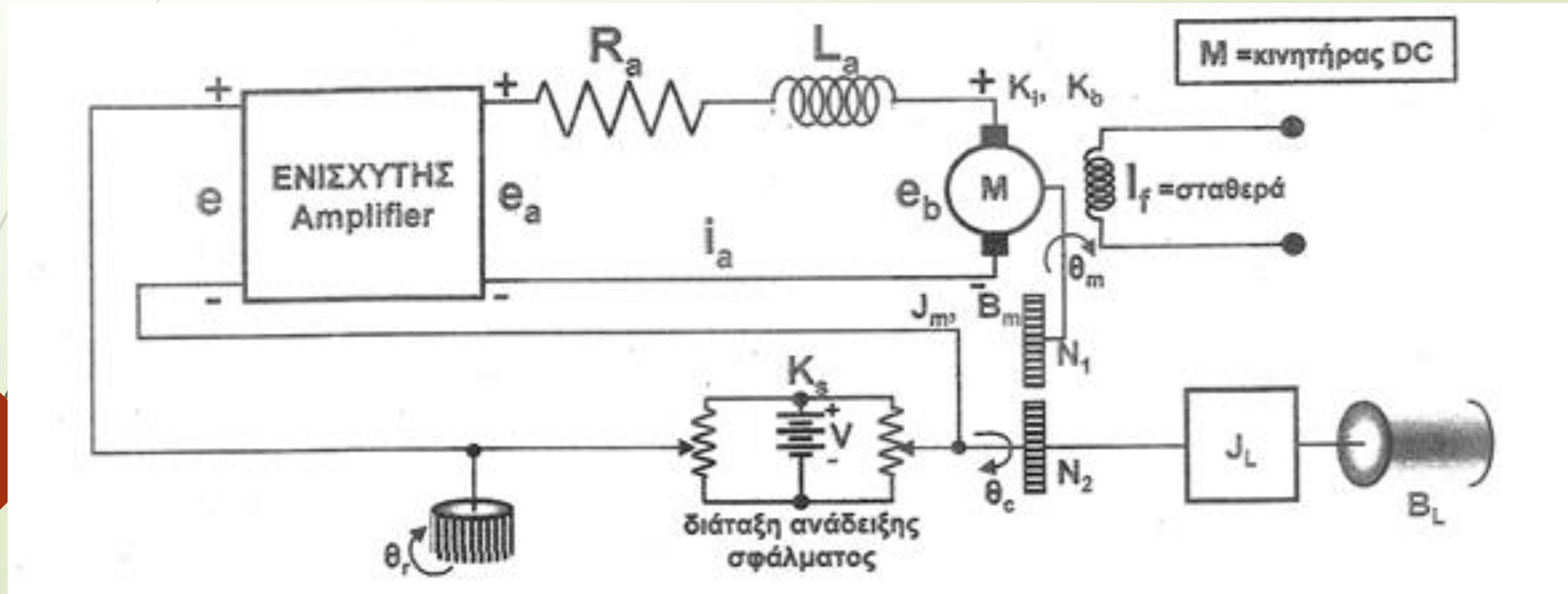


Πρόβλημα: Σύστημα αυτομάτου ελέγχου θέσης

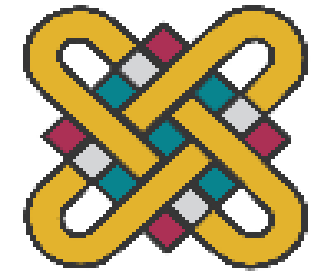
Να αναλυθεί, σχεδιαστεί και κατασκευαστεί εντός του εργαστηρίου σύστημα αυτομάτου ελέγχου θέσης με επιθυμητή τιμή 3 μοίρες ΒΑ.



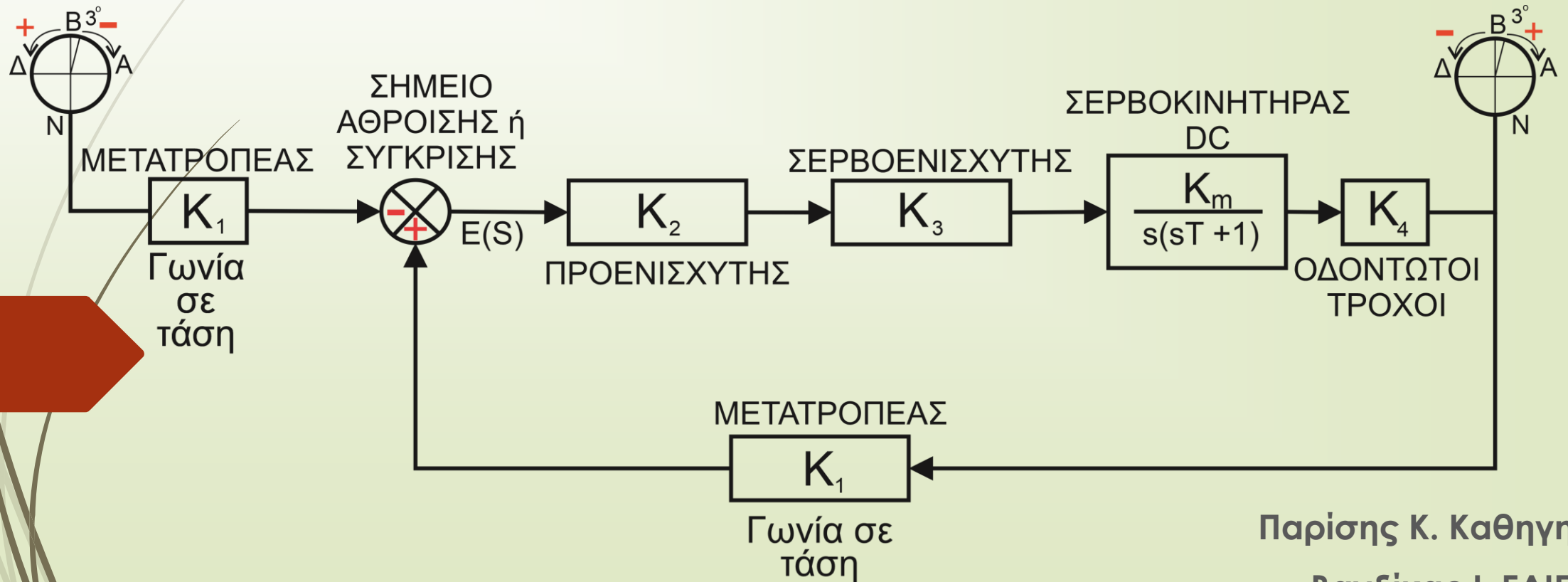
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ (στο πεδίο του χρόνου)



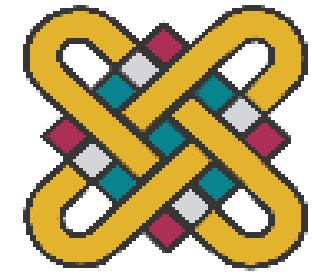
Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ (στο πεδίο του s)



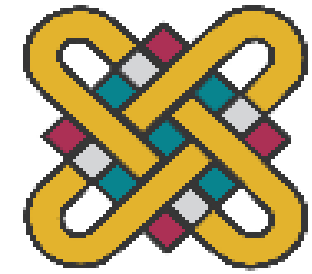
Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ (παράμετροι συστήματος)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

$K_s = 1 \text{ Volt/rad}$	Ευαισθησία διατ. αναδ. Σφάλματος (σταθερά ποτενσιόμετρου)
A : μεταβλητό	Κέρδος ενισχυτή
$R_a = 5 \Omega$	Αντίσταση τυλίγματος δρομέα
$L_a =$ αμελητέα	Επαγωγή
$J_m = 10^{-3} \text{ lb} * \text{ft} * \text{sec}^2$	Αδράνεια ρότορα κινητήρα
$B_m =$ αμελητέα	Τριβή ατράκρου κινητήρα
$B_L = 0.1 \text{ lb} * \text{ft} * \text{sec}$	Τριβή ατράκρου φορτίου
$J_L = 0.1 \text{ lb} * \text{ft} * \text{sec}^2$	Αδράνεια φορτίου
$n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{10}$	Λόγος μετάδοσης κίνησης
$k_i = 0.5 \text{ lb} * \text{ft/amp}$	Σταθερά ροπής κινητήρα



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ

a) Να βρεθεί και σχεδιαστεί η χρονική απόκριση του συστήματος για μοναδιαία βηματική είσοδο. (συντελεστής απόσβεσης ζ , κυκλική συχνότητα ω_n , μέγιστη υπερύψωση M_p , χρόνος καθυστέρησης t_d , χρόνος ανύψωσης t_r , χρόνος αποκατάστασης t_s).

