

Ε.Μ.Πολυτεχνείο  
Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας

**Συγκρότηση θερμοϋδραυλικού κυκλώματος νερού-ατμού**

**Φάση-Ι. Εγκατάσταση Δοχείου Βρασμού και σχετικών  
διατάξεων μεταλλακτών απευθείας συνδεδεμένων σε Η/Υ..**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΦΩΤΕΙΝΟΠΟΥΛΟΥ**

Σπουδαστή της Σχολής  
Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π

Επίβλεψη: Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ Ε.Π Χίνης

Συνεργασία: Α.Α Νικόγλου, ΥΔ ΕΜΠ

**ΑΘΗΝΑ 2008**

Μελέτη της κατάστασης κορεσμού δοχείου βρασμού νερού – ατμού για πιέσεις 1 έως 5 bar.....	1
1. Εισαγωγή.....	4
2 . Δοχείο Βρασμού του νέου ΘΥΚ του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ .....	6
2.1 Γεωμετρικά και Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....	7
2.2 Πίνακες και Σχήματα κεφαλαίου 2.....	12
3 Ηλεκτρική τροφοδοσία δοχείου βρασμού, εγκατάσταση μετρητικών διατάξεων και διατάξεων ελέγχου. ....	21
3.1 Ηλεκτρικές αντιστάσεις.....	21
3.2 Μεταλλάκτης πίεσης & ψηφιακός ελεγκτής – ενδεικτικό.....	22
3.3 Ψηφιακός ελεγκτής – ενδεικτικό μεταλλάκτη πίεσεως.....	23
3.4 Μεταλλάκτες θερμοκρασίας.....	25
3.5 Ψηφιακός ελεγκτής θερμοστοιχείου.....	26
3.6 Ηλεκτροβάνες.....	28
3.7 Ατμοπαγίδα.....	29
3.8 Σύστημα ελέγχου στάθμης.....	30
3.8.1 Ανιχνευτές στάθμης τύπου αγωγιμότητας.....	31
3.8.2 Ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου στάθμης.....	32
3.9 Μανόμετρο Επαφών.....	33
3.9.1 Απλής επαφής.....	34
3.9.2 Διπλών επαφών.....	35
3.10 Ηλεκτρολογικό κύκλωμα δοχείου βρασμού.....	37
4.Σύνδεση μεταλλακτών και συσκευών επενέργειας απευθείας σε Η/Υ.....	57
4.1 Αναλογοψηφιακός μετατροπέας.....	57
4.2 Τερματική Πλακέτα.....	66
4.3 Εξωτερικός Πολυπλέκτης.....	67
5.Λογισμικό καταγραφής θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού.....	79
5.1 Επιλογή προγράμματος καταγραφής θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού.....	79
5.2 Περιγραφή του προγράμματος.....	80
5.3 Υπορουτίνα NORMAL.....	82
5.3.1 Υπορουτίνα PWAY.....	83
5.3.2 Υπορουτίνα VALVES (SOWAY - _S1WAY ).....	83
5.3.3 Υπορουτίνα RESIS.....	84
5.4 Υπορουτίνες του προγράμματος.....	85
6.Δοκιμές λειτουργίας σε πιέσεις 1 έως 7 bar.....	92
7.Συμπεράσματα – Επισημάνσεις.....	95

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Κεντρικός σκοπός της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας είναι το αρχικό στάδιο συγκρότησης Θερμοϋδραυλικού κυκλώματος νερού – ατμού και ειδικότερα η εγκατάσταση Δοχείου βρασμού νερού – ατμού και των σχετικών διατάξεων μεταλλακτών απευθείας συνδεδεμένων σε Η/Υ.

Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην ορθή και ασφαλή λειτουργία του κυκλώματος και κυρίως των ηλεκτρικών αντιστάσεων που βρίσκονται στο εσωτερικό του Δοχείου βρασμού μέσω της εποπτείας των φυσικών μεγεθών πίεσης και θερμοκρασίας σε αυτό και του ελέγχου της στάθμης του νερού. Κατά την εκπόνηση της παρούσης εργασίας έγινε μελέτη, προμήθεια και τοποθέτηση των συγκεκριμένων διατάξεων ελέγχου και αναφοράς όπως επίσης και οι απαραίτητες ρυθμίσεις στις χρησιμοποιούμενες καρτέλες αναλογιοψηφιακού μετατροπέα και πολυπλέκτη και στα προγράμματα του υπολογιστή για την συλλογή των μετρήσεων. Τέλος, πραγματοποιήθηκε και πείραμα εξακρίβωσης της σωστής λειτουργίας της εγκατάστασης.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία ολοκληρώθηκε στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π κατά το χρονικό διάστημα : Νοέμβριος 2005-Μάρτιος 2008. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της. Αρχικά ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Ε.Π Χίνη για την ανάθεση του θέματος, την εποπτεία της εργασίας και την ουσιαστική συνδρομή του κατά την διεξαγωγή της. Επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα του Τομέα Α.Α Νικόγλου για την καθημερινή βοήθεια που μου παρείχε όπως και όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου για την έμπρακτη συμπαράστασή τους. Τέλος, οι ευχαριστίες επεκτείνονται και στον συμφοιτητή μου Α. Σίψα που εκπονούσε στην ίδια χρονική περίοδο την Διπλωματική του Εργασία, με παράλληλο θέμα με του γράφοντος και με τον οποίο υπήρχε άριστη συνεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών, απόψεων και αμοιβαία βοήθεια.

# 1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η σχεδίαση και κατασκευή ενός Κλειστού *Θερμοϋδραυλικού Κυκλώματος* εργαζόμενου μέσου νερού-ατμού,

Στον Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υπάρχει ήδη και λειτουργεί από το 1991 κλειστό Θερμοϋδραυλικό Κύκλωμα<sup>1</sup> εργαζόμενου μέσου νερού, με απώτερο σκοπό την εκτέλεση πειραμάτων προσομοίωσης φαινομένων που λαμβάνουν χώρα τόσο κατά την κανονική λειτουργία των Πυρηνικών Αντιδραστήρων Ισχύος<sup>2</sup> όσο και κατά την περίπτωση ατυχημάτων απώλειας ψυκτικού. Το τμήμα δοκιμών του κυκλώματος προσομοιάζει μία ράβδο πυρηνικού καυσίμου και το αντίστοιχο υδραυλικό κανάλι αυτής. Το ΘΥΚ αυτό ολοκληρώθηκε στα πλαίσια Διδακτορικής Διατριβής<sup>3</sup> [1] και εν συνεχεία εκπονήθηκαν Διπλωματικές Εργασίες<sup>4</sup> [2,3,4], εργαστηριακές ασκήσεις προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μαθημάτων αλλά και επιστημονικές εργασίες [6, 7].

Για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών της προπτυχιακής και μεταπτυχιακής εκπαίδευσης αλλά και της βασικής έρευνας κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή νέου εξελιγμένου ΘΥΚ, για την περαιτέρω διεύρυνση του πειραματικού πεδίου στον τομέα της θερμοϋδραυλικής ανάλυσης ΠΑΙ.

Η παρούσα ΔΕ πραγματεύεται την *εγκατάσταση* του δοχείου βρασμού του ΘΥΚ. Με τον όρο *εγκατάσταση* εννοούμε την υδραυλική διασύνδεση, την τοποθέτηση των ηλεκτρικών αντιστάσεων και του ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας αυτών, την τοποθέτηση μετρητικών διατάξεων και διατάξεων ελέγχου καθώς και τη διασύνδεση αυτών απ' ευθείας σε Η/Υ με σκοπό την καταγραφή και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης λειτουργίας του δοχείου. Επιπλέον σε συνεργασία με τον συνάδελφο Αντώνη Σίψα, ο οποίος εκπονούσε παράλληλα την ΔΕ του [8], με συναφές αντικείμενο καθώς αφορά στην *εγκατάσταση* του δοχείου συγκέντρωσης του ΘΥΚ, τροποποιήθηκε κατάλληλα ο υπολογιστικός κώδικας της ΔΔ [1], που απεικονίζει το μιμικό διάγραμμα της προϋπάρχουσας εγκατάστασης, έτσι ώστε να προσαρμοστεί στα δεδομένα του νέου ΘΥΚ. Τέλος σε συνεργασία και πάλι με τον

---

<sup>1</sup> Εφεξής ΘΥΚ

<sup>2</sup> Εφεξής ΠΑΙ

<sup>3</sup> Εφεξής ΔΔ

<sup>4</sup> Εφεξής ΔΕ

γράφοντα τη ΔΕ [8] σχεδιάστηκαν σε Η/Υ λεπτομερέστατες απεικονίσεις της εγκατάστασης σε δύο και τρεις διαστάσεις. Αναλυτικότερα στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται γενική αναφορά στο ΘΥΚ και ειδικότερα στο δοχείο βρασμού, τόσο στα γεωμετρικά και κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά όσο και στους κλάδους σωληνώσεων που καταλήγουν σε αυτό. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι σταθμοί μέτρησης φυσικών μεγεθών του δοχείου πίεσης και θερμοκρασίας, και ασφαλής λειτουργίας των θερμικών αντιστάσεων που φέρει. Στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζονται ο αναλογοψηφιακός μετατροπέας και ο πολυπλέκτης της μονάδας, η ακριβής τους συνδεσμολογία και οι μετρητικές διατάξεις που καταλήγουν σε αυτούς. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στο λογισμικό που χρησιμοποιείται για την καταγραφή και απεικόνιση σε μιμικό διάγραμμα της εγκατάστασης των θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού και των συσκευών δισταθούς κατάστασης λειτουργίας. Το έκτο κεφάλαιο πραγματεύεται την συλλογή και καταγραφή των παρατηρούμενων αποτελεσμάτων κατά τις δοκιμές λειτουργίας της εγκατάστασης, τα συμπεράσματα, οι επισημάνσεις και οι τυχόν ελλείψεις ή βελτιώσεις των οποίων συγκεντρώνονται στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο.

## 2 Δοχείο Βρασμού του νέου ΘΥΚ του Εργαστηρίου Πυρηνικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ

Το δοχείο βρασμού της εγκατάστασης έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε ανάλογο ΘΥΚ εργαζόμενου μέσου Freon-113 [8], σχηματική παράσταση του οποίου δίνεται στο Σχήμα 2-1. Τόσο το Δοχείο βρασμού όσο και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στο νέο ΘΥΚ έχουν δωρηθεί στο ΕΠΤ-ΕΜΠ από το Imperial College of Science & Technology του Ηνωμένου Βασιλείου.

Στην υπό συγκρότηση εγκατάσταση το νερό προβλέπεται να θερμαίνεται στο δοχείο βρασμού μέσω ηλεκτρικών αντιστάσεων και στη συνέχεια να οδηγείται μέσω ενός σωλήνα στο τμήμα δοκιμών χρησιμοποιώντας την δύναμη της βαρύτητας. Μετά το πέρασμα από το Τμήμα Δοκιμών. Το θερμό νερό θα επιστρέφει στο δοχείο συγκέντρωσης, όπου παραμένει για να ψυχθεί μέχρι μια επιθυμητή θερμοκρασία. Στη συνέχεια, με την χρησιμοποίηση της αντλίας επιστρέφει στο δοχείο βρασμού.

Ορισμένα παραδείγματα πειραμάτων που είναι δυνατόν να διεξαχθούν στο ΘΥΚ είναι :

- Πειράματα προσομοίωσης κανονικής λειτουργίας ΠΑΙ για τη μελέτη της υπόψυκτης ή κορεσμένης μετάδοσης θερμότητας νερού.
- Πειράματα προσδιορισμού της κρίσιμης θερμικής ροής τυπικού καναλιού ΠΑΙ
- Πειράματα ημισταθερής και μεταβατικής κατάστασης κατά την επανάψυξη υπερθερμανθείσας ράβδου τυπικού καναλιού ΠΑΙ.

Τα παραπάνω είναι ορισμένα μόνο από το μεγάλο εύρος πειραμάτων που μπορούν να πραγματοποιηθούν λόγω του μεγάλου εύρους συνθηκών πίεσης, παροχής υγρού και ατμού και θερμοκρασίας που μπορεί να επιτευχθούν στην είσοδο του τμήματος δοκιμών.

Οι κύριες συνιστώσες από τις οποίες συγκροτείται η εγκατάσταση είναι το δοχείο βρασμού, το τμήμα δοκιμών και το δοχείο συγκέντρωσης. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί διεξοδικά το δοχείο βρασμού, τα γεωμετρικά και κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του.

Ενώ χρησιμοποιήθηκε η ίδια βασική αρχή λειτουργίας του ΘΥΚ όπως και στην ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση εν τούτοις τα δοχεία βρασμού και συγκεντρώσεως είναι

διαφορετικά στη νέα ( ΘΥΚ-II ). Οι εφαρμογές και χρήσεις τους παραμένουν ίδιες, αλλά άλλαξαν κάποια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.

## **2.1 Γεωμετρικά και Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.**

Το δοχείο έγινε δωρεά στο ΕΠΤ-ΕΜΠ από το Imperial College της Αγγλίας και κατασκευάστρια εταιρία είναι η G.G Engineering London.

TYPE: TP.180-PSI

SERIAL: VF6262

Το σχήμα του είναι κυλινδρικό με μήκος περίπου διπλάσιο της διαμέτρου του, ενώ στο μέσο της παράπλευρης επιφάνειάς του φέρει κώδωνα κυλινδρικού σχήματος στον οποίο συλλέγεται ατμός από το εργαζόμενο μέσο.

Το εργαζόμενο μέσο (στην περίπτωσή μας νερό) θερμαίνεται μέσω δύο ηλεκτρικών αντιστάσεων συνολικής ισχύος 40 kW ( 2·20kW) και στη συνέχεια οδηγείται προς το τμήμα δοκιμών. Η απαγωγή του νερού γίνεται από το κάτω μέρος του δοχείου. Σύμφωνα με ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν στο δοχείο καθορίστηκαν τα ακόλουθα όρια:

1. Όριο ελέγχου υδραυλικής πίεσης: 12.41 Bar
2. Όριο σχεδίασης: 8.96 Bar
3. Όριο ασφαλούς λειτουργίας: 6,89 Bar

Αν και η ονομασία του υποδηλώνει την θέρμανση του νερού μέχρι το σημείο βρασμού του, αυτό εξαρτάται από τα φαινόμενα ροής που επιθυμούμε να δημιουργηθούν. Στην περίπτωση της μονοφασικής ροής και υπό συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης το νερό δεν φτάνει σε κατάσταση βρασμού. Απλώς θερμαίνεται μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία

Τα κύρια γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δοχείου (ο κώδωνας ατμού αγνοείται) είναι τα εξής :

Ακτίνα ( $r$ ): 370mm

Μήκος ( $L$ ): 1370mm

Θεωρώντας το δοχείο κυλινδρικό και αγνοώντας τις καμπυλότητες των πλαϊνών επιφανειών (βλ. Σχ 2-2) ο συνολικός όγκος του ισούται με  $0.589 \text{ m}^3$ , ο οποίος προκύπτει από τον ακόλουθο τύπο:

$$V_{total} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \quad 2-1$$

Ο όγκος του δοχείου που έχει βρεθεί ισούται και με τον όγκο νερού που θα περιέχεται όταν θα είναι τελείως γεμάτο. Δεδομένου ότι το δοχείο φέρει οπτικό σταθμοδείκτη, είναι πολύ χρήσιμη η δυνατότητα υπολογισμού του όγκου νερού στο δοχείο ανάλογα με την εκάστοτε στιγμιαία στάθμη.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2-2 θεωρούμε:

D: διάμετρος κυλίνδρου

y: ύψος στάθμης νερού

L: μήκος κυλίνδρου

θ: γωνία που αντιπροσωπεύει πόσο γεμάτος είναι ο κύλινδρος

T : τόξο γωνίας θ

Ο όγκος του δοχείου εξαρτάται από την τιμή της γωνίας θ και δίνεται από τον τύπο :

$$V = \frac{L \cdot D^2}{8} \cdot (\theta - \sin \theta) \quad 2-2$$

Ο συσχετισμός της γωνίας θ με το ύψος που είναι και το επιθυμητό μέγεθος γίνεται μέσω του τύπου εύρεσης τόξου γωνίας θ ως εξής :

$$T = 2\sqrt{y(D-y)} = D \sin \frac{\theta}{2} \quad 2-3$$

Επιλύνοντας την σχέση 2-3 ως προς θ και αντικαθιστώντας στη 2-2 προκύπτει η σχέση 2-4 εύρεσης του όγκου του νερού στο δοχείο βρασμού ανάλογα της στάθμης του.

$$V = L \cdot \left[ \left( r^2 \cdot \arccos \frac{r-y}{y} \right) - \left( \sqrt{(2ry - y^2)} \cdot (r-y) \right) \right] \quad 2-4$$

Για τιμές του  $y$  από το 0-0.74 m ( όσο είναι δηλαδή η διάμετρος του δοχείου) και με βήμα 0.05 m, σχηματίζεται ο Πίνακας 2-1 και η γραφική παράσταση του Σχήματος 2-3

Εκτός των κύριων διαστάσεων του δοχείου βρασμού θα αναφερθούν ακόμα οι απολήξεις και οι φλάντζες που διαθέτει όπως και οι κλάδοι σωληνώσεων που καταλήγουν σε αυτές.

Στο κάτω μέρος του δοχείου υπάρχουν δύο απολήξεις, μία στο κέντρο και μία στο τμήμα προς τις αντιστάσεις, ίδιας διαμέτρου 23 mm τις οποίες προσαρμόζονται κοχλιωτές φλάντζες διαμέτρου 11 cm. ( No 6 και No 7 Σχήμα 2.5)

Η κεντρική απόληξη χρησιμοποιείται για την αποχέτευση του νερού του δοχείου, μέσω υδραυλικής σωλήνας διάστασης  $\frac{3}{4}$ ". Η δεύτερη απόληξη πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τον κλάδο εισόδου του νερού στο τμήμα δοκιμών. Και στις δύο απολήξεις προσαρμόζονται θερμοστοιχεία τύπου K μήκους 410 mm, για την μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού, τα οποία καταλήγουν στο box ελέγχου του δοχείου και στον αναλογοψηφιακό μετατροπέα αντίστοιχα (βλ § 4.1). Στη μία πλευρά του δοχείου βρίσκονται οι αντιστάσεις και μία ακόμα απόληξη (βλ. Σχήμα 2.5)

Οι αντιστάσεις και η ηλεκτρική σύνδεσή τους θα αναφερθούν παρακάτω. Απλά αναφέρεται ότι βρίσκονται στο κάτω μέρος της συγκεκριμένης επιφάνειας του δοχείου. Στην άλλη απόληξη διαμέτρου 23 mm προσαρμόζεται φλάντζα διαμέτρου 11 cm η οποία διαθέτει σπείρωμα  $1/2$ " και παραμένει ταπωμένη.

Στο άλλο πλαϊνό μέρος του δοχείου υπάρχουν τρεις απολήξεις:

Η κεντρική φλάντζα (No 9 σχήμα 2.5) παραμένει ταπωμένη και οι άλλες δύο (No 10,11 σχήμα 2.5) χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση οπτικού σταθμοδείκτη. Αποτελεί και αυτός δωρεά του Imperial College όπως και τα δύο δοχεία. Κατασκευάστρια εταιρία είναι η Klinger , το μοντέλο είναι το 200974 και ο τύπος του DC TYPE. (Σχήμα 2.4)

Χρησιμοποιεί την απλή αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων δείχνοντας κάθε φορά στο διάφανο τμήμα που διαθέτει την αντίστοιχη στάθμη του νερού μέσα στο δοχείο βρασμού. Στα άκρα του φέρει σφαιρικούς διακόπτες  $1/2$ " οι οποίοι επιτρέπουν την απομόνωση του από το δοχείο για μεγαλύτερη ασφάλεια στην περίπτωση λειτουργίας υπό πίεση. Στο κάτω μέρος του υπάρχει μία βάνα με σπείρωμα  $1/2$ " από την οποία μπορούμε να αδειάζουμε το όργανο.

Στο άνω μέρος του δοχείου βρίσκονται πέντε απολήξεις οι οποίες έχουν ως εξής:

Η κεντρική φλάντζα διαμέτρου 21 cm (No 1 σχ. 2.5 ) στην κορυφή του κώδωνα ατμοποίησης στην αρχή διέθετε ένα σιδερένιο εξάρτημα το οποίο βοηθούσε στην μεταφορά και τοποθέτηση του δοχείου πάνω στο ικρίωμα. Το εξάρτημα αυτό απομακρύνθηκε και παραγγέλθηκε νέα φλάντζα για το τάπωμα του δοχείου η οποία έχει τις επιθυμητές αναμονές.

Στο κέντρο της νέας φλάντζας διαμέτρου 35 cm υπάρχει οπή με υδραυλικό σπείρωμα 1'' από όπου ξεκινάει ο κλάδος απαγωγής του ατμού, που δημιουργείται στο ανώτατο τμήμα του δοχείου και οδηγείται προς το τμήμα δοκιμών. Στην φλάντζα υπάρχουν ακόμα τέσσερις μαστοί υδραυλικού σπειρώματος 1/2'', τοποθετημένοι πάνω της σε κυκλικό σχηματισμό γύρω από την κεντρική απόληξη και σε απόσταση 30 mm από αυτή. Οι αναμονές αυτές προορίζονται για την τοποθέτηση του θερμοστοιχείου ατμού, των δύο σταθμομέτρων επαφής και του μεταλλάκτη πίεσης. Στην διπλανή απόληξη (No 2 σχ. 2.5) υπάρχει φλάντζα διαμέτρου 23 mm με υδραυλικό σπείρωμα 3/4''. Με την χρήση μαστού και συστολής το σπείρωμα μετατρέπεται σε 1/2'' και τοποθετούνται σε σειρά ένα συμβατικό μανόμετρο και ένα μανόμετρο επαφών.

Η τελευταία προς αυτήν την πλευρά απόληξη διαμέτρου 19 mm (No 3 σχ. 2.5) καταλήγει σε μονό σιφόνι με σφαιρικό διακόπτη με σπείρωμα 3/8''. Ο διακόπτης τοποθετείται στη θέση 'κλειστός' και επιπλέον ταπώνεται. Από την άλλη πλευρά της κεντρικής φλάντζας υπάρχουν δύο ακόμα απολήξεις. Η απόληξη (No 4 σχ. 2.5) διαμέτρου 58 mm φέρει φλάντζα διαμέτρου 16 cm με υδραυλικό σπείρωμα 3/4'' στην οποία καταλήγουν δύο κλάδοι διαμέτρου 1/2'' και 1'' οι οποίοι έχουν ως εξής: (α) κλάδος πλήρωσης του δοχείου κατ' ευθείαν από το δίκτυο ύδρευσης και (β) κλάδος κατάθλιψης της αντλίας του κυκλώματος, αντίστοιχα.

Η δεύτερη απόληξη (No 5 σχ. 2.5) διαμέτρου 23 mm φέρει φλάντζα διαμέτρου 11 cm και σπειρώματος 1/2 '' στην οποία καταλήγουν δύο κλάδοι του κυκλώματος οι οποίοι αποτελούν την επικοινωνία του δοχείου με την ατμόσφαιρα. Ο ένας κλάδος φέρει δύο ασφαλιστικά τα οποία ρυθμίσθηκαν να ανοίγουν όταν η απόλυτη πίεση υπερβεί τα 8 bar στο δοχείο. Ο άλλος κλάδος φέρει ηλεκτροβάννα, έτσι ώστε να μπορούμε να απομονώνουμε το δοχείο από την ατμόσφαιρα από τον πίνακα ελέγχου της εγκατάστασης, και ατμοπαγίδα έτσι ώστε κατά τη διαδικασία ατμοπαραγωγής ο αέρας που προϋπάρχει στο δοχείο να μπορεί να διαφύγει ο δε ατμός να παραμείνει στο δοχείο. Αμφότεροι οι κλάδοι συνδέονται σε κοινό σωλήνα διαμέτρου 3/4'' και καταλήγουν εκτός του κτιρίου της εγκατάστασης.

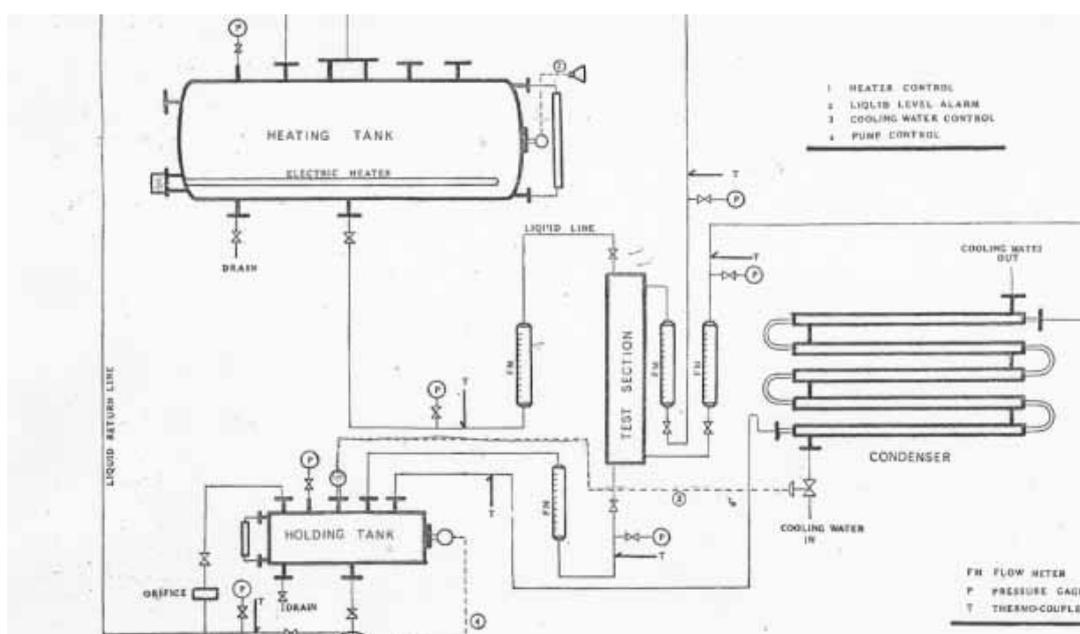
Στο σχήμα 2.5 παρουσιάζονται οι κύριες διαστάσεις του δοχείου βρασμού και στο σχήμα 2.6 οι αντιστάσεις και τα όργανα που έχουν τοποθετηθεί με τις αντίστοιχες κύριες διαστάσεις. Επίσης παρατίθενται τα σχήματα 2.7 έως 2.13 στα οποία απεικονίζονται η γενική, πλάγια και άνω όψη της εγκατάστασης, τομή του φρεατίου και του ικριώματος και αναλυτικό σχέδιό της.

## 2.2 Πίνακες και Σχήματα κεφαλαίου 2

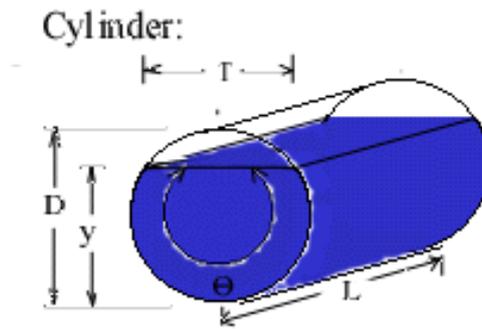
**Πίνακας 2-1:** Όγκος νερού στο δοχείο βρασμού, ανάλογα με το ύψος της στάθμης σε αυτό.

Ύψος στάθμης νερού (m)	Όγκος νερού (m <sup>3</sup> )
0,00	0,00
0,05	0,04
0,10	0,07
0,15	0,11
0,20	0,15
0,25	0,19
0,30	0,23
0,35	0,28
0,40	0,32
0,45	0,36
0,50	0,41
0,55	0,45
0,60	0,49
0,65	0,52
0,70	0,56
0,74	0,59

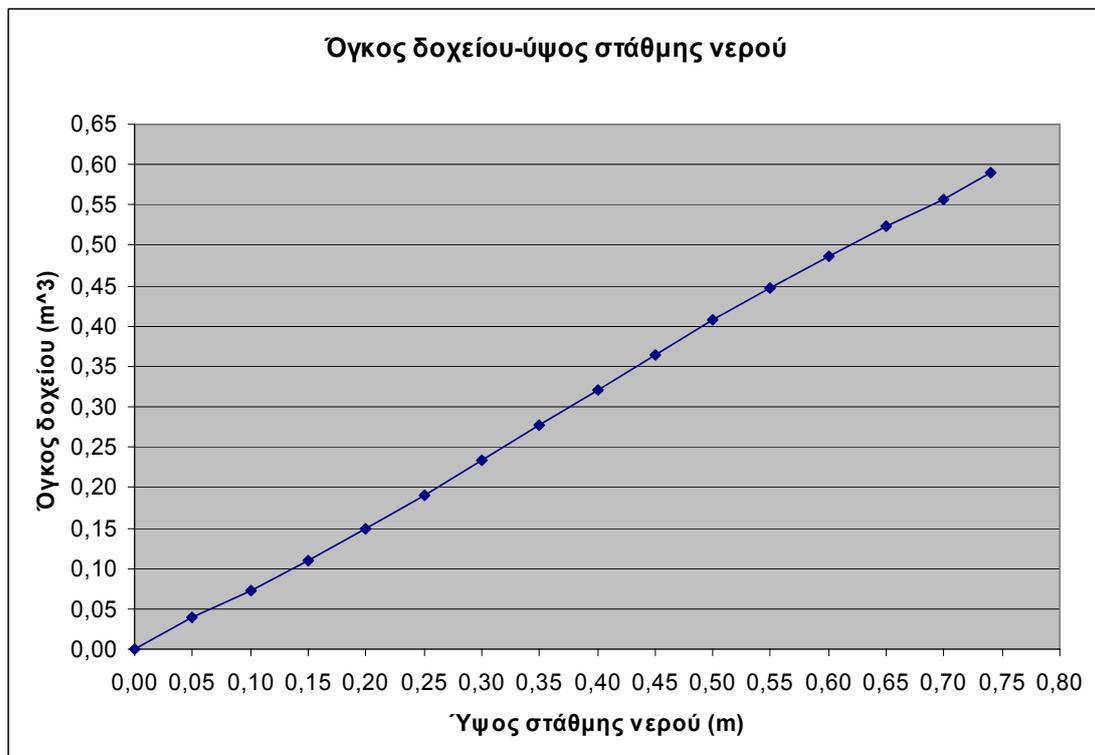
**Σχήμα 2-1:** Μονογραμμικό σχέδιο αντίστοιχου ΘΥΚ στο οποίο είχε χρησιμοποιηθεί το δοχείο βρασμού [8].



Σχήμα 2-2: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυλίνδρου δοχείου.



