

ΟΡΓΑΝΟ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Η.Γ.Πεχλιβανίδης

Υποψήφιος Διδάκτωρ
Imperial College Λονδίνο
i.pechlivanidis@imperial.ac.uk

Γ.Α.Σαμαράς

Αν. Καθηγητής
ΑΤΕΙ-Θεσσαλονίκης
samgreg@cie.teithe.gr

Γ.Η.Πεχλιβανίδης

Αν. Καθηγητής
ΑΤΕΙ-Θεσσαλονίκης
gpexliva@cie.teithe.gr

Β.Δερμίσσης

Καθηγητής
Τμ. Πολιτικών Α.Π.Θ.
vdermiss@civil.auth.gr

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ : αγωγιμόμετρο, αλατότητα, διακριτική ικανότητα, χωρική διακριτική ικανότητα,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διεπιφάνεια που εμφανίζεται μεταξύ γλυκού και αλμυρού νερού, σε εργαστηριακά πειράματα προσομοίωσης των στρωματωδών ροών, είναι μικρού εύρους της τάξεως του 10mm, οπότε η κλίση της πυκνότητας είναι μεγάλη. Έτσι η μέτρησή της που γίνεται με ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο πρέπει να θεωρείται σημειακή. Το αγωγιμόμετρο που παρουσιάζεται έχει δειγματοληπτικό όγκο 0,48 mm³. Το δείγμα λαμβάνεται από το ρευστό σε ύψος 0,7 mm, οπότε η μέτρηση της αλατότητας μπορεί και γίνεται ανά 1 mm, σημειακή σε σχέση με το εύρος της διεπιφάνειας. Τα ηλεκτρόδια είναι δύο δακτύλιοι από σύρμα πλατίνας πάχους 0,7 mm και εσωτερικής διαμέτρου 0,7 mm. Μεταξύ τους παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό νάιλον πάχους 0,1 mm. Το ηλεκτρικό πεδίο περιορίζεται στο εσωτερικό των δακτυλιδίων. Το αισθητήριο παρουσιάζει πάρα πολύ μικρή χρονική μεταβολή της καμπύλης βαθμονόμησης, μικρή πόλωση και είναι πολύ αξιόπιστο.

CONDUCTIVITY LABORATORY INSTRUMENT FOR POINTING MEASUREMENTS

I.G.Pechlivanidis

Research student
Imperial College Λονδίνο
i.pechlivanidis@imperial.ac.uk

G.A.Samaras

Associate Professor
ΑΤΕΙ-Thessaloniki
samgreg@cie.teithe.gr

G.I.Pechlivanidis

Associate Professor
ΑΤΕΙ-Thessaloniki
gpexliva@cie.teithe.gr

V.Dermisiss

Professor
CivilEngineeringDep,A.U.Th
vdermiss@civil.auth.gr

KEYWORDS: conductivity meter, salinity, resolution, spatial resolution, drifting

ABSTRACT

The interface observed between the fresh and salt water in laboratory experiments of stratified flows simulation has a range of 1cm leading to a great density slope. Therefore the acquired data measured by the electronic conductivity meter have to be considered pointing. The conductivity meter has a sampling capacity of 0.48 mm³. The sample is collected from the liquid in a 0.7mm height, while the salinity measurement can be conducted every 1mm referring to the interface width. The electrodes have a ring shape and consist of a platinum wire of 0.7mm thickness and 0.7mm internal diameter. An isolated material 0.1mm thick is interceded between them. The electrical field is limited with the rings. The sensor appears a very short drifting and a short polarization effect, while it is considered very reliable.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μετρήσεις διαφόρων μηχανικών, χημικών, υδραυλικών μεγεθών κ.λ.π. γίνονται εδώ και πολλά χρόνια μέσω ηλεκτρονικών οργάνων. Αυτό κατορθώνεται με την κατάλληλη χρήση μαθηματικής σχέσης που συνδέει το προς μέτρηση μέγεθος με ένα αντίστοιχο ηλεκτρικό. Η μεταβολή του προς μέτρηση μεγέθους θα προκαλέσει προφανώς μεταβολή στην ένταση ή στην τάση πάνω σε μία αντίσταση φορτίου ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Μετά από ενίσχυση του λαμβανόμενου ηλεκτρικού σήματος και επεξεργασία αυτού, θα μετρηθεί μία ενεργός ή μέση τιμή ρεύματος ή τάσεως στην έξοδο του οργάνου. Τα ζεύγη των τάσεων του οργάνου και των τιμών του μεγέθους κατά τη διαδικασία βαθμονόμησης θα δώσουν την καμπύλη βαθμονόμησης, της οποίας η μαθηματική της έκφραση προσδιορίζεται συνήθως με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Στην φάση των πειραματικών μετρήσεων ακολουθείται αντίστροφη πορεία και από την καμπύλη βαθμονόμησης προσδιορίζεται η τιμή του μεγέθους για κάθε τιμή εξόδου του οργάνου.