A: μεταβλητό

- 1-100 μικρό κέρδος ενίσχυσης
- 101-1000 μεσαίο κέρδος ενίσχυσης
- 1001-10000 μεγάλο κέρδος

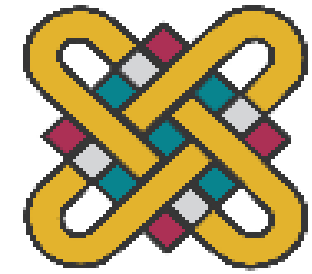
b) Να βρεθούν οι ρίζες του χαρακτηριστικού πολυωνύμου και να σχεδιαστεί ο γεωμετρικός τόπος ριζών (Γ.Τ.Ρ.)

c) Να βρεθεί το σφάλμα στην μόνιμη κατάσταση e_{ss} .

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



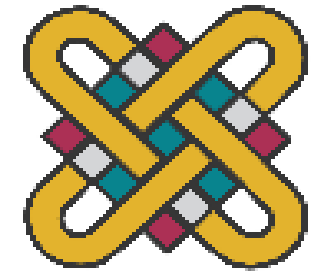
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



Σύστημα αυτομάτου ελέγχου θέσης σερβομηχανισμού MS150



Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Περιγραφή του εξοπλισμού

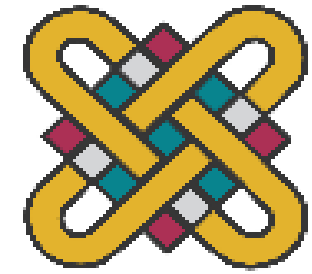
Η κατασκευή της πειραματικής διάταξης **MS150** από τη **FEEDBACK** έχει σαν στόχο την κατανόηση των συστημάτων ελέγχου (ανοικτού και κλειστού βρόγχου) κινητήρων συνεχούς (DC) και εναλλασσόμενου (AC) ρεύματος.

Οι βασικές μονάδες της πειραματικής διάταξης είναι ο τελεστικός ενισχυτής **OA150A**, η μονάδα ποτενσιομέτρων **AU150B**, η προενισχυτική μονάδα **PA150C**, ο σερβοενισχυτής **SA150D**, το τροφοδοτικό **PS150E**, η μονάδα κινητήρα-ταχογεννήτριας **MT150F**, το ποτενσιόμετρο εισόδου **IP150H**, το ποτενσιόμετρο εξόδου **OP150K**, η μονάδα φορτίου **LU150L** και το αναλογικό βολτόμετρο **MV143**.

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

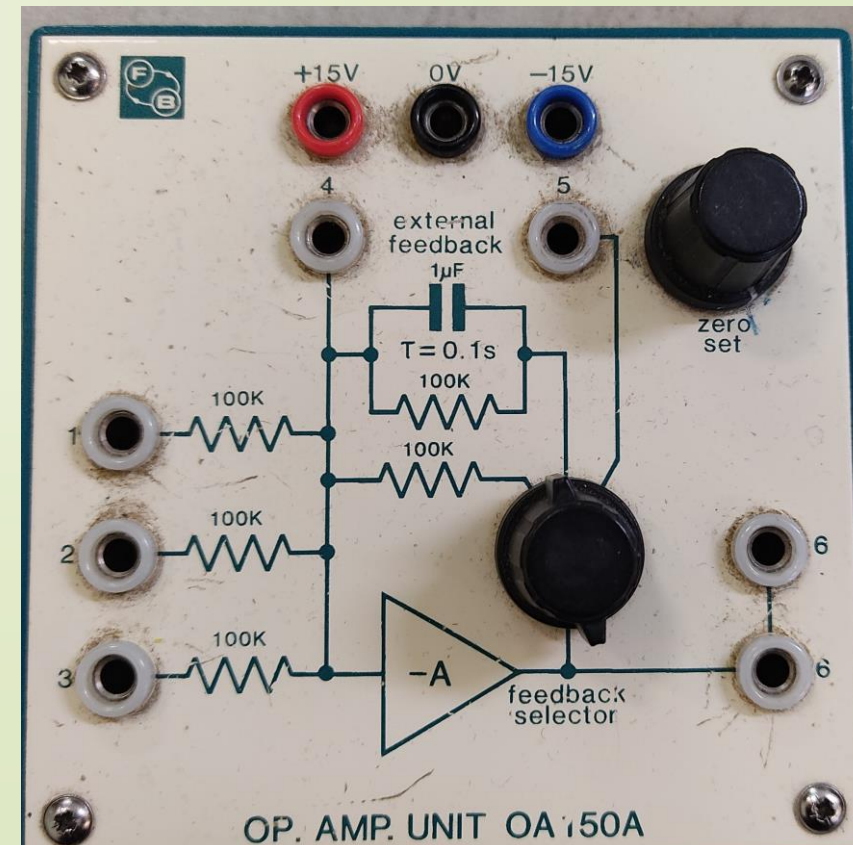
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

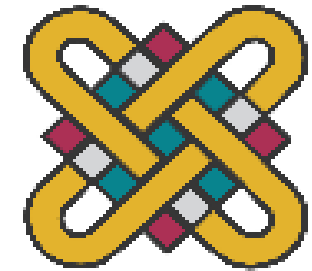


Ο τελεστικός ενισχυτής OA150A

Η μονάδα περιέχει έναν απλό τελεστικό ενισχυτή με τρία διαφορετικά είδη ανατροφοδότησης: αναλογική, χρονική (0.1 sec) και εξωτερική.

Στην μονάδα υπάρχουν τρεις εισοδοί σε διάταξη άθροισης **(1, 2, 3,)**, δύο έξοδοι με κοινό σημείο **(6)**, ένας διακόπτης επιλογής της ανατροφοδότησης (**Feedback Selector**), ένα ποτενσιόμετρο για zero set, καθώς και οι υποδοχές για την τροφοδοσία της μονάδας **(+15VDC, COM, -15VDC)**.

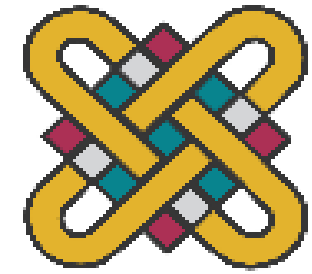




Η μονάδα ποτενσιομέτρων AU150B

Περιέχει δύο μεταβλητές αντιστάσεις ονομαστικής τιμής $10\text{k}\Omega$, βαθμονομημένες και μετρημένες ωμικά σε δέκα (10) ίσες θέσεις (κάθε θέση $1\text{k}\Omega$), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρική συνδεσμολογία κυκλώματος διαιρέτη τάση όπου και όποτε χρειαστεί.