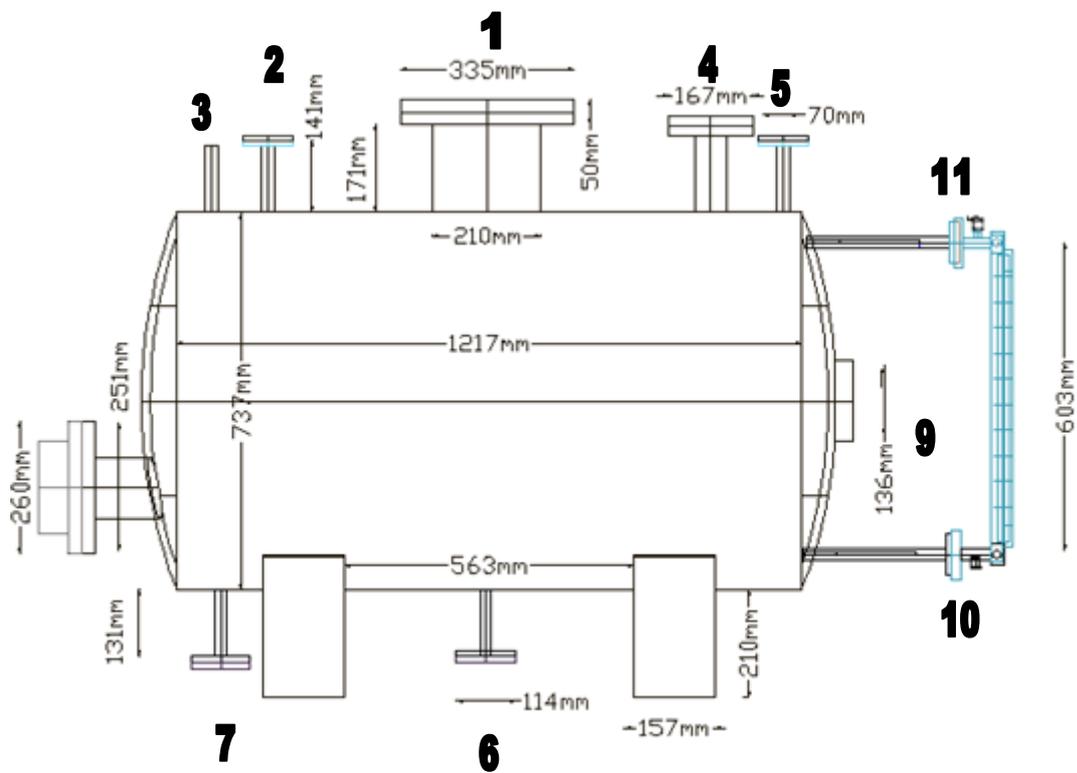
Σχήμα 2-3: Γραφική παράσταση της συνάρτησης 2-4.



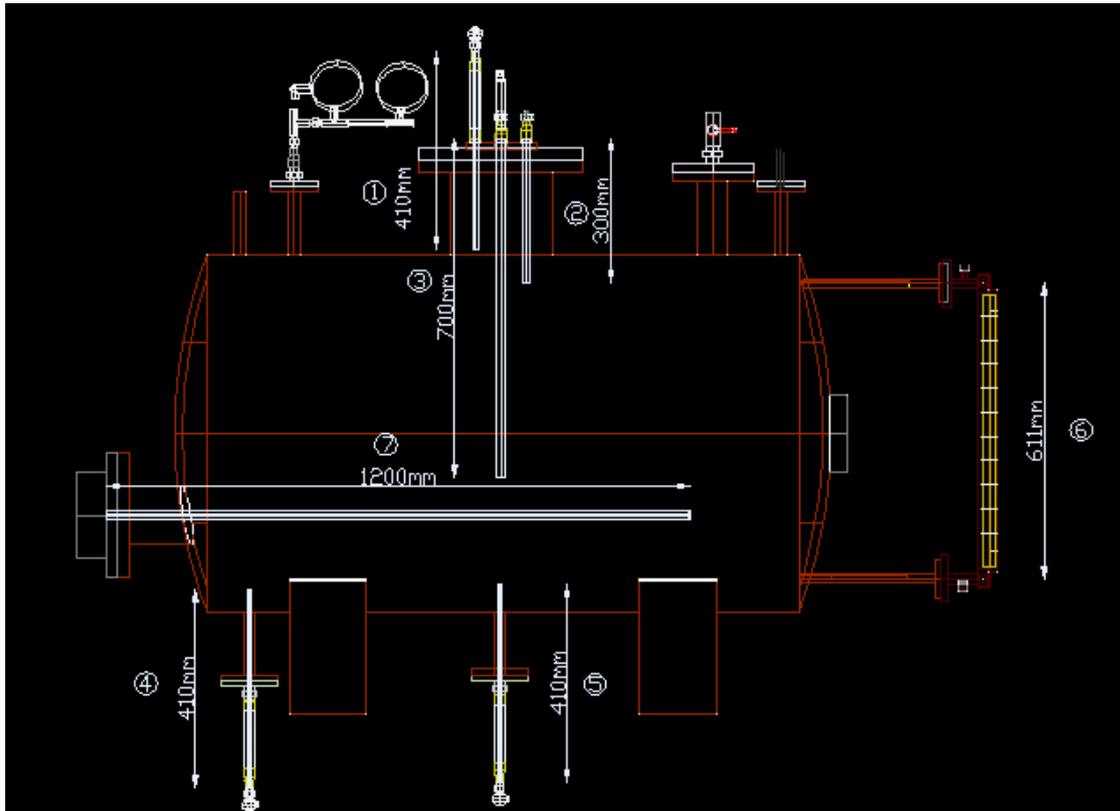
Σχήμα 2-4: Οπτικός σταθμοδείκτης δοχείου βρασμού.



Σχήμα 2-5: Πλάγια όψη του δοχείου βρασμού.



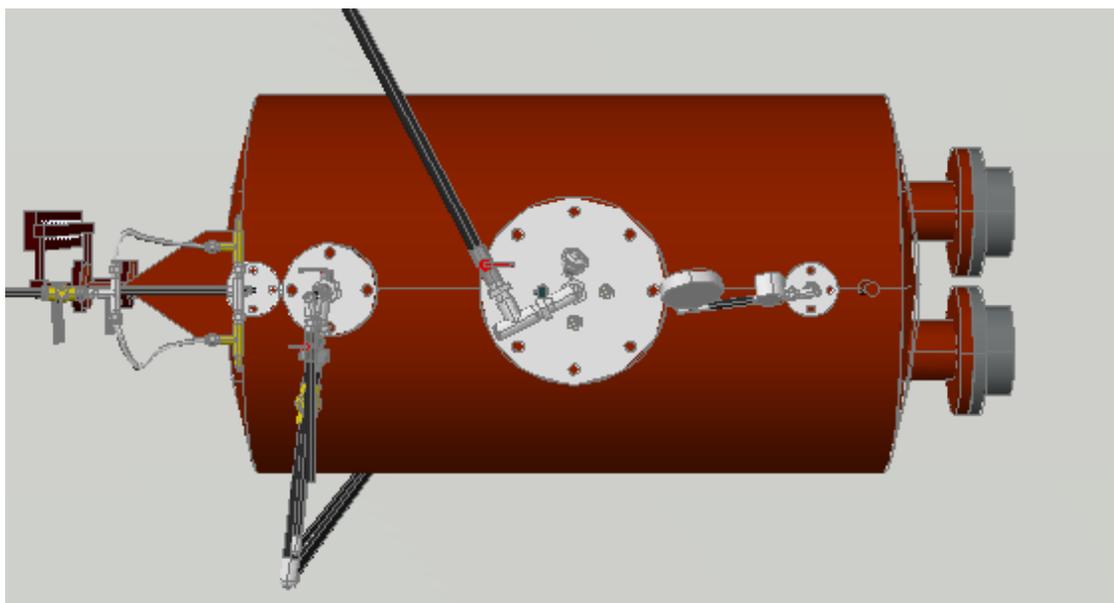
Σχήμα 2-6: Πλάγια όψη του δοχείου βρασμού



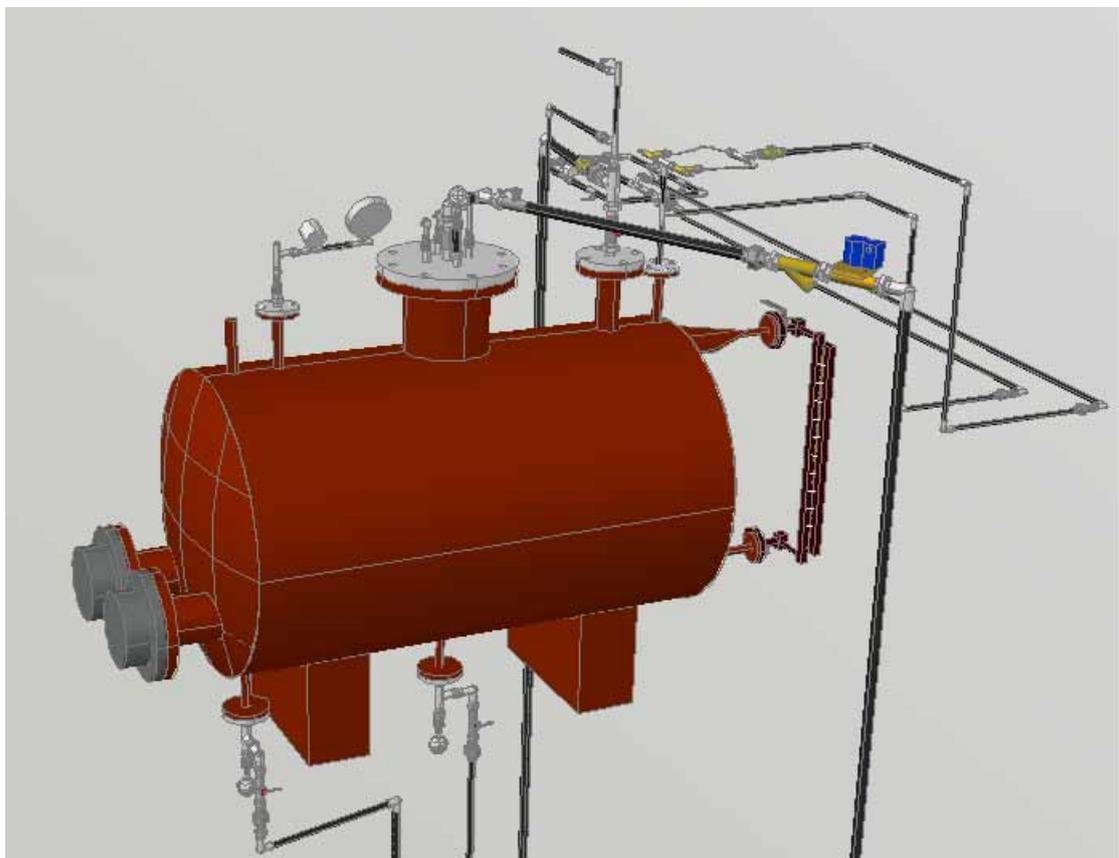
1. : θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας ατμού
2. : έλεγχος άνω στάθμης νερού
3. : έλεγχος κάτω στάθμης νερού
4. : θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας νερού
5. : θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας νερού
6. : οπτικός σταθμοδείκτης
7. : θερμικές αντιστάσεις



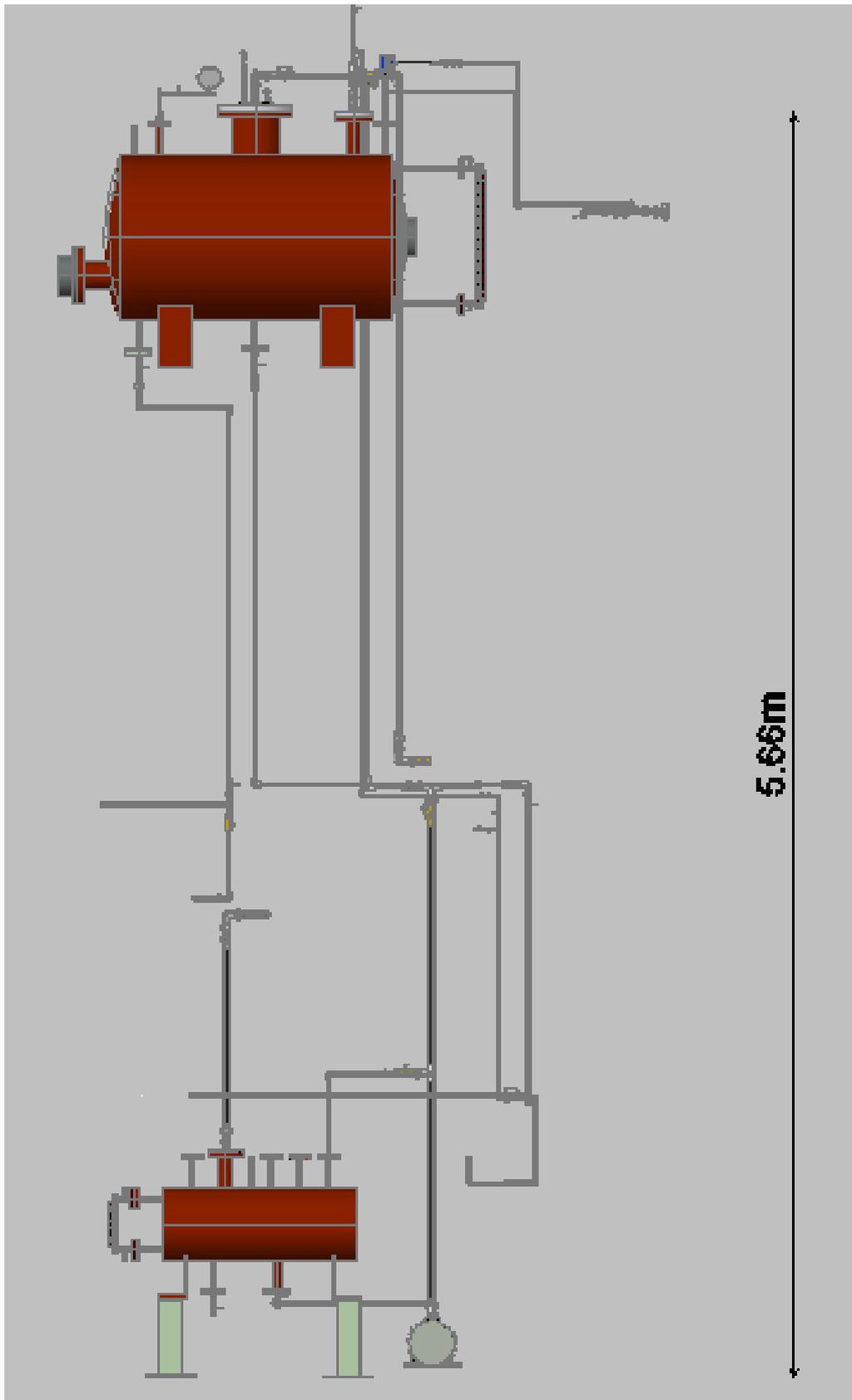
Σχήμα 2-7: Εμπρόσθια όψη του δοχείου βρασμού



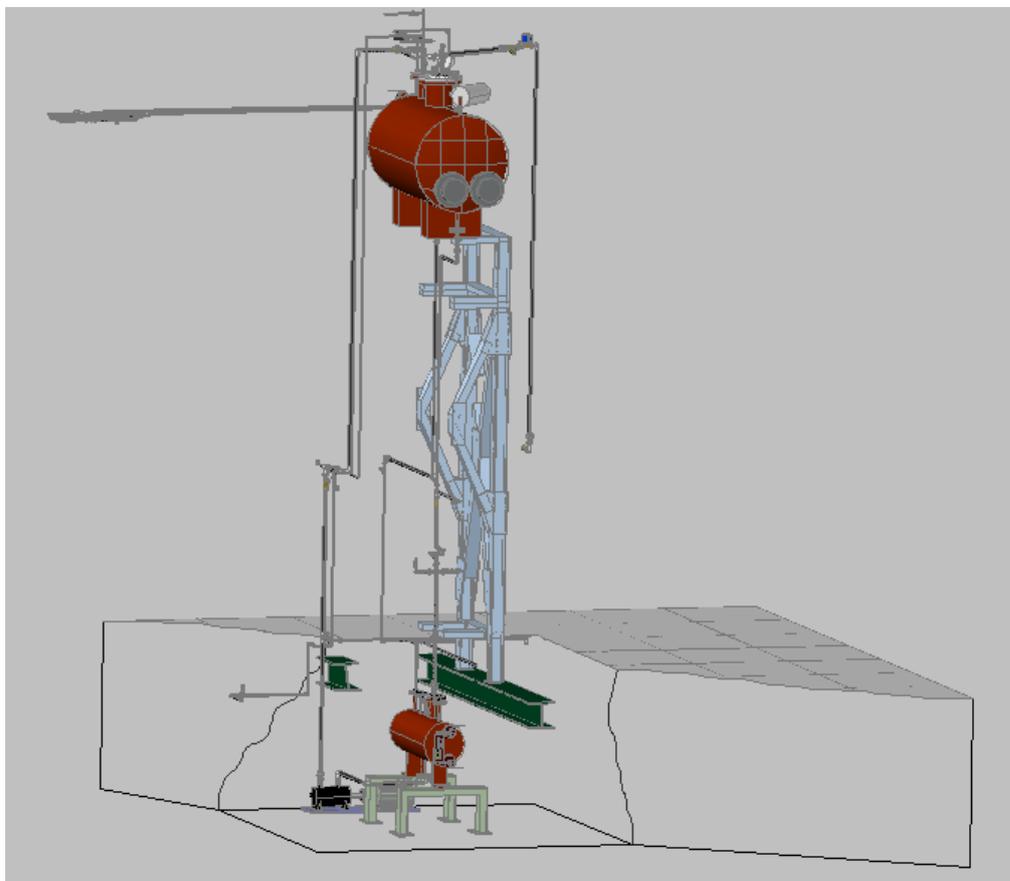
Σχήμα 2-8: Άνω όψη του δοχείου βρασμού



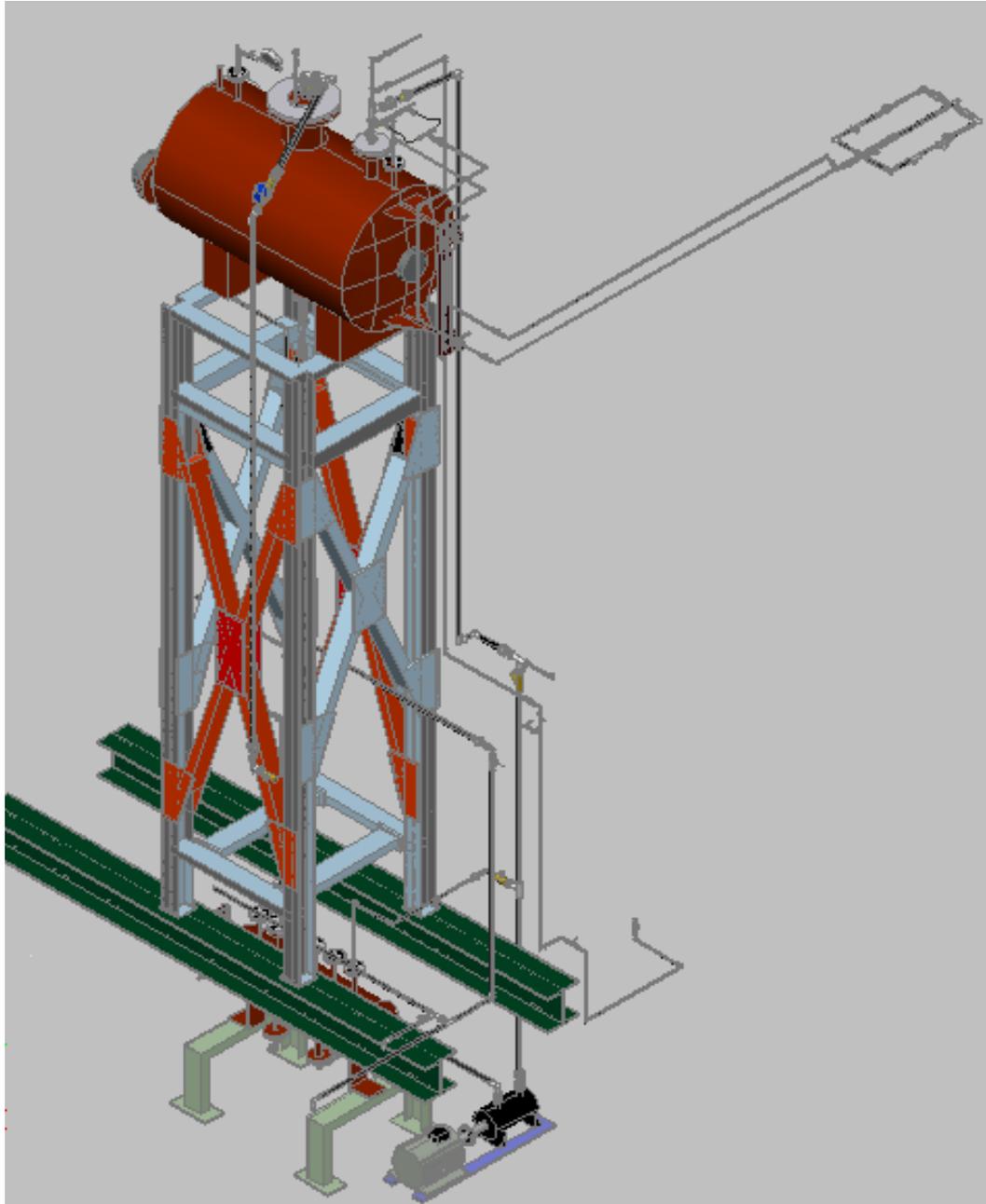
**Σχήμα 2-9:** Γενική όψη του δοχείου βρασμού και διασύνδεση μεταλλακτών



Σχήμα 2-10: Ύψος εγκατάστασης



**Σχήμα 2-11:** Γενική όψη εγκατάστασης με τομή ικρίωματος και φρεατίου



**Σχήμα 0-12:** Γενική όψη εγκατάστασης με ικρίωμα.

### 3 Ηλεκτρική τροφοδοσία δοχείου βρασμού, εγκατάσταση μετρητικών διατάξεων και διατάξεων ελέγχου.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα του δοχείου βρασμού, τις μετρητικές διατάξεις πίεσης και θερμοκρασίας που έχουμε εγκαταστήσει, το σύστημα ελέγχου στάθμης καθώς και τις όποιες άλλες διατάξεις για την ασφαλή λειτουργία του.

#### 3.1 Ηλεκτρικές αντιστάσεις

Το δοχείο βρασμού θερμαίνεται ηλεκτρικά από δύο ισοδύναμες κύριες αντιστάσεις (A & B) συνολικής ισχύος ~ 40 kW. Οι αντιστάσεις έχουν μήκος 1200 mm και προσαρμόζονται στη μία πλευρά του δοχείου μέσω κοχλιωτών φλαντζών (σχήμα 3.5). Κάθε κύρια αντίσταση αποτελείται από έξι δευτερεύουσες αντιστάσεις, ~44 Ω έκαστη σχήματος φουρκέτας, όπως φαίνεται στα σχήματα 3.1 και 3.2 αντίστοιχα. Οι οποίες τροφοδοτούνται με 380 V σε συνδεσμολογία αστέρα όπως φαίνεται στα σχήματα 3.3 και 3.4. Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι η σωστή λειτουργία και προστασία των αντιστάσεων με τρόπο που θα περιγραφεί παρακάτω (βλ §4.4). Οι τιμές των μετρήσεων των ωμικών αντιστάσεων αναγράφονται στον πίνακα 3-1.

**Πίνακας 3-1:** Ωμικές δευτερεύουσες αντιστάσεις.

	Κύρια Αντίσταση A	Κύρια Αντίσταση B
Αντίσταση No 1	44.5 Ω	44.4 Ω
Αντίσταση No 2	43.9 Ω	43.3 Ω
Αντίσταση No 3	44.6 Ω	42.0 Ω
Αντίσταση No 4	45.2 Ω	44.5 Ω
Αντίσταση No 5	44.7 Ω	45.4 Ω
Αντίσταση No 6	44.2 Ω	44.0 Ω

### **3.2 Μεταλλάκτης πίεσης & ψηφιακός ελεγκτής – ενδεικτικό.**

Ως μεταλλάκτες μετρήσεως εννοούμε τις διατάξεις εκείνες οι οποίες ευαισθητοποιούνται από το μετρούμενο μέγεθος και εφόσον το μετατρέψουν παρέχουν στην έξοδό τους άλλο προσφορότερο να αξιοποιηθεί στη συνέχεια φυσικό μέγεθος. Σχεδόν πάντα το ιδανικότερο φυσικό μέγεθος στην έξοδο είναι κάποιο ηλεκτρικό σήμα τάσεως ή εντάσεως [10].

Για την ένδειξη και καταγραφή της πίεσης στο δοχείο βρασμού χρησιμοποιείται μεταλλάκτης πίεσης (pressure transducer) και ψηφιακός ελεγκτής (controller) συνδεδεμένος με τον Η/Υ της εγκατάστασης.

Ο μεταλλάκτης είναι της Γερμανικής εταιρίας JUMO<sup>5</sup>, τύπου dTRANS p31 (Σχήμα 3.6). Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο φαινόμενο μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης κάποιων υλικών σε σχέση με την πίεση που τους ασκείται, γνωστό ως piezo-resistive. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους μεταλλάκτες αυτής της κατηγορίας προτείνεται η ακόλουθη βιβλιογραφία [11, 12]. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του συνοψίζονται ως εξής:

- Είσοδος: 0 – 10 bar σχετική πίεση
- Έξοδος: Ηλεκτρικό σήμα εντάσεως 4 – 20 mA (δύο καλωδίων)
- Τροφοδοσία: 10 – 30 V DC
- Θερμοκρασία μέσου: -30 έως +200 °C
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος εργασίας: -20 έως +125 °C
- Μέγιστος χρόνος απόκρισης: 3 msec

Λεπτομερέστερες πληροφορίες παρέχονται στο εγχειρίδιο του οργάνου Data Sheet 40.2050 [13].

Ο μεταλλάκτης προσαρμόζεται στην άνω φλάντζα του δοχείου βρασμού μέσω υδραυλικού σπειρώματος 3/4". Η ηλεκτρική τροφοδοσία του μεταλλάκτη παρέχεται από τον ψηφιακό ελεγκτή (Controller), στον οποίο επιστρέφει το σήμα εξόδου και εμφανίζει στην οθόνη του την ένδειξη της πίεσης του μέσου (βλ. § 3.3). Η συνδεσμολογία του οργάνου φαίνεται στο Σχήμα 3.7

---

<sup>5</sup> [www.jumo.net](http://www.jumo.net)

### **3.3 Ψηφιακός ελεγκτής – ενδεικτικό μεταλλάκτη πίεσης.**

Ο ψηφιακός ελεγκτής είναι και αυτός της Γερμανικής εταιρίας JUMO, τύπου dTRON 308 (Σχήμα 3.8) και πέραν την συνεχούς ένδειξης της πίεσης στο δοχείο βρασμού, παρέχει ηλεκτρικό σήμα το οποίο οδηγείται στον ADC με σκοπό την ένδειξη και καταγραφή της πίεσης από τον H/Y σε πραγματικό χρόνο. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του συνοψίζονται ως εξής:

- Είσοδος: Ηλεκτρικό σήμα εντάσεως 4 – 20 mA (δύο καλωδίων)
- Έξοδος: Ηλεκτρικό σήμα τάσεως 0 –10 V (δύο καλωδίων) γραμμικής αντιστοιχίας με τη μετρούμενη πίεση
- Τροφοδοσία: 110-240 V AC

Η τροφοδοσία των 220 V AC γίνεται στις θέσεις L<sub>1</sub>-N και το ηλεκτρικό σήμα εξόδου μετράται στις θέσεις 2-3, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.9

Εκτός όμως από την σωστή συνδεσμολογία είναι απαραίτητος και ο σωστός προγραμματισμός του οργάνου για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για να κατανοηθεί με μεγαλύτερη ευκολία ο προγραμματισμός του ελεγκτή, παρουσιάζεται το βασικό μενού επιλογών του και η διαδικασία πλοήγησης σε αυτό στο Σχήμα 3.10

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.10 τα βασικά εργαλεία πλοήγησης στο μενού είναι το πλήκτρο PGM (=Program) το οποίο εμφανίζει τον κύριο κατάλογο επιλογών(=menu) και τα πλήκτρα up και down μέσω των οποίων κινούμαστε σε αυτές. Κάθε επιλογή του κυρίως menu δύναται να εμπεριέχει υποκατάλογο επιλογών(=submenu), το αυτό και κάθε υποκατάλογος. Η μετάβαση σε οποιαδήποτε επιλογή από τις γενικότερες προς τις ειδικότερες γίνεται με το πλήκτρο PGM ενώ η αντίστροφη μετακίνηση γίνεται με το πλήκτρο Exit. Η επιλογή μίας ρύθμισης γίνεται με την πλοήγηση σε αυτή και εν συνεχεία την άμεση επιστροφή στο προηγούμενο menu ( ή submenu) με το πλήκτρο Exit.

Οι ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής :

- Από το menu Configuration επιλέγεται το submenu Controller και έπειτα η επιλογή Ctyp που αποτελεί την συντόμευση του όρου Ctype. Έπειτα με τα πλήκτρα up και down εμφανίζεται στην οθόνη ο αριθμός 1 (2-state controller)
- Από το menu Configuration επιλέγεται το submenu OutP, που αποτελεί συντόμευση του Outputs(=Έξοδοι) εν συνεχεία επιλέγουμε OutL (=Binary Outputs) και επιλέγουμε Out1(=Controller output 1) , εφόσον έχουμε μόνο μία έξοδο.

- Από το submenu OutP επιλέγουμε OutA (=Analog Outputs) εν συνεχεία επιλέγουμε Out5 (=Output 5) το οποίο αντιστοιχεί στην έξοδο του οργάνου μας. Στο submenu του Out5 επιλέγουμε τις ακόλουθες ρυθμίσεις:
  - Λειτουργία Fnct (=Function) επιλογή 3 δηλαδή Process Value.
  - Λειτουργία Sigr (=Type of signal) επιλογή 0 δηλαδή έξοδος σήμα τάσεως εύρους 0 – 10 volt.
  - Λειτουργία Opnt (=Zero point) επιλογή 0 δηλαδή έξοδος 0 volt για μετρούμενη πίεση 0 bar.
  - Λειτουργία End (=End Value) επιλογή 10 δηλαδή έξοδος 10 volt για μετρούμενη πίεση 10 bar.

Για τον έλεγχο της βαθμονόμησης του μεταλλάκτη πίεσεως τον προσαρμόσαμε σε κατάλληλη κατασκευή, στην οποία με τη βοήθεια υδραυλικής πρέσας νερού αυξήσαμε την πίεση μέχρι τα 6 bar απόλυτη πίεση. Για διάφορες τιμές της ένδειξης του ψηφιακού ελεγκτή, περίπου ανά 0.5 bar, καταγράφηκαν οι τιμές της τάσεως εξόδου. Οι τιμές των πειραματικών σημείων φαίνονται στον Πίνακα 3-2

**Πίνακας 3-2:** Πειραματικά σημεία για τον έλεγχο της βαθμονόμησης του μεταλλάκτη πίεσεως.

DTRON (Bar)	Voltage Measurement (Volt)
1.0	1.03
1.5	1.52
2.1	2.12
2.5	2.48
3.0	2.98
3.4	3.44
4.0	4.09
5.0	5.00
6.0	6.08

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προσαρμόζουμε εξίσωση της μορφής:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x$$

3-1

θεωρώντας ως ανεξάρτητη μεταβλητή  $x$  την τάση εξόδου και ως εξαρτημένη  $y$  την πίεση. Από την ανάλυση προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές των συντελεστών:

- $\alpha_0 = 0.01 \pm 0.05$  bar
- $\alpha_1 = 0.99 \pm 0.02$  bar/volt

ενώ ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης  $R$  προέκυψε ίσος με 0.9998. Εφαρμόζοντας κατάλληλα στατιστικά τεστ διαπιστώθηκε ότι οι συντελεστές  $\alpha_0$  και  $\alpha_1$  μπορούν να θεωρηθούν στατιστικά ίσοι με 0 και 1 αντίστοιχα.

### 3.4 Μεταλλάκτες θερμοκρασίας.

Τα θερμοστοιχεία που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση για την μέτρηση της υγρής και αέρια φάσης του εργαζόμενου μέσου είναι τύπου K. Λόγω των συνθηκών της εφαρμογής και της αξιοπιστίας των μετρήσεων που απαιτείται, επιλέχθηκαν θερμοστοιχεία βαρέως τύπου, τα οποία είναι κατάλληλα για βιομηχανική χρήση. Κατασκευάστρια εταιρία είναι η Omega<sup>6</sup> και ο τύπος τους NB1-CASS-316U.

