








- ♦ Το εύρος της θερμοκρασίας που μπορεί να χειριστεί ο ελεγκτής **0-1200 °C**.

Στη συνέχεια στην οθόνη του εμφανίζεται η τελευταία αποθηκευμένη ρύθμιση και ο ελεγκτής είναι έτοιμος να λειτουργήσει με αυτήν ή να προγραμματισθεί εκ νέου.

2.1.5.1 Κατάσταση λειτουργίας ON – OFF

Ακολουθώντας τις οδηγίες που παρουσιάζονται παρακάτω, μπορείτε να ρυθμίσετε τον ψηφιακό ελεγκτή σε λειτουργία ON – OFF.

1. Θέσατε τη συσκευή σε λειτουργία πιέζοντας τον γενικό διακόπτη στη θέση «I».
2. Με τα μπουτόν   ρυθμίστε την επιθυμητή τιμή SV της θερμοκρασίας (αναβοσβήνει η κόκκινη τελεία).
3. Μόλις η ένδειξη φθάσει στην επιθυμητή τιμή, πιέστε το μπουτόν  για να αποθηκευθεί η τιμή της παραμέτρου (σβήνει η κόκκινη τελεία).
4. Πιέστε το μπουτόν  τουλάχιστον για 3 sec για να βρεθείτε στο μενού των ρυθμίσεων.
5. Πιέστε εκ νέου το μπουτόν  για να επιλέξετε την παράμετρο P.
6. Με το μπουτόν  θέσατε την παράμετρο P στην ένδειξη «off» και πιέστε το μπουτόν  για να καταχωρηθεί η τιμή της παραμέτρου.




Σημείωση: Όταν η παράμετρος P φθάσει στην ένδειξη «off», ενεργοποιείται η λειτουργία ON – OFF του ελεγκτή και απενεργοποιείται η λειτουργία PID, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εμφάνιση και η ρύθμιση των παραμέτρων I και D.














7. Κλείνοντας και ανοίγοντας τον γενικό διακόπτη της συσκευής στον ελεγκτή εμφανίζεται η επιθυμητή τιμή SV και η τρέχουσα τιμή PV.

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων, ο ελεγκτής λειτουργεί με τη μέθοδο ON – OFF.

2.1.5.2 Κατάσταση λειτουργίας PID

Ακολουθώντας τις οδηγίες που παρουσιάζονται παρακάτω, μπορείτε να ρυθμίσετε τον ψηφιακό ελεγκτή σε λειτουργία P, PI, PD και PID.

1. Θέσατε τη συσκευή σε λειτουργία πιέζοντας τον γενικό διακόπτη στη θέση «I».
2. Με τα μπουτόν   ρυθμίστε την επιθυμητή τιμή SV της θερμοκρασίας (αναβοσβήνει η κόκκινη τελεία).
3. Μόλις η ένδειξη φθάσει στην επιθυμητή τιμή, πιέστε το μπουτόν  για να αποθηκευθεί η τιμή της παραμέτρου (σβήνει η κόκκινη τελεία).

4. Πιέστε το μπουτόν  τουλάχιστον για 3 sec για να βρεθείτε στο μενού των ρυθμίσεων. Πιέστε εκ νέου το μπουτόν  για να επιλέξετε την παράμετρο P.
 5. Με τα μπουτόν   θέσατε την παράμετρο P ίση με την τιμή που έχετε υπολογίσει και πιέστε το μπουτόν  για να καταχωρηθεί η τιμή της παραμέτρου.
 6. Πιέστε εκ νέου το μπουτόν  για να επιλέξετε την παράμετρο I.
 7. Με τα μπουτόν   θέσατε την παράμετρο I ίση με την τιμή που έχετε υπολογίσει και πιέστε το μπουτόν  για να καταχωρηθεί η τιμή της παραμέτρου.
 8. Πιέστε εκ νέου το μπουτόν  για να επιλέξετε την παράμετρο D.
 9. Με τα μπουτόν   θέσατε την παράμετρο D ίση με την τιμή που έχετε υπολογίσει και πιέστε το μπουτόν  για να καταχωρηθεί η τιμή της παραμέτρου.
- Σημείωση:** Ανάλογα με τις ρυθμίσεις των παραμέτρων, θα έχουμε και την αντίστοιχη λειτουργία του ελεγκτή (P, PI, PD και PID). Π.χ. Για $P = 2$, $I = 122$ και $D = \text{off}$ έχουμε PI ελεγκτή.
10. Κλείνοντας και ανοίγοντας τον γενικό διακόπτη της συσκευής στον ελεγκτή εμφανίζεται η επιθυμητή τιμή SV και η τρέχουσα τιμή PV.
- Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων, ο ελεγκτής με τη μέθοδο PID.