Κατά τη μελέτη της υδροδυναμικής συμπεριφοράς της διεπιφάνειας στην περίπτωση της στρωματώδους ροής είναι αναγκαία η γνώση της κατανομής της πυκνότητας των ρευστών σε διατομές που ο ερευνητής επιλέγει. Στα προβλήματα της στρωμάτωσης με ρευστά που έχουν διαφορά πυκνότητας λόγω της αλατότητας οι μετρήσεις γίνονται με ηλεκτρονικά αγωγιμόμετρα. Τα υπάρχοντα αγωγιμόμετρα του εμπορίου, εξαιτίας των διαστάσεων τους, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εργαστηριακές μετρήσεις που να θεωρούνται σημειακές.

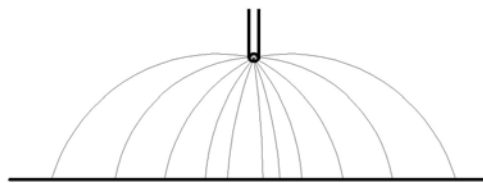
Οι Prausnitz, J.M. Wilhelm, R.H. [1] κατασκεύασαν αγωγιμόμετρο για την μέτρηση της αλατότητας σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Το αισθητήριο αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια μικρών διαστάσεων, ώστε η αντίσταση του αισθητηρίου να προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο από την ειδική αντίσταση του διαλύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων. Οι Lamb et al. [2] κατασκεύασαν αγωγιμόμετρο με αισθητήριο που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια εκ των οποίων το ένα να είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το άλλο. Έτσι οι ηλεκτρικές γραμμές ροής πυκνώνουν κοντά στο μικρό ηλεκτρόδιο και η αντίσταση του ρευστού να προσδιορίζεται από την ειδική αντίσταση του διαλύματος κοντά στο μικρό ηλεκτρόδιο. Οι Gibson, C.H. και Schwarz, W.H [3] θεωρώντας ότι το ένα από τα δύο ηλεκτρόδια μπορεί να έχει οποιοσδήποτε διαστάσεις κατέληξαν σε αισθητήριο με ένα μόνον ηλεκτρόδιο ενώ σαν δεύτερο ηλεκτρόδιο θεωρήθηκε η ίδια εργαστηριακή συσκευή. Το ηλεκτρόδιο μπορεί να πάρει διαστάσεις της τάξεως δεκάτων του χιλιοστού. Αποδεικνύεται εξάλλου, ότι για σφαιρικό όγκο διαλύματος με ακτίνα 10 φορές αυτής της ακτίνας καμπυλότητας του αισθητηρίου, η τιμή της αντίστασής του λαμβάνει το 90% της αντίστασης διαλύματος απείρου όγκου. Οι Sheppard και Doddigton [4] σχεδίασαν και κατασκεύασαν ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο με το οποίο μετρούσαν αλατότητα από 2 ‰ μέχρι 40 ‰. Το αισθητήριο ήταν κατασκευασμένο από δύο ηλεκτρόδια εκ των οποίων το ένα ήταν από ανοξείδωτο χάλυβα και το άλλο από πλατίνα. Οι Chua, S.K., Cleaver, J.W., Millward, A. [5] κατασκεύασαν αισθητήριο με ένα ηλεκτρόδιο και μέτρησαν την συγκέντρωση της αλατότητας σε ένα πλούμιο. Διεπίστωσαν ότι η καμπύλη ρυθμίσεως είναι καλύτερη, όταν το αισθητήριο είναι από πλατίνα ή αν έχει επικαλυφθεί από πλατίνα, διότι μειώνεται κατά πολύ το φαινόμενο της πόλωσης. Οι Ncube, Kastriakis, Nychas και Lavdakis [6] κατασκεύασαν ένα αισθητήριο τύπου Gibson με ηλεκτρόδιο από πλατίνα/ρόδιο σε αναλογία 9/1 και με διάμετρο 0,1mm στο άκρο. Μελέτησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την χρονική μεταβολή της καμπύλης ρυθμίσεως (drift) σε διαλύματα NaCl μικρής συγκεντρώσεως. Οι Πεχλιβανίδης, Γ. και Δερμίσης, Β. [7] μελέτησαν και κατασκεύασαν ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο για τον προσδιορισμό της αλατότητας κατά την μελέτη της αλμυρής σφίνας. Το όργανο χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση πειραμάτων διδακτορικής διατριβής του πρώτου. Το όργανο στηριζόταν στην ίδια αρχή με αυτό του Doddigton ήταν όμως κατά πολύ βελτιωμένο αυτού, διότι παρείχε την δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων κοντά στον πυθμένα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα αγωγιμόμετρο, του οποίου το αισθητήριο είναι ακριβέστερο και επηρεάζεται λιγότερο από την πόλωση. Έχει μικρή χρονική μεταβολή της καμπύλης βαθμονόμησης (drift). Το όργανο παρουσιάζει κατά πολύ μειωμένο όγκο μέτρησης (spacial resolution). Η θερμοκρασία επηρεάζει την ένδειξη του οργάνου. Χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για μεγάλο χρονικό διάστημα σε μετρήσεις των στρωματωδών ροών και βρέθηκαν τα προφίλ της αλατότητας σε διάφορες θέσεις κάποιων προεπιλεγμένων διατομών.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