Ο κωδικός NB1 αναφέρεται στο υλικό του προστατευτικού κλωβού των επαφών, ο οποίος είναι από χυτοσίδηρο. Ο κωδικός CASS αφορά στον τύπο K του θερμοστοιχείου και στο υλικό του χιτωνίου προστασίας, το οποίο είναι από ανοξείδωτο χάλυβα (SS) 304. Τέλος ο κωδικός 316U αναφέρεται στο πάχος του χιτωνίου προστασίας το οποίο είναι ίσο με 3/16'' (ή 4.762 mm).

Σχηματική απεικόνιση των εν λόγω θερμοστοιχείων παρατίθεται στο Σχήμα 3.11

Η τοποθέτησή τους στο δοχείο βρασμού βασίστηκε στην ανάγκη μέτρησης δύο θερμοκρασιών ,

μία για το νερό που υπάρχει στο δοχείο και μία για τον ατμό.

Το θερμοστοιχείο μέτρησης θερμοκρασίας ατμού τοποθετήθηκε στην κεντρική φλάντζα στο πάνω μέρος του δοχείου. Κατά την τοποθέτηση προέκυψε πρόβλημα λόγω της ύπαρξης του κεντρικού κλάδου απαγωγής ατμού σε κοντινή απόσταση, με άμεσο αποτέλεσμα να μην επιτρέπει την περιστροφή του κλωβού προστασίας του θερμοστοιχείου ώστε να επιτευχθεί η κοχλίωσή του. Το πρόβλημα παρακάμφθηκε ως εξής: Χρησιμοποιώντας ένα μικρό κομμάτι σωλήνα μήκους 10 cm το σημείο εφαρμογής ανυψώθηκε έτσι ώστε να επιτρέπεται η κοχλίωση του οργάνου.

---

<sup>6</sup> www.omega.com

Δεδομένου του μήκους του θερμοστοιχείου (410 mm) το σημείο μέτρησης βρίσκεται σε απόσταση 220 mm από την επιφάνεια της κεντρικής φλάντζας (βλ. Σχ. 2-6).

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στο δοχείο βρασμού τοποθετήθηκαν δύο θερμοστοιχεία στο κάτω μέρος του. Το πρώτο θερμοστοιχείο τοποθετήθηκε στον κλάδο αποχέτευσης και το σήμα του καταλήγει στο Box ελέγχου του δοχείου και συγκεκριμένα στον ψηφιακό ελεγκτή (θερμοστάτη) στον οποίο επιλέγουμε την επιθυμητή θερμοκρασία νερού. Το δεύτερο θερμοστοιχείο τοποθετήθηκε στον κλάδο απαγωγής του νερού προς το τμήμα δοκιμών και το σήμα του καταλήγει στον ADC με σκοπό την μέτρηση και καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού από τον H/Y σε πραγματικό χρόνο. Δεδομένου του μήκους των θερμοστοιχείων (410 mm) και της θέσης προσαρμογής τους, το σημείο μέτρησης βρίσκεται σε απόσταση ~ 80 mm από τον πυθμένα του δοχείου (βλ. Σχ. 2-6).

### **3.5 Ψηφιακός ελεγκτής θερμοστοιχείου.**

Ο ψηφιακός ελεγκτής είναι και αυτός, όπως και τα θερμοστοιχεία, της εταιρείας Omega, της σειράς CN8200 και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού στο δοχείο βρασμού, μέσω των ηλεκτρικών αντιστάσεων. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς ένδειξης της θερμοκρασίας του νερού στο δοχείο βρασμού. Ο τύπος του είναι CN8201-R1, όπου το τελευταίο ψηφίο στο πρώτο τμήμα του κωδικού (CN8201) υποδηλώνει τον αριθμό των εξόδων που προσφέρει ο ελεγκτής, ενώ το δεύτερο τμήμα του κωδικού (**R1**) χαρακτηρίζει τον τύπο της πρώτης εξόδου. Στην εφαρμογή μας έχουμε μόνο μία έξοδο ενός μηχανικού ηλεκτρονόμου<sup>7</sup> ισχύος 5 A @ 240 V<sub>ac</sub>. Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του ελεγκτή συνοψίζονται ως εξής:

- Ακρίβεια:  $\pm 0.2$  % σε πλήρη κλίμακα.
- Ταχύτητα δειγματοληψίας: 10 Hz
- Ωμική αντίσταση μέτρησης θερμοστοιχείου : 100 ohms
- Τροφοδοσία : 100 – 250 V, 50/60 Hz
- Συνθήκες περιβάλλοντος εργασίας: 0 έως +55 °C, 90% υγρασία max.
- Είσοδος: Θερμοστοιχεία τύπου B, C, E, K, N, NIC, NNM, R, S, T, Platinel II, Platinum RTD

---

<sup>7</sup> Εφεξής θα χρησιμοποιούμε τον αγγλικό όρο *relay*.

- Έξοδος: Mechanical relay, 5 A @ 240 V<sub>ac</sub>.

Λεπτομερέστατες πληροφορίες για τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τον τρόπο λειτουργίας του οργάνου παρέχονται στο Datasheet CN8201\_CN8202 [15] και στο εγχειρίδιο λειτουργίας [16].

Εν συνεχεία θα παρουσιασθεί η συνδεσμολογία του οργάνου και οι ρυθμίσεις αυτού ώστε να προσαρμοσθεί στις ανάγκες της εγκατάστασης. Για εποπτικούς λόγους, στο Σχήμα 3.12 απεικονίζεται το σύνολο των επαφών του οργάνου.

Ο ελεγκτής τροφοδοτείται με 220 volt @ 50 Hz στις θέσεις 11, 12, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.13

Η σύνδεση του θερμοστοιχείων με τον ελεγκτή πραγματοποιείται στις θέσεις 9, 10 και συγκεκριμένα ο θετικός ακροδέκτης συνδέεται στη θέση 10 και ο αρνητικός στη θέση 9 (Σχ 3.14).

Η έξοδος του ελεγκτή (Mechanical Relay) βρίσκεται στις επαφές 1 και 2 (βλ. Σχ. 3.12). Το relay αυτό ελέγχει έμμεσα την τροφοδοσία των ηλεκτρικών αντιστάσεων του δοχείου, με τρόπο που θα παρουσιασθεί στη συνέχεια.

Πέραν της σωστής συνδεσμολογίας είναι απαραίτητος και ο κατάλληλος προγραμματισμός του οργάνου για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για να κατανοηθεί με μεγαλύτερη ευκολία ο προγραμματισμός του ελεγκτή, παρουσιάζεται το βασικό μενού επιλογών του και η διαδικασία πλοήγησης σε αυτό στο Σχήμα 3.15

Η πλοήγηση στις επιλογές του οργάνου γίνεται μέσω τεσσάρων πλήκτρων στην πρόσοψη του οργάνου. Τα πλήκτρα αυτά ορίζονται ως εξής:

- *Menu Access Key*: Χρησιμοποιείται για την είσοδο και έξοδο από τον κατάλογο (=menu) του συστήματος (*System menu*) και για την είσοδο στον κατάλογο επιλογών ασφαλείας (*Security Level menu*).
- *Raise Key*: Χρησιμοποιείται για αύξηση τιμών, πλοήγηση μεταξύ των επιλογών ενός καταλόγου προς τα πάνω.
- *Lower Key*: Χρησιμοποιείται για μείωση τιμών, πλοήγηση μεταξύ των επιλογών ενός καταλόγου προς τα κάτω.
- *Mode/Enter Key*: Χρησιμοποιείται για την είσοδο σε υποκαταλόγους (=submenus) και την επιλογή παραμέτρων.

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι ο ελεγκτής δύναται να συνεργασθεί με διάφορους τύπους θερμοστοιχείων. Δεδομένου ότι στη εφαρμογή μας χρησιμοποιούμε θερμοστοιχεία τύπου K, ρυθμίζουμε ανάλογα τον ελεγκτή ως εξής:

Με το πλήκτρο *Menu Access Key* εισερχόμαστε στο *System menu*, και εν συνεχεία στον υποκατάλογο *InP* (=Input), επιλέγουμε την παράμετρο *tYPE* στην οποία δίνουμε την τιμή *CA* (=Type K Thermocouple).

Εν συνεχεία από τον κατάλογο του συστήματος (*System menu*), επιλέγουμε τον υποκατάλογο *dSPL* (=Display) και ρυθμίζουμε τις ακόλουθες παραμέτρους ως εξής:

- παράμετρος *dEC.P* (=Decimal position), δίνουμε την τιμή 1, δηλαδή εμφάνιση ενός δεκαδικού ψηφίου στην τιμή της μετρούμενης θερμοκρασίας.
- παράμετρος *d.FIL*, δίνουμε την τιμή 0.1 sec, δηλαδή ρυθμός μέτρησης της θερμοκρασίας 10 Hz, ο μέγιστος δυνατός.
- παράμετρος *Unit* (=Units), δίνουμε την τιμή *C*, δηλαδή μέτρησης της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου.

Για την έξοδο (mechanical relay) του ελεγκτή επιλέγεται η σωστή ρύθμιση ως εξής:

Από τον κατάλογο του συστήματος επιλέγουμε τον υποκατάλογο *OutP* (=Output) και στην παράμετρο *Ol.ty* (=Output 1 type) δίνουμε την τιμή *on.oF* (=ON OFF).

Επιπλέον στη λειτουργία του relay του οργάνου ρυθμίζεται ένα 'παράθυρο' τιμών μέσω των παραμέτρων *Deadband 1* και *Hysteresis Output 1* ως εξής: Από τον κατάλογο του συστήματος, επιλέγουμε τον υποκατάλογο *Ctrl* (=Control) και στις παραμέτρους *db.1* (=Deadband 1) και *HIS.1* (=Hysteresis 1) δίνουμε τις τιμές 0.8 και 0.6 αντίστοιχα. Οι ρυθμίσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός 'παραθύρου' λειτουργίας εύρους 0.6 °C, σε θερμοκρασία 0.8 °C χαμηλότερη της προρυθμισθείσας. Δηλαδή το relay 'ανοίγει' 0.5 °C πριν την προρυθμισθείσα θερμοκρασία και 'κλείνει' 1.1 °C πριν από αυτή.

### **3.6 Ηλεκτροβάνες**

Οι ηλεκτροβάνες νερού επιτελούν την ίδια διεργασία με τις απλές βάνες νερού με τη διαφορά ότι ανοιγοκλείνουν με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Η περιστροφή του στεγανωτικού μηχανισμού σε αυτή την περίπτωση γίνεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Στην εγκατάσταση χρησιμοποιείται μία ηλεκτροβάνα της εταιρείας TUV, τύπου JES 220 volt, η οποία τοποθετείται στον κλάδο εξαερώσεως του δοχείου προς το περιβάλλον.

Αποτελείται από δύο τμήματα, το πρώτο από γαλβανιζέ σίδηρο είναι η βάση που συνδέεται στον υδραυλικό κλάδο διάστασης  $\frac{3}{4}$  '' και το δεύτερο τμήμα το οποίο περιέχει τον ηλεκτρομαγνήτη για την περιστροφή.

Η ηλεκτροβάννα αυτή επιτρέπει την εύκολη απομόνωση του δοχείου βρασμού από το περιβάλλον, για περιπτώσεις πειραμάτων σε πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής. Πέραν της τοποθέτησης της η συνδεσμολογία και ο έλεγχος αυτής δεν θα μας απασχολήσει στην παρούσα ΔΕ.

### **3.7 Ατμοπαγίδα**

Ατμοπαγίδες ονομάζονται οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την αυτόματη απομάκρυνση του αέρα από κύκλωμα με εργαζόμενο μέσο τον υδρατμό. Συγκεκριμένα τοποθετείται θερμοστατική ατμοπαγίδα στον κλάδο εξαέρωσης του δοχείου βρασμού. Η ύπαρξη του αέρα είναι άκρως ανεπιθύμητη λόγω της μεταβολής που προκαλεί στις συνθήκες θερμοδυναμικής ισορροπίας του εργαζόμενου μέσου. Η λειτουργία της βασίζεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα του αέρα και του ατμού. Στο εσωτερικό της βρίσκεται ειδικός διμεταλλικός δακτύλιος ο οποίος συστέλλεται ανάλογα της ειδικής θερμοχωρητικότητας του ρευστού που εισέρχεται σε αυτήν. Έτσι, ο αέρας αφήνεται να περάσει στο περιβάλλον, ενώ ο ατμός παγιδεύεται και παραμένει στο κύκλωμα με αποτέλεσμα την αυτόματη και επιτυχή εξαέρωση του δοχείου.

Η θερμοστατική ατμοπαγίδα που χρησιμοποιείται στο ΘΥΚ είναι μοντέλο DT25 της εταιρίας ADCΑ και παρουσιάζεται στο σχήμα 3.16

Τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι τα εξής :

- Μέγιστη πίεση λειτουργίας : 62 bar
- Ελάχιστη πίεση λειτουργίας : 0.25 bar
- Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας : 400 °C
- Υλικό κατασκευής : ανοξείδωτος χάλυβας εξωτερικά, καθαρός γραφίτης εσωτερικά

Η σύνδεσή της γίνεται σε κλάδο διαμέτρου  $\frac{3}{4}$ '' και σε οριζόντια θέση.

Η θερμοστατική ατμοπαγίδα διαθέτει δύο διαφορετικούς θαλάμους οι οποίοι επικοινωνούν μέσω μίας τάπας που είναι το μόνο κινητό μέρος της συσκευής (σχήμα 3.17). Ο θάλαμος στην αριστερή πλευρά επικοινωνεί με το κύκλωμα εξαέρωσης και ο

άλλος με το περιβάλλον. Για να ανασηκωθεί η τάπα και να υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς ρευστού από τον ένα θάλαμο στον άλλο θα πρέπει η διαφορά πίεσης μεταξύ τους να είναι μεγαλύτερη των 0.25 bar, δηλαδή η πίεση στον κλάδο, άρα και στο δοχείο βρασμού να είναι 0.25 bar υψηλότερη της ατμοσφαιρικής και ο διμεταλλικός δακτύλιος να βρίσκεται σε σύμπτυξη ώστε κατά την έκτασή του να ανυψώσει την τάπα. Σε κάθε άλλη περίπτωση η ανύψωση δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί.

Η σύμπτυξη ή έκταση του διμεταλλικού δακτυλίου εξαρτάται από τη φύση του ρευστού με το οποίο έρχεται σε επαφή. Σε ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας η ειδική θερμοχωρητικότητα του ατμού σε συνθήκες κορεσμού είναι περίπου τετραπλάσια αυτής του αέρα. Οπότε όταν στο θάλαμο βρίσκεται ατμός η θερμική ενέργεια που μεταφέρεται στο διμεταλλικό έλασμα είναι πολλαπλάσια αυτής αν υπήρχε αέρας. Το διμεταλλικό έλασμα μετατρέπει την απορροφώμενη θερμότητα σε επιμήκυνση η οποία όπως έχει αναφερθεί είναι αναγκαία για την ανύψωση της τάπας. Άρα συμπερασματικά όταν στο θάλαμο υπάρχει αέρας η σύσφιξη είναι μεγαλύτερη και οδηγεί στην επικοινωνία των θαλάμων και απελευθέρωσή του ενώ αν υπάρχει ατμός η τάπα παραμένει κλειστή.

### **3.8 Σύστημα ελέγχου στάθμης**

Κατά τη λειτουργία του δοχείου βρασμού του ΘΥΚ ελλοχεύουν δύο βασικοί κίνδυνοι αναλόγως του ύψους της στάθμης του νερού σε αυτό. Στην περίπτωση όπου η στάθμη του νερού είναι ιδιαίτερα χαμηλή, με αποτέλεσμα να μην καλύπτει πλήρως τις ηλεκτρικές αντιστάσεις, είναι βέβαιο ότι τυχόν λειτουργία τους θα οδηγήσει σε αστοχία αυτών, λόγω υπερθέρμανσης. Είναι κατανοητό λοιπόν ότι υπάρχει ανάγκη εξασφάλισης της *ελάχιστης ποσότητας νερού*<sup>8</sup> προκειμένου για ασφαλή λειτουργία του δοχείου. Στην αντίθετη περίπτωση όπου η στάθμη του νερού είναι ιδιαίτερα υψηλή, με αποτέλεσμα ο διαθέσιμος όγκος αμοπαγωγής να είναι σημαντικά περιορισμένος, τυχόν λειτουργία των αντιστάσεων αφενός θα επιφέρει σημαντικές μηχανικές καταπονήσεις στο δοχείο αφετέρου μικρές απομαστεύσεις ατμού θα επιφέρουν ραγδαία πτώση της πίεσης στο δοχείο μειώνοντας το χρόνο εκτέλεσης πειραμάτων διφασικής ροής. Εξυπακούεται λοιπόν ότι υπάρχει ανάγκη εξασφάλισης

---

<sup>8</sup> Εφεξής Κάτω όριο

και της μέγιστης ποσότητας νερού<sup>9</sup> που πρέπει να υπάρχει στο δοχείο προκειμένου για ασφαλή λειτουργία του.

Ο έλεγχος των ορίων αυτών θα μπορούσε να γίνεται οπτικά από το χρήστη μέσω του οπτικού σταθμοδείκτη με τον οποίο είναι εξοπλισμένο το δοχείο. Βέβαια μία τέτοια διαδικασία, λόγω του ανθρώπινου παράγοντα εμπεριέχει υψηλό κίνδυνο σφάλματος, για το λόγο αυτό εγκαταστάθηκε αυτόματο σύστημα ελέγχου στάθμης στο δοχείο βρασμού, το οποίο αποτρέπει τη λειτουργία των ηλεκτρικών αντιστάσεων όταν δεν πληρούνται οι συνθήκες του Άνω και Κάτω ορίου στάθμης.

Το σύστημα ελέγχου στάθμης που εγκαταστάθηκε είναι της εταιρείας Endress + Hauser<sup>10</sup> και βασίζεται στην αρχή λειτουργίας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αποτελείται από τρία κυρίως μέρη. Τον ελεγκτή στάθμης τύπου Nivotester FTW325 [17,18] και δύο ανιχνευτές στάθμης αγωγιμότητας τύπου 11961Z [19,20].

### **3.8.1 Ανιχνευτές στάθμης τύπου αγωγιμότητας.**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το μοντέλο των ανιχνευτών στάθμης , ή σταθμομέτρων επαφής είναι το : Rod probe 11961z κατασκευής Endress+Hauser ( Σχήμα 3.18). Όπως όλα τα άλλα όργανα που έχουν χρησιμοποιηθεί πληρούν τις βασικές συνθήκες αντοχής σε πίεση 10 bar και θερμοκρασία 200° C.

Τοποθετήθηκαν στην κεντρική φλάντζα στο πάνω μέρος του δοχείου, σε μαστούς ½'' (βλ. Σχ 2.6).

Κάθε ανιχνευτής τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα από το ηλεκτρονικό κύκλωμα του ελεγκτή. Λόγω της αγωγιμότητας του νερού η επαφή του με τους ανιχνευτές τους βραχυκυκλώνει με το μεταλλικό δοχείο. Τα βραχυκυκλώματα ανιχνεύονται από τον ελεγκτή, ο οποίος με αυτό τον τρόπο αντιλαμβάνεται το επίπεδο της στάθμης.

Τα μήκη των ανιχνευτών αγωγιμότητας προκειμένου να τηρούνται με ασφάλεια το Άνω και Κάτω όριο στάθμης επιλέχθηκαν 300 mm και 700 mm αντίστοιχα. Δεδομένης της θέσης προσαρμογής τους, τα όρια αυτά βρίσκονται σε αποστάσεις 230 mm και 630 mm από την επιφάνεια της κεντρικής φλάντζας. (βλ. Σχ. 2-6).

---

<sup>9</sup> Εφεξής Άνω όριο

<sup>10</sup> [www.endress.com](http://www.endress.com)

### 3.8.2 Ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου στάθμης

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου στάθμης τύπου Nivotester FTW325, επιτρέπει ή όχι τη λειτουργία των αντιστάσεων ανάλογα με το ύψος της στάθμης στο δοχείο.

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου συνοψίζονται ως εξής:

- Τάση τροφοδοσίας: 220 volt @ 50 Hz
- Έξοδος: Δύο relay, 2 A @ 253 volt (AC) και 2 A @ 40 volt (DC)
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος εργασίας: -20 έως +600°C.

Οι ρυθμίσεις που έγιναν στον ελεγκτή έχουν ως εξής:

- Εσωτερική αντίσταση του οργάνου: ρυθμίστηκε στη μέγιστη τιμή της 200 ΚΩ, έτσι ώστε να μειωθεί η ευαισθησία του και να μην δημιουργούνται βραχυκυκλώματα στην περίπτωση περιβάλλοντος ατμού στο δοχείο. Η ρύθμιση έγινε μέσω των διακοπών 1,2 και 3 του πολυδιακόπτη B (βλ Σχ 3.19 ) οι οποίοι τέθηκαν στις θέσεις OFF, OFF και ON. Υπάρχει επιπλέον δυνατότητα λεπτής ρύθμισης της αντίστασης μέσω του διακόπτη D (βλ Σχ. 3.19) ο οποίος παρέμεινε στην εργοστασιακή ρύθμιση.
- Χρονοκαθυστέρηση εξόδου (Delay time): παρέμεινε η εργοστασιακή ρύθμιση των 0.5 sec. Διακόπτης A (βλ Σχ 3.19)
- Επιλογή εξόδου: παρέμεινε η εργοστασιακή ρύθμιση των δύο relay CH1 και CH2. Διακόπτης C (βλ. Σχ. 3.19)
- Επιλογή Δs για έλεγχο αντλίας: Απενεργοποιήθηκε θέτοντας τον διακόπτη 4 του B (βλ. Σχ 3.19) στη θέση OFF.
- Ρυθμίσεις εξόδων relay: Το CH1 ορίζεται ως MIN, και το CH2 ως MAX, θέτοντας τους διακόπτες 5 και 6 του B (βλ. Σχ. 3.19) ON και OFF αντίστοιχα.
- Επιλογή Alarm: παρέμεινε η εργοστασιακή ρύθμιση OFF διακόπτης 7 του B (βλ. Σχ 3.19)
- Επιλογή Slave – Master: παρέμεινε η εργοστασιακή ρύθμιση Master, εφόσον έχουμε μόνο έναν ελεγκτή, διακόπτης 8 του B (βλ Σχ. 3.19) στη θέση ON.

Περισσότερες τεχνικές πληροφορίες και οδηγίες λειτουργίας παρατίθενται στα Datasheets [17,18] της εταιρείας.

Οι ρυθμίσεις του πολυδιακόπτη B συνοψίζονται στον Πίνακα Θα αναφερθούν σε συγκεντρωτικό πίνακα το σύνολο των ρυθμίσεων της σύνδεσης του καταγραφικού :

**Πίνακας 3-3:** Συγκεντρωτικός πίνακας ρυθμίσεων

Πολυδιακόπτης B	Ρύθμιση	Επιλογή
1	OFF	200 KΩ
2	OFF	
3	ON	
4	OFF	Δs
5	ON	CH1 MIN
6	OFF	CH2 MAX
7	OFF	Alarm OFF
8	ON	Master

Η συνδεσμολογία του ελεγκτή και των ανιχνευτών στάθμης έχει ως εξής (βλ Σχ 3.20)

Στις θέσεις 1-2 γίνεται η τροφοδοσία του καταγραφικού με 220 volt @ 50 Hz.

Στις θέσεις 7-8-9 η σύνδεση με τα σταθμόμετρα επαφών με την εξής αντιστοιχία:

7-γείωση στο δοχείο

8-έλεγχος άνω στάθμης

9-έλεγχος κάτω στάθμης

Η έξοδος CH1 βρίσκεται στις θέσεις 4,5 και 6, η έξοδος CH2 βρίσκεται στις θέσεις 15,16 και 17. Για να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα κατά το οποίο θα μπορούμε να τροφοδοτήσουμε τις αντιστάσεις με ηλεκτρικό ρεύμα συνδυάζουμε τις εξόδους CH1 και CH2 βραχυκυκλώνοντας τις θέσεις 5 και 15 και δημιουργώντας μία κοινή έξοδο, από την οποία χρησιμοποιούμε τις θέσεις 4 και 17.

### **3.9 Μανόμετρο Επαφών**

Στην εγκατάσταση εκτός της χρήσης ενός απλού μανομέτρου τοποθετείται και ένα μανόμετρο επαφών. Η ακριβής του θέση είναι στο δοχείο βρασμού στο πάνω μέρος του στον ίδιο κλάδο (εν σειρά) με το συμβατικό μανόμετρο. Η διαφορά τους έγκειται στην όχι απλώς ένδειξη της τιμής της πίεσης αλλά και στην ύπαρξη επαφών οι οποίες βραχυκυκλώνονται ή όχι ανάλογα με τις τιμές της μετρούμενης πίεσης. Μέσω των

οποίων μπορούμε να ελέγξουμε την τροφοδοσία κυκλωμάτων μέγιστου φορτίου 20 W. Το μανόμετρο επαφών, μοντέλο 821 της εταιρίας WIKA, εκτός του δείκτη ένδειξης της πίεσης διαθέτει και άλλους δύο οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την οριοθέτηση δύο προκαθορισμένων πιέσεων, στις οποίες οι επαφές του μανομέτρου θα αλλάζουν κατάσταση. Η λειτουργία του βασίζεται στο άνοιγμα ή κλείσιμο ηλεκτρικού κυκλώματος κάθε φορά που ο δείκτης πίεσης έρθει σε επαφή με κάποιον από τους άλλους δύο λόγω της έλξης του μαγνήτη που βρίσκεται τοποθετημένος μέσα στο σώμα του.

Το μανόμετρο επαφών παρουσιάζεται στο σχήμα 3.21 και κατασκευαστικό του σκαρίφημα στο σχήμα 3.22. Στο σχήμα 1 φαίνονται τόσο ο δείκτης πίεσης όσο και οι δείκτες που οριοθετούν τα σημεία ελέγχου πίεσης. Η ρύθμισή τους γίνεται με την βοήθεια ενός κοχλία στο εξωτερικό κάλυμμα του οργάνου.

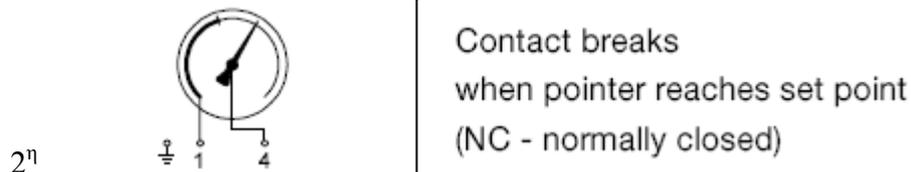
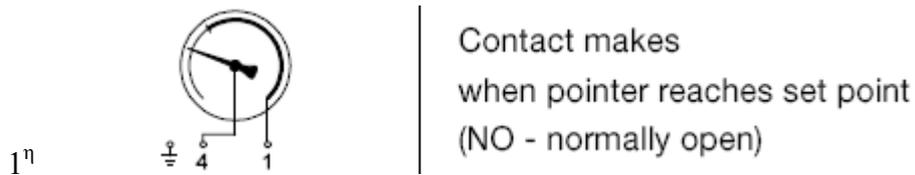
Βασικά χαρακτηριστικά του μανομέτρου είναι τα εξής :

- Μέγιστο φορτίο επαφών: 20 W
- Υλικά κατασκευής : 80% Ag, 20% Ni
- Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας :  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $+70^{\circ}\text{C}$ . Λόγω του ότι δεν μπορεί να λειτουργήσει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες για την τοποθέτηση του χρησιμοποιείται επιπλέον προέκταση μήκους 20 cm περίπου από τη φλάντζα που προσαρμόζεται.

Το μανόμετρο μπορεί να λειτουργήσει ως όργανο μίας ή δύο επαφών. Θα αναλυθούν και οι δύο δυνατότητες.

### **3.9.1 Απλής επαφής**

Χρησιμοποιούμε μόνο τον ένα δείκτη θέτοντας ένα συγκεκριμένο όριο κατά το οποίο μας ενδιαφέρει η λειτουργία της εγκατάστασης είτε μέχρι αυτό είτε από αυτό και πάνω. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι επαφές του οργάνου, που βρίσκονται στο πλαϊνό του μέρος, και κλείνουν είτε ανοίγουν είναι τα σημεία 1, 4 . Όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα ανάλογα με ποιόν από τους δύο δείκτες χρησιμοποιούμε δημιουργούμε ένα σύστημα Normally Open ή Normally Closed. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε ανοικτό κύκλωμα, το οποίο κλείνει όταν έρθουν σε επαφή οι δείκτες ενώ στην δεύτερη το αντίθετο.

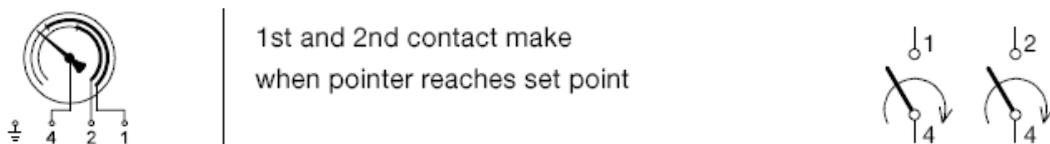


### 3.9.2 Διπλών επαφών

Όταν το μανόμετρο χρησιμοποιείται ως όργανο δύο επαφών υπάρχουν τέσσερις περιπτώσεις ρύθμισής τους και οι επαφές που κλείνουν και ανοίγουν είναι οι 1,2 & 4.

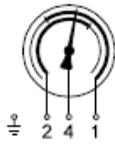
#### 1<sup>η</sup> περίπτωση

Και οι δύο δείκτες κλείνουν κύκλωμα όταν έρθουν σε επαφή με τον δείκτη πίεσης στις επαφές 1,2 και 1,4 αντίστοιχα όπως φαίνεται παρακάτω.

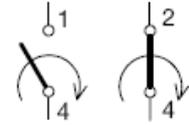


#### 2<sup>η</sup> περίπτωση

Στην δεύτερη περίπτωση ο ένας δείκτης όταν έρθει σε επαφή κλείνει κύκλωμα στα σημεία 1,4 ενώ ο άλλος διακόπτει το κύκλωμα στα σημεία 2,4

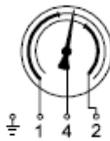


1st contact makes  
2nd contact breaks  
when pointer reaches set point

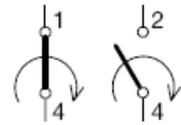


### 3<sup>η</sup> περίπτωση

Η τρίτη περίπτωση αποτελεί την ακριβώς αντίθετη της δεύτερης όπου αντιστρέφονται οι ρόλοι στις δύο επαφές και έχουμε κατά την επαφή με το κάτω όριο της πίεσης άνοιγμα της επαφής 1,4 ενώ κατά την επαφή με το άνω όριο πίεσης έχουμε κλείσιμο της επαφής 2,4.



1st contact breaks  
2nd contact makes  
when pointer reaches set point

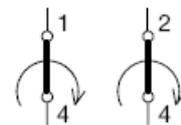


### 4<sup>η</sup> περίπτωση

Η τέταρτη περίπτωση αντίστοιχα είναι η ακριβώς αντίθετη της πρώτης όπου και οι δύο δείκτες όταν έρθουν σε επαφή με τον δείκτη πίεσης ανοίγουν τα ήδη υπάρχοντα κλειστά κυκλώματα στα σημεία 1,2 και 2,4.