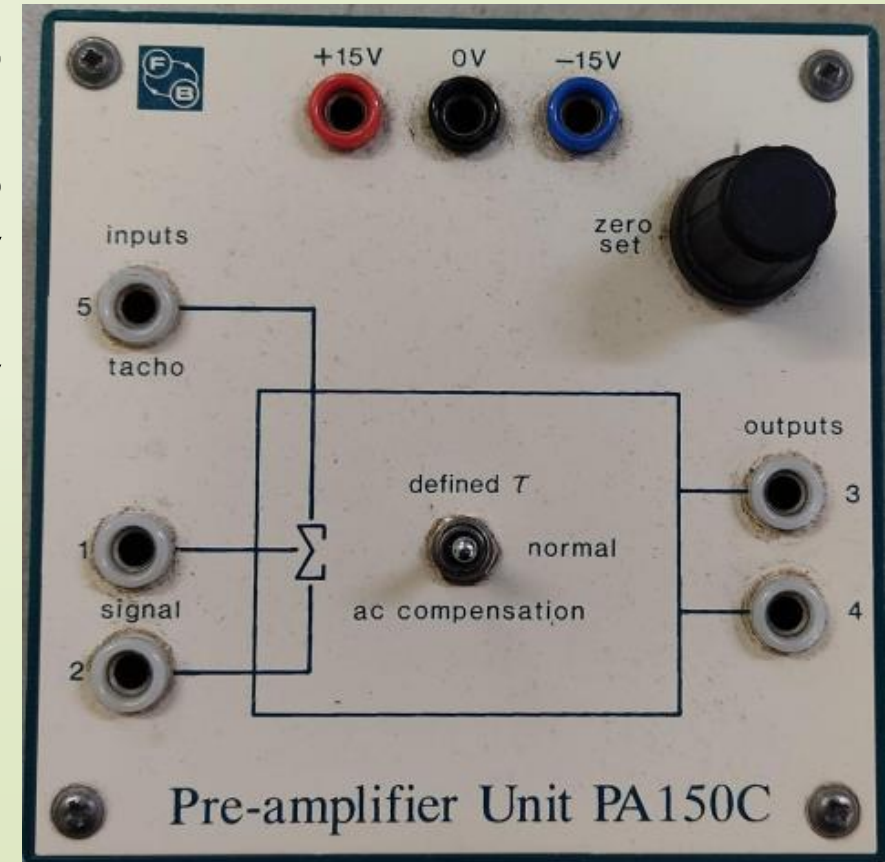


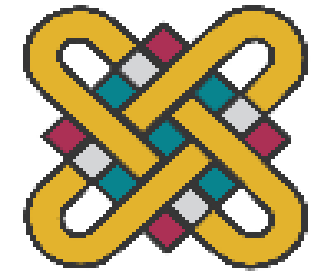


Η προενισχυτική μονάδα PA150C

Η μονάδα αυτή παρέχει τα κατάλληλα, σήματα (συνεχή και θετικά) για τις δύο εισόδους του ενισχυτή ισχύος (**SA150D**) τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την οδήγηση του κινητήρα και στις δύο κατευθύνσεις. Υπάρχουν δύο εισοδοί (**1, 2**), δύο διαφορετικές έξοδοι (**3, 4**), το ποτενσιόμετρο καθορισμού του μηδενός (**zero set**) και οι υποδοχές για την τροφοδοσία της μονάδας (**+15VDC, COM, -15VDC**). Η ενίσχυση της μονάδας είναι καθορισμένη έτσι ώστε, όταν εφαρμοστεί στην είσοδο σήμα πλάτους $0.8V_{pp}$ και χαμηλής συχνότητας (π.χ. $10Hz$), στην έξοδο θα είναι περίπου $+10V_{pp}$.

Ο ενισχυτής είναι σχεδόν γραμμικός με αμελητέα μη γραμμικότητα.

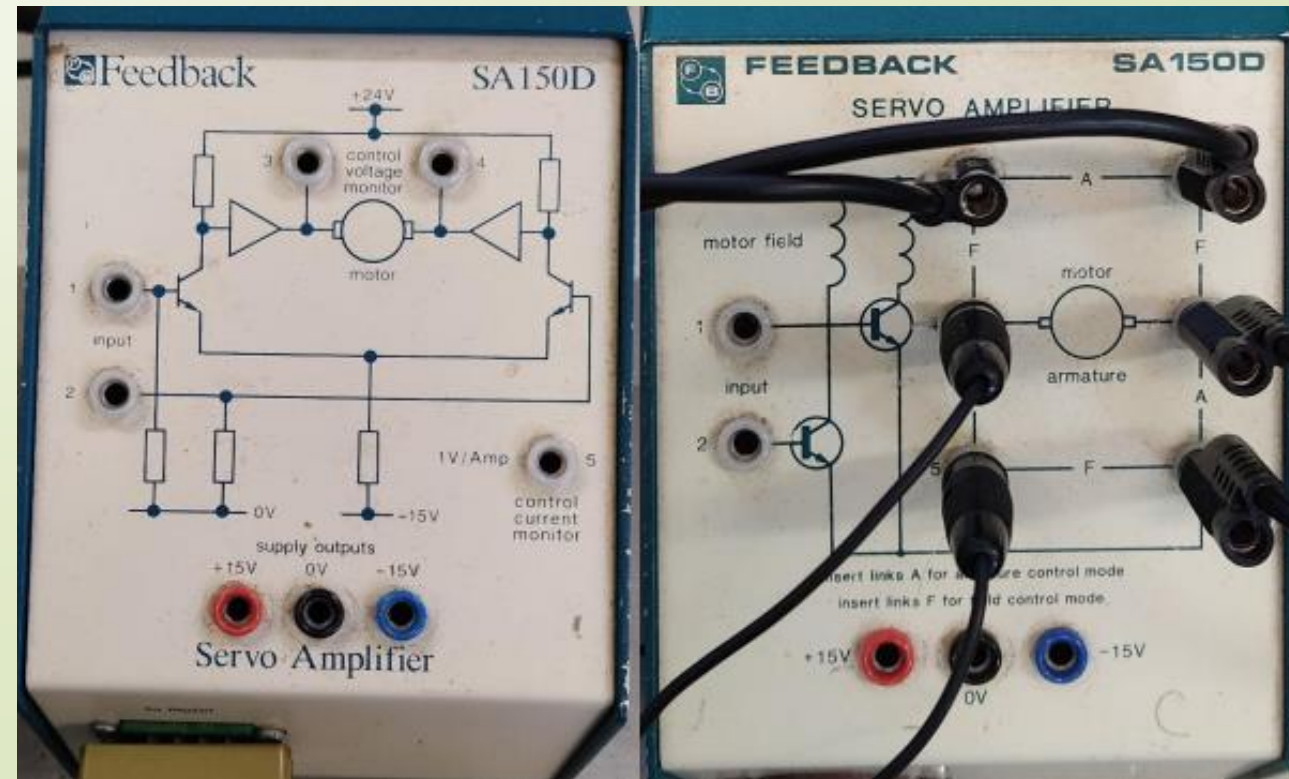


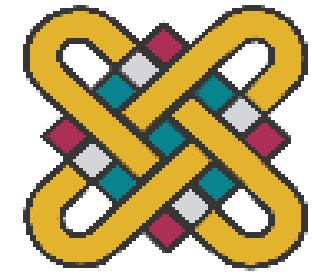


Ο σερβοενισχυτής SA150D

Η μονάδα αυτή παρέχει στον κινητήρα την απαραίτητη ισχύ για την λειτουργία του. Με την βοήθεια κατάλληλων συνδέσεων μπορούμε να πετύχουμε δύο είδη ελέγχου του κινητήρα: έλεγχο από το ρότορα ή έλεγχο από το στάτορα.

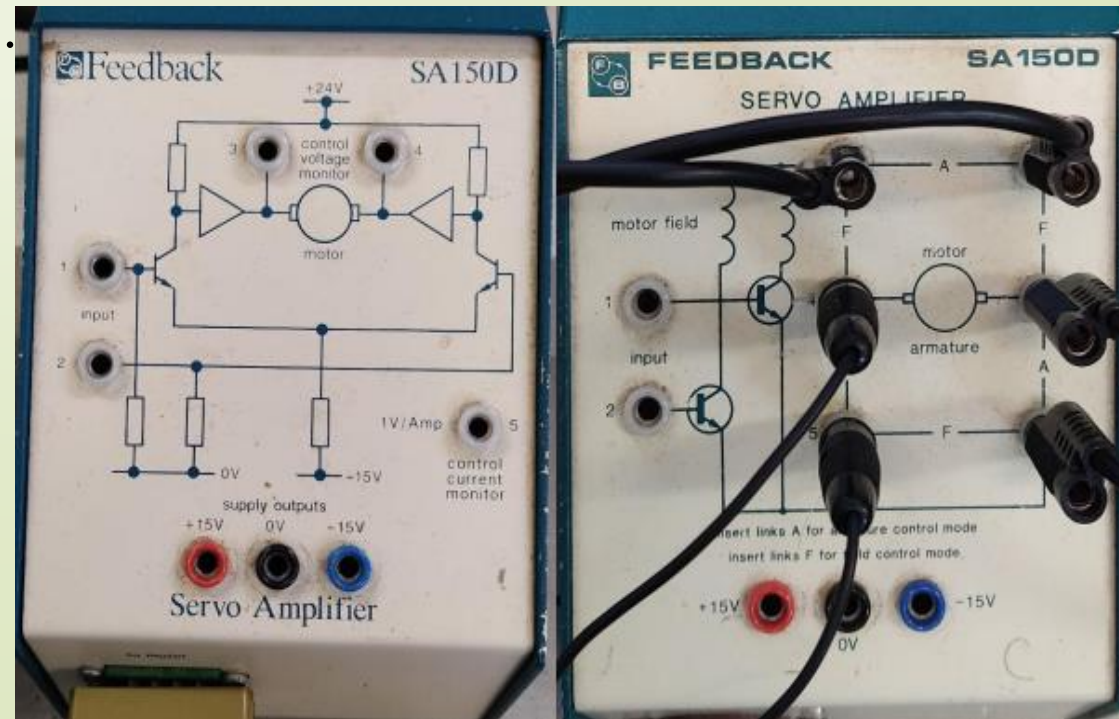
- Αν συνδεθούν οι υποδοχές με το γράμμα **F** **((3,4):(6,7):(5,8))**, τότε έχουμε έλεγχο του κινητήρα από το στάτορα. Αντίστοιχα έχουμε έλεγχο από το ρότορα αν συνδεθούν οι υποδοχές με το γράμμα **A** **((3,6):(4,5):(7,8))**.