2.1 Αισθητήριο του οργάνου

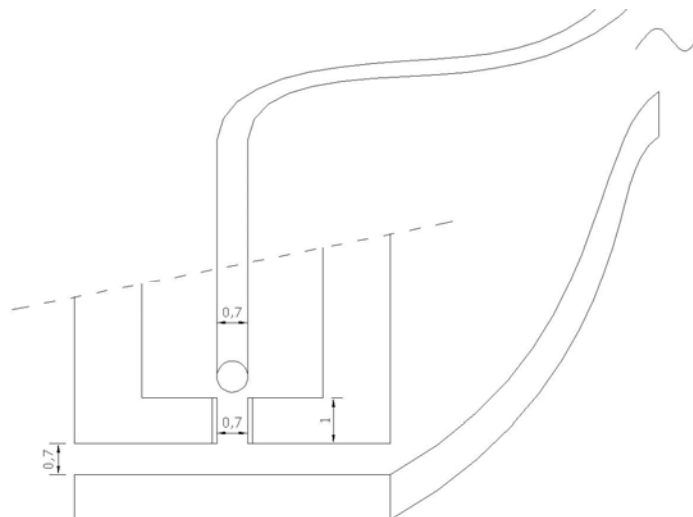
Το πρώτο αισθητήριο που κατασκευάστηκε στο εργαστήριο Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ. [7]. Λήφθηκαν σοβαρά υπόψη τα παρακάτω: 1) Περιορισμός του όγκου μέτρησης του αισθητηρίου, προκειμένου να θεωρηθεί η μέτρηση σημειακή, και 2) Βελτιστοποίηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τις μετρήσεις της αλατότητας ενός διαλύματος. Ένα σύνηθες αισθητήριο αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια ένα σύρμα από πλατίνα και μία επίπεδη επιφάνεια από ανοξείδωτο χάλυβα Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Ηλεκτροστατικό πεδίο

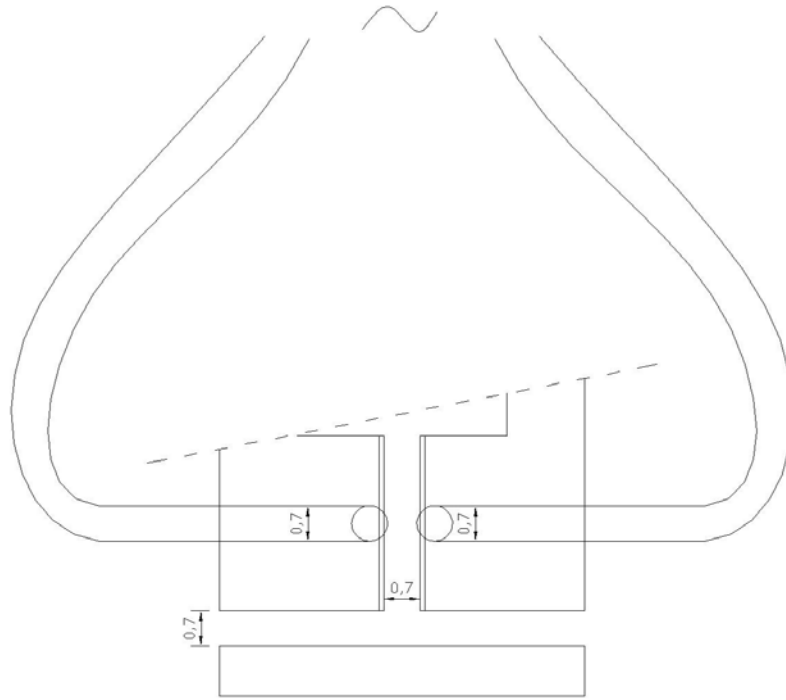
Στο σχήμα φαίνεται η μορφή των ηλεκτρικών γραμμών που δημιουργεί το ηλεκτρικό πεδίο των δύο ηλεκτροδίων. Για τον περιορισμό του όγκου μέτρησης, αύξηση δηλαδή του χωρικής διακριτικότητας (space resolution), τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο της πλατίνας μέσα σε σωλήνα από plexiglas και η επικοινωνία του με το ηλεκτρόδιο από ανοξείδωτο χάλυβα γινόταν μέσω κυκλικού αγωγού από plexiglass Σχήμα 2 (αισθητήριο αγωγιμομέτρου 1).

Ο αγωγός έχει διάμετρο 0,7 mm και μήκος περίπου 1 mm. Έτσι το ηλεκτρικό πεδίο περιορίζεται σχεδόν μόνον μέσα στον κυλινδρικό αγωγό και λίγο στον χώρο που βρίσκεται ο πόλος της πλατίνας. Το ηλεκτρόδιο από πλατίνα είναι τοποθετημένη ακριβώς στην έξοδο του αγωγού. Ήταν καλυμμένο από μονωτικό υλικό, ενώ το τμήμα που ήταν ελεύθερο και μέσω αυτού γινόταν η ροή του ρεύματος ήταν σχεδόν μόνον η διατομή του, η διάμετρος του οποίου ήταν 0,7 mm.