1st and 2nd contact break  
when pointer reaches set point



Από τις προαναφερθείσες περιπτώσεις απλής επαφής προκρίνεται η 2<sup>η</sup> ως επιθυμητή επιλογή. Τοποθετούμε τον ένα δείκτη στα 6 bar τα οποία αποτελούν και το ανώτατο όριο πίεσεως που θέτουμε. Ο άλλος δείκτης ο οποίος δεν μας ενδιαφέρει τοποθετείται στο τέλος της οθόνης ενδείξεων του οργάνου. Όταν ο δείκτης πίεσης βρίσκεται κάτω από τα 6 bar η επαφή 1,4 παραμένει κλειστή. Όταν υπερβεί την πίεση αυτή έρχεται σε επαφή με το δείκτη και ανοίγει την επαφή 1,4.

Περισσότερες τεχνικές πληροφορίες και οδηγίες λειτουργίας παρατίθενται στο Datasheet [21] της εταιρείας WIKA.

### **3.10 Ηλεκτρολογικό κύκλωμα δοχείου βρασμού.**

Το ηλεκτρολογικό κύκλωμα του δοχείου βρασμού χωρίζεται στο κύκλωμα τροφοδοσίας υψηλής τάσης 220 V<sub>ac</sub> και στο κύκλωμα ελέγχου χαμηλής τάσης 24 V<sub>ac</sub>. Τα δύο αυτά κυκλώματα συνδέονται μέσω δύο relay 220/24 V<sub>ac</sub>, Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε τα δύο κυκλώματα ξεχωριστά.

Το κύκλωμα ελέγχου κατασκευάστηκε εντός ηλεκτρολογικού κουτιού (Box) και περιλαμβάνει τον ελεγκτή θερμοκρασίας (βλ. § 3.5), τον ελεγκτή στάθμης νερού του δοχείου (βλ. § 3.8.2) και το μανόμετρο επαφών. Στόχος του κυκλώματος είναι η τροφοδοσία των δύο relay 220/24 V με 24 V, ώστε αυτά να οπλίσουν και να τροφοδοτήσουν το κύκλωμα υψηλής τάσης.

Το κύκλωμα περιλαμβάνει την τροφοδοσία των ηλεκτρικών αντιστάσεων καθώς και τα όργανα με τα καταγραφικά τους που αποτελούν τους σταθμούς ελέγχου και ασφαλείας.

Οι αντιστάσεις όπως ήδη έχουμε αναφέρει είναι δύο τοποθετημένες παράλληλα στην ίδια πλευρά του δοχείου και τροφοδοτούνται με τριφασική ροή. Για να διακοπεί η λειτουργία των ηλεκτρικών αντιστάσεων είναι αρκετή η διακοπή τροφοδοσίας σε μία φάση. Η τροφοδοσία ελέγχεται από ηλεκτρονόμους (relay) τα πηνία των οποίων τροφοδοτούνται με τάση 24 VDC (συνεχές). Τα ρελέ αυτά είναι τοποθετημένα σε μεταλλικό πίνακα, σκαρίφημα του οποίου φαίνεται στο σχήμα 3.25, και συνδέονται τόσο με το πρωτεύον πίνακα τροφοδοσίας όσο και με το κουτί ελέγχου.

Η επεξήγηση του σχήματος 3.25 είναι η εξής :

Αρχικά η τροφοδοσία προέρχεται από τον μεγάλο κεντρικό πίνακα και μέσω τριών ασφαλειών μεταφέρεται, η κάθε φάση, στα δύο ρελέ ισχύος, ένα για κάθε αντίσταση. Έπειτα από τα ρελέ μέσω των ασφαλειών τροφοδοτούνται οι αντιστάσεις. Για να γίνει αυτό όμως απαραίτητη και αναγκαία προϋπόθεση είναι να τριγκάρουν τα ρελέ ελέγχου των 24 V DC τα πηνία των αντίστοιχων ρελέ ισχύος κάτι που πραγματοποιείται μόνο αν έχει γίνει ο έλεγχος από το box ελέγχου του δοχείου το ηλεκτρολογικό κύκλωμα του οποίου παρουσιάζεται στο σχήμα 3.24

Στο κουτί που περιλαμβάνει τα καταγραφικά πίεσης, θερμοκρασίας και στάθμης νερού του δοχείου βρασμού είναι αναγκαία η χρήση καλωδίων για την ηλεκτρολογική σύνδεση με τα ρελέ των αντιστάσεων και την μεταφορά των σημάτων των οργάνων. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση δύο καλωδίων UTP-5 και ενός ακόμα με ειδική ενίσχυση με τον εξής τρόπο:

Τοποθετούνται πάνω στο κουτί δύο βύσματα (9-pin connectors), το πρώτο χρώματος μπλε και το άλλο χρώματος άσπρου. Σε κάθε ένα βύσμα αντιστοιχεί και ένα καλώδιο UTP-5 από το οποίο αφού αφαιρεθεί η μόνωση συνδέεται κάθε καλώδιο του διαφορετικού χρώματος σε μία θέση του βύσματος με τον τρόπο που απεικονίζεται στον Πίνακα 3.3 . ( για μεγαλύτερη ευκολία παρατίθενται τα σχήματα 3.26 και 3.27 που απεικονίζουν την εμπρός και πίσω πλευρά του box ελέγχου).

Η σύνδεση αυτή των καλωδίων συνεπάγεται μεγαλύτερη ευκολία πραγματοποίησης αλλαγών στο ηλεκτρολογικό κύκλωμα και ελαχιστοποίηση φθορών.

Η κάθε θέση των καλωδίων αντιστοιχεί επίσης στην συνδεσμολογία κάποιου οργάνου ή τροφοδοσία του καθώς κλείνει το αντίστοιχο ηλεκτρικό κύκλωμα μεταφέροντας ρεύμα συγκεκριμένης έντασης. Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι συνδέσεις. Γενικά αναφέρεται ότι το ένα καλώδιο (μπλε βύσμα) χρησιμοποιείται για την σύνδεση του box με τα ρελέ των αντιστάσεων και την τροφοδοσία του καταγραφικού πίεσεως και το δεύτερο για την συνδεσμολογία του nivotester με τα level gates και την σύνδεση του μανομέτρου επαφών.

Πίνακας 3-4: Συγκεντρωτικός πίνακας χρωματικού κώδικα καλωδίων

Καλωδίωση UTP-5 (άσπρο)

Θέση	Καλώδιο
1	Μπλε
2	
3	Μπλε-άσπρο
4	
5	Πράσινο
6	Καφέ
7	Καφέ-άσπρο
8	Πορτοκαλί-άσπρο
9	Πορτοκαλί

Καλωδίωση UTP-5 (μπλε)

Θέση	Καλώδιο
1	Μπλε
2	
3	Μπλε-άσπρο
4	Πράσινο-άσπρο
5	Πράσινο
6	Καφέ
7	Καφέ-άσπρο
8	Πορτοκαλί-άσπρο
9	Πορτοκαλί

Πίνακας 3-5: Συγκεντρωτικός πίνακας συνδέσεων καλωδίων

Καλωδίωση UTP-5 (μπλε)

Καλώδιο	Σύνδεση
Μπλε	Διακόπτης Α
Μπλε-άσπρο	Διακόπτης Β
Πράσινο-άσπρο	
Πράσινο	Πηνίο 24 V
Καφέ	
Καφέ-άσπρο	
Πορτοκαλί-άσπρο	Θέση 1 JUMO dTRON(αριστερή κλέμα)
Πορτοκαλί	Θέση 1 JUMO dTRON(αριστερή κλέμα)

## Καλωδίωση UTP-5 (άσπρο)

<b>Καλώδιο</b>	<b>Σύνδεση</b>
Μπλε	Σημείο 7 nivotester (γείωση)
Μπλε-άσπρο	Σημείο 8 nivotester (έλεγχος κάτω στάθμης)
Πράσινο-άσπρο	
Πράσινο	Σημείο 9 nivotester (έλεγχος άνω στάθμης)
Καφέ	
Καφέ-άσπρο	
Πορτοκαλί-άσπρο	
Πορτοκαλί	

Εκτός από τα δύο καλώδια UTP-5 χρησιμοποιείται και ειδικό ενισχυμένο καλώδιο για την ηλεκτρική σύνδεση του καταγραφικού πίεσεως με το μεταλλάκτη. Σ' αυτήν την περίπτωση χρειάζεται βύσμα υποδοχής τριών καλωδίων (3-pin) διαφορετικών χρωμάτων των οποίων η ακριβής αντιστοίχιση φαίνεται στον Πίνακα 3.5.

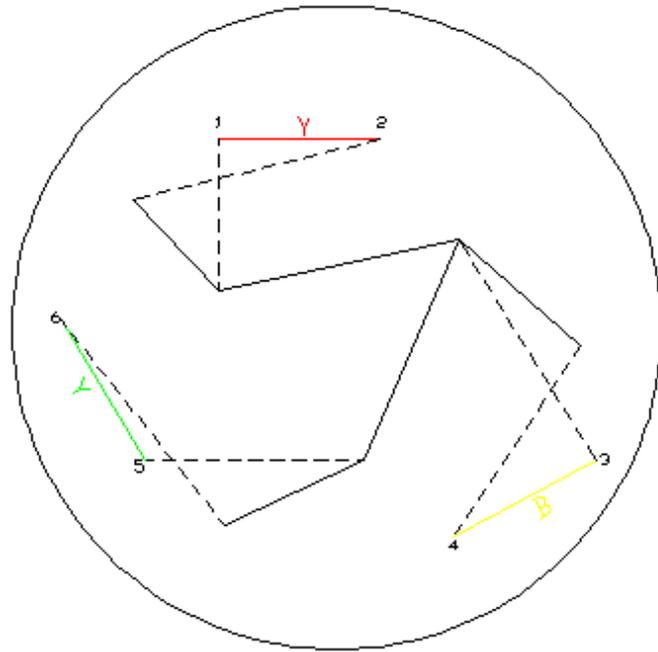
### Πίνακας 3-6: Συγκεντρωτικός πίνακας συνδέσεων ενισχυμένου καλωδίου.

<b>Καλώδιο</b>	<b>Σύνδεση</b>
Καφέ	Σημείο 3 JUMO (μεσαία κλέμα)
Άσπρο	Σημείο 9 JUMO (δεξιά κλέμα)
Μαύρο	

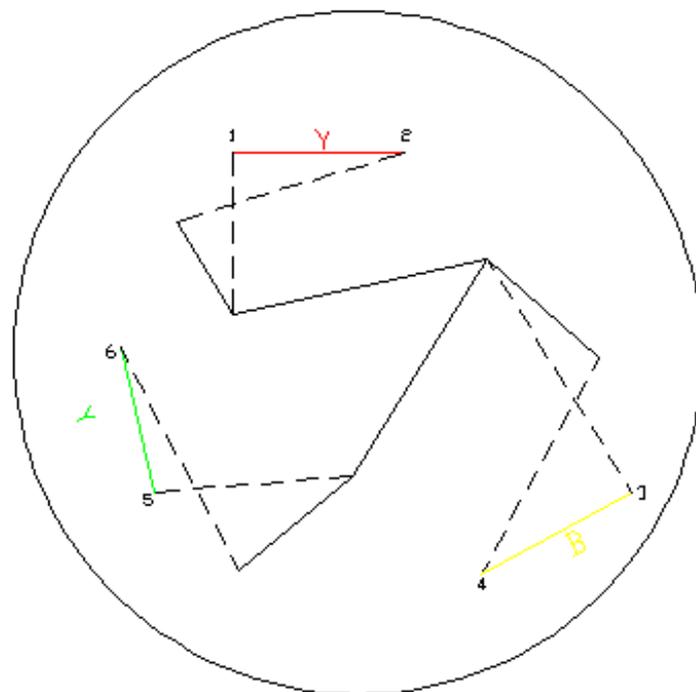
Τέλος συνδέεται και το ειδικό καλώδιο μέτρησης της θερμοκρασίας θερμοστοιχείου τύπου K με το αντίστοιχο κατάλληλο βύσμα. Έχουμε μόνο δύο διαφορετικά καλώδια χρώματος κόκκινου και κίτρινου η σύνδεση των οποίων φαίνεται στον Πίνακα 3.6

### Πίνακας 3-7: Συγκεντρωτικός πίνακας συνδέσεων καλωδίου θερμοκρασίας

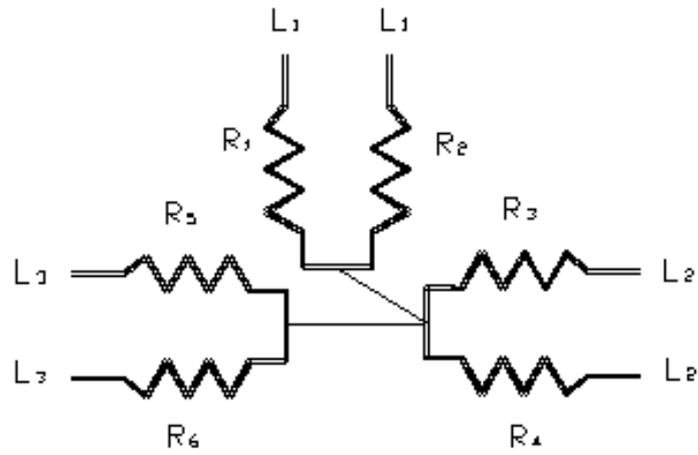
<b>Καλώδιο</b>	<b>Σύνδεση</b>
Κόκκινο	Σημείο 8 OMEGA(temp controller) +
Κίτρινο	Σημείο 9 OMEGA(temp controller) -



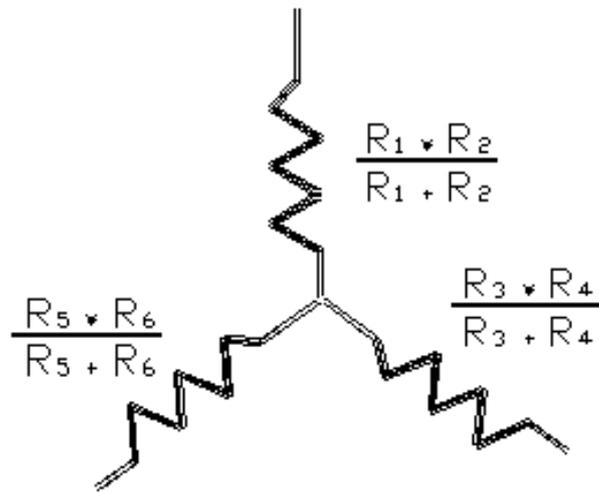
Σχήμα 3.1 ( Αντιστάσεις φλάντζας No 1)



Σχήμα 3.2 ( Αντιστάσεις φλάντζας No 2)



Σχήμα 3.3 ( Τροφοδοσία αντιστάσεων)



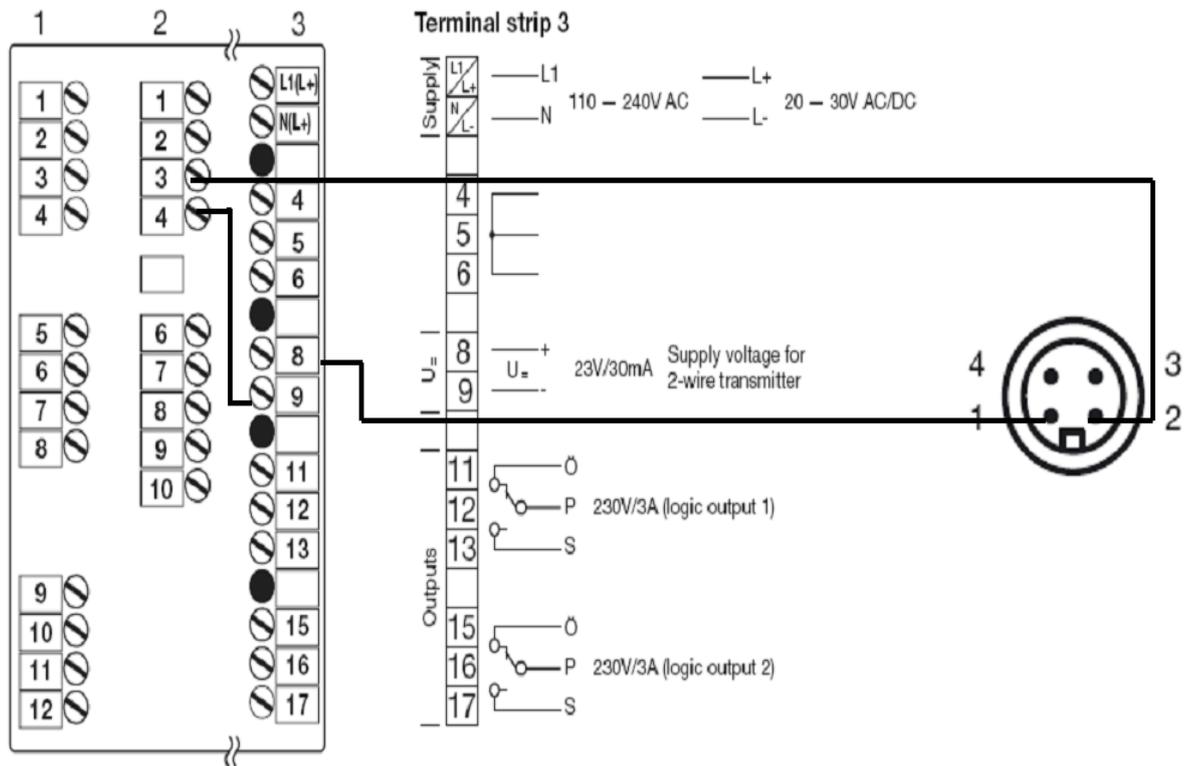
Σχήμα 3.4 ( Τροφοδοσία αστέρα)



Σχήμα 3.5 ( Σύνδεση αντιστάσεων Α και Β στο δοχείο βρασμού)



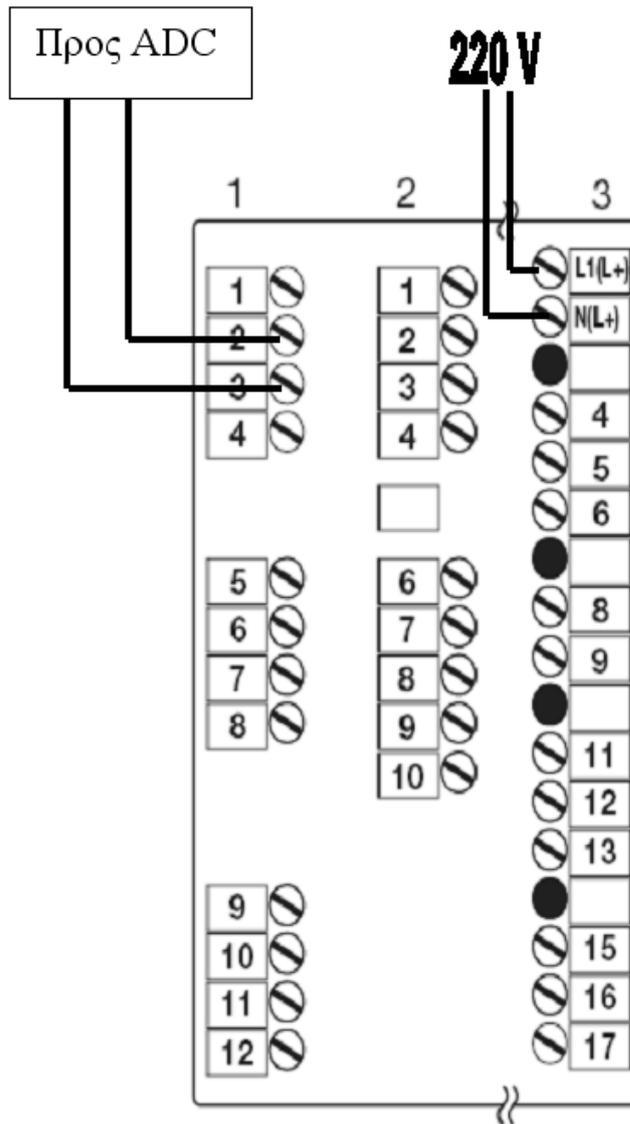
Σχήμα 3.6 ( Μεταλλάκτης πίεσεως)



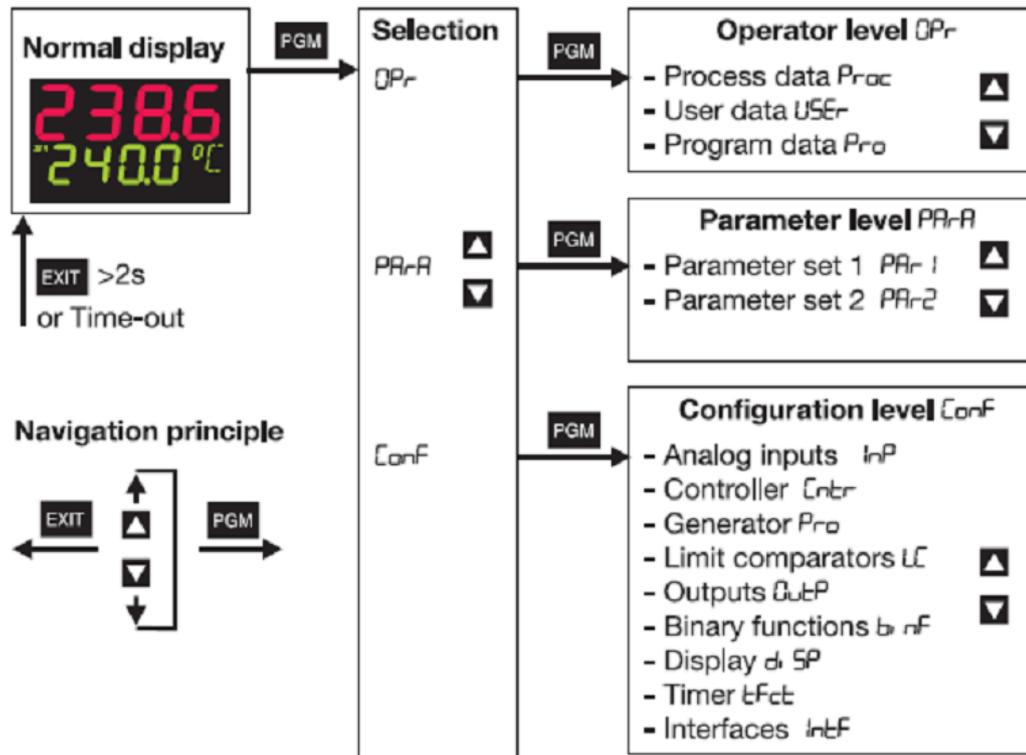
Σχήμα 3.7 ( Συνδεσμολογία μεταλλάκτη πίεσεως- ελεγκτή)



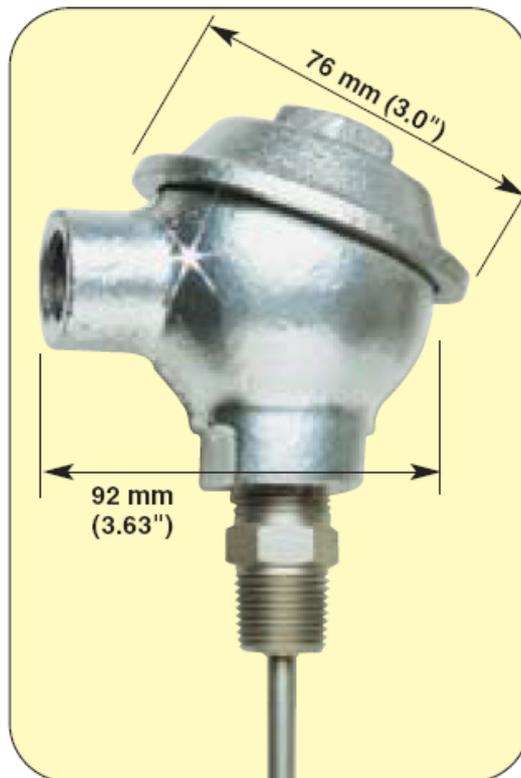
Σχήμα 3.8 ( Ψηφιακός ελεγκτής πίεσεως)



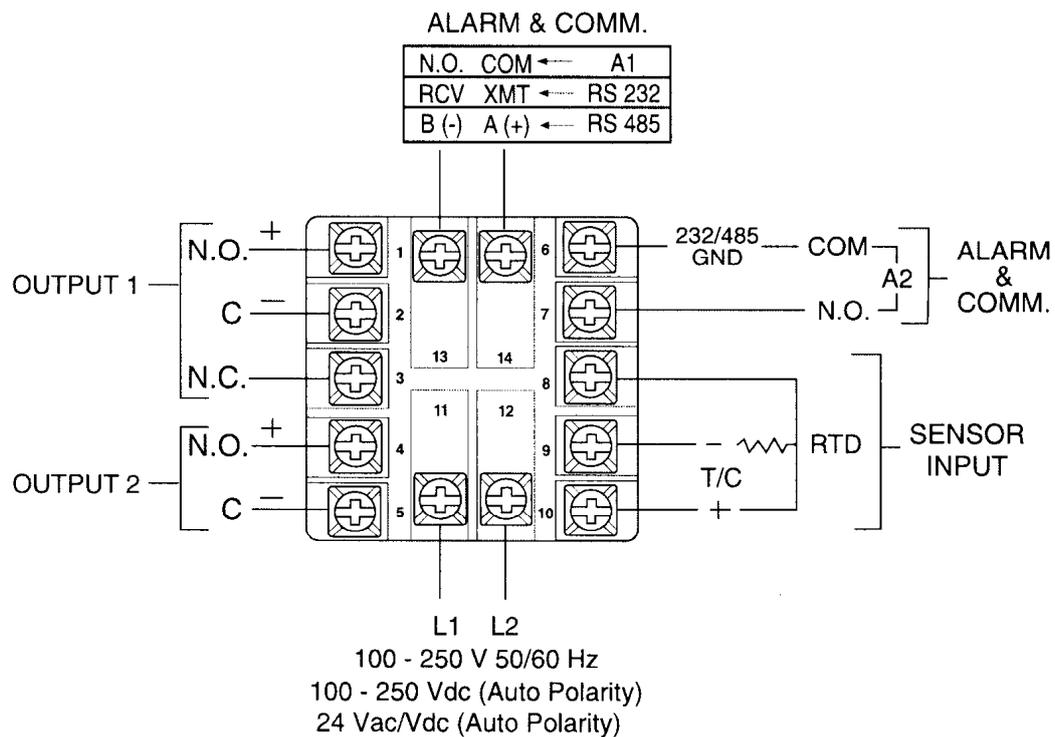
Σχήμα 3.9 ( Θέσεις τροφοδοσίας και εξόδου ψηφιακού ελεγκτή πίεσεως)



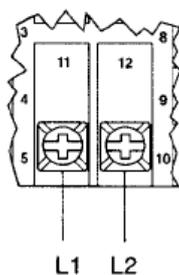
Σχήμα 3.10 ( Βασικό μενού επιλογών ελεγκτή πίεσεως και διαδικασία πλοήγησης)



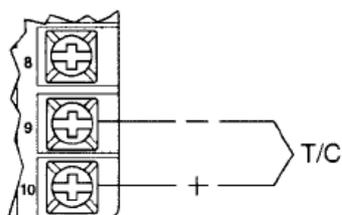
Σχήμα 3.11 ( Θερμοστοιχείο τύπου K)



Σχήμα 3.12 ( Σύνολο επαφών ψηφιακού ελεγκτή θερμοκρασίας)



Σχήμα 3.13 ( Θέσεις τροφοδοσίας Ψηφιακού ελεγκτή θερμοκρασίας)



Σχήμα 3.14 ( Θέσεις σύνδεσης θερμοστοιχείου)

## Menu System Overview

To return to Process Value at any time, press and hold Menu Access  key for three seconds

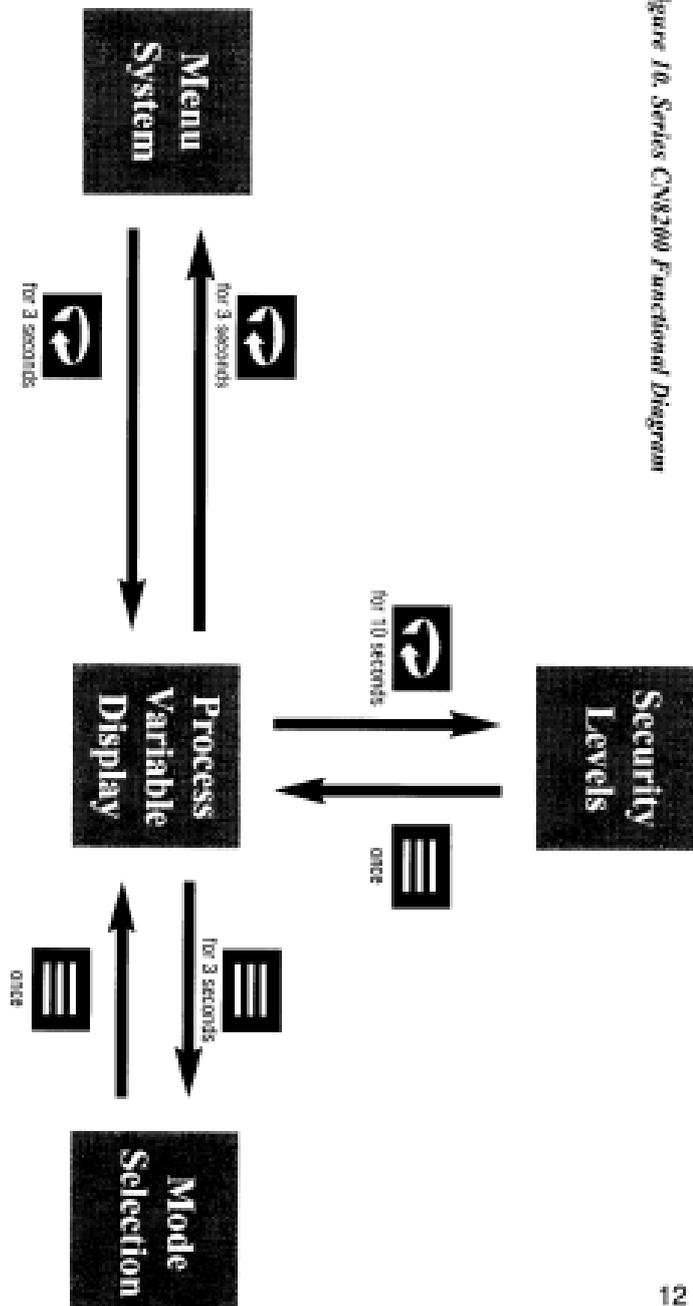


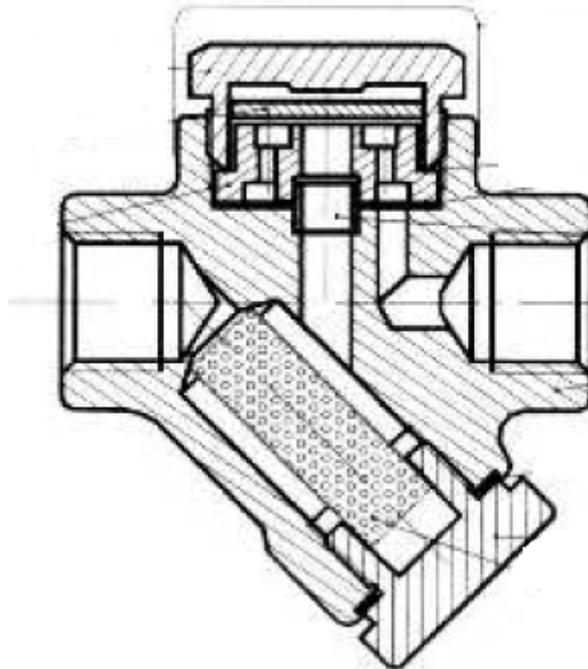
Figure 16. Series CN0200 Functional Diagram

12

Σχήμα 3.15 (βασικό μενού επιλογών Ψηφιακού ελεγκτή θερμοκρασίας και διαδικασία πλοήγησης σε αυτό)