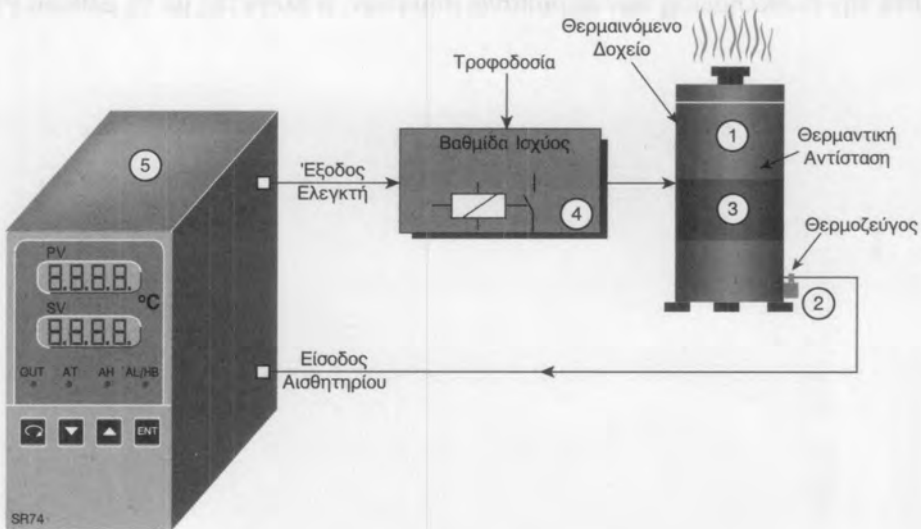


2.2 Πειραματικό Μέρος

2.2.1 Δομικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας με ψηφιακό ελεγκτή

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το δομικό διάγραμμα του συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας με ψηφιακό ελεγκτή φαίνονται στο Σχ. 16 και είναι τα ακόλουθα:

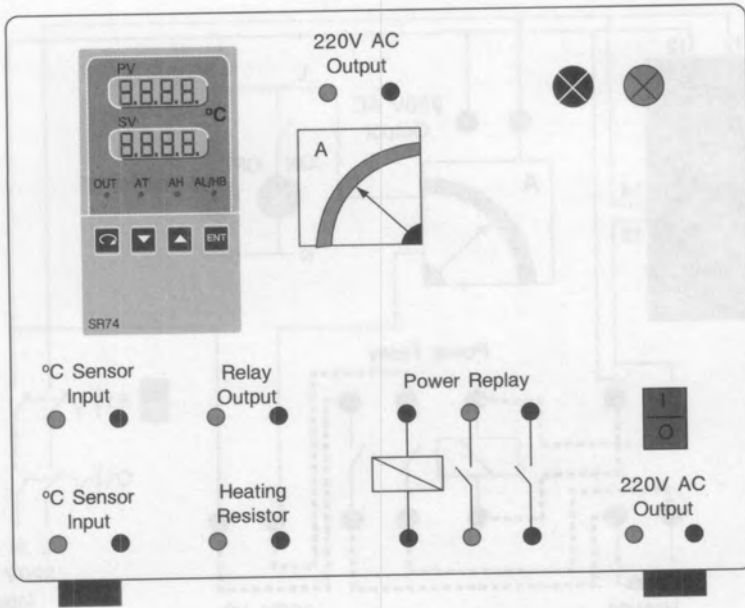
1. Το **Θερμαινόμενο Δοχείο**.
2. Το **Αισθητήριο Θερμοκρασίας**, θερμοζεύγος Fe-CuNi τύπου J, §2.1.2.
3. Το **Θερμαντικό Στοιχείο** – αντίσταση.
4. Η **βαθμίδα ισχύος**, η οποία αποτελείται από ένα **Ρελέ ισχύος** και η ένδειξη της κατάστασής του φαίνεται στο led «OUT» στην πρόσοψη του ελεγκτή.
5. Η μονάδα του **Ψηφιακού Ελεγκτή** που περιλαμβάνει:
 - α. τη βαθμίδα **Επιλογής Επιθυμητής Θερμοκρασίας**,
 - β. το **Συγκριτή**,
 - γ. τον **Ελεγκτή ON - OFF ή PID** ανάλογα με το πως έχει προγραμματισθεί,
 - δ. το κύκλωμα **Γραμμικοποίησης** και **Προσαρμογής** του αισθητηρίου,
 - ε. τις **Οπτικές ενδείξεις** τρέχουσας PV και επιθυμητής SV θερμοκρασίας,
 - ζ. τα ενδεικτικά led λειτουργίας και τέλος
 - η. τα πλήκτρα προγραμματισμού του ψηφιακού ελεγκτή.



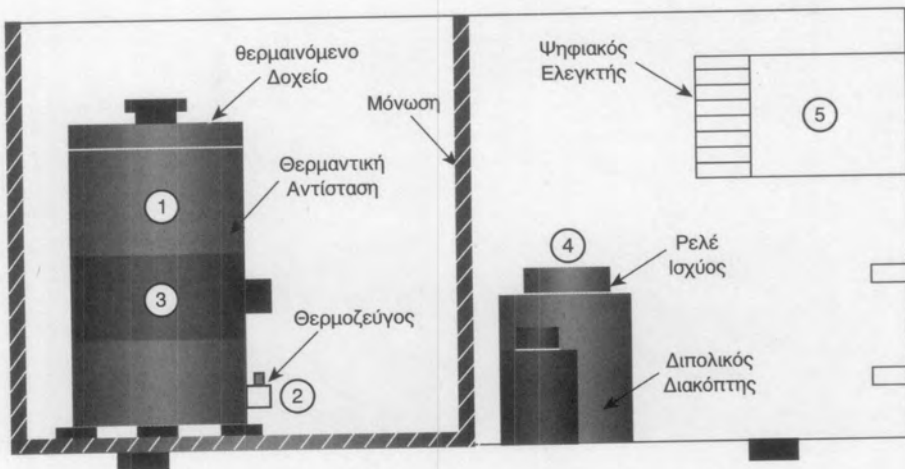
Σχήμα 16: Έλεγχος θερμοκρασίας με ψηφιακό ελεγκτή

2.2.2 Πειραματική διάταξη του συστήματος

Στα παρακάτω σχήματα Σχ. 17, 18 φαίνεται η πρόσοψη και η εσωτερική διάταξη των στοιχείων αντίστοιχα του κλειστού συστήματος, με το οποίο θα πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές ασκήσεις ελέγχου θερμοκρασίας.