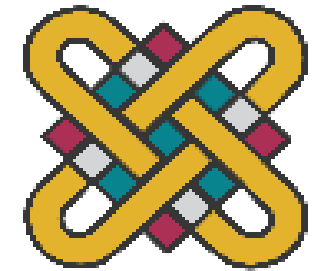




Ο σερβοενισχυτής SA150D (συνέχεια)

Ο ενισχυτής περιέχει περιοριστή ρεύματος στα **2A** για προστασία τόσο του κινητήρα, όσο και του τροφοδοτικού. Η μονάδα περιλαμβάνει τις υποδοχές εισόδου (**1, 2**), τις υποδοχές επιλογής τρόπου ελέγχου του κινητήρα (**3, 4, 5, 6, 7, 8**), το καλώδιο τροφοδοσίας (from power supply), την υποδοχή εξόδου τροφοδοσίας του κινητήρα (to motor) καθώς και τις υποδοχές τροφοδοσίας (**+15VDC, COM, -15VDC**).

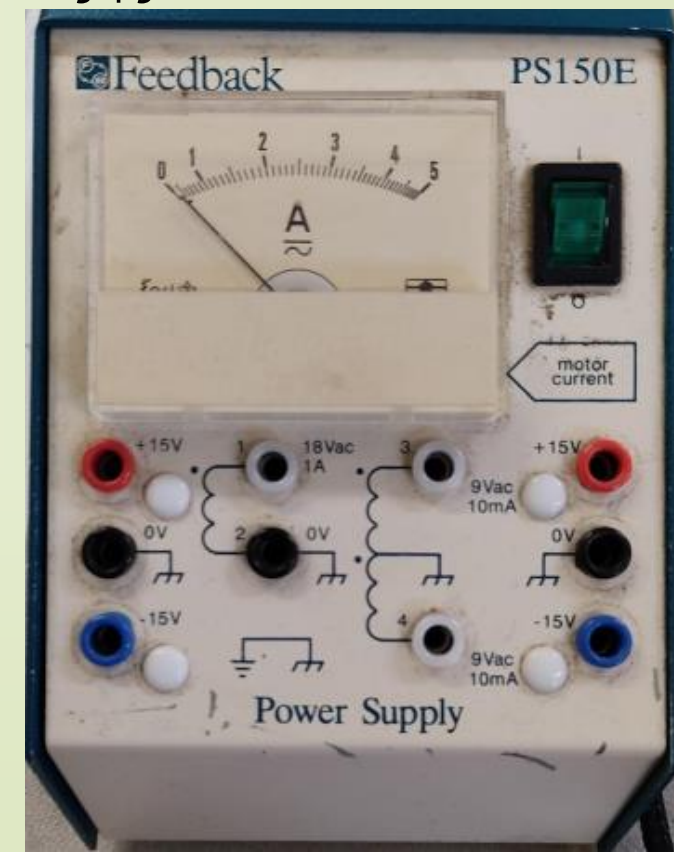


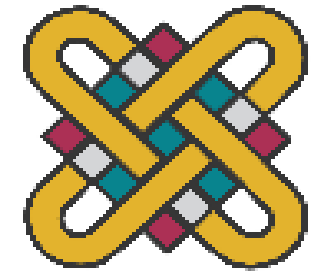


Το τροφοδοτικό PS150E

Το τροφοδοτικό **PS150E** παρέχει τις διάφορες τάσεις και ρεύματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την λειτουργία των μονάδων της πειραματικής διάταξης MS150. Οι έξοδοί του είναι:

- +24VDC μη σταθεροποιημένη στα 2A
- +/-15VDC σταθεροποιημένη μέχρι τα 600mA

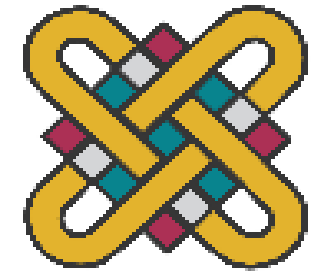




Το τροφοδοτικό PS150E (συνέχεια)

Το τροφοδοτικό περιλαμβάνει το όργανο ένδειξης κατανάλωσης ρεύματος του κινητήρα (αμπερόμετρο), τις εξόδους **AC1**, **AC2**, **COM**, **+15VDC**, **-15VDC**, την υποδοχή εξόδου για τη τροφοδοσία του σερβοενισχυτή (8 pins socket), τις θερμικές ασφάλειες **+24V**, **AC1**, **AC2**, τον διακόπτη ON/OFF και το ενδεικτικό λειτουργίας της συσκευής.

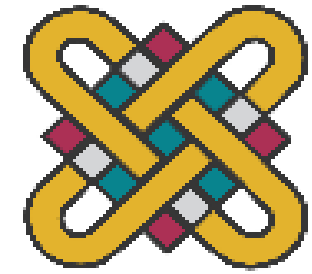




Η μονάδα κινητήρας-ταχογεννήτρια MT150F (παλιά μονάδα)

Η μονάδα αυτή περιέχει τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος, τα γρανάζια μετάδοσης της κίνησης στον εγκάρσιο άξονα με σχέση **30:1** και τη ταχογεννήτρια της οποίας ο στάτορας είναι **μόνιμος μαγνήτης**. Αν ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος για έλεγχο από το ρότορα, τότε αρχίζει να περιστρέφεται όταν το όργανο στο τροφοδοτικό **PS150E** δείχνει 0.9A περίπου.

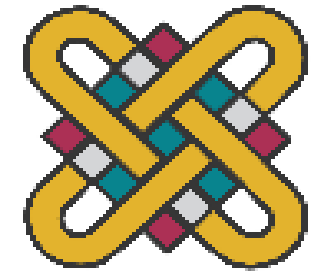




Η μονάδα κινητήρα-ταχογεννήτρια MT150F (παλιά μονάδα)

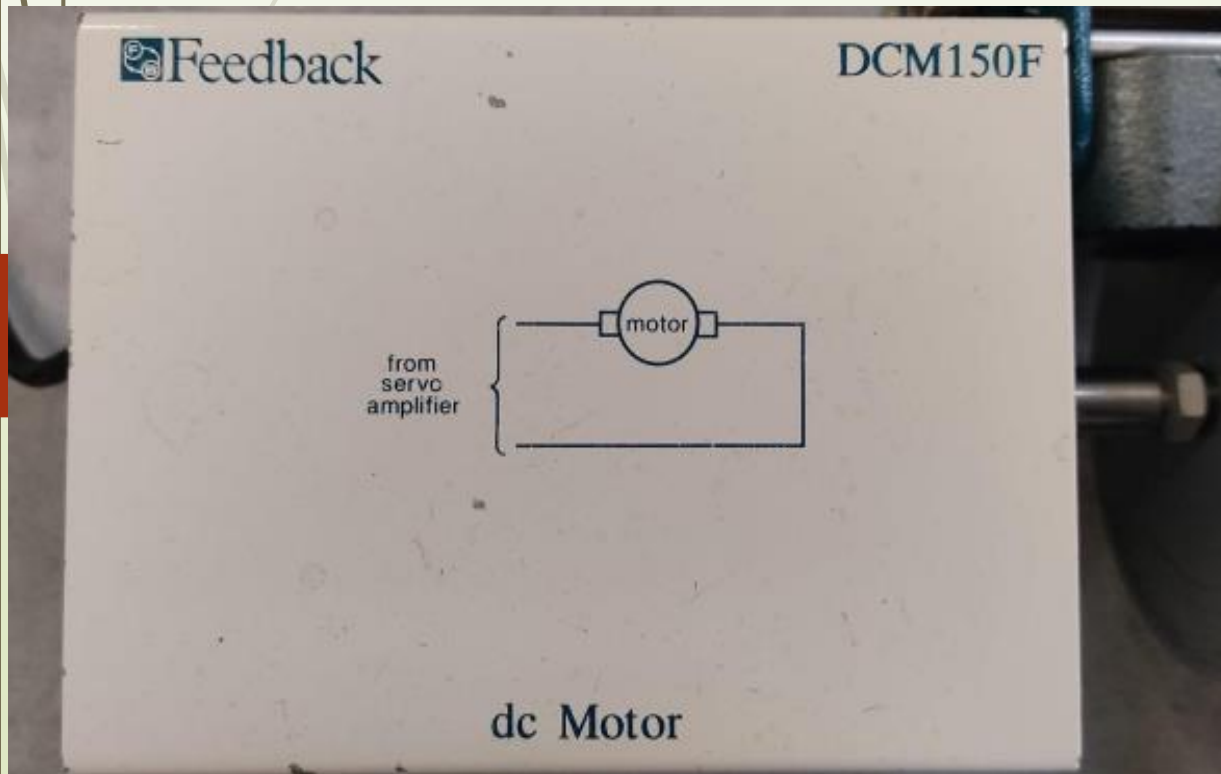
Η ροπή δύναμης του κινητήρα είναι περίπου $T_m = 600 \text{ gm/cm}$ στα 2A η οποία βέβαια εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης του κινητήρα. Η ροπή αδράνειας του κινητήρα είναι περίπου $J_m = 3 * 10^5 \text{ Kg/m}^2$. Η ταχογεννήτρια έχει υποδοχές εξόδου τις (+, -, COM).