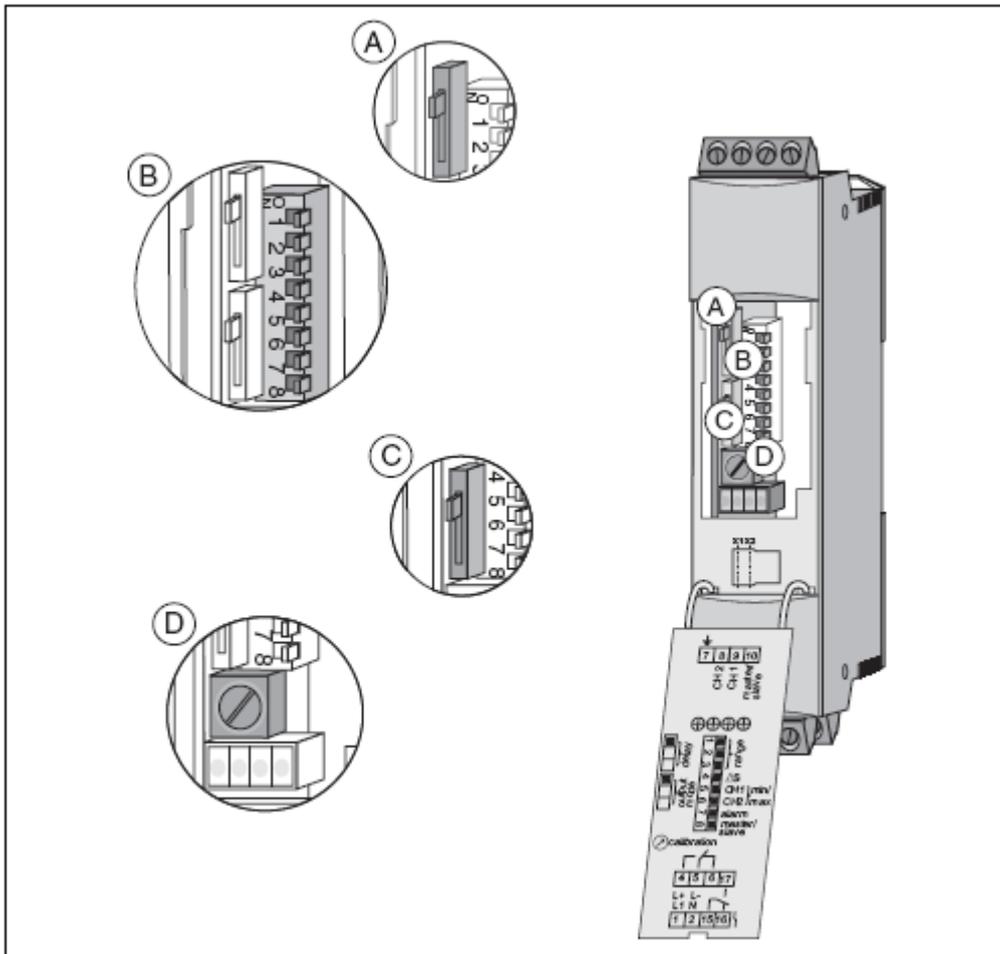
Σχήμα 3.16( Θερμοστατική ατμοπαγίδα)



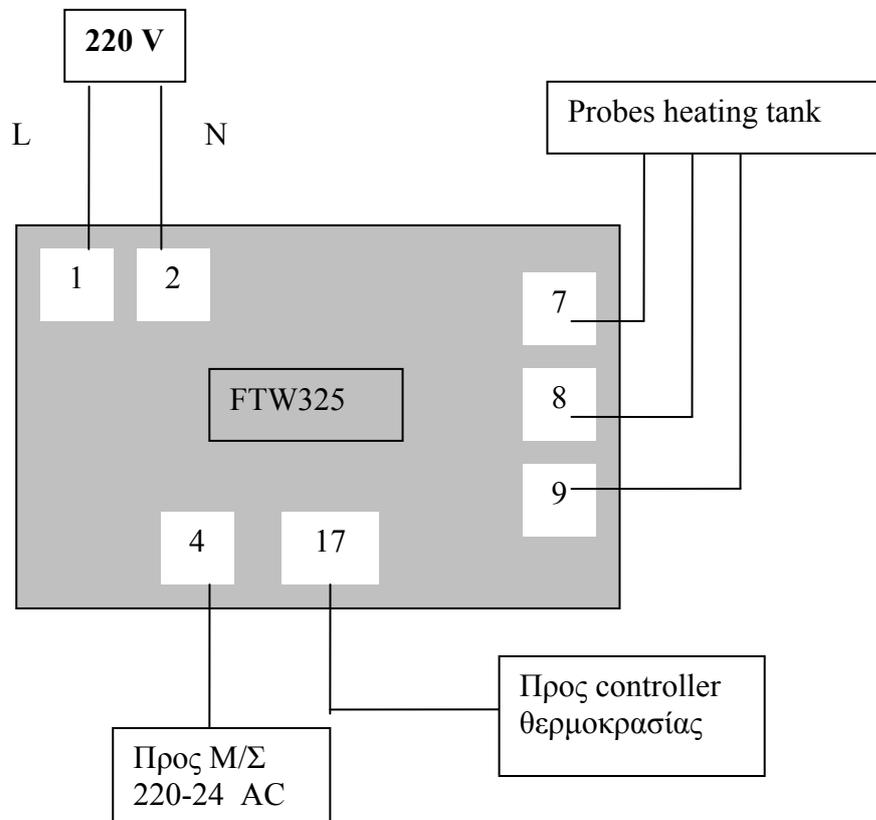
Σχήμα 3.17 ( Σκαρίφημα θερμοστατικής ατμοπαγίδας)



Σχήμα 3.18 ( Ανιχνευτής στάθμης)



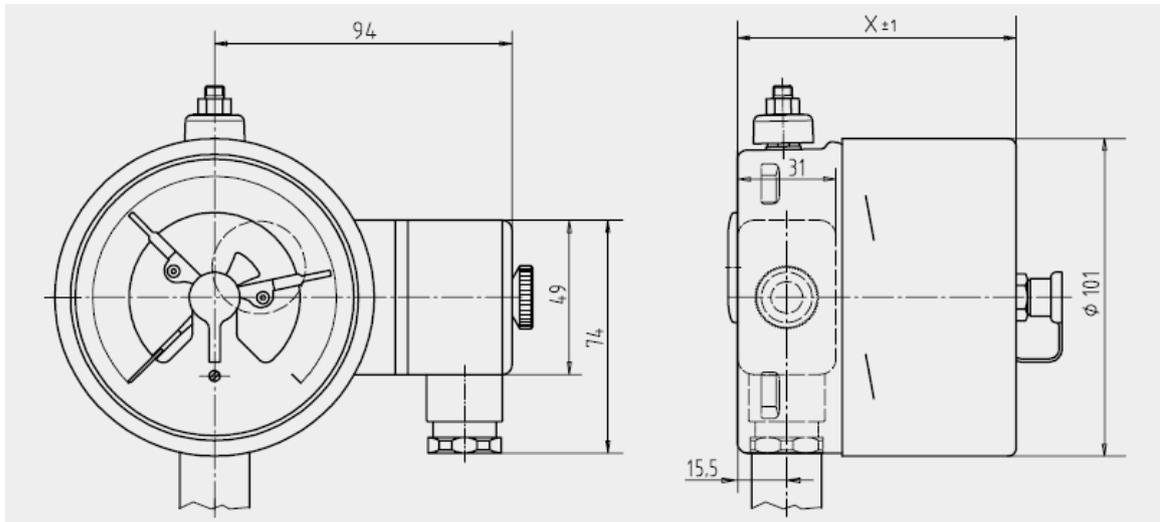
Σχήμα 3.19 ( Θέσεις διακοπών A,B,C και D στον ελεγκτή στάθμης νερού)



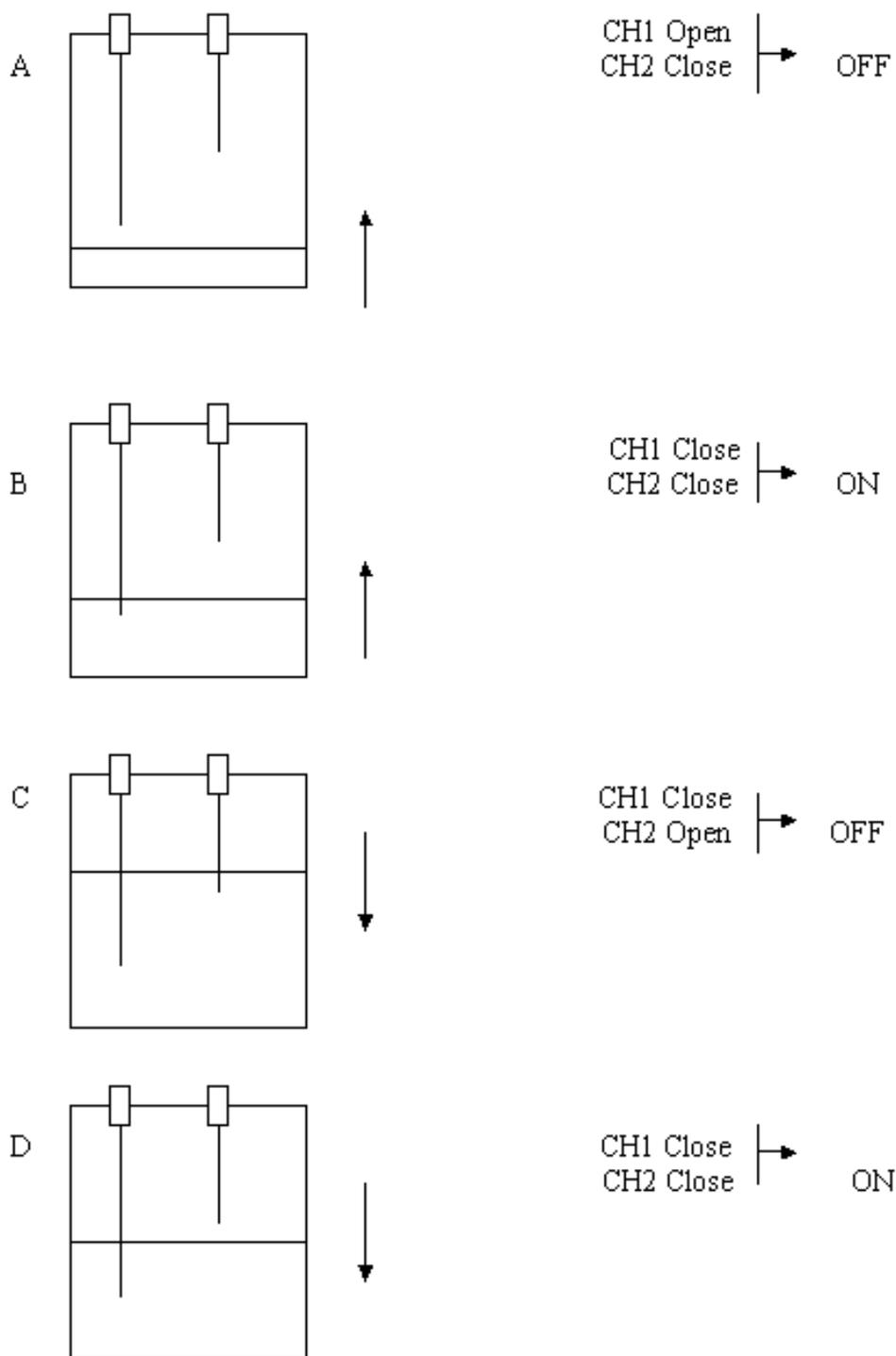
Σχήμα 3.20 (συνδεσμολογία του ελεγκτή και των ανιχνευτών στάθμης- θέσεις τροφοδοσίας και εξόδου)



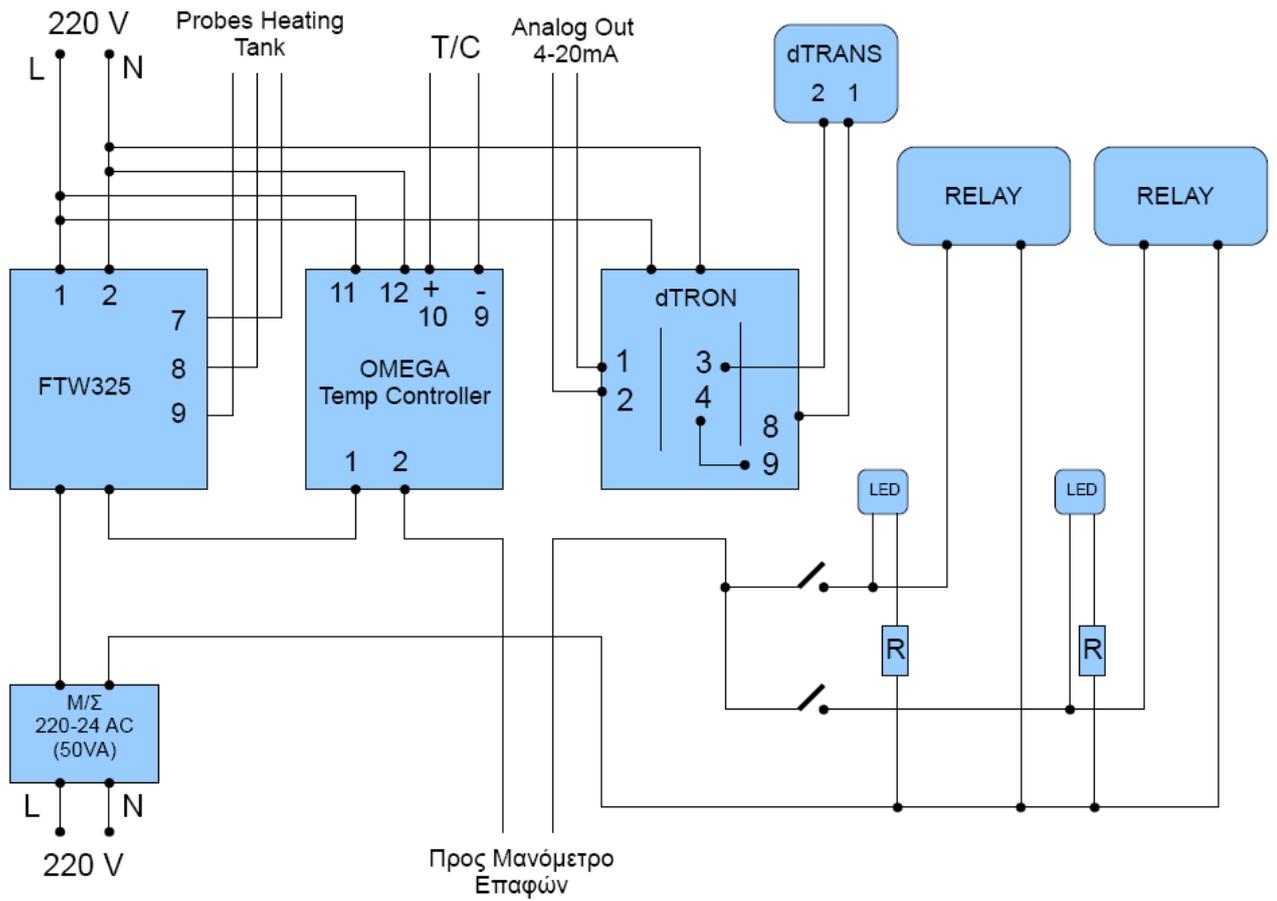
Σχήμα 3.21 ( Μανόμετρο επαφών)



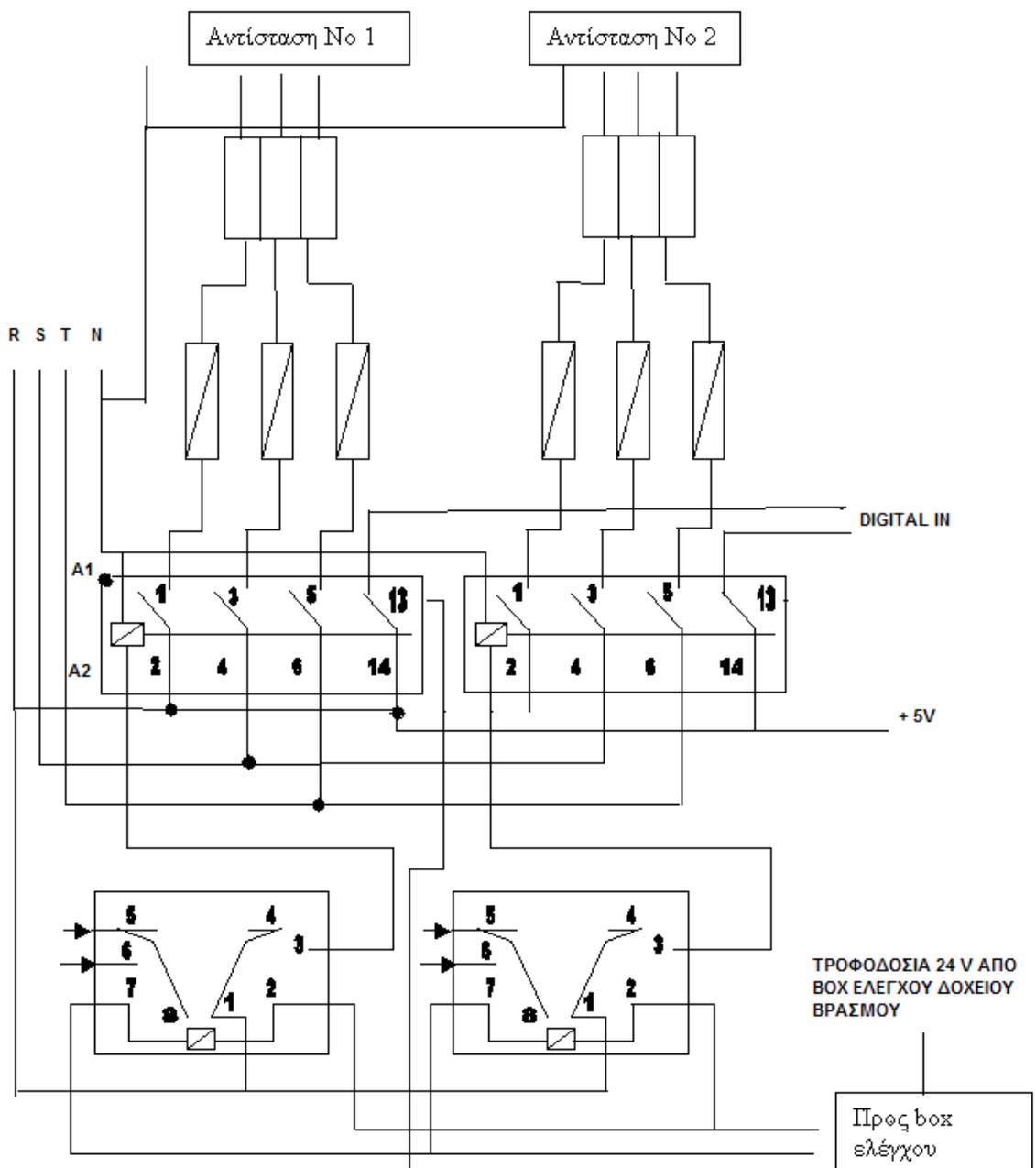
Σχήμα 3.22 ( Σκαρίφημα διαστάσεων μανομέτρου επαφών)



Σχήμα 3.23 ( κατάσταση CH1,CH2, κατά την άνοδο και κάθοδο της στάθμης νερού)



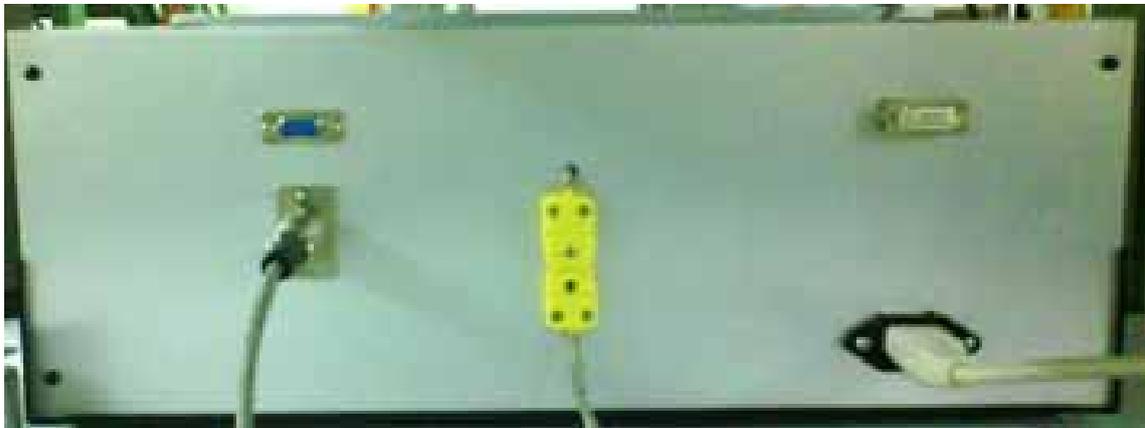
Σχήμα 3.24 (Ηλεκτρολογικό κύκλωμα δοχείου βρασμού)



Σχήμα 3.25 (Τροφοδοσία ηλεκτρικών αντιστάσεων)



Σχήμα 3.26 (εμπρός πλευρά box ελέγχου)



Σχήμα 3.27 (οπίσθια όψη box ελέγχου)

## 4 Σύνδεση μεταλλακτών και συσκευών επενέργειας απευθείας σε Η/Υ.

Για τη μεταφορά των σημάτων των οργάνων που έχουν τοποθετηθεί στο δοχείο βρασμού απευθείας στον Η/Υ της εγκατάστασης είναι απαραίτητη η σύνδεσή τους σε μονάδα αναλογοψηφιακού μετατροπέα (ADC)- πολυπλέκτη (MUX)- τερματικής πλακέτας (terminal board). Τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε μονάδας, οι ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μία, όπως και η ακριβής μεταξύ τους συνδεσμολογία θα αναλυθεί παρακάτω

### 4.1 Αναλογοψηφιακός μετατροπέας

Ο ADC [10] χρησιμοποιείται για την μετατροπή των αναλογικών σημάτων που παρέχουν οι μεταλλάκτες σε ψηφιακές πληροφορίες, καθώς και για την εν συνεχεία μετάδοσή τους προς τον Η/Υ, όπως επίσης και για τη σύνδεση σε πάσης φύσεως όργανα ψηφιακών ενδείξεων, όπως ψηφιακά βολτόμετρα, ψηφιακά θερμόμετρα κ.α.

Οι ADC που χρησιμοποιούνται ως μονάδες προσαρμογής των μεταλλακτών σε Η/Υ, συνήθως συνοδεύονται από επιλογέα ή πολυπλέκτη, ο οποίος δέχεται αναλογικά σήματα από περισσότερες της μίας πηγές σε ξεχωριστές θέσεις (κανάλια), ψηφιοποιώντας κάθε φορά το επιλεγόμενο κανάλι, μέσω του λογισμικού που ελέγχει τον μετατροπέα. Η επιλογή γίνεται με την βοήθεια ορισμένων δυαδικών ψηφίων του καταχωρητού ελέγχου του μετατροπέα.

Τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός ADC είναι:

- Η Διακριτική Ικανότητα:

Ως διακριτική ικανότητα μιας οποιασδήποτε μετρητικής διάταξης, ορίζεται το ελάχιστο σήμα εισόδου που προκαλεί μεταβολή στο σήμα εξόδου. Στην περίπτωση του ADC ως σήμα εισόδου θεωρείται το αναλογικό σήμα που δέχεται, και ως σήμα εξόδου η ψηφιακή πληροφορία που παρέχει.

Αν ο ADC διαθέτει καταχωρητή δεδομένων με  $n$  το πλήθος δυαδικά ψηφία, τότε το αναλογικό σήμα εισόδου ψηφιοποιείται το πολύ σε  $2^n$  τιμές

Άρα η διακριτική του ικανότητα είναι:

$$\frac{1}{2^v} \cdot (V_{\max} - V_{\min}) \quad 4.1$$

Όπου  $V_{\max}$  το μέγιστο αναλογικό σήμα εισόδου και  $V_{\min}$  το ελάχιστο αναλογικό σήμα εισόδου.

Έχει επικρατήσει όμως η διακριτική ικανότητα ενός ADC να δίνεται με βάση το πλήθος "v" των δυαδικών ψηφίων που διαθέτει ο καταχωρητής δεδομένων του.

Εάν η διακριτική ικανότητα ενός ADC είναι 12 δυαδικά ψηφία (bits) τότε το μέγιστο σήμα εισόδου μετατρέπεται στον ψηφιακό αριθμό 4095.

- Η περιοχή λειτουργίας:

Ορίζεται από τις τιμές  $V_{\min}$  της ελάχιστης και  $V_{\max}$  μέγιστης τάσης σήματος εισόδου, μεταξύ των οποίων γραμμικά λειτουργεί ο ADC:

Πίνακας 4.1 ( Αντιστοιχία αναλογικής τάσης εισόδου- ψηφιακής ένδειξης ADC)

<u>Τάση εισόδου</u>	<u>Ψηφιακή ένδειξη</u>
$V_{\min}$	0
V	d
$V_{\max}$	$2^v - 1$

Έτσι, σε κάθε τάση  $V_s$ , αντιστοιχεί ψηφιακή πληροφορία d ως εξής :

$$\frac{V_s - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} = \frac{d}{2^v - 1} \quad 4.2$$

όπου  $V_s$  η τάση του αναλογικού σήματος εισόδου του ADC και "d" η αντίστοιχη ψηφιακή πληροφορία.

- Χρόνος δειγματοληψίας:

Ορίζεται ως το διάστημα χρόνου που παρέρχεται από την στιγμή έναρξης μίας ψηφιοποίησης έως την ολοκλήρωσή της και την δυνατότητα έναρξης επόμενης. Το

αντίστροφο του χρόνου δειγματοληψίας ορίζεται ως μέγιστη συχνότητα δειγματοληψίας.

Εκτός των κύριων χαρακτηριστικών των αναλογοψηφιακών μετατροπέων κρίνεται χρήσιμη η περιληπτική αναφορά στις τρεις κύριες μεθόδους αναλογοψηφιακής μετατροπής

- Μέθοδος ολοκληρώσεως:

Στηρίζεται στη γραμμική φόρτιση ή εκφόρτιση ενός πυκνωτή, στην εν συνεχεία μέτρηση του χρόνου ( $t_{\mu}$ ) που παρέρχεται μέχρι η τάση του εν λόγω πυκνωτή και του αναλογικού σήματος γίνουν ίσες, επιτρέποντας αμέσως τη διαμόρφωση της ψηφιακής πληροφορίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος ολοκληρώσεως είναι αρκετά ακριβής, έχει όμως το μειονέκτημα να είναι αρκετά αργή.

- Μέθοδος άμεσης συγκρίσεως:

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή γίνονται ταυτόχρονα τόσες συγκρίσεις, όσες και η μέγιστη ψηφιακή ένδειξη στην έξοδο του ADC. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η μεγάλη ταχύτητα δειγματοληψίας, προϋποθέτει όμως ογκώδη κατασκευή.

- Μέθοδος των διαδοχικών προσεγγίσεων:

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τα θετικά στοιχεία των δύο προαναφερθεισών μεθόδων απαλείφοντας τα αρνητικά, ώστε να καταλήγει στο επιθυμητό αποτέλεσμα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, με καλή ακρίβεια, χωρίς να συνεπάγεται ογκώδη κατασκευή. Για το λόγο αυτό, η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως.

Ο ADC που χρησιμοποιούμε στην εγκατάσταση είναι τύπου PCL-818HG της εταιρίας Advantech (σχήμα 4.1) και έχει την μορφή καρτέλας (board) κατάλληλης για άμεση προσάρτηση στο ISA bus H/Y τύπου PC/XT και PC/AT. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του έχουν ως εξής :

- Διακριτική ικανότητα : 12 bit
- μέγιστη ταχύτητα αναλογοψηφιακής μετατροπής 100 kHz με μέθοδο άμεσης προσπέλασης στη μνήμη
- Κανάλια εσωτερικού πολυπλέκτη: επιλογή 16 απλών (single-ended) ή 8 διαφορικών (differential). Η διαφορά των απλών με τα διαφορικά κανάλια

είναι ότι τα πρώτα επιτρέπουν τη μέτρηση του δυναμικού ενός ακροδέκτη ως προς τη γη ενώ τα δεύτερα τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο ακροδεκτών.

- Περιοχή λειτουργίας : δυνατότητα επιλογής μέσω προγραμματισμού της κάρτας σε διπολική ή μονοπολική τάση λειτουργίας στις εξής περιοχές:  
διπολική :  $\pm 0.625, \pm 1.25, \pm 2.5, \pm 5, \pm 10$   
μονοπολική : 0-1.25, 0-2.5, 0-5, 0-10  
Οι παραπάνω επιλογές μπορούν να αναφέρονται σε διαφορετικά κανάλια εφόσον υπάρχει η δυνατότητα της συγκεκριμένης ρύθμισης.
- Ρυθμός δειγματοληψίας : μεγαλύτερος από 50kHz
- Κέρδος που ρυθμίζεται για κάθε κανάλι ξεχωριστά με χρήση καταχωρητών από το λογισμικό ελέγχου της μονάδας και κυμαίνεται μεταξύ 0.5 -1000 με συγκεκριμένες τιμές : 0.5, 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000.
- Δυνατότητα ψηφιοαναλογικής μετατροπής(ύπαρξη ψηφιοαναλογικού μετατροπέα-DAC) με εύρος τουλάχιστον 0-5 V
- Εναλλακτικές μορφές έναρξης (σκανδαλισμού) της αναλογοψηφιακής μετατροπής, ή από πρόγραμμα, ή με ρυθμοδότη, εσωτερικό ή εξωτερικό.

Περισσότερες πληροφορίες για την συγκεκριμένη μονάδα μπορούν να αντληθούν τόσο από το εγχειρίδιο χρήστη(User's Manual) [22], όσο και από τη Δ.Ε [4] στην οποία υπάρχει εκτεταμένη ανάλυση. Στη συγκεκριμένη Δ.Ε θα αναφερθούμε στις βασικές ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την σύνδεση του ADC με τον H/Y. Στην καρτέλα του ADC βρίσκονται 2 διακόπτες (switches), 6 βραχυκυκλωτήρες (jumpers), 3 υποδοχείς(connectors) και 6 ποτενσιόμετρα, οι θέσεις των οποίων παρουσιάζονται στο σχήμα 4.2..

#### ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΧΗΜΑΤΟΣ 4.2

**CN1:** Υποδοχή ψηφιακής εξόδου

**CN2:** Υποδοχή ψηφιακής εισόδου

**CN3:** Υποδοχή αναλογικής εισόδου/εξόδου/μετρητής

**SW1:** Διακόπτης επιλογής βασικής διεύθυνσης

**SW2:** Διακόπτης επιλογής για 16-απλά-ή 8 διαφορεικά κανάλια

**JP1:** Βραχυκυκλωτήρας για επιλογή επιπέδου DMA

**JP2:** Βραχυκυκλωτήρας για επιλογή τάσης αναφοράς  
**JP3:** Βραχυκυκλωτήρας επιλογής τιμής της εσωτερικής τάσης αναφοράς  
**JP4:** Βραχυκυκλωτήρας επιλογής συχνότητας του ρολογιού  
**JP5:** Βραχυκυκλωτήρας επιλογής ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της FIFO  
**JP6:** Βραχυκυκλωτήρας για επιλογή εξωτερικού σκανδαλισμού  
**JP7:** Βραχυκυκλωτήρας για επιλογή FIFO Interrupt  
**VR1:** Ποτενσιόμετρο για A/D διπολικό offset  
**VR2:** Ποτενσιόμετρο για A/D full scale  
**VR3:** Ποτενσιόμετρο για μονοπολικό offset  
**VR4:** Ποτενσιόμετρο για D/A διπολικό offset  
**VR5:** Ποτενσιόμετρο για D/A διπολικό offset  
**VR6:** Ποτενσιόμετρο για PGA (Programmable Gain Amplifier) offset

- Διακόπτης SW2 επιλογής 16 απλών(single-ended) ή 8 διαφορικών (differential) καναλιών εισόδου, με την τοποθέτησή του στην αντίστοιχη θέση που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.3,στη δεξιά θέση για επιλογή 8 διαφορικών καναλιών και στην αριστερή για επιλογή 16 απλών καναλιών εισόδου. Επιλέχθηκαν 8 διαφορικά κανάλια εισόδου.
- Διακόπτης SW1 επιλογής βασικής αρχικής διεύθυνσης μνήμης. Υπάρχουν 32 διαδοχικές θέσεις διευθύνσεων(μνήμης) με την FIFO buffer ενεργοποιημένη ή 16 όταν είναι απενεργοποιημένη οι οποίες ποικίλουν από Hex (δεκαεξαδικό) 000 έως Hex 3F0 Παρέμεινε η εργοστασιακή ρύθμιση της βασικής διεύθυνσης Hex 300. οι δυνατότητες αλλαγής με τη χρήση του διακόπτη παρουσιάζονται στο σχήμα 2.