Σχήμα 2. Αισθητήριο αγωγιμομέτρου 1

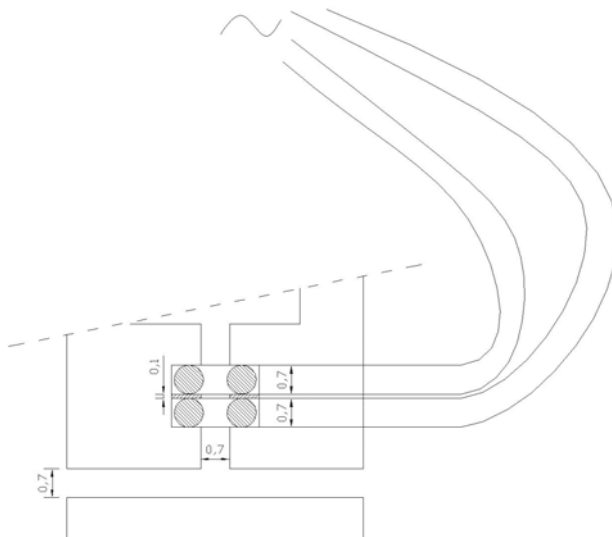
Κατασκευάστηκε αργότερα ένα άλλο ηλεκτρόδιο 2 περίπου όμοιο με το προηγούμενο με δύο ηλεκτρόδια, τα οποία ήταν από πλατίνα. Τα δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε θέσεις αντιδιαμετρικές μέσα στον κυκλικό αγωγό, Σχήμα 3. Η ροή του ρεύματος γινόταν μόνον από τις διατομές τους. Το ηλεκτρικό πεδίο ροής περιοριζόταν σε ακόμη μικρότερο χώρο. Η είσοδος του ρευστού και στις δύο περιπτώσεις γινόταν με αναρρόφηση. Αυτό επιτυγχανόταν με τη δημιουργία κενού στον χώρο του σωλήνα. Το υλικό του ήταν από plexiglas.



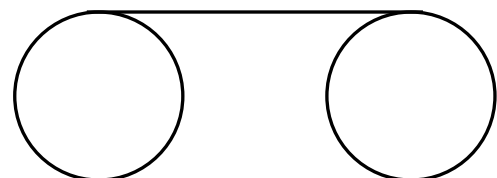
Σχήμα 3. Νέο αισθητήριο αγωγιμομέτρου 2

Τόσο το ένα ηλεκτρόδιο όσο και το άλλο, εξαιτίας των μικρών διαστάσεων του ηλεκτροδίου από πλατίνα, παρουσίαζαν προβλήματα εξαιτίας των επικαθήσεων είτε από οργανικές ύλες είτε λόγω της πόλωσης των ηλεκτροδίων και αλλοιωνόταν οι λαμβανόμενες τιμές. Για τον λόγο αυτό χρειαζόταν συνεχής έλεγχος της αξιοπιστίας των καμπυλών βαθμονόμησης του αγωγιμομέτρου.

Το πρόβλημα αυτό στην συνέχεια παρακάμφθηκε με τον σχεδιασμό ενός νέου αισθητηρίου Σχήμα 4α, το οποίο αποτελείται από ηλεκτρόδια από πλατίνα σε μικρή απόσταση μεταξύ των, αλλά με μεγάλη επιφάνεια των δύο πόλων. Το ηλεκτρικό πεδίο ροής περιορίστηκε στο εσωτερικό δύο κυκλικών δακτυλίων κατασκευασμένων από σύρμα πλατίνας, με εσωτερική διάμετρο 0,7 mm . Μεταξύ των τοποθετήθηκε μονωτικό υλικό πάχους 0,1mm.



Σχήμα 4α. Τελική μορφή αισθητηρίου Αγωγιμομέτρου 3.