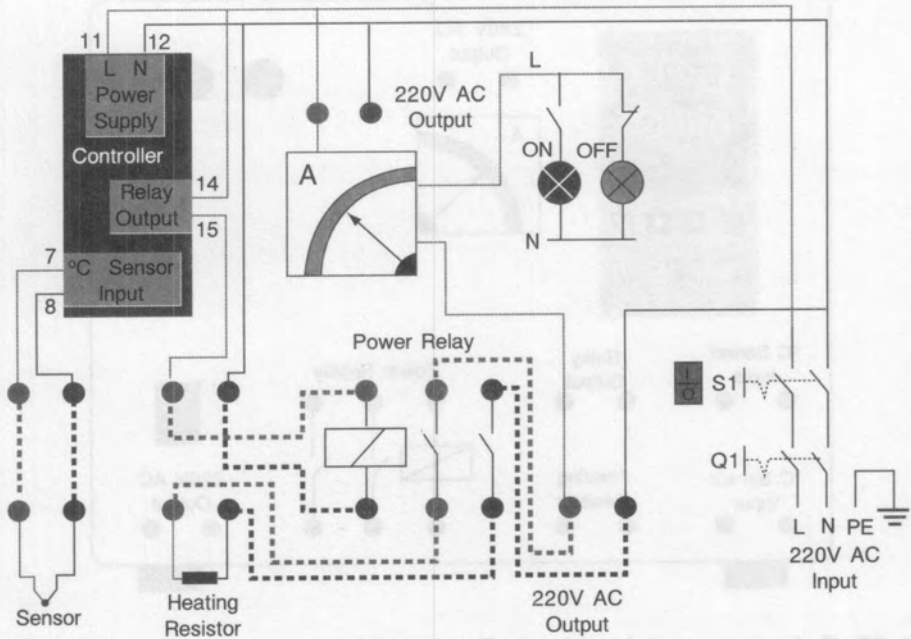
Σχήμα 17: Πρόσοψη συσκευής ελέγχου θερμοκρασίας



Σχήμα 18: Εσωτερική διάταξη συσκευής

Στο Σχ. 19 παρουσιάζεται το λειτουργικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας.

Διευκρινίζεται ότι οι λεπτές γραμμές του ηλεκτρολογικού σχεδίου αποτελούν την εσωτερική συνδεσμολογία του, ενώ οι διακεκομμένες είναι οι εξωτερικές συνδέσεις που πρόκειται να πραγματοποιηθούν.



Σχήμα 19: Ηλεκτρικό κύκλωμα συσκευής



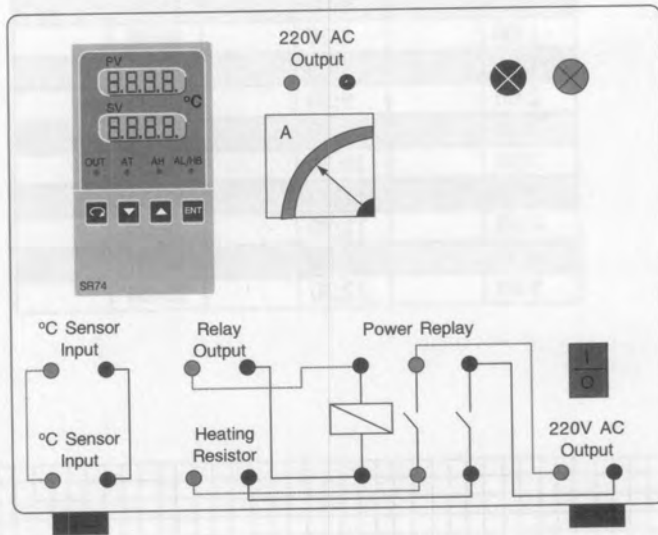
Σχήμα 18: Εσωτερική όψη της συσκευής

2.2.3 Εργαστηριακές ασκήσεις

1^η Εργαστηριακή Άσκηση – Έλεγχος ON - OFF

Πορεία Εργασίας

1. Συνδεσμολογήστε τη συσκευή όπως φαίνεται στο Σχ. 20.