Πίνακας 4.2 ( επιλογή βασικής διεύθυνσης)

Cable I/O addresses, FIFO disabled (SW1)						
Range (Hex)	Switch position					
	1	2	3	4	5	6
000-00F	●	●	●	●	●	●
010-01F	●	●	●	●	●	○
...						
200-20F	○	●	●	●	●	●
210-21F	○	●	●	●	●	○
...						
*300-30F	○	○	●	●	●	●
...						
3F0-3FF	○	○	○	○	○	○

○=Off ●=On \*=default

- Βραχυκυκλωτήρας JP7 επιλογής απευθείας πρόσβασης στη μνήμη DMA( Direct Memory Access) μέσω του καναλιού 1 ή του καναλιού 2. αναλόγως της θέσης του jumper επιλέγεται το επιθυμητό αποτέλεσμα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.4. Διατηρήθηκε η εργοστασιακή ρύθμιση του καναλιού 3, εφόσον δεν μας απασχολεί η συγκεκριμένη δυνατότητα.

Jumpers	Function Description	
JP7		Channel 3 (default)
		Channel 1

Σχήμα 4.4 ( επιλογή πρόσβασης στη μνήμη DMA μέσω jumper 7)

- Βραχυκυκλωτήρας JP11 επιλογής εσωτερικής ή εξωτερικής τάσης αναφοράς για τον ψηφιοαναλογικό μετατροπέα της μονάδας. Διατηρήθηκε η εργοστασιακή ρύθμιση της εσωτερικής τάση αναφοράς.
- Βραχυκυκλωτήρας JP10 επιλογής εσωτερικής τάσης αναφοράς. Δίδονται δύο επιλογές τιμών, η πρώτη -5 Volt και η δεύτερη +10 Volt. Τροποποιήθηκε η εργοστασιακή ρύθμιση των -5 Volt και ρυθμίστηκε στα + 10.

- Βραχυκυκλωτήρας JP8 επιλογής της συχνότητας του προγραμματιζόμενου ενσωματωμένου χρονιστή 8254. Υπάρχουν δύο επιλογές συχνοτήτων σε 10 MHz ή 1 MHz. , οι οποίες προκαλούν συχνότητες ρυθμού βήματος από 2,5 MHz έως 0,000023 Hz. Ο ρυθμός του βήματος δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Ρυθμός\_βήματος} = \frac{F_{clk}}{Div1 * Div2}$$

Όπου :

Fclk: η τιμή της συχνότητας 1 MHz-10 MHz

Div1, Div2: οι διαιρέτες που τίθενται στους μετρητές 1 και 2 του χρονιστή

Παρέμεινε η εργοστασιακή (default) ρύθμιση.

- Βραχυκυκλωτήρας (jumper) JP8 επιλογής ενεργοποίησης ή όχι της μνήμης FIFO( First IN First Out) η οποία παρέχει επιπλέον καταγραφή των αποτελεσμάτων των αναλογοψηφιακών μετατροπών. Κάθε φορά δηλαδή που γίνεται μία αναλογοψηφιακή μετατροπή τα δεδομένα και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται και στους καταχωρητές εξόδου του ADC και στην προσωρινή μνήμη FIFO. Λόγω όμως της δέσμευσης επιπλέον διευθύνσεων μνήμης για τη λειτουργία της επιλέχθηκε η απενεργοποίηση της.
- Βραχυκυκλωτήρας JP5 επιλογής της πηγής του εξωτερικού σκανδαλισμού για την έναρξη μίας αναλογοψηφιακής μετατροπής και της πρώτης τιμής του ενσωματωμένου χρονιστή. Δεν τροποποιήθηκαν οι εργοστασιακές ρυθμίσεις οι οποίες είχαν τοποθετημένα και τα δύο jumpers στη δεξιά θέση με ονομασία G0 και Ext αντίστοιχα..
- Βραχυκυκλωτήρας (jumper) JP9 ελέγχου της μνήμης FIFO. Εφόσον δεν μας αφορά η λειτουργία της όπως έχει ήδη αναφερθεί το jumper παρέμεινε στην εργοστασιακή του θέση, δηλαδή στη θέση με αριθμό 2 από τις επιλογές 2-7.

Εκτός των επιλογών που παρέχονται από τους διακόπτες και τους βραχυκυκλωτήρες του ADC και πως αυτοί ρυθμίζονται ιδιαίτερη σημασία έχει η αναφορά στις 3 υποδοχές που διαθέτει και καθορίζουν τον τρόπο σύνδεσής του με άλλες μονάδες.

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN1 αποτελεί την ψηφιακή έξοδο του ADC και αναλύεται σε 20 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.5

CN1			
D/O 0	1	2	D/O 1
D/O 2	3	4	D/O 3
D/O 4	5	6	D/O 5
D/O 6	7	8	D/O 7
D/O 8	9	10	D/O 9
D/O 10	11	12	D/O 11
D/O 12	13	14	D/O 13
D/O 14	15	16	D/O 15
D.GND	17	18	D.GND
+5 V	19	20	+12 V

Σχήμα 4.5 ( Υποδοχέας CN1)

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN2 αποτελεί την ψηφιακή είσοδο του ADC και αναλύεται σε 20 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.6

CN2			
D/I 0	1	2	D/I 1
D/I 2	3	4	D/I 3
D/I 4	5	6	D/I 5
D/I 6	7	8	D/I 7
D/I 8	9	10	D/I 9
D/I 10	11	12	D/I 11
D/I 12	13	14	D/I 13
D/I 14	15	16	D/I 15
D.GND	17	18	D.GND
+5 V	19	20	+12 V

Σχήμα 4.6 ( Υποδοχέας CN2)

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN3 αποτελεί την αναλογική είσοδο/έξοδο του ADC, εμπεριέχει τον μετρητή της μονάδας και αναλύεται σε 37 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.7 για απλά και για διαφορικά κανάλια.

#### Απλά κανάλια

#### Διαφορικά κανάλια

CN3 (Single ended)			CN3 (Differential)				
A/D S0	1	20	A/D S8	A/D H0	1	20	A/D L0
A/D S1	2	21	A/D S9	A/D H1	2	21	A/D L1
A/D S2	3	22	A/D S10	A/D H2	3	22	A/D L2
A/D S3	4	23	A/D S11	A/D H3	4	23	A/D L3
A/D S4	5	24	A/D S12	A/D H4	5	24	A/D L4
A/D S5	6	25	A/D S13	A/D H5	6	25	A/D L5
A/D S6	7	26	A/D S14	A/D H6	7	26	A/D L6
A/D S7	8	27	A/D S15	A/D H7	8	27	A/D L7
A.GND	9	28	A.GND	A.GND	9	28	A.GND
A.GND	10	29	A.GND	A.GND	10	29	A.GND
VREF	11	30	DA0.OUT	VREF	11	30	DA0.OUT
S0*	12	31	DA0.VREF	S0*	12	31	DA0.VREF
+12 V	13	32	S1*	+12 V	13	32	S1*
S2*	14	33	S3*	S2*	14	33	S3*
D.GND	15	34	D.GND	D.GND	15	34	D.GND
NC	16	35	EXT.TRIG	NC	16	35	EXT.TRIG
Counter	17	36	Counter 0	Counter	17	36	Counter 0
Counter	18	37	PACER	Counter	18	37	PACER
+5 V	19			+5 V	19		

Σχήμα 4.7 ( Υποδοχέας CN3)

Όταν επιτελείται μία αναλογοψηφιακή μετατροπή στην μονάδα το αποτέλεσμα , ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία αποθηκεύεται στους καταχωρητές που διαθέτει οι οποίοι συγκροτούνται από ένα σύνολο δυαδικών ψηφίων όπου γίνεται αποθήκευση πληροφοριών. Η εύρεση κάθε καταχωρητή γίνεται με τη βοήθεια αριθμών που αποτελούν τη διεύθυνση του καθενός.

Εφόσον έχει καθοριστεί ως βασική διεύθυνση του ADC η Hex 300 κάθε καταχωρητής θα βρίσκεται σε διεύθυνση  $300+(1-25)$ , αφού υπάρχουν 25

καταχωρητές. Για παράδειγμα ο καταχωρητής που βρίσκεται στη διεύθυνση BASE+5 ως προς τη βασική διεύθυνση, είναι στην  $300+5h=305h$  διεύθυνση.

Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες :

Καταχωρητές Δεδομένων(Data Registers)

Καταχωρητές Καταστάσεως Ελέγχου(Control Status Registers)

Οι καταχωρητές του PCL-818HG, όπως και όλης της σειράς PCL έχουν χωρητικότητα 8 bits.

## **4.2 Τερματική Πλακέτα**

Η τερματική πλακέτα (wiring terminal board) του κυκλώματος μέτρησης είναι τύπου PCL-8115 της ίδιας κατασκευάστριας εταιρίας Advantech ( Σχήμα 4.8) στην οποία μεταφέρεται το σήμα εξόδου του ψηφιακού ελεγκτή πίεσης για την μέτρηση από τον Η/Υ.

Διαθέτει 5 υποδοχείς στην καρτέλα της και δύο βραχυκυκλωτήρες στις θέσεις που εμφανίζονται στο σχήμα 4.9.

### ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΧΗΜΑΤΟΣ 4.9

**CN1:** Υποδοχέας DB-37 για σύνδεση με PCL-818HG

**CN2:** 24 screw terminals για σύνδεση απλών ή διαφορικών καναλιών

**CN3:** 14 screw terminals για σύνδεση εξωτερικών συσκευών όπως διάφορων θερμοστοιχείων ή διάφορων μεταλλακτών

**CN4:** 20-pin εσωτερικός υποδοχέας για σύνδεση με συσκευές τύπου PCL-818/818H – αναλογική έξοδος—

**CN5:** 20-pin εσωτερικός υποδοχέας για σύνδεση με συσκευές τύπου PCL-818/818H –αναλογική είσοδος—

**JP1& JP2:** Βραχυκυκλωτήρας για επιλογή απλών ή διαφορικών καναλιών και ενεργοποίηση ή όχι του CJC (cold junction circuit)

**VR1:** ποτενσιόμετρο

Υπάρχει η δυνατότητα δύο ρυθμίσεων στην τερματική πλακέτα, με συνδυασμό των δύο βραχυκυκλωτήρων που διαθέτει ως εξής:

Με την τοποθέτηση και των δύο jumpers 1,2 στις ίδιες θέσεις όπως φαίνεται στο σχήμα 4.10 επιτυγχάνουμε την επιλογή 16 διαφορεικών καναλιών αλλά και την ενεργοποίηση του CJC (cold junction circuit).

Περισσότερες πληροφορίες για την συγκεκριμένη μονάδα μπορούν να αντληθούν τόσο από το εγχειρίδιο χρήστη (User's Manual) [23], όσο και από τη Δ.Ε [...] στην οποία υπάρχει εκτεταμένη ανάλυση

### **4.3 Εξωτερικός Πολυπλέκτης**

Πολυπλέκτης (multiplexer, ή εν συντομία mux ) είναι ένα κύκλωμα που επιλέγει μία από τις πολλές εισόδους του και μεταφέρει (αντιγράφει) την τιμή (κατάσταση) της στην έξοδό του. Οι πολλαπλές υποψήφιες εισοδοί, των οποίων η εκάστοτε τιμή (κατάσταση ή δεδομένα) μεταφέρονται και εμφανίζονται στην έξοδο, όταν και αν αυτές επιλεγούν, λέγονται εισοδοί δεδομένων ή κανάλια.

Οι πολυπλέκτες παίζουν κεντρικό ρόλο στα ψηφιακά και ηλεκτρικά συστήματα. Ο πολυπλέκτης που χρησιμοποιούμε είναι και αυτός της ίδιας εταιρίας κατασκευής Advantech τύπου PCLD-789D ( Σχήμα 4.11) ο οποίος έχει τα εξής γενικά χαρακτηριστικά :

- Αντιστοιχεί(πολυπλέκει)16 διαφορεικά κανάλια εισόδου σε μία αναλογική έξοδο
- Παρέχει δυνατότητα σύνδεσης έως και 10 διαφορεικών ή και ίδιων πολυπλεκτών ταυτόχρονα ανάλογα με την ποσότητα των αναλογικών σημάτων(έως 160).
- Επιλέγεται κέρδος σε διάφορες τιμές : 1,2,10,50,100,200,500,1000
- Εμπεριέχει ηλεκτρονικό σημείο πάγου (CJC) και μπορεί να συνδεθεί με θερμοστοιχεία όλων των τύπων αρκεί αν χρειάζεται να πραγματοποιείται κατάλληλος προγραμματισμός της μονάδας για αποφυγή προβλημάτων συμβατότητας.
- Είσοδος : 16 διαφορεικά κανάλια

- Τάση εξόδου :  $\pm 10 \text{ V}$
- CJC :  $+24,4 \text{ mV/Deg.C.}(0,0 \text{ V at } 0.0 \text{ Deg.C})$

Στην καρτέλα του πολυπλέκτη βρίσκονται 1 διακόπτης, 4 βραχυκυκλωτήρες, 3 υποδοχείς και 7 ποτενσιόμετρα , οι θέσεις των οποίων παρουσιάζονται στο σχήμα 4.12.

#### ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΧΗΜΑΤΟΣ 4.12

**CN1:** Υποδοχέας για αναλογική έξοδο

**CN2:** Υποδοχέας για εσωτερικό έλεγχο, τροφοδοσία και γείωση

**CN3:** Υποδοχέας για αναλογικά κανάλια εξόδου και για εσωτερικό έλεγχο, παροχή ενέργειας και γείωση

**SW1:** Διακόπτης επιλογής κέρδους

**JP1:** Βραχυκυκλωτήρας επιλογής-ελέγχου CJC

**JP2:** Επιλογή αναλογικού καναλιού εξόδου

**JP3:** Επιλογή ενεργοποίησης φίλτρου χαμηλής συχνότητας.

**JP4:** Επιλογή παροχής ενέργειας

Τα ποτενσιόμετρα **VR1- VR7** χρησιμεύουν στην επιλογή του επιθυμητού κέρδους της μονάδας δίνοντας τις εξής τιμές το κάθε ένα :

**VR1: Κέρδος = 2**

**VR2: Κέρδος = 10**

**VR3: Κέρδος = 50**

**VR4: Κέρδος = 100**

**VR5: Κέρδος = 200**

**VR6: Κέρδος = 500**

**VR7: Κέρδος = 1000**

- Διακόπτης SW1 8 θέσεων επιλογής της επιθυμητής τιμής κέρδους, το εύρος της οποίας κυμαίνεται από την τιμή 0 έως την τιμή 1000 με τρόπο που επεξηγείται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 ( τιμές κέρδους)

Switch Position								
1	2	3	4	5	6	7	8	Gain
*	●	○	○	○	○	○	○	1
	○	●	○	○	○	○	○	2
	○	○	●	○	○	○	○	10
	○	○	○	●	○	○	○	50
	○	○	○	○	●	○	○	100
	○	○	○	○	○	●	○	200
	○	○	○	○	○	○	●	500
	○	○	○	○	○	○	○	1000
	○	○	○	○	○	○	○	USER

○ = OFF    ● = ON    \* = Default

- Βραχυκυκλωτήρας JP1 ενεργοποίησης, απενεργοποίησης και ελέγχου της λειτουργίας του CJC (cold-junction compensation) του πολυπλέκτη, αποτελείται από 10 κανάλια από το 0 έως το 10 και μία μη χρησιμοποιούμενη τοποθεσία με ονομασία "X". Το jumper τοποθετείται στο κανάλι αντίστοιχα με την κάρτα αναλογικής εισόδου η οποία έχει επιλεγεί για τον PCLD-789D
- Βραχυκυκλωτήρας JP3 επιλογής χρησιμοποίησης ή όχι ενός επιπλέον φίλτρου που διαθέτει ο πολυπλέκτης για την ελάττωση του ηλεκτρονικού <<θορύβου>> από τον εξωτερικό ενισχυτή της μονάδας. Η εργοστασιακή ρύθμιση ήταν η απενεργοποίηση του φίλτρου κάτι που παρέμεινε.
- Βραχυκυκλωτήρας JP4 επιλογής τροφοδοσίας του πολυπλέκτη είτε μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή στον οποίο είναι συνδεδεμένος είτε μέσω κάποιας εξωτερικής πηγής και παρέμεινε η ρύθμιση της εσωτερικής τροφοδοσίας
- Βραχυκυκλωτήρες JP5 έως JP20 ενεργοποίησης ξεχωριστού φίλτρου για κάθε κανάλι μείωσης του <<θορύβου>> υψηλής συχνότητας από τα εισερχόμενα σήματα χαμηλής.
- Βραχυκυκλωτήρες JP21 έως JP36 οι οποίοι κατά την ενεργοποίησή τους απομονώνουν το κάθε κανάλι από τα υπόλοιπα κάτι που μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε διάφορες μετρήσεις, κυρίως θερμοκρασιών.

Εκτός των επιλογών που παρέχονται από τους διακόπτες και τους βραχυκυκλωτήρες του MUX και πως αυτοί ρυθμίζονται ιδιαίτερη σημασία έχει η

αναφορά στις 3 υποδοχές που διαθέτει και καθορίζουν τον τρόπο σύνδεσής του με άλλες μονάδες.

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN1 αποτελεί την αναλογική έξοδο του MUX και αναλύεται σε 20 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.13

**Connector CN1 – Analog output**

ANA out 0	1 2	A.GND
ANA out 1	3 4	A.GND
ANA out 2	5 6	A.GND
ANA out 3	7 8	A.GND
ANA out 4	9 10	A.GND
ANA out 5	11 12	A.GND
ANA out 6	13 14	A.GND
ANA out 7	15 16	A.GND
ANA out 8	17 18	A.GND
ANA out 9	19 20	A.GND

Σχήμα 4.13 ( Υποδοχέας CN1)

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN2 περιλαμβάνει τον εσωτερικό έλεγχο του MUX, την γείωσή του και την θέση τροφοδοσίας του, αναλύεται σε 20 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.14

**► Connector CN2 — Multiplexer input control, ground and power supply**

D/I 0	1 2	D/I 1
D/I 2	3 4	D/I 3
	5 6	
	7 8	
	9 10	
	11 12	
	13 14	
	15 16	
D.GND	17 18	D.GND
+5 V	19 20	+12 V

Σχήμα 4.14 ( Υποδοχέας CN2)

- Ο Υποδοχέας ( connector) CN3 επιτελεί τις ίδιες λειτουργίες με τον παραπάνω και επιπρόσθετα περιέχει τα αναλογικά κανάλια εξόδου. Αναλύεται σε 37 επιμέρους pins τα οποία παρουσιάζονται στο σχήμα 4.7 για απλά και για διαφορικά κανάλια.

Περισσότερες πληροφορίες για την συγκεκριμένη μονάδα μπορούν να αντληθούν τόσο από το εγχειρίδιο χρήστη(User's Manual) [22] , όσο και από τη Δ.Ε [5] στην οποία υπάρχει εκτεταμένη ανάλυση

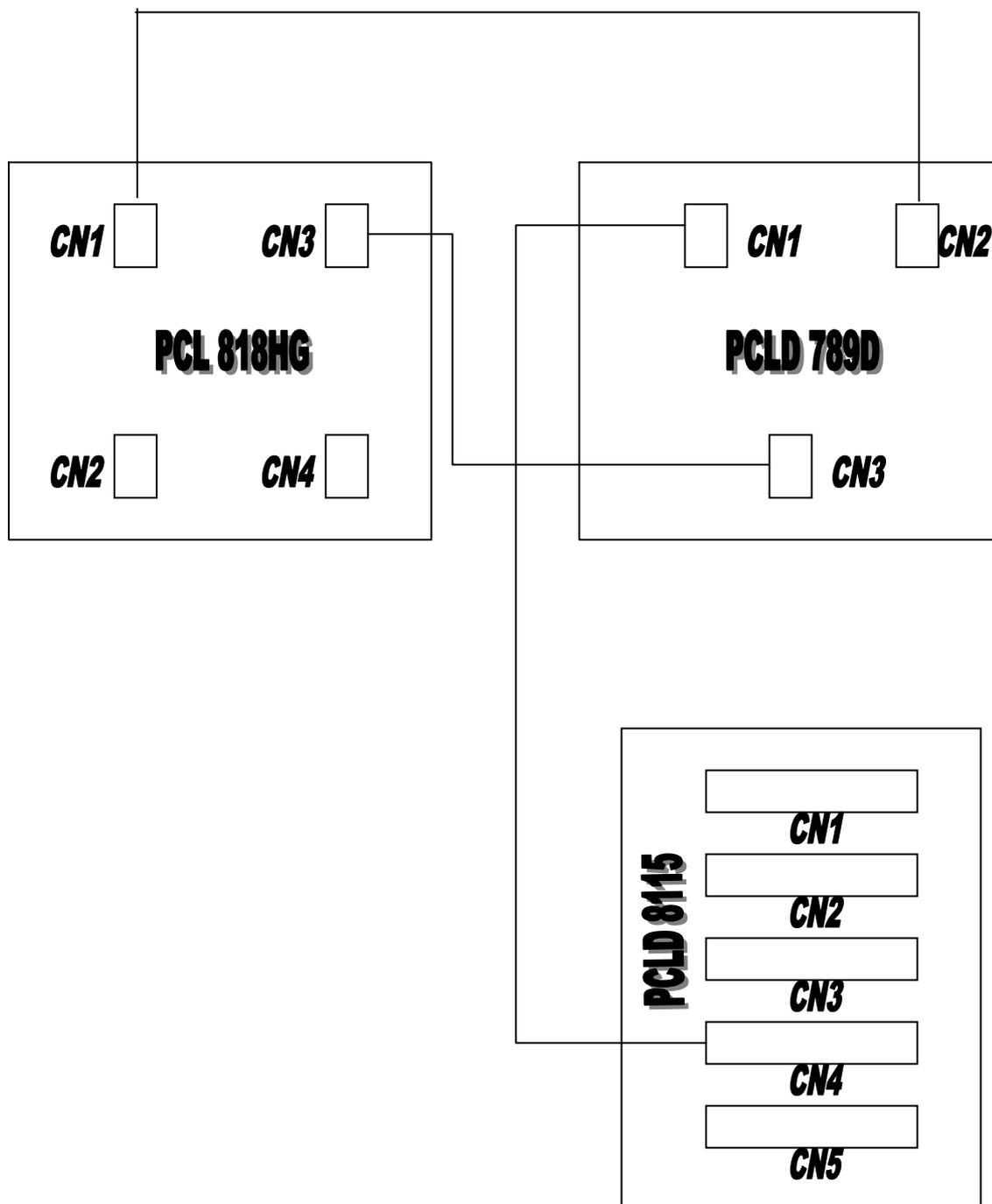
Η ακριβής συνδεσμολογία μεταξύ του ADC, του MUX και της τερματικής πλακέτας περιγράφεται παρακάτω στο σχήμα 4.15

ADC	MUX
<b><i>PCL 818HG</i></b>	<b><i>PCLD 789D</i></b>
Digital output CN1	Analog out CN1
Digital input CN2	Digital in Mux input control CN2 Ground and power supply
Analog input/ output CN3	Analog out, mux input CN3 control, ground and power supply

#### WIRING TERMINAL

##### ***PCLD-8115***

Connection with <i>PCL 818HG</i>	CN1
Connection for single ended or differential data acquisition signals	CN2
screw terminals for external devices	CN3
Connection with <i>PCL 818H</i>	CN4
Connection with <i>PCL 818H</i> (analog input)	CN5



Σχήμα 4.15(Σύνδεση ADC-MUX-Wiring Terminal)

Όλες οι συνδέσεις γίνονται με 20-pin connectors εκτός της σύνδεσης CN3(ADC)-CN3(MUX) που γίνεται με 37-pin connector.



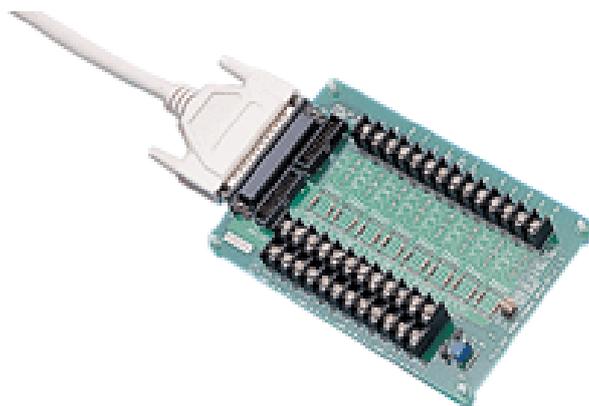
Σχήμα 4.1 ( ADC PCL-818HG)



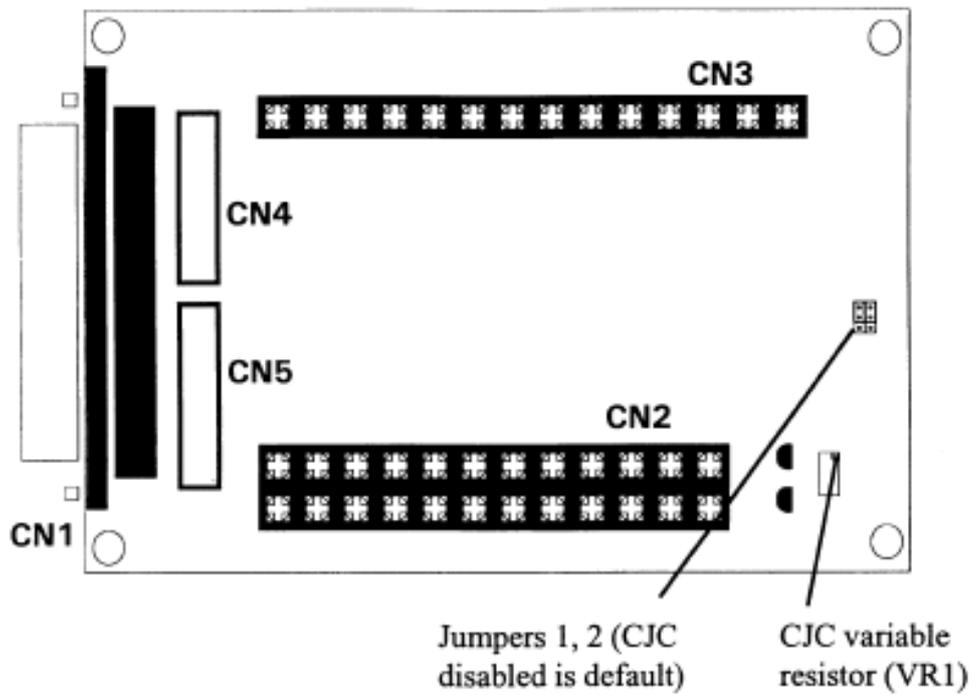
► **Connector CN3 – Analog output channels, multiplexer input control, ground and power supply**

ANA out 0	1	20	A.GND
ANA out 1	2	21	A.GND
ANA out 2	3	22	A.GND
ANA out 3	4	23	A.GND
ANA out 4	5	24	A.GND
ANA out 5	6	25	A.GND
ANA out 6	7	26	A.GND
ANA out 7	8	27	A.GND
A.GND	9	28	A.GND
A.GND	10	29	A.GND
N/C	11	30	N/C
S0	12	31	N/C
+12 V	13	32	S1
S2	14	33	S3
D.GND	15	34	D.GND
N/C	16	35	N/C
N/C	17	36	N/C
N/C	18	36	N/C
+5 V	19	37	N/C

Σχήμα 4.7 ( Υποδοχέας CN3)

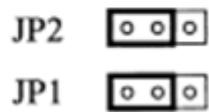


Σχήμα 4.8 ( τερματική πλακέτα)

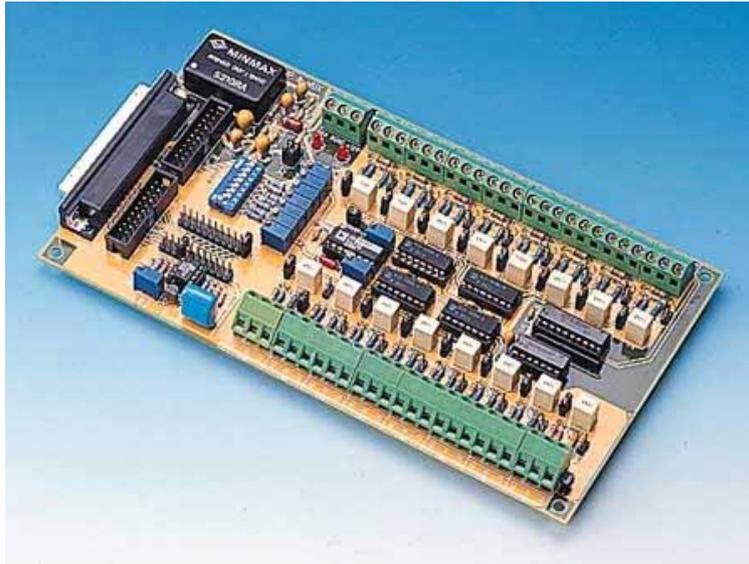


Σχήμα 4.9 ( Υποδοχείς και jumpers τερματικής πλακέτας)

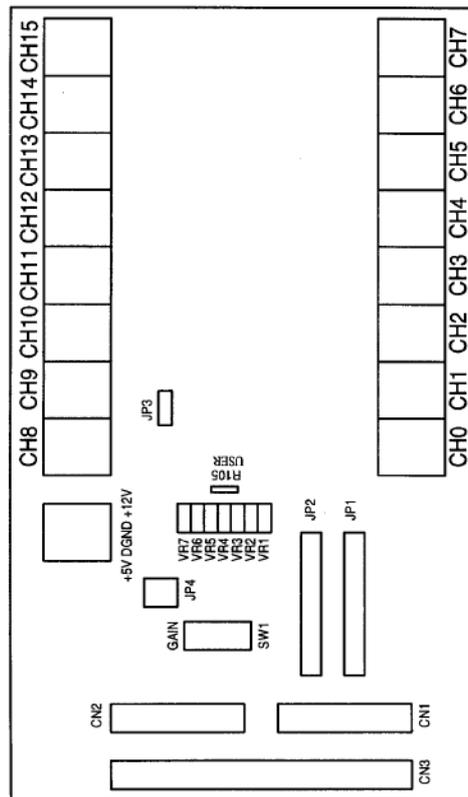
### Differential mode



Σχήμα 4.10 ( Θέσεις jumpers 1,2)



Σχήμα 4.11 (πολυπλέκτης)



Connector, switch and VR locations

Σχήμα 4.12 (Απεικόνιση καρτέλας MUX)

## 5 Λογισμικό καταγραφής θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού

### 5.1 Επιλογή προγράμματος καταγραφής θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού.

Κατά τη συγκρότηση του νέου ΘΥΚ, στα πλαίσια της παρούσας Δ.Ε κρίθηκε απαραίτητη η χρησιμοποίηση κατάλληλου προγράμματος σε γλώσσα FORTRAN με αρκετές υπορουτίνες ASSEMBLY το οποίο έχει ως σκοπό :

- Την αυτοματοποιημένη επιτήρηση της λειτουργίας της εγκατάστασης και
- Την αυτοματοποιημένη λήψη και καταγραφή μετρήσεων κατά την φάση εκτέλεσης πειραμάτων. Η επιλογή αυτή μεταφέρθηκε στη νέα εγκατάσταση αλλά παραμένει ανενεργή εφόσον δεν έχει ολοκληρωθεί το τμήμα δοκιμών. Όταν αυτό πραγματοποιηθεί μελλοντικά θα προσαρμοστεί κατάλληλα το πρόγραμμα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι υπορουτίνες που αφορούν τον έλεγχο της οθόνης, τον έλεγχο της κατάστασης του ηλεκτρολογίου, την ανάγνωση ημερομηνίας και ώρας καθώς και τον έλεγχο των αναλογοψηφιακών μετατροπών προϋπήρχαν και είχαν κατασκευασθεί στα πλαίσια της ΔΔ[2] και χρησιμοποιηθεί ή και τροποποιηθεί στα πλαίσια των ΔΔ [2],[3] και [4] και τροποποιήθηκαν ώστε να συμβαδίζουν με τις προδιαγραφές του Η/Υ και των περιφερειακών του (όπως η υπορουτίνα απεικόνισης του μιμικού διαγράμματος της εγκατάστασης στην οθόνη του Η/Υ, οι υπορουτίνες της καρτέλας του ADC και MUX, και οι υπορουτίνες μέτρησης πίεσης και θερμοκρασίας). Το πρόγραμμα θα τρέχει σε λειτουργικό σύστημα DOS 5.4 και θα απεικονίζει έγχρωμα το μιμικό διάγραμμα.