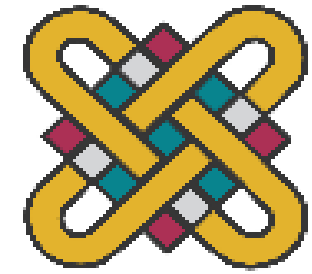
Η μονάδα κινητήρας-ταχογεννήτρια DCM150F (νέα μονάδα)

Μονάδα κινητήρας DCM150F



Ταχογεννήτρια GT150X

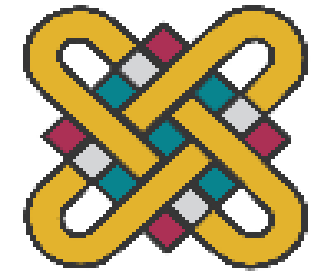




Το ποτενσιόμετρο εισόδου IP150H

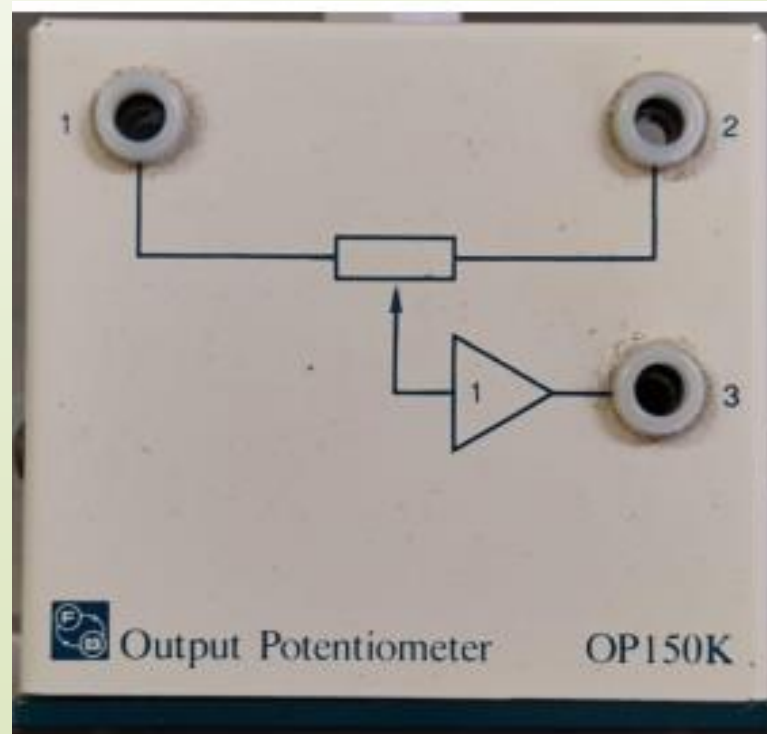
Είναι ένα απλό ποτενσιόμετρο το οποίο στον άξονά του έχει συνδεδεμένο ένα δίσκο με διαβάθμιση σε μοίρες. Χρησιμοποιείται για την μετατροπή της γωνιακής θέσης σε ηλεκτρική τάση.

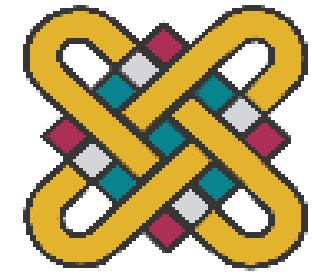




Το ποτενσιόμετρο εξόδου OP150K

Είναι ίδιο με το ποτενσιόμετρο εισόδου.

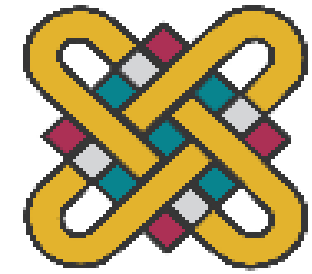




Το αναλογικό βολτόμετρο MV143

Αναλογικό βολτόμετρο με δυνατότητα μέτρησης τάσης από 1V έως 100V.



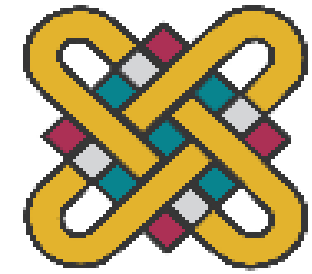


Η μονάδα φορτίου LU150L

Η μονάδα αυτή αποτελείται από ένα μαγνητικό φρένο και από ένα δίσκο αδράνειας. Η χαρακτηριστική καμπύλη του μαγνητικού φρένου στις 1000rpm και όταν ο δίσκος βρίσκεται σε ευθεία με το μαγνήτη. Η ροπή αδράνειας του δίσκου είναι 0.001 Kg/m^2 .



Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

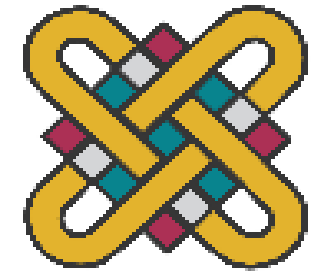
- Έλεγχος λειτουργίας τροφοδοτικού

1. Συνδέουμε την έξοδο +15V του τροφοδοτικού στο ένα άκρο του βολτομέτρου και γειώνουμε το άλλο άκρο του βολτομέτρου.
2. Ρυθμίζουμε το βολτομέτρο στα 30V και ανοίγουμε την τροφοδοσία του PS150E.

Αν το τροφοδοτικό λειτουργεί σωστά θα πρέπει να δείξει +15V.

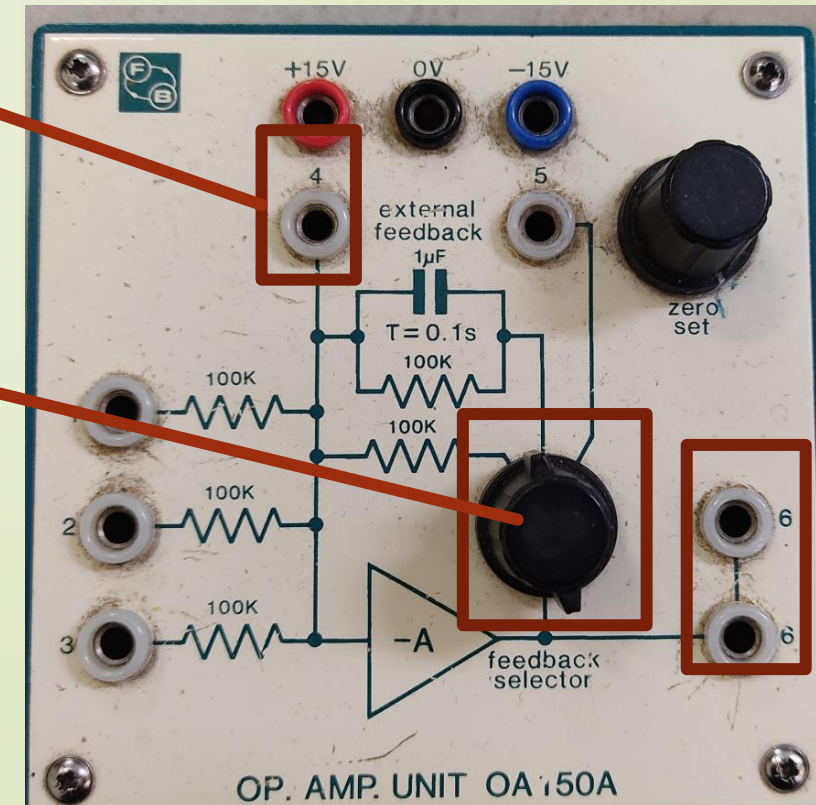
- Επαναλαμβάνω στην διαδικασία για την έξοδο -15V.