Σχήμα 20: Συνδεσμολογία συσκευής

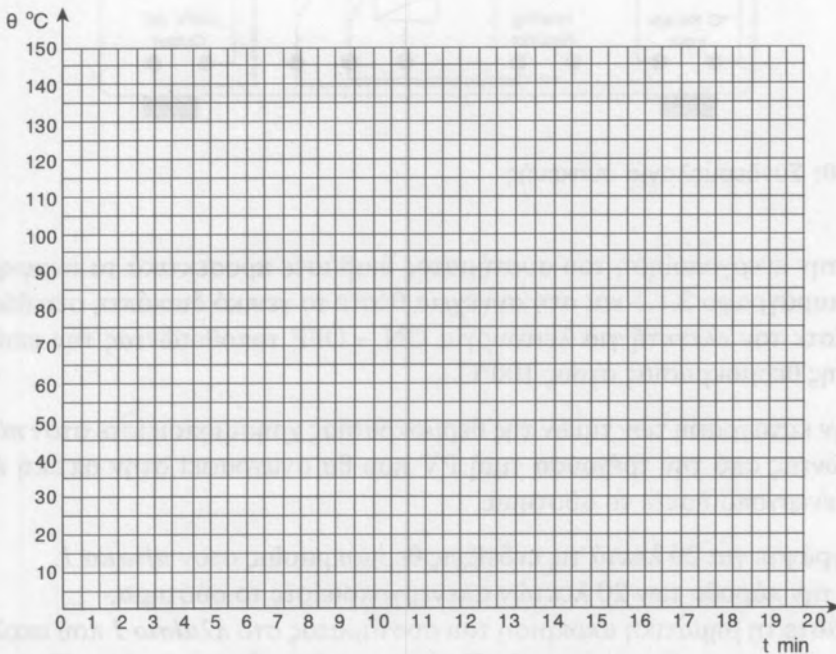
2. Πριν την ενεργοποίηση του συστήματος διαβάστε προσεκτικά τα αναφερόμενα στην παράγραφο 2.1.5 και στη συνέχεια θέστε το γενικό διακόπτη στη θέση «I».
3. Ρυθμίστε τον ελεγκτή για λειτουργία ON - OFF τοποθετώντας την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας στους 100°C.

Για την καταγραφή των τιμών της θερμοκρασίας χρησιμοποιείτε στον **πίνακα 1** ξεκινώντας από την τρέχουσα τιμή PV που θα αναγραφεί στην οπτική ένδειξη μόλις ενεργοποιήσετε το σύστημα.

4. Καταγράψτε για 20 λεπτά τις ενδείξεις θερμοκρασίας στον **πίνακα 1**.
5. Μετά την πάροδο των 20 λεπτών απενεργοποιήστε το σύστημα.
6. Σχεδιάστε τη βηματική απόκριση του συστήματος στο **πλαίσιο 1** που ακολουθεί.
7. Υπολογίστε το χρόνο υστέρησης T_u και το χρόνο εξισορρόπησης T_g και διαπιστώστε αν η προσέγγιση του συστήματος είναι ικανοποιητική.

t min:sec	θ °C ON-OFF	t min:sec	θ °C ON-OFF	t min:sec	θ °C ON-OFF
0:00		5:30		13:00	
0:10		6:00		13:30	
0:20		6:30		14:00	
0:30		7:00		14:30	
0:40		7:30		15:00	
0:50		8:00		15:30	
1:00		8:30		16:00	
1:30		9:00		16:30	
2:00		9:30		17:00	
2:30		10:00		17:30	
3:00		10:30		18:00	
3:30		11:00		18:30	
4:00		11:30		19:00	
4:30		12:00		19:30	
5:00		12:30		20:00	