Το πρόγραμμα RIG της νέας εγκατάστασης παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με το αντίστοιχο της παλαιάς εγκατάστασης του RIG I, έχει χρησιμοποιηθεί άλλωστε ίδια ονοματολογία για τις μεταβλητές, τα αρχεία, τα προγράμματα και ότι άλλο σχετίζεται με τα μιμικά διαγράμματα ώστε να υπάρχει πλήρης αντιστοιχία μεταξύ αυτών.

Σκοπός του παραμένει :

- Η εμφάνιση menu για τη λειτουργική απεικόνιση της κατάστασης λειτουργίας του ΘΥΚ.
- Σάρωση των σταθμών μετρήσεων και ελέγχου με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα δειγματοληψίας και απεικόνιση των λαμβανομένων μετρήσεων με τη μορφή του μιμικού διαγράμματος της εγκατάστασης.
- Επιλογή από το χρήστη καταγραφής των μετρήσεων σε αυτόματα δημιουργούμενο αρχείο με ονομασία αντίστοιχη του εκάστοτε πειράματος. Στην παρούσα διπλωματική δεν χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη ιδιότητα, καθώς δεν έχει δημιουργηθεί το αρχείο καταγραφής, αναφέρεται όμως ως επιπλέον δυνατότητα του προγράμματος.

Σημαντική παράμετρος του προγράμματος είναι ο χρόνος δειγματοληψίας, ο οποίος περιλαμβάνει σάρωση όλων των σταθμών μετρήσεων και ελέγχου πίεσης (από το μεταλλάκτη πίεσης), θερμοκρασίας (από τα 2 θερμοστοιχεία για την αέρια και υγρή

κατάσταση στο δοχείο βρασμού) ,αριθμητικές και λογικές πράξεις και ενημέρωση του μιμικού διαγράμματος και ανέρχεται σε 90 ticks (εκατοστά του δευτερολέπτου) λιγότερο από τα 110 ticks που χρειάζονταν στην προηγούμενη εγκατάσταση λόγω της ύπαρξης μειωμένων σταθμών ελέγχου.

## 5.2 Περιγραφή του προγράμματος

Το πρόγραμμα RIG έχει συγκροτηθεί σε λογικές ενότητες-ρουτίνες οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα η μία της άλλης αλλά και συνεργάζονται σε ανταλλαγή πληροφοριών. Την ευθύνη του γενικού συντονισμού έχει το κύριο πρόγραμμα, το οποίο φέρει την ονομασία RIG MAIN.

Η εκκίνηση του προγράμματος γίνεται πληκτρολογώντας Rig στην γραμμή εντολών του H/Y με την οποία εμφανίζεται στην οθόνη το βασικό menu ελέγχου και επιλογών του προγράμματος (σχήμα 5.1). από το menu αυτό προκύπτουν οι εξής επιλογές:

- 1 : Display – για την εμφάνιση του μιμικού διαγράμματος
- 9 : Assist – για την ενεργοποίηση ενός βοηθητικού menu επιλογών παροχής τιμών σε διάφορες παραμέτρους του προγράμματος διαφορετικές από τις ήδη ορισμένες, όπως ο χρόνος δειγματοληψίας και ανανέωσης των τιμών απεικόνισης του μιμικού διαγράμματος. Ο ελάχιστος χρόνος ορισμού είναι τα 0.00001 λεπτά. Αν επιλεγθούν μικρότερες τιμές τότε ως χρόνος ανανέωσης ορίζεται η προεπιλεγμένη (default) επιλογή των 2 λεπτών.
- 0 : Exit – για την έξοδο από το πρόγραμμα

Όταν καλείται η Display, επιλέγοντας τον κωδικό 1 εμφανίζεται στην οθόνη του H/Y το Μιμικό διάγραμμα όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2. στην πρώτη γραμμή της οθόνης εμφανίζεται η κατάσταση του ΘΥΚ (εν προκειμένω κανονική) καθώς και ο χρόνος λειτουργίας του προγράμματος (10' 56'' στο σχήμα),(10), η τρέχουσα ώρα (9) και ημερομηνία (8).. Με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι σωλήνες στους οποίους έχουμε ροή υγρού , ενώ με κόκκινο οι σωλήνες στους οποίους έχουμε ροή ατμού. Με άσπρο χρώμα απεικονίζονται τα στοιχεία της εγκατάστασης που είναι υπό κατασκευή όπως το τμήμα δοκιμών ( Test Section ) και ο συμπυκνωτής (Condenser ) όπως και οι υπόλοιποι κλάδοι σωληνώσεων . Στο άνω αριστερά άκρο της οθόνης φαίνεται το δοχείο βρασμού ( Heating Tank ), στο εσωτερικό του οι 2 αντιστάσεις και στο κάτω αριστερό το δοχείο συγκεντρώσεως ( Holding Tank ). Στον κλάδο σύνδεσής τους απεικονίζεται η αντλία νερού. Στο πάνω μέρος της οθόνης και στο κλάδο που οδηγεί τον ατμό από το δοχείο βρασμού στο Test Section φαίνεται η σωληνοειδής βαλβίδα SV1.

Στις θέσεις 1-7 βλ σχ 5.2, απεικονίζονται τιμές πίεσης και θερμοκρασίας, καθώς και πληροφορίες για την κατάσταση του νερού στο δοχείο βρασμού και συγκεντρώσεως ως εξής :

Θέση 1 : Θερμοκρασία δοχείου συγκεντρώσεως

Θέση 2 : Θερμοκρασία ατμού στο δοχείο βρασμού

Θέση 3 : Θερμοκρασία νερού στο δοχείο βρασμού

Θέση 4 : Θερμοκρασία κορεσμού

Θέση 5 : Πίεση στο δοχείο βρασμού

Θέσεις 6 & 7 : Σε αυτές τις θέσεις τυπώνονται τα σύμβολα (<), (=), (>)

( < ) : αν η θερμοκρασία του νερού είναι μικρότερη από την θερμοκρασία κορεσμού( υπόψυκτη κατάσταση)

( = ) : αν η θερμοκρασία του νερού ή του ατμού είναι ίση με την θερμοκρασία κορεσμού(κεκορεσμένη κατάσταση)

( > ) : αν η θερμοκρασία του νερού ή του ατμού είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία κορεσμού( υπέρθερμη κατάσταση)

Για την κάθε συνιστώσα του μιμικού διαγράμματος υπάρχει διαφορετική απεικόνιση ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας :

Κατάσταση τροφοδοσίας αντιστάσεων

- τροφοδοτούμενες : κόκκινη
- μη τροφοδοτούμενες : μαύρη

Κατάσταση σωληνοειδής βαλβίδας

- κλειστή : X
- ανοικτή : συνεχής γραμμή

Κατάσταση αντλίας

- λειτουργία : αναβοσβήνει με κόκκινο χρώμα η ένδειξη "Pump"
- αδράνεια : σταθερή ένδειξη "Pump" με μαύρο χρώμα

Ανάλογα με την κατάσταση των παραπάνω συνιστωσών του διαγράμματος προκύπτουν διαφορετικές καταστάσεις απεικόνισης :

### *1<sup>η</sup> Περίπτωση(σχήμα 5.3)*

Αντλία ανοικτή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα ανοικτή, ατμοπαραγωγή

### *2<sup>η</sup> περίπτωση(σχήμα 5.4)*

Αντλία κλειστή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα κλειστή, ατμοπαραγωγή

### *3<sup>η</sup> περίπτωση(σχήμα 5.5)*

Αντλία ανοικτή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα ανοικτή, μη ύπαρξη ατμοπαραγωγής

#### 4<sup>η</sup> περίπτωση(σχήμα 5.6)

Αντλία κλειστή , Αντιστάσεις στα αδράνεια, Σωληνοειδής βαλβίδα κλειστή, μη ύπαρξη ατμοπαραγωγής

Όπως έχει αναφερθεί το κύριο πρόγραμμα συντονισμού είναι το RIG-MAIN το οποίο ελέγχει τις 3 κύριες υπορουτίνες RNWRT,NORMAL,RWRITE. Οι υπορουτίνες RNWRT, RWRITE προσομοιώνουν ατύχημα απώλειας ψυκτικού (LOCA) στο τμήμα δοκιμών και αναλόγως της επιλογής καταγραφής ή όχι των φυσικών μεγεθών καλείται η δεύτερη ή η πρώτη αντίστοιχα. Στην παρούσα Δ.Ε θα ασχοληθούμε μόνο με την υπορουτίνα NORMAL προσομοίωσης κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

### 5.3 Υπορουτίνα NORMAL

Η υπορουτίνα καλεί όλες τις υπορουτίνες συλλογής ψηφιακών πληροφοριών από τα κανάλια του αναλογοψηφιακού μετατροπέα (ADC) και του πολυπλέκτη(MUX) που είναι συνδεδεμένα μετρητικά όργανα πίεσης και θερμοκρασίας, συλλέγει τις ψηφιακές πληροφορίες τους και με την κατάλληλη προσαρμογή μετατρέπει τις συλλεγόμενες πληροφορίες σε τιμές μετρούμενων φυσικών μεγεθών και τις απεικονίζει στην οθόνη. Η μετατροπή των ψηφιακών πληροφοριών σε πίεση και θερμοκρασία αντίστοιχα, που αποτελούν τα επιθυμητά μετρούμενα φυσικά μεγέθη γίνεται ως εξής :

Έστω  $idata$  πληροφορία που παίρνεται από ένα κανάλι (  $0 < idata < 4095$  ), και  $datacj$ (  $0 < idataj < 4095$  ) η πληροφορία που παίρνεται από το κανάλι του ηλεκτρονικού σημείου πάγου, ακολούθως θα δούμε τα βήματα για την μετατροπή της σε θερμοκρασία °C

A. Για τη Θερμοκρασία

*Μετατροπή της ψηφιακής πληροφορία σε τάση*

i.  $data = (float(idata) / 4095.) * 10$

ii.  $VA = data * 100$

*Μετατροπή της τάσης σε θερμοκρασία*

iii.  $TA = TEMPK ( VA )$

*Ηλεκτρονικό σημείου πάγου*

iv.  $ACJC = datacj * 1000. / 24.4$

*Τελική θερμοκρασία*

v.  $TA = ACJC + TA$

## B. Για την Πίεση

Έστω *dat* πληροφορία που παίρνεται από το κανάλι που είναι συνδεδεμένο το ενδεικτικό καταγραφικό του μεταλλάκτη πίεσης (  $0 < idat < 4095$  ), ακολούθως θα δούμε τα βήματα για την μετατροπή της σε πίεση *bar*

$$P = 0 + 1 * dat$$

Δηλαδή η μεταβολή της πίεσης στο δοχείο βρασμού μεταβάλλεται γραμμικά με τη μεταβολή της ψηφιακής πληροφορίας στο κανάλι του μεταλλάκτη πίεσης

Για τον έλεγχο των συσκευών διασταθούς κατάστασης λειτουργίας καλείται η υπορουτίνα *DIGIT* η οποία δίνει σε μια σειρά από μεταβλητές την τιμή 0 ή 1 ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας της κάθε συσκευής. Αυτές τις πληροφορίες εκμεταλλεύονται μετέπειτα οι υπορουτίνες *PWAY* ,*VALVES* ,*RESIS* για να απεικονίσουν την κατάσταση της κάθε συσκευής αντίστοιχα όπως περιγράφεται παρακάτω στην οθόνη του *H/Y*.

### 5.3.1 Υπορουτίνα *PWAY*

Η υπορουτίνα αυτή εμφανίζει την κατάσταση λειτουργίας της αντλίας καθώς και τον κλάδο αναρροφήσεως από το δοχείο βρασμού έως το δοχείο συγκεντρώσεως . Όταν η αντλία είναι κλειστή ο κλάδος έχει χρώμα μαύρο που υποδεικνύει ότι δεν διαρρέεται, επίσης το σήμα <<*rupmp* >> της αντλίας είναι και αυτό μαύρο. Όταν η αντλία ανοίξει ο κλάδος γίνεται χρώματος μπλε που υποδεικνύει ότι διέρχεται νερό, ενώ το σήμα <<*rupmp* >> της αντλίας γίνεται χρώματος κόκκινο και αναβοσβήνει. Η δύο διαφορετικές καταστάσεις φαίνονται στα σχήματα 5.3 και 5.4

Κλήση της υπορουτίνας: *CALL PWAY(IT)*

*IT* = 0 Η αντλία είναι κλειστή

*IT* = 1 Η αντλία είναι ανοιχτή

### 5.3.2 Υπορουτίνα *VALVES (SOWAY - \_S1WAY )*

Η υπορουτίνα αυτή εμφανίζει την κατάσταση λειτουργίας της σωληνοειδής βαλβίδα *SV1* καθώς και του κλάδου του ατμού έως το τμήμα δοκιμών. Μέσω της *VALVES* καλούνται οι υπορουτίνες *SOWAY* και *S1WAY* που αφορούν τους κλάδους ,από το δοχείο βρασμού μέχρι και την βαλβίδα και από την βαλβίδα μέχρι την είσοδο του τμήματος δοκιμών αντίστοιχα..

Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή ο κλάδος *S1WAY* έχει χρώμα μαύρο που υποδεικνύει ότι δεν περνάει ατμός, επίσης εμφανίζεται ένα ( *X* ) στο κάτω μέρος της βαλβίδας .

Όταν η βαλβίδα ανοίξει το ( *X* ) δεν εμφανίζεται πλέον στην οθόνη, ούτε και κάποια άλλη ένδειξη, ενώ ο κλάδος εμφανίζεται χρώματος κόκκινου αν διέρχεται ατμός και

μαύρου αν όχι. Για τον κλάδο SOWAY ισχύει ακριβώς το ίδιο ανεξάρτητα αν η σωληνοειδή βαλβίδα είναι ανοιχτή η κλειστή

Κλήση υπορουτίνας: *CALL VALVES (IS1,IS2,IS3,IS4)*

Οι τέσσερις διαφορετικές μεταβλητές αντιστοιχούν στις 4 βαλβίδες του RIG I αντίστοιχα. Λόγω της ύπαρξης μόνο της σωληνοειδής βαλβίδας SV1 χρησιμοποιείται μόνο η παράμετρος IS1 ως εξής :

IS1 = 0 Η βαλβίδα είναι κλειστή

IS1 = 1 Η βαλβίδα είναι ανοιχτή

Κλήση υπορουτίνας: *CALL SIWAY (IT,ITP)*

IT = 0 Δεν υπάρχει ατμός και η βαλβίδα SV1 είναι κλειστή

IT = 1 Υπάρχει ατμός και η βαλβίδα SV1 είναι κλειστή

IT = 3 Δεν υπάρχει ατμός και η βαλβίδα SV1 είναι ανοιχτή

IT = 4 Υπάρχει ατμός και η βαλβίδα SV1 είναι ανοιχτή

Κλήση υπορουτίνας: *CALL SOWAY (IT)*

IT = 0 Δεν υπάρχει ατμοπαραγωγή και ο κλάδος δεν διαρέεται από ατμό.

IT = 1 Υπάρχει ατμοπαραγωγή και ο κλάδος διαρέεται από ατμό.

Όλες οι παραπάνω διαφορετικές καταστάσεις φαίνονται στα σχήματα 5.3 ,5.4 5.5 και 5.6

### 5.3.3 Υπορουτίνα RESIS

Η υπορουτίνα αυτή ελέγχει τη κατάσταση λειτουργίας των δύο αντιστάσεων οι οποίες όπως έχει αναφερθεί. στο μιμικό διάγραμμα η κάθε αντίσταση απεικονίζονται με μία παύλα στο δοχείο βρασμού.

Κλήση υπορουτίνας: *CALL RESIS(IRESA,IRESB,IRESB,IRESB)*

Οι τέσσερις διαφορετικοί δείκτες αντιστοιχούν στις 4 αντιστάσεις του RIG I αντίστοιχα. Λόγω της ύπαρξης μόνο δύο στη νέα εγκατάσταση χρησιμοποιούνται μόνο οι παράμετροι IRESB, IRESB ως εξής :

Όταν οι αντιστάσεις τροφοδοτούνται με ρεύμα οι δύο παύλες αυτές γίνονται χρώματος κόκκινου. Όταν δεν τροφοδοτούνται είναι μαύρες. Η δύο διαφορετικές καταστάσεις φαίνονται στα σχήματα 5.5 και 5.6

## 5.4 Υπορουτίνες του προγράμματος

Το πρόγραμμα RIG ( II ) που ελέγχει το νέο ΘΥΚ αποτελείται από της εξής ρουτίνες

1. RIG\_MAIN : αποτελεί το κύριο πρόγραμμα

*Αρχείο DOS RIG.FOR*

2. NORMAL: υπορουτίνα επιτήρησης του ΘΥΚ σε κανονική λειτουργία

*Αρχείο DOS N.FOR*

3. Τις υπορουτίνες αναλογικών και ψηφιακών μετατροπών

- TOADC: Την υπορουτίνα αναλογοψηφιακων μετατροπών στα κανάλια του ADC:

*Αρχείο DOS TOADC.ASM*

Η συγκεκριμένη υπορουτίνα προυπήρχε έτοιμη και είχε συνταχθεί στα πλαίσια εκπόνησης της ΔΕ [8]. Αποτελεί τροποποίηση της υπορουτίνας TOADC που συντάχθηκε στα πλαίσια της ΔΔ[2]. Η δομησή της αποτελείται από 6 βήματα προκειμένου να εκτελεσθεί σωστά μία αναλογοψηφιακή μετατροπή και είναι τα ακόλουθα:

1. Καθορισμός του εύρους εισόδου για κάθε A/D κανάλι.
2. Καθορισμός του καναλιού εισόδου μέσω του καθορισμού του εύρους του MUX scan καταχωρητή
3. Σκανδαλισμός του αναλογοψηφιακού μετατροπέα, γράφοντας στον καταχωρητή BASE+0 οποιαδήποτε τιμή
4. Αναμονή για το τέλος της μετατροπής ελέγχοντας το INT bit του καταχωρητή BASE+8
5. Τα αποτελέσματα της μετατροπής διαβάζονται από τους καταχωρητές δεδομένων (data registers) BASE+0 και BASE+1
6. Μετατροπή των ψηφιακών πληροφοριών από δυαδικές σε ακέραιες.

Ανάμεσα σε αυτά τα βήματα, παρεμβάλλονται και άλλα που είναι κυρίως διάφοροι έλεγχοι προκειμένου να διαπιστώσουμε εάν η διαδικασία της αναλογοψηφιακής μετατροπής εξελίσσεται ομαλά.

- TOMUX: Την υπορουτίνα της αναλογοψηφιακής μετατροπής στα κανάλια του πολυπλέκτη μέσω ενός καναλιού του ADC:

*Αρχείο DOS TOMUX.ASM*

- Την υπορουτίνα ελέγχου της ψηφιακής εισόδου DIGIT

*Αρχείο DOS DIGIT.ASM*

#### 4. Τις υπορουτίνες για τον έλεγχο των περιφερειακών του H/Y

- CLR: υπορουτίνα καθαρισμού της οθόνης

*Αρχείο DOS CRL.ASM*

- DSPSCR\*: υπορουτίνα εμφάνισης κειμένου σε συγκεκριμένο σημείο της οθόνης - επιλογή χρώματος για το κείμενο
- READKB\*: υπορουτίνα ανάγνωσης του πληκτρολογίου
- KEYBRD\*: υπορουτίνα παρακολούθησης του πληκτρολόγιου
- MVCUR\*: υπορουτίνα μετακίνησης του δρομέα σε συγκεκριμένη θέση επί της οθόνης

\* ``αρχείο SCREENZ.ASM``

#### 5. Τις υπορουτίνες που ελέγχουν τα όργανα και συγκροτούν το μιμικό Διάγραμμα. Όλες οι παρακάτω υπορουτίνες εμπεριέχονται μέσα στο αρχείο S1.FOR

- BACKGR: Υπορουτίνα επιλογής του χρωματικού υποβάθρου.
- DISPL: Υπορουτίνα εμφάνισης του μιμικού διαγράμματος
- VALVES: Υπορουτίνα παρακολούθησης των σωληνοειδών βαλβίδων
- RESIS: Υπορουτίνα παρακολούθησης των αντιστάσεων
- PWAY: Υπορουτίνα παρακολούθησης της αντλίας
- SOWAY: Υπορουτίνα παρακολούθησης κλάδου της αντλίας

- S1WAY: Υπορουτίνα παρακολούθησης κλάδου σωληνοειδούς βαλβίδας S1.

6. Τις υπορουτίνες βοηθητικών υπολογισμών

- TEMPK: υπολογίζει την θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην θερμοηλεκτρική τάση του θερμοστοιχείου τύπου K

*Αρχείο DOS S5.FOR*

7. Τις υπορουτίνες ανάγνωσης ώρας και ημερομηνίας.

- IDATE
- ITIME

*Αρχείο DOS DATTIM.ASM*

Η βιβλιοθήκη DATTIM που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση της ημερομηνίας και της ώρας από το ρολόι του H/Y έχει συνταχθεί στα πλαίσια της ΔΕ [5] .

Περισσότερες πληροφορίες που αφορούν τις υπορουτίνες , γλώσσα που έχουν γραφτεί, τρόπος που καλούνται , σύντομη περιγραφή της λειτουργίας τους βρίσκονται στη ΔΔ [1] από όπου αντλήθηκαν αυτές οι υπορουτίνες και τροποποιήθηκαν κατάλληλα.

Το πρόγραμμα τροφοδοτείται με δεδομένα για την λειτουργία του , από δύο πηγές

Το Blok Data Displmen (περιέχεται ως υπορουτίνα μέσα στο αρχείο του DOS S2.FOR) περιέχει δεδομένα τα οποία δεν χρειάζονται συχνή ενημέρωση και τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως σταθερές. Οι κυριότερες μεταβλητές του αρχείου είναι οι μεταβλητές τύπου character οι οποίες συγκροτούν το μιμικό διάγραμμα καθώς και αριθμητικές μεταβλητές οι οποίες ορίζουν :

- Την ενίσχυση που επιβάλει ο ενισχυτής
- Τα κανάλια του ADC και του πολυπλέκτη.
- Τον εξορισμού χρόνο δειγματοληψίας

Το αρχείο εισόδου Excob.dat το οποίο περιέχει δεδομένα που χρειάζονται συχνότερη αλλαγή των τιμών τους. Τέτοια δεδομένα είναι αριθμητικές τιμές οι οποίες δίνουν:

- Τιμές σε μεταβλητές χρώματος
- Τιμές στους συντελεστές βαθμονόμησης του μεταλλάκτη πίεσης

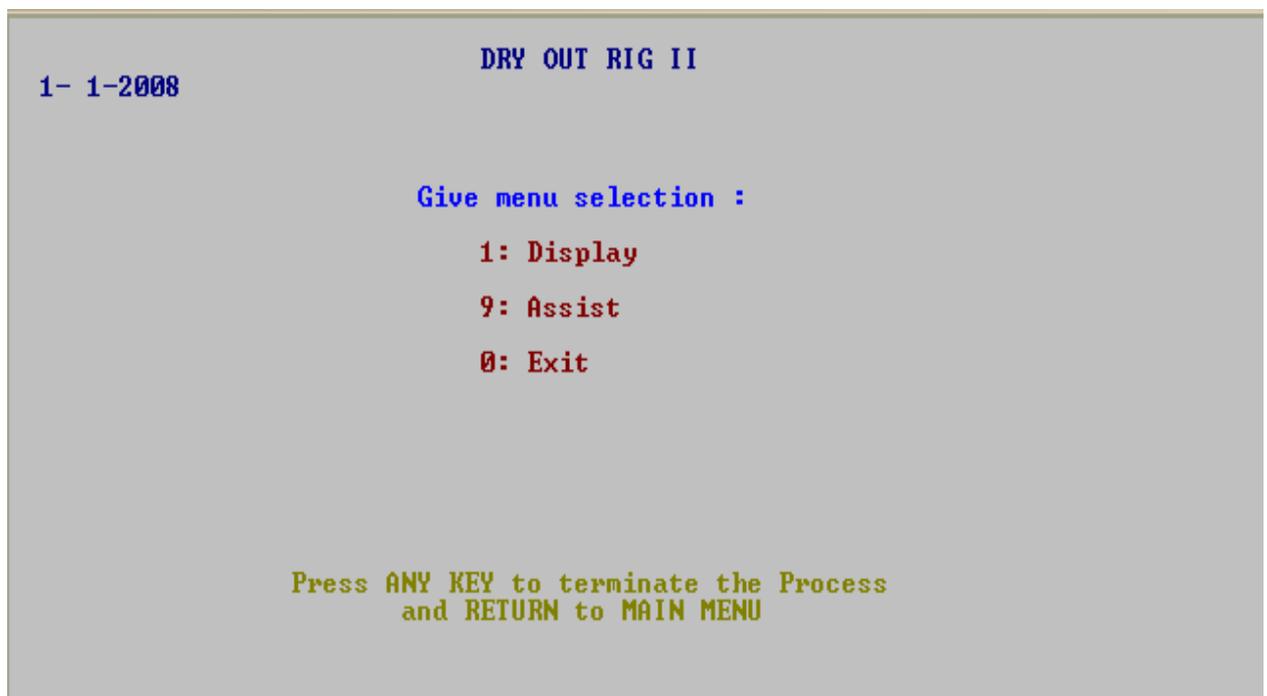
- Τιμές στους χρησιμοποιούμενους από την υπορουτίνα STEM συντελεστές , για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας κορεσμού του νερού. Ακριβέστερα η υπορουτίνα STEM επιτελεί τον υπολογισμό της θερμοκρασίας κορεσμού του νερού για οποιαδήποτε τιμή πίεσης που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του δοχείου βρασμού και εμφανίζει στην οθόνη του μιμικού διαγράμματος την φυσική κατάστασή του, υπόψυκτη , κεκορεσμένη ή υπέρθερμη. Η απεικόνιση αυτή όπως έχει ήδη αναφερθεί γίνεται στις θέσεις 6&7 του μιμικού διαγράμματος( βλ. σχήμα 5.3)

Κλήση υπορουτίνας: *CALL STEM(P,Ts,error)*

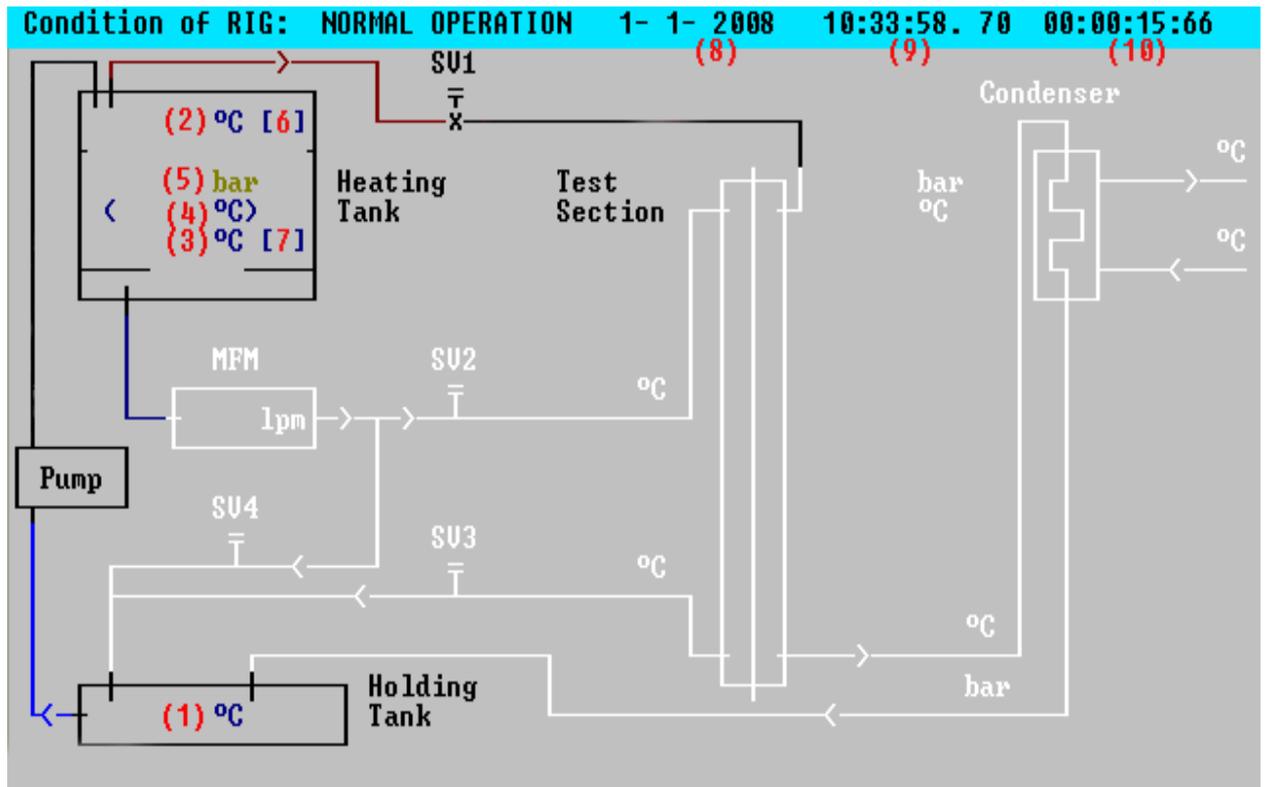
Παράμετροι εισόδου : P

Παράμετροι εξόδου : Ts,error

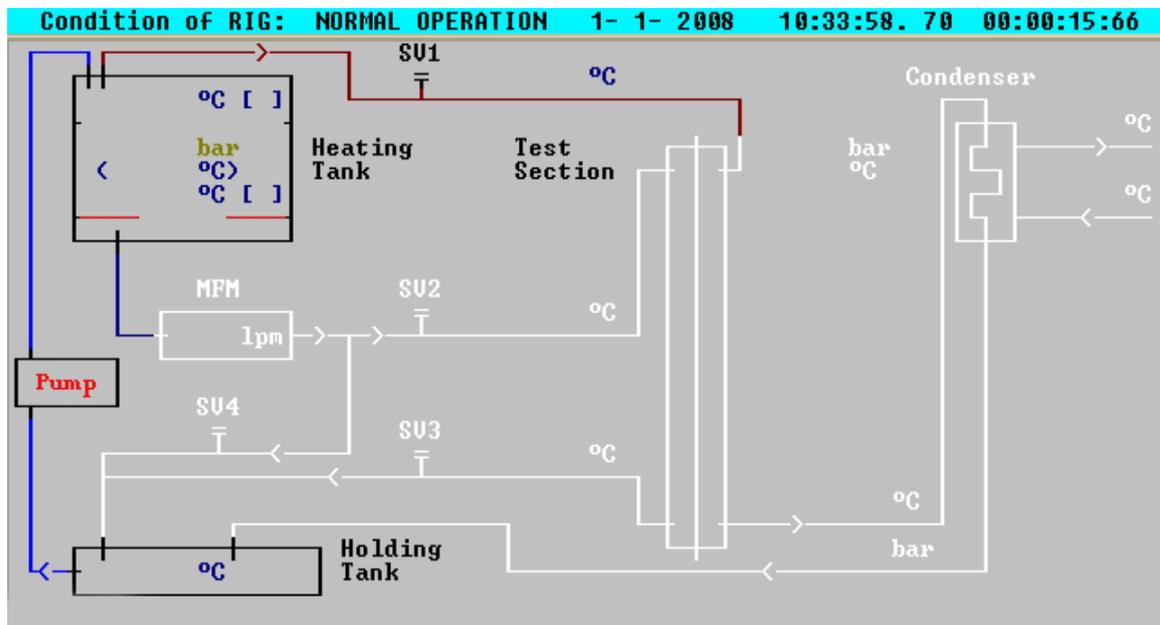
Το P αντιστοιχεί στην τιμή της πίεσης σε μονάδες μέτρησης (bar) για την οποία θέλουμε να υπολογίσουμε την αντίστοιχη θερμοκρασία κορεσμού του νερού και το Ts στη θερμοκρασία. Η παράμετρος error παίρνει δύο τιμές ανάλογα του σωστού ή λανθασμένου υπολογισμού. 0 εάν ο υπολογισμός είναι σωστός και 1 εάν είναι λανθασμένος.