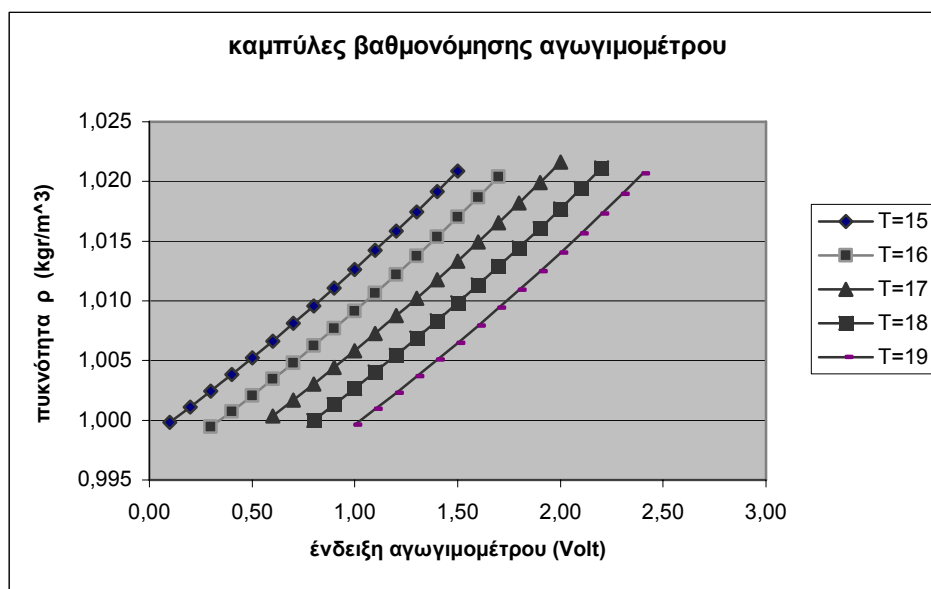


Σχήμα 4β Ηλεκτρόδιο του αισθητηρίου σε σχήμα κυκλικού δακτυλίου.

Τα δύο ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα μέσα σε μία κυλινδρική υποδοχή από μονωτικό υλικό plexiglas, εσωτερικής διαμέτρου όσο και η εξωτερική των δακτυλίων. Σταθεροποιήθηκαν με εποξειδική κόλλα, ενώ το υλικό που τοποθετήθηκε μεταξύ των ήταν νάιλον πάχους 0,1 mm. Με τον τρόπο αυτόν ενώ κρατήθηκε ο μικρός όγκος μέτρησης του δείγματος, αυξήθηκε σημαντικά η επιφάνεια των δύο ηλεκτροδίων καθώς και η συμμετρία της όλης κατασκευής. Έτσι ενώ με το μονό ηλεκτρόδιο η επιφάνεια της διατομής που ήταν και η επιφάνεια αρχής των ηλεκτρικών γραμμών ροής είχε εμβαδόν 0,3846 mm² (διάμετρος 0,7 mm), με τους δακτυλίους η αντίστοιχη επιφάνεια έχει εμβαδόν 3,29 mm² (έντονη γραφή) Σχήμα 4β, δηλαδή 8,658 φορές μεγαλύτερη από την πρώτη. Με την αύξηση της επιφάνειας μειώθηκε η πιθανότητα για την χρονική αλλαγή της καμπύλης βαθμονόμησης (drifting) εξαιτίας της πόλωσης των ηλεκτροδίων (polarization). Αυτό διαπιστώθηκε και από τα 100 και πλέον πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε στρωματώδεις ροές με αλμυρή σφήνα στο Εργαστήριο Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.. Οι διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν την ένδειξη του οργάνου και κυρίως η θερμοκρασία έχει ληφθεί υπόψη στην καμπύλη βαθμονόμησης, καθώς και η ταχύτητα ροής του διαλύματος από τον κυλινδρικό αγωγό. Η συχνότητα του οργάνου έχει διατηρηθεί σταθερή. Εκείνο όμως που πρέπει να ληφθεί υπόψη σε όλες τις μετρήσεις και να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι οι αντιστάσεις επαφής των καλωδίων από το αισθητήριο μέχρι και την είσοδο του οργάνου. Για τον λόγο αυτόν συνιστάται οι συνδέσεις να γίνονται με κοχλίες και να επιτυγχάνεται δυνατή σύσφιξη.

2.2 Καμπύλη βαθμονόμησης

Η βαθμονόμηση του οργάνου επιτυγχάνεται με την χρήση δειγμάτων με καθορισμένη αλατότητα και θερμοκρασία. Σε θερμό νερό διαλύεται αλάτι ώστε να επιτευχθεί η πλήρης διάλυση αυτού. Η πυκνότητα αυτού μπορεί να φθάσει μέχρι και 50 ‰. Το διάλυμα αυτό μετά την ψύξη του μπορεί να αναμιχθεί με γλυκό νερό και να καθορίσει μία επιθυμητή πυκνότητα του νερού. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν 12 δείγματα νερού διαφορετικής αλατότητας από 2 ‰ μέχρι και 35 ‰. Η πυκνότητα του δείγματος μετριέται με πυκνόμετρα και στην συνέχεια μετριέται η ένδειξη του αγωγιμομέτρου όταν μέσα σε κάθε δείγμα τοποθετηθεί το αισθητήριο του. Από τον πίνακα τιμών της πυκνότητας του δείγματος του διαλύματος και της τάσεως του οργάνου προσδιορίζεται η καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας των δειγμάτων. Από το σύνολο των μετρήσεων προσδιορίζονται οι καμπύλες βαθμονόμησης του αγωγιμομέτρου για διάφορες θερμοκρασίες. Από την οικογένεια των καμπυλών προσδιορίζεται αναλυτική καμπύλη προσαρμογής που να δίνει την τιμή της πυκνότητας του δείγματος συναρτήσει της τάσης του αγωγιμομέτρου και της θερμοκρασίας του. Στο Σχήμα 5. φαίνεται μία οικογένεια καμπυλών που εκφράζουν την πυκνότητα συναρτήσει της τάσης του οργάνου για διάφορες τιμές της θερμοκρασίας.