Πίνακας 1



Πλαίσιο 1: Απόκριση του συστήματος σε έλεγχο ON-OFF

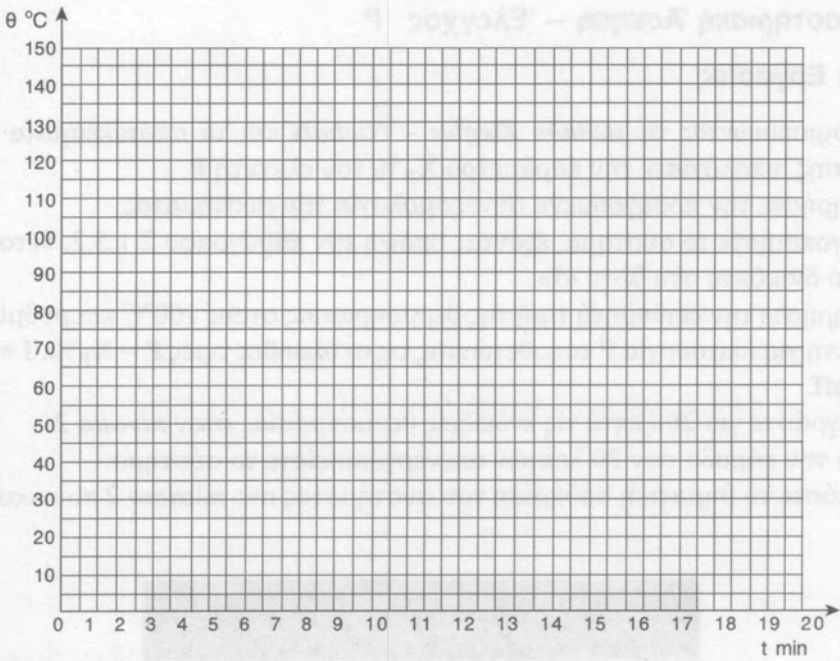
2^η Εργαστηριακή Άσκηση – Έλεγχος P

Πορεία Εργασίας

1. Χρησιμοποιώντας τη *μέθοδο Ziegler – Nichols* και τα αποτελέσματα της 1^{ης} άσκησης, υπολογίστε την παράμετρο $X_p\%$ του ελεγκτή P.
2. Διατηρήστε την προηγούμενη συνδεσμολογία του συστήματος.
3. Ενεργοποιήστε το σύστημα, έχοντας υπόψη την παράγραφο 2.1.5.2. θέτοντας το γενικό διακόπτη στη θέση «I».
4. Διατηρήστε την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας στους 100°C και ρυθμίστε τον ελεγκτή για λειτουργία P τοποθετώντας τις ακόλουθες τιμές $P = X_p\%$, $I = \text{off}$ και $D = \text{off}$.
5. Καταγράψτε για 20 λεπτά τις ενδείξεις θερμοκρασίας στον *πίνακα 2*.
6. Μετά την πάροδο των 20 λεπτών απενεργοποιείτε το σύστημα.
7. Σχεδιάστε τη βηματική απόκριση του συστήματος στο *πλαίσιο 2* που ακολουθεί.

t min:sec	θ °C P	t min:sec	θ °C P	t min:sec	θ °C P
0:00		5:30		13:00	
0:10		6:00		13:30	
0:20		6:30		14:00	
0:30		7:00		14:30	
0:40		7:30		15:00	
0:50		8:00		15:30	
1:00		8:30		16:00	
1:30		9:00		16:30	
2:00		9:30		17:00	
2:30		10:00		17:30	
3:00		10:30		18:00	
3:30		11:00		18:30	
4:00		11:30		19:00	
4:30		12:00		19:30	
5:00		12:30		20:00	

Πίνακας 2



Πλαίσιο 2: Απόκριση του συστήματος σε έλεγχο P

Time (min)	Temperature (°C)	Control Signal (°C)
0	100	100
1	100	100
2	100	100
3	100	100
4	100	100
5	100	100
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	100	100
10	100	100
11	100	100
12	100	100
13	100	100
14	100	100
15	100	100
16	100	100
17	100	100
18	100	100
19	100	100
20	100	100