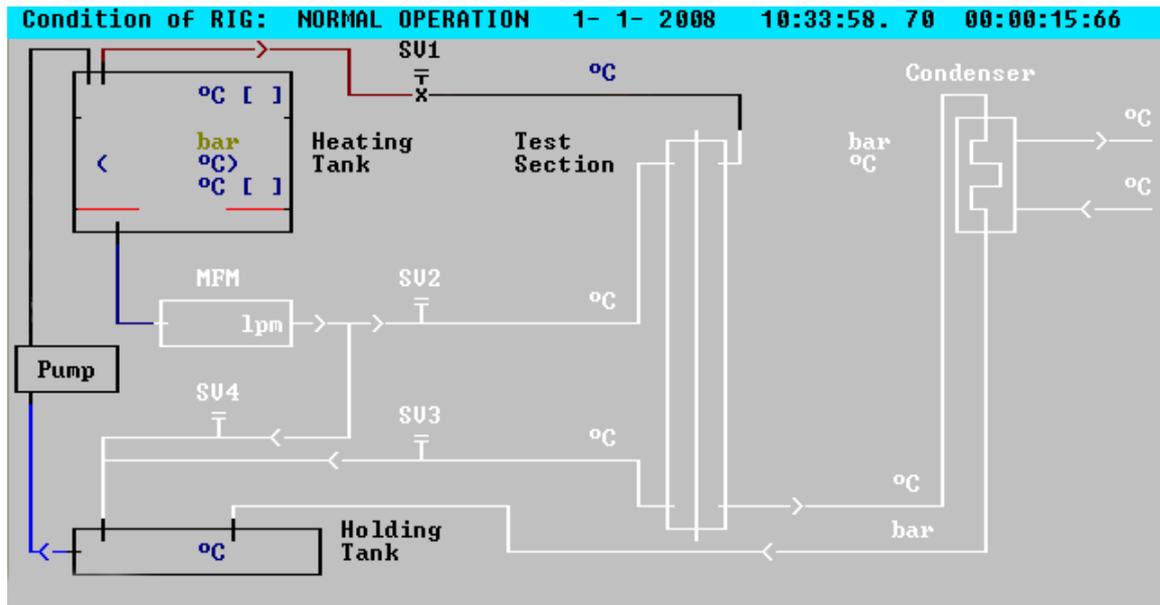
Σχήμα 5.1 ( Κεντρικό μενού επιλογών)



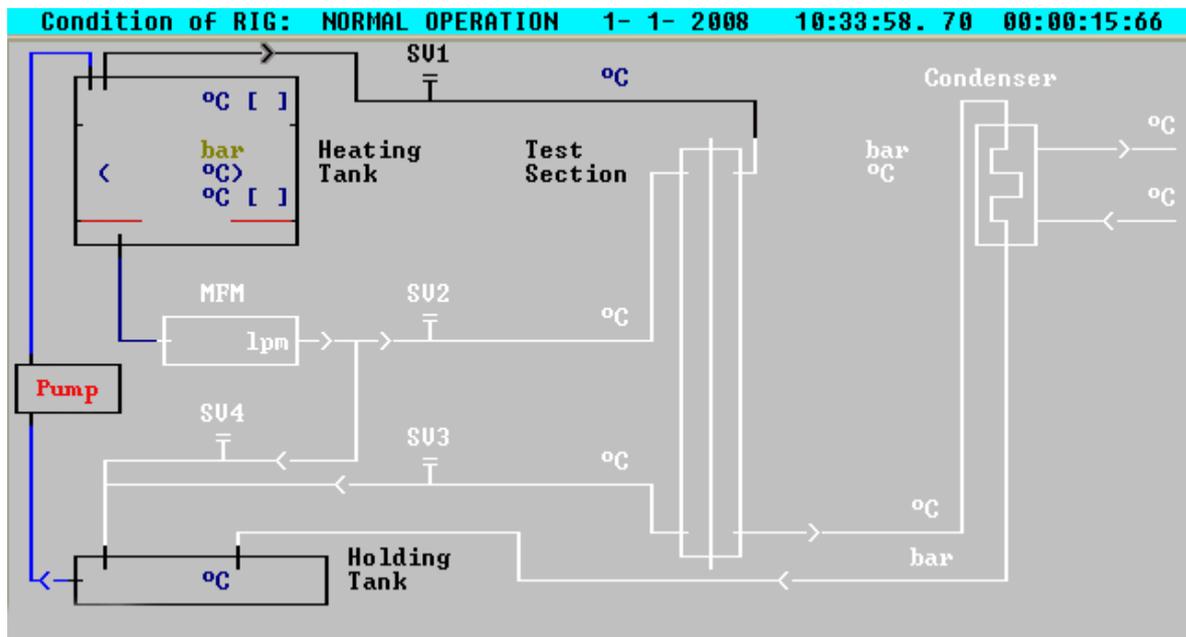
Σχήμα 5.2 ( Εμφάνιση μμικού διαγράμματος- επεξήγηση συμβόλων)



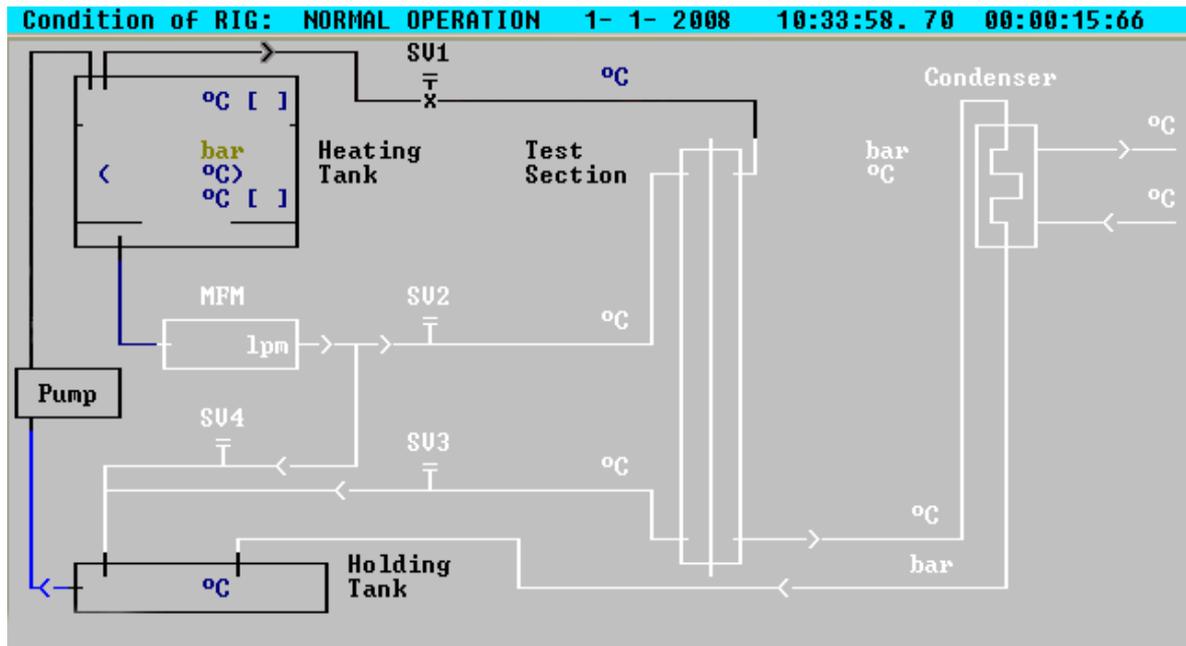
Σχήμα 5.3 (Αντλία ανοιχτή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα ανοικτή, ατμοπαραγωγή)



Σχήμα 5.4 (Αντλία κλειστή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα κλειστή, ατμοπαραγωγή)



Σχήμα 5.5 (Αντλία ανοιχτή , Αντιστάσεις σε λειτουργία, Σωληνοειδής βαλβίδα ανοιχτή, μη ύπαρξη ατμοπαραγωγής)



Σχήμα 5.6 (Αντλία κλειστή , Αντιστάσεις στα αδράνεια, Σωληνοειδής βαλβίδα κλειστή, μη ύπαρξη ατμοπαραγωγής)

## 6. Δοκιμές λειτουργίας σε πιέσεις 1 έως 7 bar

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν διεξοδικά τόσο το δοχείο βρασμού της εγκατάστασης και τα κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά όσο και οι εγκατεστημένες μετρητικές διατάξεις πίεσης, θερμοκρασίας και στάθμης νερού σε αυτό. Επίσης, έγινε λεπτομερής αναφορά στον τρόπο σύνδεσης των μεταλλακτών και των συσκευών επενέργειας απευθείας σε Η/Υ και το λογισμικό καταγραφής των θερμοδυναμικών μεγεθών του δοχείου βρασμού.

Για τον έλεγχο της ασφαλούς και ακριβούς λειτουργίας της εγκατάστασης κρίθηκε απαραίτητη η διενέργεια δοκιμών λειτουργίας της σε πιέσεις από 1 έως 7 bar(απόλυτη). Αναγκαία προϋπόθεση για την πραγματοποίηση των συγκεκριμένων δοκιμών όμως ήταν ο έλεγχος της τροφοδοσίας των θερμικών αντιστάσεων του δοχείου και οι μετρήσεις των τιμών ρεύματος σε αυτές.

- Έλεγχος τροφοδοσίας αντιστάσεων.

Η τροφοδοσία των αντιστάσεων παρέχεται από το δίκτυο μέσω του κεντρικού πίνακα τροφοδοσίας της εγκατάστασης, ελέγχεται (διακόπτεται) από το κουτί(box) ελέγχου και καταλήγει στο δοχείο βρασμού. Οπότε, ελέγχθηκε η γείωση του δοχείου βρασμού, του κουτιού ελέγχου και η τροφοδοσία από το δίκτυο τόσο στον πίνακα όσο και στο σώμα των αντιστάσεων. Κατά τον συγκεκριμένο έλεγχο δεν παρατηρήθηκαν απώλειες στη σύνδεση των αντιστάσεων ούτε απουσία γειώσεων.

- Έλεγχος αντιστοίχισης αντιστάσεων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η τροφοδοσία των αντιστάσεων παρέχεται από τον κεντρικό πίνακα, διακόπτεται ή όχι στο κουτί ελέγχου και καταλήγει σε αυτές στο δοχείο βρασμού. Οπότε είναι απαραίτητη η ακριβής αντιστοίχιση των θέσεων των αντιστάσεων στο δοχείο βρασμού( αριστερά – δεξιά) με τις θέσεις των διακοπών (on-off) στον πίνακα και στο box. Παρατηρήθηκε σωστή αντιστοίχιση των διακοπών στον πίνακα και στο κουτί ελέγχου ενώ αντίθετη στο δοχείο βρασμού. Άρα διαφοροποιήθηκαν οι καλωδιώσεις σύνδεσης του πίνακα με τις αντιστάσεις στο δοχείο βρασμού και τελικά επιτεύχθηκε ακριβής αντιστοίχιση θέσεων.

- Μετρήσεις ρεύματος στις αντιστάσεις

Μετρήθηκαν οι τιμές στις θερμικές αντιστάσεις του δοχείου βρασμού και προέκυψαν οι εξής μέσες τιμές τάσης και έντασης ρεύματος :

Αριστερή αντίσταση

391V - 10,24 A

Δεξιά αντίσταση

395 V – 10 A

Επιπρόσθετα μετρήθηκαν ενδεικτικά οι χρονικοί περίοδοι που απαιτούνται όταν το δοχείο βρασμού είναι γεμάτο για την αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του

ως μέτρο ένδειξης της σωστής λειτουργίας των αντιστάσεων. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνος ( $\Delta t$ )	Αύξηση θερμοκρασίας( °C) (αρχική θερμοκρασία 18°C)
45'00''	10°C
25'00''	7°C

Εφόσον πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω έλεγχοι και τροποποιήσεις ήταν δυνατή η πλήρωση του δοχείου βρασμού με νερό από το δίκτυο για την έναρξη των δοκιμών λειτουργίας της εγκατάστασης σε υδραυλική πίεση.

Αρχικά παρατηρήθηκαν και καταγράφονται παρακάτω οι διαρροές και οι αναγκαίες αλλαγές και τροποποιήσεις στις συγκεκριμένες πιέσεις.

- Πίεση 1 bar

Η πλήρωση του δοχείου βρασμού με νερό από το δίκτυο χρειάστηκε 22'02'' λεπτά για να ολοκληρωθεί και διατηρώντας ανοικτές τις επαφές του με το περιβάλλον η πίεση στο εσωτερικό του ισούται με 1 bar, όση δηλαδή και η ατμοσφαιρική. Δεν παρατηρήθηκαν διαρροές στις σωληνώσεις, ή τυχόν αστοχίες υλικών

- Πίεση 4.4 bar

Κλείνοντας τις σωληνώσεις που συνδέουν το δοχείο βρασμού με το εξωτερικό περιβάλλον επιτυγχάνουμε στο εσωτερικό του πίεση ίση με την πίεση του δικτύου, δηλαδή 4.4 bar. Στην πίεση αυτή παρατηρήθηκαν οι εξής διαρροές στην εγκατάσταση:

-Στην άνω απόληξη του δοχείου που χρησιμεύει για την σύνδεση του οπτικού σταθμοδείκτη σε αυτό παρατηρήθηκε διαρροή ποσότητας νερού στη θέση σύνδεσης του σωλήνα της απολήψεως με το δοχείο.

-Στην άνω επιφάνεια του οπτικού σταθμοδείκτη στο σημείο σύνδεσης του τμήματός του με την βάνα ανοίγματος-κλεισίματος της παροχής νερού σε αυτόν.

- Πίεση 5 bar

Δεν παρατηρήθηκαν νέες διαρροές και παρέμειναν μόνο οι ήδη υπάρχουσες με ελαφρώς αυξημένη ποσότητα παροχής.

- Πίεση 5.9 bar

Δεν παρατηρήθηκαν νέες διαρροές και παρέμειναν μόνο οι ήδη υπάρχουσες με ελαφρώς αυξημένη ποσότητα παροχής.

- Πίεση 6.8 bar

Δεν παρατηρήθηκαν νέες διαρροές και παρέμειναν μόνο οι ήδη υπάρχουσες με ελαφρώς αυξημένη ποσότητα παροχής. Άνοιξαν τα ασφαλιστικά που είναι τοποθετημένα στον κλάδο εξαέρωσης του δοχείου βρασμού και ήταν ρυθμισμένα στα 7 bar, ρύθμιση που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του τομέα πυρηνικής τεχνολογίας.

Εκτός των δοκιμών αντοχής του δοχείου βρασμού και του θερμοδυναμικού κυκλώματος και των παραμέτρων που το αποτελούν σε διάφορες πιέσεις πραγματοποιήθηκαν και δοκιμές λειτουργίας του κουτιού ελέγχου του RIG για τις μετρήσεις πίεσης, θερμοκρασίας και στάθμης νερού.

Κατά την πλήρωση του δοχείου βρασμού καταγράφηκαν οι τιμές των χρονικών διαστημάτων σχετικά με τα probes ελέγχου στάθμης, της θερμοκρασίας και των ενδείξεων του Nivotester. Οι τιμές τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Κατάσταση στάθμης	Χρονική διάρκεια(Δt)	Θερμοκρασία(°C)	Ενδείξεις nivotester
Άδειο δοχείο-κάτω δοχείο	05'50''	20,0	ON-OFF-OFF-ON
Κάτω probe-άνω probe	16'05''	15,0	ON-OFF-ON-ON
Άνω probe-υπερχείλιση	07''	18,0	ON-OFF-ON-OFF

Μετά το πέρας της πλήρωσης του δοχείου βρασμού ξεκίνησε το άδειασμα του ανοίγοντας τον κλάδο αποχετεύσεως της εγκατάστασης και διατηρώντας ανοικτές τις συνδέσεις με το εξωτερικό περιβάλλον ώστε η πίεση στο εσωτερικό του δοχείου να παραμένει ίση με την ατμοσφαιρική.

Οι τιμές των χρονικών διαστημάτων, της θερμοκρασίας και των ενδείξεων του Nivotester φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατάσταση στάθμης	Χρονική διάρκεια(Δt)	Θερμοκρασία(°C)	Ενδείξεις nivotester
Γεμάτο δοχείο-άνω probe	15''	19,8	ON-OFF-ON-OFF
Άνω probe-κάτω probe	15'15''	19,9	ON-OFF-ON-ON
Κάτω probe-άδειασμα δοχείου	05'10''	20,0	ON-OFF-OFF-ON

## 7. Συμπεράσματα – Επισημάνσεις

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των πειραματικών δοκιμών που διενεργήθηκαν στα πλαίσια της παρούσης ΔΕ κρίνεται απαραίτητη μία ανασκόπηση των κυριότερων σημείων της που αποτελούν την συμβολή του γράφοντος στη προσπάθεια δημιουργίας του RIG II.

Βασικός στόχος της ΔΕ αποτέλεσε η κατάλληλη διασύνδεση του δοχείου βρασμού με τους αυτοποιημένους σταθμούς ελέγχου και μετρήσεων των κύριων θερμοδυναμικών του χαρακτηριστικών. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιηθήκαν χρονικά τα εξής βήματα:

1. Τοποθετήθηκαν οι ηλεκτρικά θερμαινόμενες αντιστάσεις στο δοχείο βρασμού και συνδέθηκαν με το δίκτυο τροφοδοσίας τους.
2. Δημιουργήθηκε υδραυλικό κύκλωμα για την πλήρωση του δοχείου βρασμού από το δίκτυο ύδρευσης, το άδειασμα του νερού και τη σύνδεσή του με το δοχείο συγκεντρώσεως και την αντλία της εγκατάστασης
3. Συνδέθηκε στο δοχείο βρασμού ο οπτικός σταθμοδείκτης με την κατασκευή των αναγκαίων επαφών σύνδεσης.
4. Εκπονήθηκαν σχέδια του δοχείου βρασμού, του δοχείου συγκεντρώσεως, του υδραυλικού κυκλώματος και των οργάνων που είναι εγκατεστημένα στην εγκατάσταση σε συνεργασία με τον κ. Α.Σίφα κατά την παράλληλη εκπόνηση της ΔΕ του.
5. Διενεργήθηκε έρευνα και κατόπιν παραγγελία των κατάλληλων μεταλλακτών πίεσης και θερμοκρασίας από τις αντίστοιχες κατασκευάστριες εταιρίες, όπως αναφέρεται στο 3 κεφάλαιο.
6. Έγινε αγορά κατάλληλου μανομέτρου επαφών για επιπλέον έλεγχο της πίεσης στο εσωτερικό του δοχείου βρασμού.
7. Μέσω απαραίτητης έρευνας αποκτήθηκαν ασφαλιστικά αποτόνωσης της ανώτατης τιμής πίεσης τα οποία ρυθμίστηκαν στον τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας καθώς και η ατμοπαγίδα και η ηλεκτροβάννα της εγκατάστασης.
8. Πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση και έλεγχος της λειτουργίας των μεταλλακτών που αποκτήθηκαν πριν την εγκατάσταση τους
9. Συνδέθηκαν στο δοχείο ο μεταλλάκτης πίεσης, τα θερμοστοιχεία υγρής και αέριας φάσης του νερού και οι ελεγκτές στάθμης του και το απλό μανόμετρο και το μανόμετρο επαφών. Επίσης με την κατάλληλη καλωδίωση επιτυγχάθηκε η μεταφορά των σημάτων τους στους αντίστοιχους ψηφιακούς ελεγκτές.
10. Πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση και έλεγχος της λειτουργίας των μεταλλακτών που αποκτήθηκαν πριν την εγκατάσταση τους
11. Επιλέχθηκαν η μονάδα αναλογοψηφιακής μετατροπής, ο εξωτερικός πολυπλέκτης και η τερματική πλακέτα. Μελετήθηκαν οι ομοιότητες και οι διαφορές των συγκεκριμένων μονάδων με αυτές που είναι εγκατεστημένες και λειτουργούν στην παλαιά εγκατάσταση (RIG I).
12. Πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση του αναλογοψηφιακού μετατροπέα προκειμένου να εξάγονται ακριβή αποτελέσματα.

13. Ελέγχθηκαν και τροποποιήθηκαν αν ήταν απαραίτητο οι εργοστασιακές ρυθμίσεις του ADC, του MUX και της τερματικής πλακέτας ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις της τρέχουσας εφαρμογής.
14. Επιλέχθηκαν τα κατάλληλα κανάλια σύνδεσης των οργάνων με τις πλακέτες που χρησιμοποιούνται(ADC,MUX) και η διαδικασία διασύνδεσης τόσο μεταξύ τους όσο και με τον Η/Υ της εγκατάστασης όπως αναλύεται στο τέταρτο κεφάλαιο.
15. Συντάχθηκαν κατάλληλα προγράμματα FORTRAN για την απεικόνιση σε μονάδες πίεσης και θερμοκρασίας των εξερχόμενων σημάτων των μεταλλακτών.
16. Έγινε κατάλληλη τροποποίηση του μιμικού διαγράμματος της εγκατάστασης για την σωστή απεικόνιση των υπάρχοντων σταθμών μέτρησης και ελέγχου.
17. Αγοράστηκε και χρησιμοποιήθηκε κατάλληλα το κουτί ελέγχου για την ενσωμάτωση των ψηφιακών ελεγκτών πίεσης,θερμοκρασίας και στάθμης νερού. Κατασκευάστηκε το ηλεκτρολογικό κύκλωμα του κουτιού όπως παρουσιάζεται σχηματικά στο κεφάλαιο 4.
18. Κατασκευάστηκε κατάλληλος χώρος τοποθέτησης του Η/Υ, του κουτιού ελέγχου, των μονάδων του ADC,του MUX και της τερματικής πλακέτας ώστε ο χρήστης της εγκατάστασης να έχει συγκεντρωμένες όλες τις πληροφορίες και ενδείξεις που χρειάζεται για την ορθή εποπτεία της.
19. Πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δοκιμές λειτουργίας της εγκατάστασης σε διάφορες τιμές πίεσης για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η παρούσα ΔΕ πραγματεύεται τη μελέτη του θερμοδυναμικού κυκλώματος της εγκατάστασης και ειδικότερα το δοχείο βρασμού και την ορθή και ασφαλή του λειτουργία,η οποία αποτελεί σημαντικό κριτήριο και της ορθής και ακριβής λειτουργίας του RIG II. Οπότε κρίνεται απαραίτητη η αναφορά των τυχόν προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της ΔΕ.

Αρχικά πρέπει να αναφερθούν για ακόμα μία φορά οι διαρροές που παρατηρήθηκαν στο δοχείο βρασμού κατά τη διενέργεια των πειραμάτων λειτουργίας σε υψηλή πίεση και οι οποίες χρειάζεται να μελετηθούν ιδιαίτερα και να εκπονηθεί πλάνο επισκευής τους.

Επίσης παρουσιάστηκε δυσλειτουργία της μονάδας του εξωτερικού πολυπλέκτη της μονάδας, αδυναμία ανάγνωσης ακριβέστερα όλων των εσωτερικών καναλιών εισόδου. Ο εξωτερικός πολυπλέκτης διαθέτει 16 εσωτερικά κανάλια εισόδου και το πρόβλημα παρουσιάζεται στην ανάγνωση των καναλιών 5-16 καθώς σε αυτά επαναλαμβάνονται αντίστοιχα οι τιμές που δέχονται τα τέσσερα πρώτα κανάλια και εμφανίζονται στις αντίστοιχες εξόδους. Αναλυτικότερα η τιμή που εμφανίζεται από το πρώτο κανάλι εισόδου επαναλαμβάνεται στο πέμπτο, στο έννατο και στο δέκατο τρίτο. Η συγκεκριμένη δυσλειτουργία παρουσιάζεται ανεξάρτητα της ύπαρξης ή όχι εξωτερικών συσκευών στα υπόλοιπα κανάλια. Έγιναν πολλές απόπειρες επίλυσής της που δεν στέφθηκαν με επιτυχία παρότι δοκιμάστηκαν αρκετές τροποποιήσεις τόσο του προγράμματος FORTRAN του πολυπλέκτη, όσο και των υπορουτινών ASSEMBLY που ελέγχουν τους καταχωρητές της μονάδας.

Στην παρούσα ΔΕ η αδυναμία αυτή του πολυπλέκτη δεν αποτελεί τροχοπέδη στην ορθή λειτουργία του λόγω της ύπαρξης μόνο τριών μεταλλακτών συνδεδεμένων σε αυτόν στα τρία πρώτα κανάλια εισόδου του. Αναφέρεται όμως και επισημαίνεται λόγω της μελλοντικής σύνδεσης επιπλέον μεταλλακτών στην εγκατάσταση και της ανάγκης χρησιμοποίησης όλων των καναλιών εισόδου.

Εκτός όμως των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν στα πλαίσια της ΔΕ θα πρέπει να αναφερθούν και οι διαφορές ή τυχόν βελτιώσεις αναφορικά με την ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση (RIG I) του Τομέα Πυρηνικής Τεχνολογίας.

Όπως έχει επισημανθεί και στην εισαγωγή η παρούσα ΔΕ πραγματεύεται τα αρχικά στάδια κατασκευής ενός νέου Κλειστού *Θερμοϋδραυλικού Κυκλώματος* εργαζόμενου μέσου νερού και ειδικότερα την εγκατάσταση του δοχείου βρασμού. Η υδραυλική διασύνδεση, η τοποθέτηση των ηλεκτρικών αντιστάσεων και του ηλεκτρικού κυκλώματος τροφοδοσίας αυτών, η τοποθέτηση μετρητικών διατάξεων και διατάξεων ελέγχου καθώς και η διασύνδεση αυτών απ' ευθείας σε Η/Υ με σκοπό την καταγραφή και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης λειτουργίας του δοχείου πραγματοποιήθηκε σε ακριβή αντιστοιχία με την προηγούμενη εγκατάσταση με τη μόνη διαφορά την χρησιμοποίηση πιο εξελιγμένων συσκευών και μεταλλακτών προσφέροντας έτσι την καλύτερη απόδοση και λειτουργία τους. Το επόμενο αναγκαίο βήμα συνέχισης κατασκευής του RIG II αποτελεί η συγκρότηση του τμήματος δοκιμών για το οποίο υπάρχουν ήδη όλες οι κατάλληλες προϋποθέσεις.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Δ.Δ Ε.Χίνη ( Πειραματική Εγκατάσταση Προσομοίωσης Φαινομένων Βρασμού σε Υδρόψυκτους Πυρηνικούς Αντιδραστήρες, Αθήνα 1994
2. Δ.Ε Πλαστουργού ( Πειραματική μελέτη Επαναψύξεως Υπερθεμανθεισών Επιφανειών με Παράμετρο την Υπόψυξη σε Πιέσεις 1 και 2 bar, 2000)
3. Δ.Ε Καρασούλου ( Πειραματική μελέτη Επαναψύξεως με Παράμετρο την Υπόψυξη, 1997)
4. Δ.Ε Καλέντζη ( Μελέτη της Συμπεριφοράς Ηλεκτρικού Κυκλώματος με Χρήση ADC και DAC απευθείας Συνδεδεμένων σε Προσωπικό Η/Υ κάτω από το Λ/Σ DOS
5. Βοσινη Σ . ( Σύνδεση Ψηφιακών Συσκευών σε θύρα RS-232 Η/Υ κάτω από Λ/Σ DOS , ΕΜΠ , 1988 )
6. E.P Hinis and S.E Simopoulos, Experimental investigation of the rewetting process at pressures of 1-7 bar, Kerntechnik, vol.68,pp 17-22,2003
7. A.A Nikoglou, E.P Hinis and S.E Simopoulos, Experimental investigation of free falling water film characteristics, 5<sup>th</sup> International Symposium on Multiphase flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion
8. Δ.Ε Α Σίψα ( Συγκρότηση θερμωδραυλικού κυκλώματος νερού-ατμού. Φάση – II. Εγκατάσταση Δοχείου συγκεντρώσεως και κλειστού κυκλώματος κυκλοφορίας νερού. Σύνδεση των αναγκαίων μεταλλακτών απευθείας σε Η/Υ, 2008)
9. Δ.Δ Ε.Σιμόπουλου ( Modelling of the Rewetting Process in Water-Cooled Nuclear Reactor Fuel Elements , 1978 )
10. Σ.Ε Σιμόπουλου ‘Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών’  
Αθήνα, 1989
11. Instrumentation for Engineering Measurements ( James W.Dally, William F.Riley, Kenneth G,McConnell.)
12. Instrumentation for Engineering Measurements ( James W.Dally, William F.Riley, Kenneth G,McConnell. Second Edition )
13. Data Sheet 40.2050 Pressure Transmitter for elevated media temperatures JUMO dTRANS p31
14. Operating Manual B 70.3041.0 JUMO dTRON 308
15. User’s Guide CN8200 series (1/16 DIN Temperature & Process Controllers)
16. Data Sheet (CN8201\_CN8202) ([www.omega.com/pptst/ CN8201\\_CN8202.html](http://www.omega.com/pptst/CN8201_CN8202.html))

17. Data sheet (KA 199F/00/a6/01.04- 52015398) Nivotester FTW325  
Endress+Hauser
18. Technical Information TI 373F/00/en Level Limit Switch Nivotester FTW325
19. Operating Instructions 11961Z (KA241F/00/a6/08.04-52025421) rob probes  
Endress+Hauser
20. Technical Information Rob Probe 11961Z (T1325F/00/en) Endress+Hauser
21. WIKA Data Sheet AC 08.01 Electrical Alarm Contacts (Model 821)
22. User's Manual PCL-818 Series High-performance Multifunction DAS Cards  
(ADVANTECH)
23. User's Manual PCLD-789D Amplifier and Multiplexer Board (PC-LabCard  
Series-ADVANTECH)
24. User's Manual PCLD-8115 Wiring Terminal Board (ADVANTECH)