Σχήμα 5. Οικογένεια καμπυλών αγωγιμομέτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες

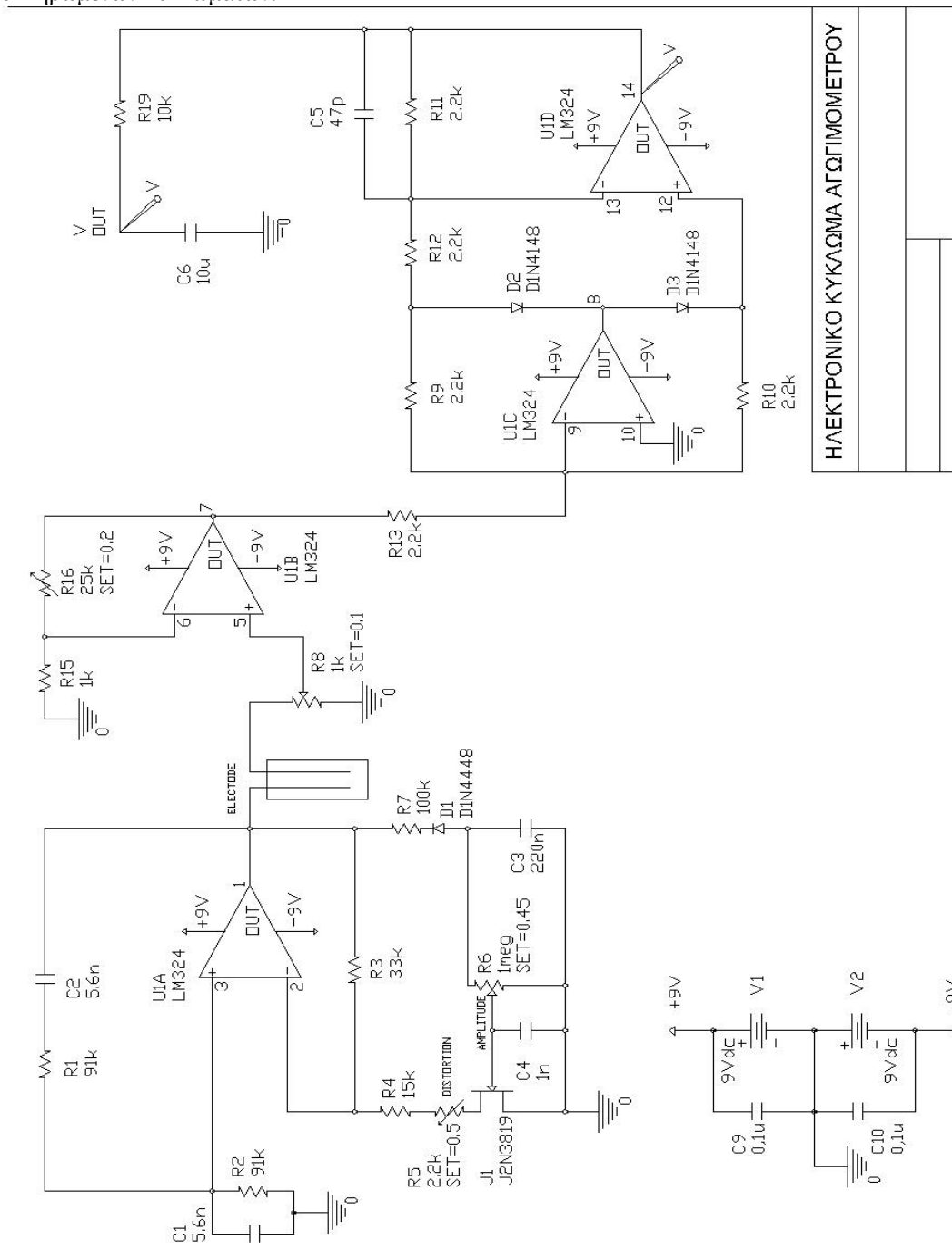
Η Εξ. 1, η οποία προέκυψε από το Σχήμα 5., δίδει την πυκνότητα ενός δείγματος συναρτήσει της τάσεως και της θερμοκρασίας.

$$\rho = 1,1489 \cdot (2,6346 + 0,2281 \cdot T - E)^{-0,0779} \quad (1)$$

Η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν.