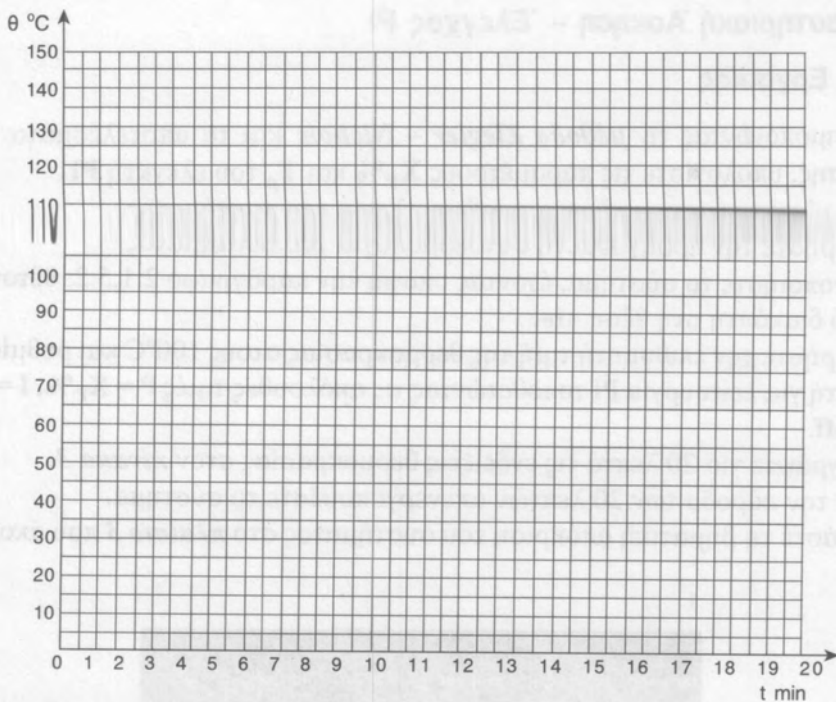
3^η Εργαστηριακή Άσκηση – Έλεγχος PI

Πορεία Εργασίας

- Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο *Ziegler – Nichols* και τα αποτελέσματα της 1^{ης} άσκησης, υπολογίστε τις παραμέτρους $X_P\%$ και T_n του ελεγκτή **PI**.
- Διατηρήστε την προηγούμενη συνδεσμολογία του συστήματος.
- Ενεργοποιήστε το σύστημα, έχοντας υπόψη την παράγραφο 2.1.5.2. θέτοντας το γενικό διακόπτη στη θέση «I».
- Διατηρήστε την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας στους 100°C και ρυθμίστε τον ελεγκτή για λειτουργία PI τοποθετώντας τις ακόλουθες τιμές $P = X_P\%$, $I = T_n$ και $D = \text{off}$.
- Καταγράψτε για 20 λεπτά τις ενδείξεις θερμοκρασίας στον **πίνακα 3**.
- Μετά την πάροδο των 20 λεπτών απενεργοποιήστε το σύστημα.
- Σχεδιάστε τη βηματική απόκριση του συστήματος στο **πλαίσιο 3** που ακολουθεί.

t min:sec	θ °C PI	t min:sec	θ °C PI	t min:sec	θ °C PI
0:00		5:30		13:00	
0:10		6:00		13:30	
0:20		6:30		14:00	
0:30		7:00		14:30	
0:40		7:30		15:00	
0:50		8:00		15:30	
1:00		8:30		16:00	
1:30		9:00		16:30	
2:00		9:30		17:00	
2:30		10:00		17:30	
3:00		10:30		18:00	
3:30		11:00		18:30	
4:00		11:30		19:00	
4:30		12:00		19:30	
5:00		12:30		20:00	