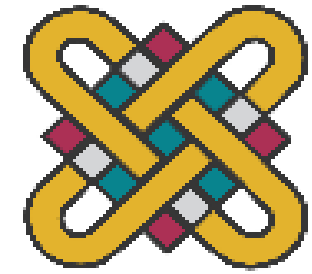




Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

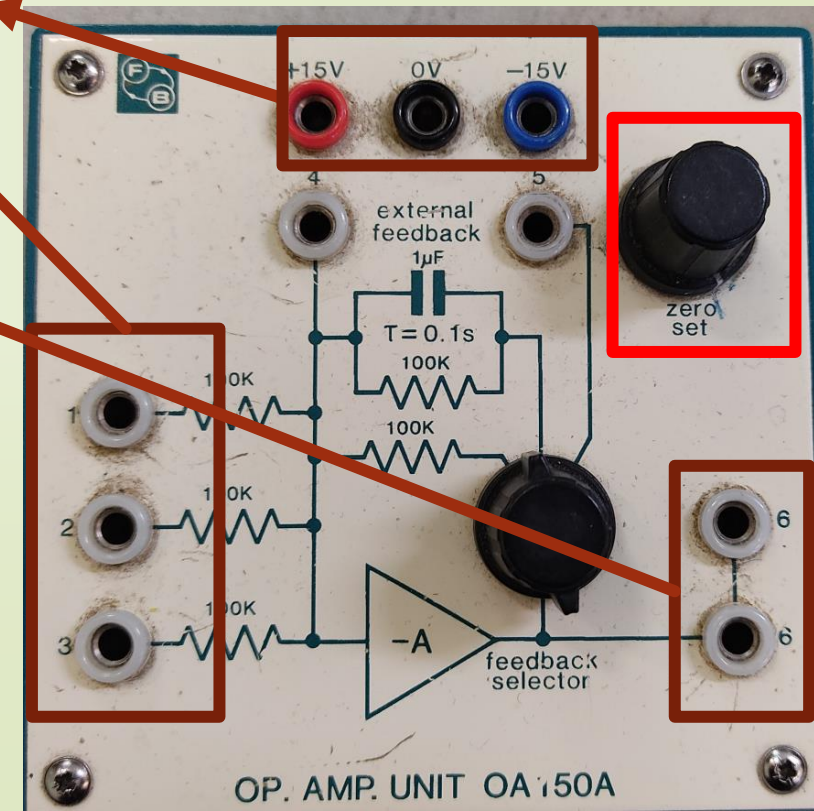
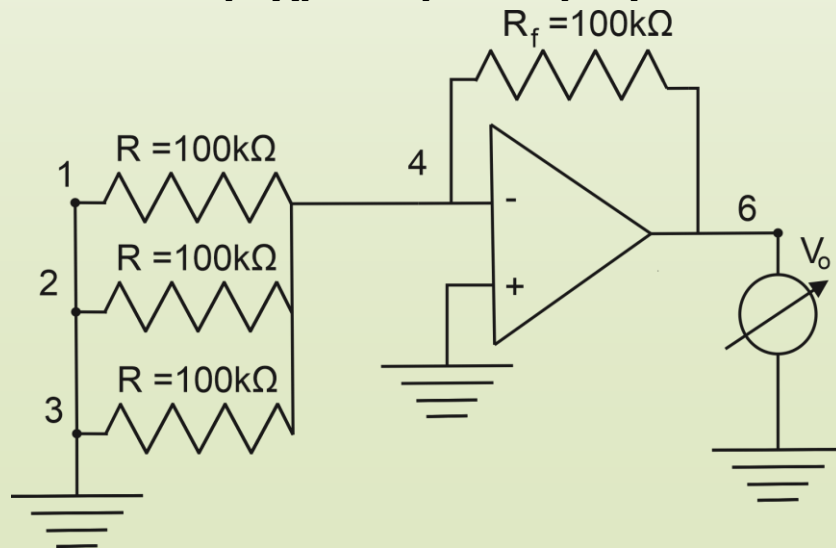
- Τελεστικός ενισχυτής OA150A
- Χωρίς να έχει τροφοδοσία η μονάδα. Με ένα πολύμετρο μετράμε την αντίσταση ανάμεσα στα Pins 4 και 6.
- Ο επιλογέας έχει τρεις θέσεις.
- Θέση 1: Αντίσταση ($R_f = 100k\Omega$).
- Θέση 2: Αντίσταση και πυκνωτή ($R_f = 100k\Omega$).
- Θέση 3: Ανοικτό κύκλωμα.
- Τοποθετούμε τον επιλογέα στην θέση 1 και αφαιρούμε όλα τα καλώδια και το πολύμετρο.

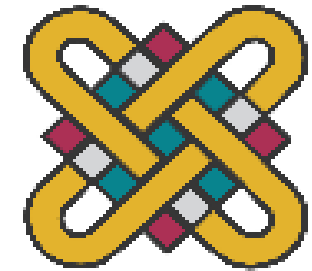




Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

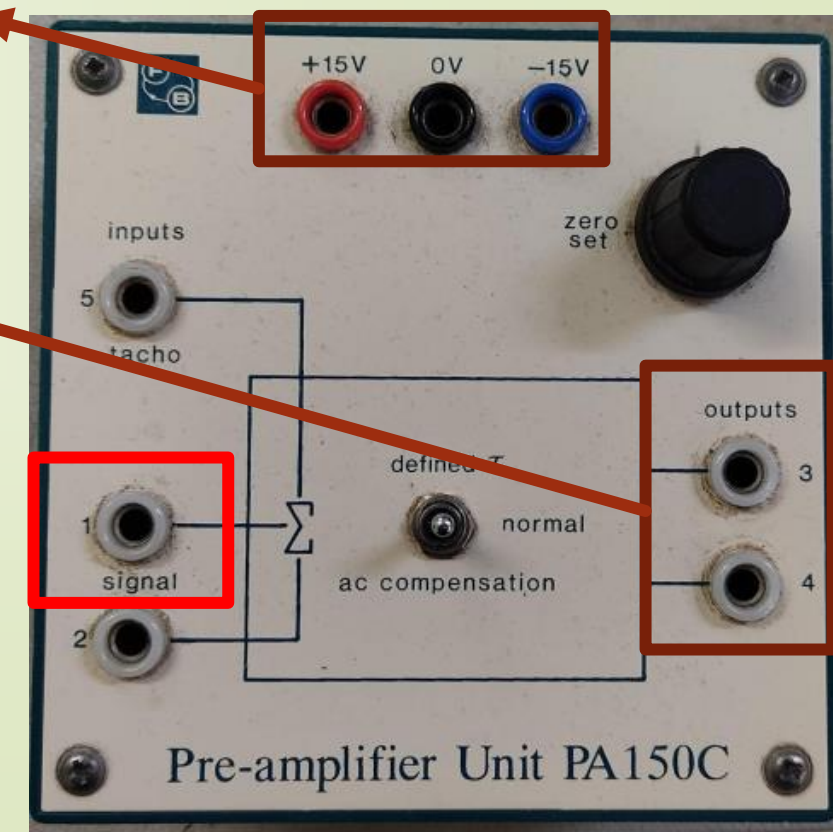
- Τελεστικός ενισχυτής OA150A
- 2. Συνδέουμε την μονάδα με το τροφοδοτικό (Pins: +15V, 0V, -15V)
- 3. Ενώνουμε τα pin 1, 2 και 3 μεταξύ τους και τα γειώνουμε (0V)
- 4. Συνδέουμε ένα βολτόμετρο στην έξοδο (Pin 6)
- 5. Μεταβάλλουμε το “zero set” μέχρι το βολτόμετρο να δείξει 0V

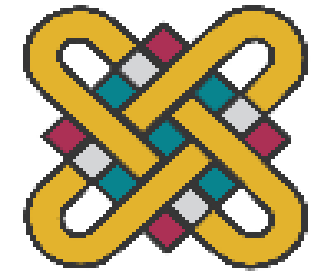




Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

- Προενισχυτική μονάδα PA150C
 1. Συνδέουμε την μονάδα με το τροφοδοτικό (Pins:+15V, 0V, -15V).
 2. Γειώνουμε το **pin 1**(0V).
 3. Συνδέουμε ένα βολτόμετρο στα Pin 3 και 4.
 4. Το κουμπί ac compensation πρέπει να είναι στην επιλογή normal.
 5. Μεταβάλλουμε το “**zero set**” μέχρι το βολτόμετρο να δείξει 0V.