2.3 Ηλεκτρονικό κύκλωμα

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα Σχήμα 6 αποτελείται από 3 διαφορετικά κυκλώματα. Το κύκλωμα (1) είναι ο ταλαντωτής που δημιουργεί ημιτονοειδές σήμα με σταθερή συχνότητα. Ο ταλαντωτής χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο U1A LM324. Η έξοδος του ταλαντωτή συνδέεται σε σειρά με το αισθητήριο και αυτό μέσω του ποτενσιόμετρου RV1 με την γη. Από το ποτενσιόμετρο γίνεται απολαβή ρυθμιζόμενης τάσεως. Αυτή σαν είσοδος του τελεστικού ενισχυτή U1B LM324, κύκλωμα (2) δέχεται ενίσχυση με κέρδος $(R_6+R_7)/R_6$. Μετά την ενίσχυση το σήμα οδηγείται στην είσοδο του κυκλώματος (3) που αποτελείται από τα ολοκληρωμένα U1C LM324 και U1D LM324. Το κύκλωμα αυτό δημιουργεί διπλή ανόρθωση του ενισχυμένου σήματος. Την τιμή της τάσεως εξόδου την παίρνουμε πάνω στην αντίσταση φορτίου $R_{15}=10K\Omega$. Η ανάγνωση της τάσεως αυτής γίνεται είτε στο βολτόμετρο είτε στον παλμογράφο είτε στον Η/Υ. Το βοηθητικό κύκλωμα που φαίνεται είναι το κύκλωμα τροφοδοσίας. Δίδει τάσεις +9 Volt και -9 Volt. Αυτές είναι και οι τάσεις των τελεστικών ενισχυτών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.



Σχήμα 6. Ηλεκτρονικό Κύκλωμα Αγωγιμομέτρου.

3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΟΥ

Για την αξιολόγηση του αγωγιμομέτρου αναφέρονται οι παρακάτω παράμετροι.

1. Η **διακριτική ικανότητα (resolution)** του οργάνου είναι πάντοτε ένα στοιχείο απαραίτητο για την επιλογή του. Το εύρος τάσεως του οργάνου ήταν 1,688 Volt. Αυτό προκύπτει, διότι η τάση του οργάνου για γλυκό νερό ήταν 0,142 Volt και η τάση για νερό με μέγιστη αλατότητα 35⁰/₀₀ ήταν 1,830 Volt. Έτσι για αύξηση της αλατότητας κατά 1⁰/₀₀ η αντίστοιχη αύξηση της ένδειξης του οργάνου ήταν κατά μέσο όρο 0,0482 Volt. Δοθέντος δε ότι με τον Η/Υ και το ψηφιακό βολτόμετρο προσδιοριζόταν η τάση του οργάνου με ακρίβεια το τρίτο δεκαδικό ψηφίο δηλαδή 1 mVolt είναι φανερό ότι η διακριτική ικανότητα του οργάνου ήταν μεγάλη, πολύ ικανοποιητική για την κατηγορία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Το πλήθος των τιμών της αλατότητας που λαμβανόταν ήταν $16385=2^{14}+1$ και αυτό με ρυθμό δειγματοληψίας 2000 τιμές ανά sec. Από τις τιμές αυτές προσδιοριζόταν η μέση τιμή της αλατότητας στην θέση μέτρησης. Ο χρόνος δειγματοληψίας ήταν συνεπώς 0,5 msec. Παρατηρήθηκε ότι από το πλήθος των τιμών υπήρχαν και τιμές με τάση εξόδου του οργάνου ίση με 0,140 Volt. Αυτό σήμαινε απουσία ιόντων τον χρόνο που πραγματοποιούνταν η μέτρηση, δηλαδή μηδενικό ρεύμα, διότι η τάση αυτή αναφερόταν σε καθαρό νερό. Λαμβάνοντας υπόψη τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των μετρήσεων μπορεί να προσδιορισθεί ενδεχομένως με τον τρόπο αυτό και η μέση απόσταση των ιόντων μεταξύ τους.

2. Η **χωρική διακριτική ικανότητα (spacial resolution)** του οργάνου είναι μεγάλη, διότι ο δειγματοληπτικός χώρος μέτρησης είναι πάρα πολύ μικρός. Περιορίζεται στο εσωτερικό του κυλίνδρου που σχηματίζεται μεταξύ των δύο δακτυλιδιών από πλατίνα. Ο όγκος μέτρησης είναι 0,48 mm³, διότι η εσωτερική διάμετρος του είναι 0,7 mm και το ύψος του 1,5 mm. Το ηλεκτρικό πεδίο ροής περιορίζεται μέσα σε αυτόν τον όγκο.

3. Η **συχνότητα απόκρισης (frequency response)** είναι επίσης μεγάλη και υπερβαίνει κατά πολύ τις μεταβολές της αλατότητας στο μελετούμενο υδραυλικό πεδίο των πραγματοποιούμενων πειραμάτων.

4. Η **συχνότητα του φέροντος σήματος (frequency of carrier signal)** είναι η συχνότητα του ταλαντωτού. Το σήμα αυτό διερχόμενο μέσω του αισθητηρίου υφίσταται παραμόρφωση κατά πλάτος (amplitude modulation). Η μεταβολή αυτή στο πλάτος είναι συνάρτηση της αγωγιμότητας του διαλύματος. Η μεταβολή αυτή μετά την διπλή ανόρθωση δίδει την μέση ή ενεργό τάση του δείγματος και από αυτή προκύπτει η πυκνότητα του. Στο ηλεκτρονικό κύκλωμα που αναφέρθηκε η συχνότητα ήταν 385 Hz. Πρέπει να σημειωθεί ότι το αισθητήριο πλύνονταν με γλυκό νερό και καθαριζόταν με φύσημα με αέρα μετά το τέλος κάθε πειράματος.