Πίνακας 3



Πλαίσιο 3: Απόκριση του συστήματος σε έλεγχο PI

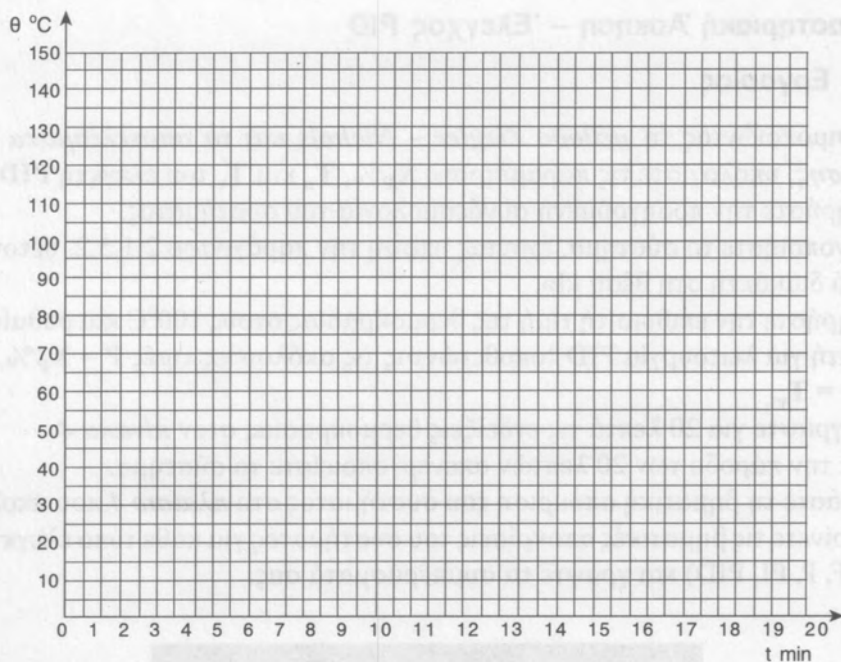
4^η Εργαστηριακή Άσκηση – Έλεγχος PID

Πορεία Εργασίας

- Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο *Ziegler – Nichols* και τα αποτελέσματα τις 1^{ης} άσκησης, υπολογίστε τις παραμέτρους $X_P\%$, T_n και T_v του ελεγκτή PID.
- Διατηρήστε την προηγούμενη συνδεσμολογία του συστήματος.
- Ενεργοποιήστε το σύστημα, έχοντας υπόψη την παράγραφο 2.1.5.2. θέτοντας το γενικό διακόπτη στη θέση «I».
- Διατηρήστε την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας στους 100°C και ρυθμίστε τον ελεγκτή για λειτουργία PID τοποθετώντας τις ακόλουθες τιμές $P = X_P\%$, $I = T_n$ και $D = T_v$.
- Καταγράψτε για 20 λεπτά τις ενδείξεις θερμοκρασίας στον *πίνακα 4*.
- Μετά την πάροδο των 20 λεπτών απενεργοποιείστε το σύστημα.
- Σχεδιάστε τη βηματική απόκριση του συστήματος στο *πλαίσιο 4* που ακολουθεί.
- Συγκρίνετε τις βηματικές αποκρίσεις του συστήματος για κάθε τύπο ελεγκτή (ON – OFF, P, PI, PID) και γράψτε τα συμπεράσματά σας.

t min:sec	θ °C PID	t min:sec	θ °C PID	t min:sec	θ °C PID
0:00		5:30		13:00	
0:10		6:00		13:30	
0:20		6:30		14:00	
0:30		7:00		14:30	
0:40		7:30		15:00	
0:50		8:00		15:30	
1:00		8:30		16:00	
1:30		9:00		16:30	
2:00		9:30		17:00	
2:30		10:00		17:30	
3:00		10:30		18:00	
3:30		11:00		18:30	
4:00		11:30		19:00	
4:30		12:00		19:30	
5:00		12:30		20:00	

Πίνακας 4



Πλαίσιο 4: Απόκριση του συστήματος σε έλεγχο PID

Time (min)	Temperature (°C)
0	20
1	20
2	20
3	20
4	20
5	20
6	20
7	20
8	20
9	20
10	20
11	20
12	20
13	20
14	20
15	20
16	20
17	20
18	20
19	20
20	20