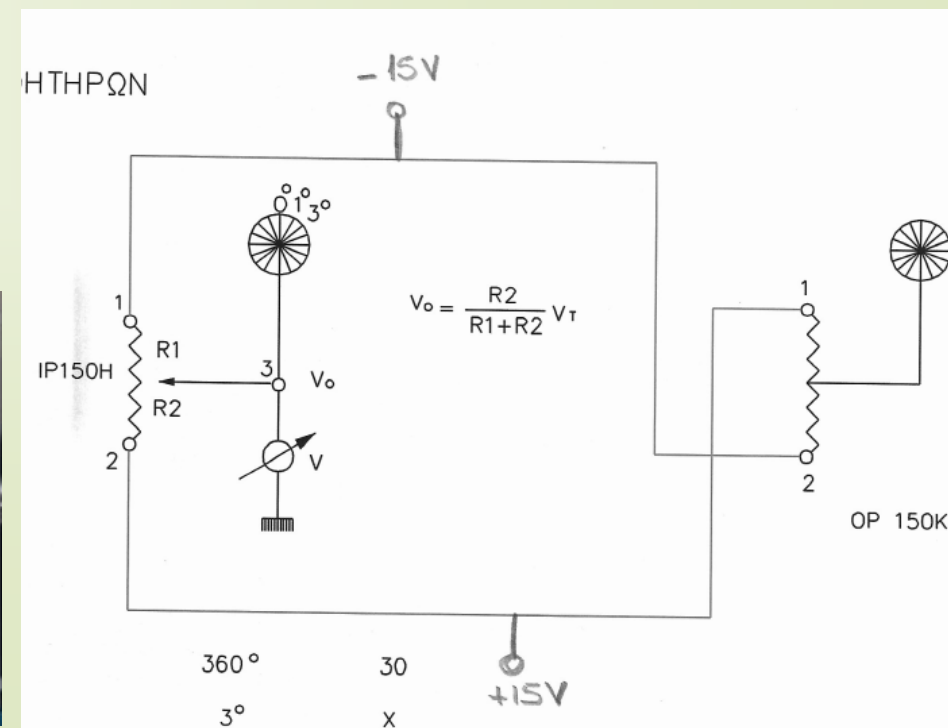
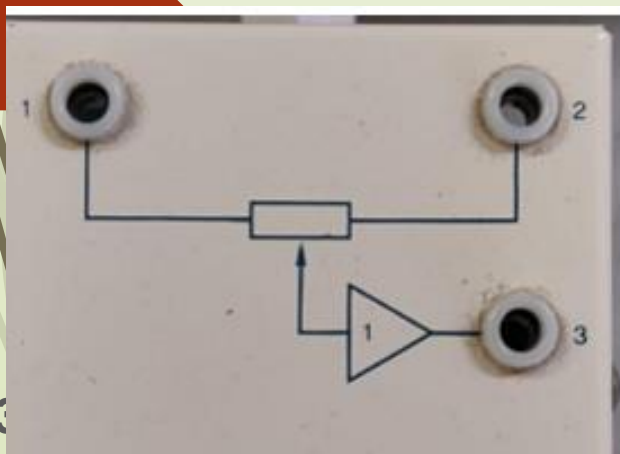


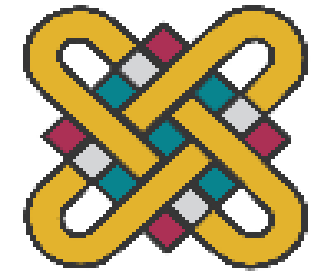


Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

Ποτενσιόμετρα εισόδου και εξόδου

1. Συνδέουμε το pin 1 (**IP150H**) στα -15 V
2. Συνδέουμε το pin 2 (**IP150H**) στα +15 V
3. Συνδέουμε το pin 1 (**OP150K**) στα +15 V
4. Συνδέουμε το pin 2 (**OP150K**) στα -15 V





Αρχικοί έλεγχοι συστήματος

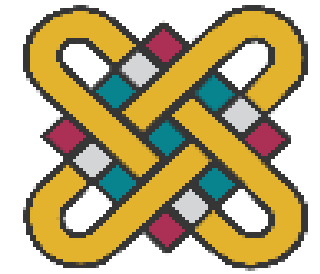
Ποτενσιόμετρα εισόδου και εξόδου

5. Συνδέουμε το pin 3 του IP150H στο ένα άκρο του αναλογικού βολτομέτρου και γειώνουμε το άλλο άκρο του βολτομέτρου.
6. Επαναλαμβάνουμε για το OP150K. Συνδέουμε το pin 3 του OP150K στο ένα άκρο του αναλογικού βολτομέτρου και γειώνουμε το άλλο άκρο του βολτομέτρου.

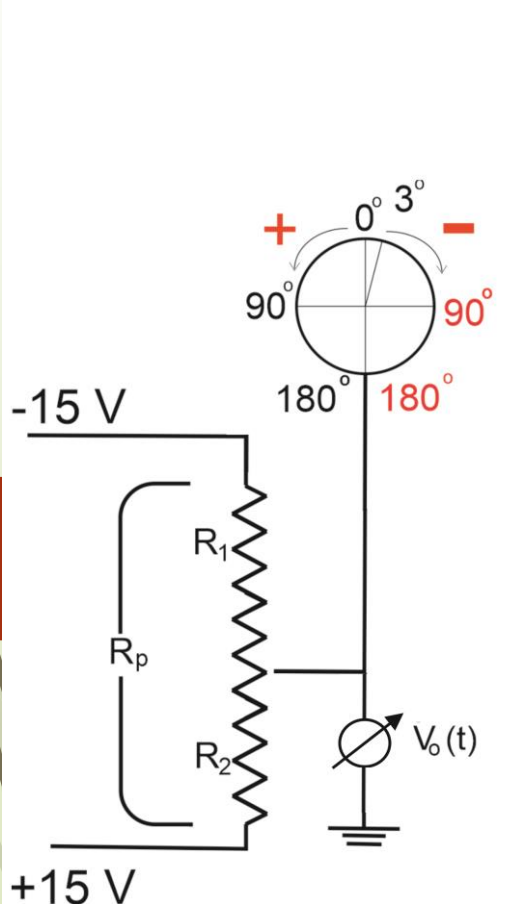
Στην περίπτωση που στις 0 μοίρες η τάση είναι διάφορη του μηδενός ($>0.5V$) τότε πρέπει να γίνει ρύθμιση του ποτενσιομέτρου.

(Η μεταβολή των μοιρών του ποτενσιόμετρου εξόδου πότε δεν γίνεται από την πρόσοψη της μονάδας, αλλά από το πίσω μέρος)





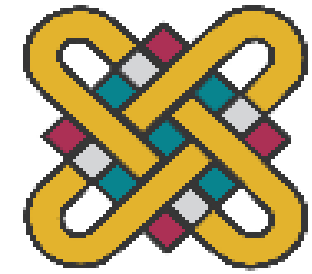
Μετατροπείας Θέσης σε τάση ή αισθητήρας



$$x = 30V * \frac{3^\circ}{360^\circ} = 0.25 V$$

$$V_0 = 0V, \text{ όταν } R_1 = R_2 = 5k\Omega \\ (R_p = 10k\Omega)$$

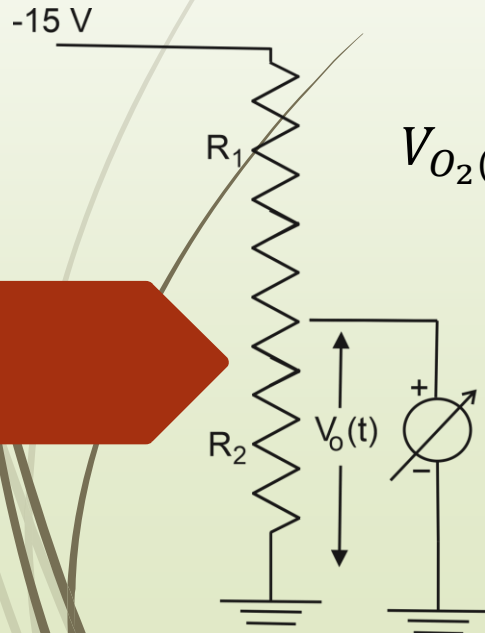
Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Μετατροπéας Θέσης σε τάση ή αισθητήρας (ανάλυση)