5. Η **πόλωση (polarization)** του οργάνου παίζει σημαντικότατο ρόλο στην πραγματοποίηση των μετρήσεων της αλατότητας. Οι μεγάλες επιφάνειες αρχής και πέρατος των ηλεκτρικών γραμμών ροής κάθε ηλεκτροδίου μικραίνουν κατά πολύ την πιθανότητα αλλοίωσης των μετρήσεων εξαιτίας της πόλωσης των επιφανειών αυτών από τα ιόντα του Na⁺ και του Cl⁻. Δεν παρατηρήθηκαν καθόλου προβλήματα στις μετρήσεις εξ αιτίας της πόλωσης.

6. Η **θερμοκρασία λειτουργίας (operation temperature)** είναι ένας παράγων πολύ σημαντικός για την πραγματοποίηση των πειραμάτων. Λόγω ροής ρεύματος μπορεί να αυξηθεί τοπικά η θερμοκρασία του διαλύματος και να παρατηρηθούν φαινόμενα εξάτμισης του ρευστού. Η θερμοκρασία λειτουργίας του αισθητηρίου ήταν πάρα πολύ μικρή γιατί το διερχόμενο ρεύμα από το αισθητήριο ήταν πάρα πολύ μικρό και για τον λόγο αυτόν δεν παρατηρήθηκαν καθόλου φαινόμενα εξάτμισης.

7. Η **στάθμη θορύβου (noise level)** του οργάνου ήταν πολύ κάτω από την ακρίβεια μέτρησης της αλατότητας και για τον λόγο αυτόν δεν παρατηρήθηκε αλλοίωση των τιμών από τον θόρυβο του οργάνου.

8. Η **χρονική μεταβολή της καμπύλης βαθμονόμησης του οργάνου (drifting)** δεν παρουσίασε αλλαγές αν και στην έναρξη των ημερήσιων πειραμάτων, καθώς και στο τέλος κάθε πειράματος γινόταν έλεγχος των ενδείξεων σε δείγματα με διαφορετική αλατότητα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αισθητήριο που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των πειραμάτων μαζί με την ηλεκτρονική διάταξη ήταν πολύ αξιόπιστο. Ο δειγματοληπτικός όγκος ήταν πάρα πολύ μικρός 0,48 mm³ και οι μετρήσεις στο πεδίο μετρήσεων θεωρούνταν σημειακές. Η μεγάλη συχνότητα απόκρισης καθώς και η διακριτική ικανότητά του επέτρεψαν μετρήσεις πάρα πολύ αξιοποιήσιμες. Η μεγάλη επιφάνεια των ηλεκτροδίων σε

συνδυασμό με τον πολύ μικρό όγκο του ηλεκτρικού πεδίου ροής και το φέρον σήμα συχνότητας 385 Hz απέτρεψαν τα προβλήματα της πόλωσης των ηλεκτροδίων εξαιτίας της παρουσίας των ιόντων του Na^+ και του Cl^- . Η χρονική μεταβολή της καμπύλης βαθμονόμησης (drifting) είναι πάρα πολύ μικρή και δεν ενόχλησε ιδιαίτερα την διαδικασία των πειραμάτων. Φαίνεται από την ανάλυση και τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το αισθητήριο αυτό και σε πεδία διφασικών ροών με φυσαλίδες και μάλιστα μπορούν να προσδιορισθούν οι διαστάσεις των φυσαλίδων καθώς και η πυκνότητα αυτών.

Η παρούσα εργασία συγχρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ στα πλαίσια του προγράμματος ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ, ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ Ι

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Prausnitz, J.M. Wilhelm, R.H. (1956), **Rev.Sci.Instrum.** 27, 941.
2. Lamb, D.E., Manning, F.S., Wilhlem,R.H. (1960), "Measurement of concentration fluctuations with an electrical conductivity probe.", **A.I.Ch.E. Journal** 6, pp 682-685.
3. Gibson, C.H. και Schwarz, W.H. (1963) "Detection of Conductivity Fluctuations in a Turbulent Flow Field." **Journal of Fluid Mechanics**, 16, pp 357-364.
4. Sheppard, D.M., and Doddigton, H.W., (1977) "Laboratory Instrument for Measuring electrical conductivity in stratified NaCl Solutions." **Rev. Sci.Instrum.** , Vol. 48, pp 287-289.
5. Chua,S.K., Cleaver, J.W., Millward,A. (1986) "The Measurement of Salt Concentration in a Plume using a Conductivity Probe.", **Journal of Hydraulic.Researce** Vol. 25, No. 3, pp 171-178.
6. Ncube, F., Kastrinakis, E.G., Nychas, S.G., Lavdakis, K.E. (1991) "Drifting Behaviour of a Conductivity Probe.", **Journal of Hydraulic Researce** , Vol. 29, No 5, pp 643-654.
7. Πεχλιβανίδης, Γ.Η. και Δερμίσσης, Β. (1992) " Ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο προσδιορισμού πυκνότητας αλμυρού νερού." **Πρακτ. 5^{ου} Πανελ. Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε.** Λάρισα σελ. 512-519.