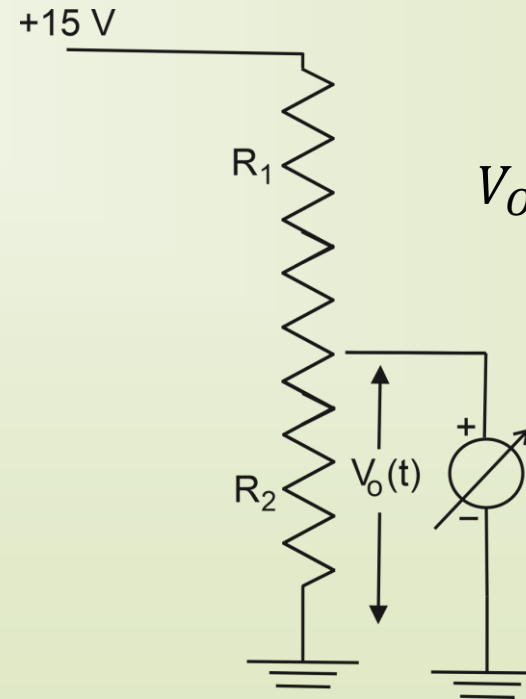
Θεώρημα Επαλληλίας ή Υπέρθεσης

A) Μηδενίζω την πηγή τάσης +15 V



$$V_{O_2(-)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\Pi} =$$
$$= \frac{5}{10} (-15V) = -7.5V$$

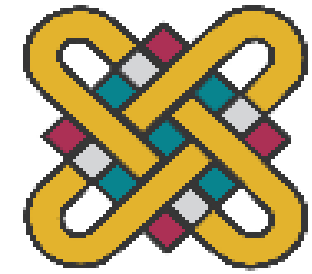
B) Μηδενίζω την πηγή τάσης -15V



$$V_{O_2(+)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\Pi} =$$
$$= \frac{5}{10} (+15V) = +7.5V$$

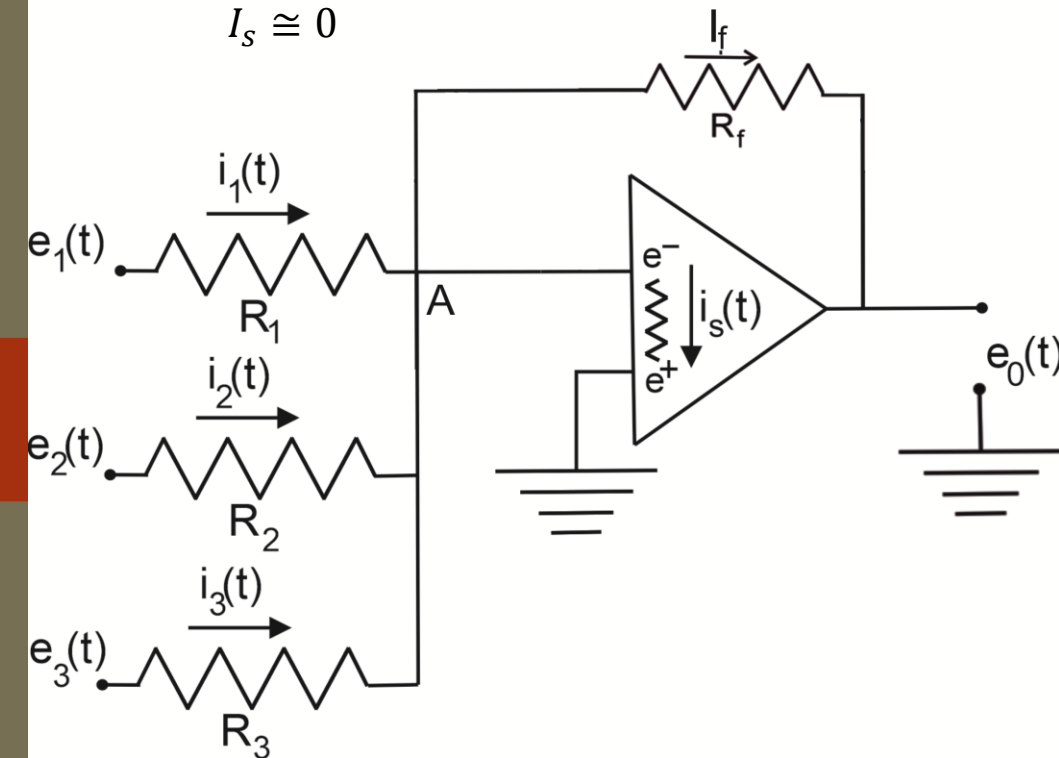
Επομένως $V_0 = V_{O_1(-)} + V_{O_2(+)} = -7.5 + 7.5 = 0V$

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Κύκλωμα αθροιστή

$$z_{in} = \infty \rightarrow e^- = e^+ = 0$$
$$I_s \cong 0$$



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_f + I_s \Rightarrow$$
$$\frac{e_1 - e^-}{R_1} + \frac{e_2 - e^-}{R_2} + \frac{e_3 - e^-}{R_3} = \frac{e^- - e_o(t)}{R_f} \Rightarrow$$

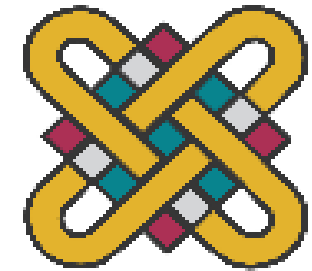
$$\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} + \frac{e_3}{R_3} = \frac{-e_o(t)}{R_f} \Rightarrow$$

$$e_o(t) = - \left(\frac{R_f}{R_1} e_1 + \frac{R_f}{R_2} e_2 + \frac{R_f}{R_3} e_3 \right) \Rightarrow$$
$$a_1 = \frac{R_f}{R_1}$$
$$a_2 = \frac{R_f}{R_2}$$
$$a_3 = \frac{R_f}{R_3}$$

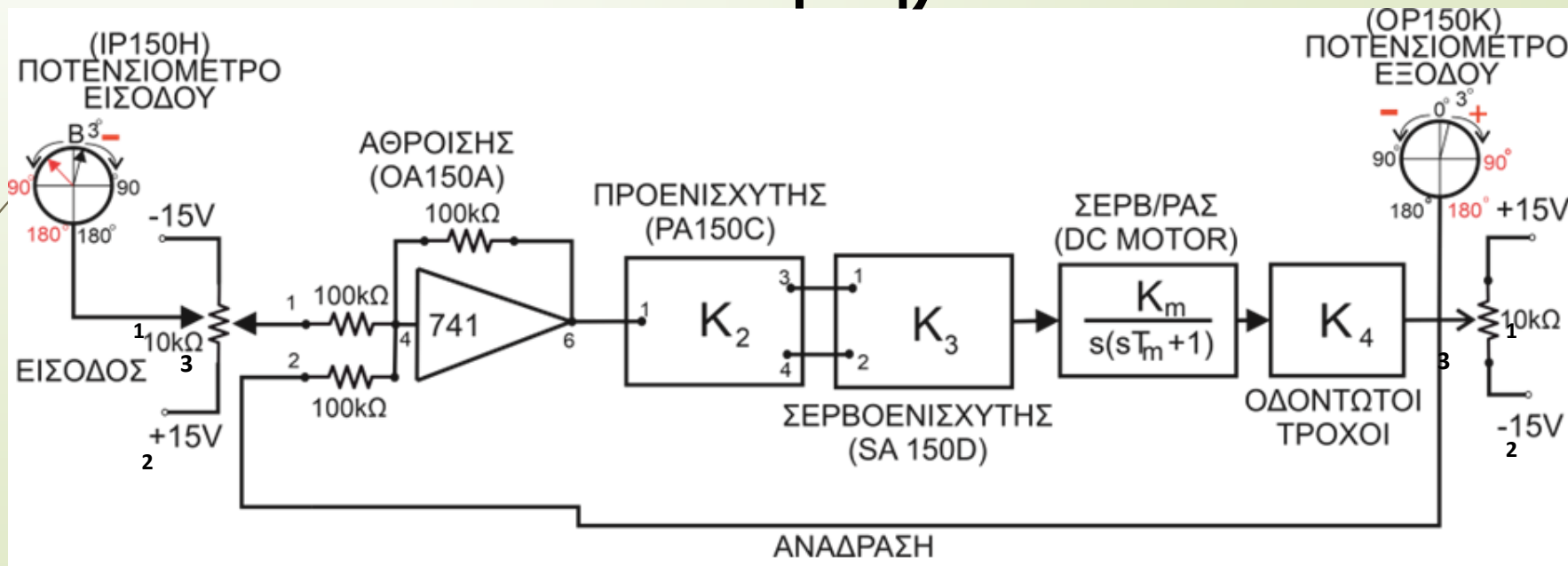
Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Σύστημα αυτομάτου ελέγχου θέσης (Ηλεκτρολογικό σχέδιο, χωρίς ελεγκτή)



Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.