

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



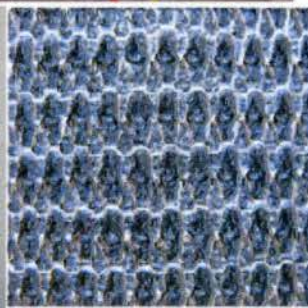
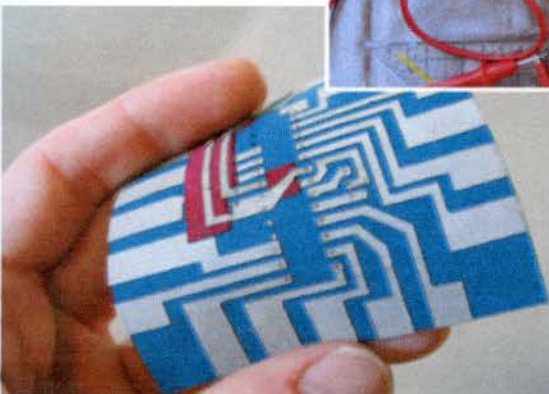
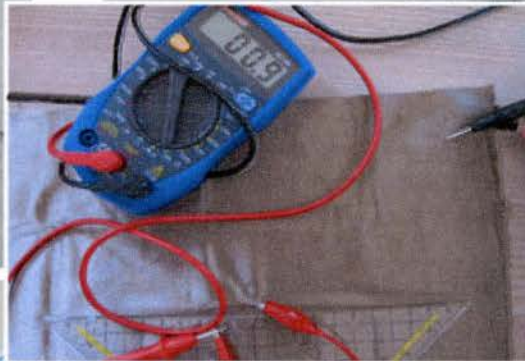
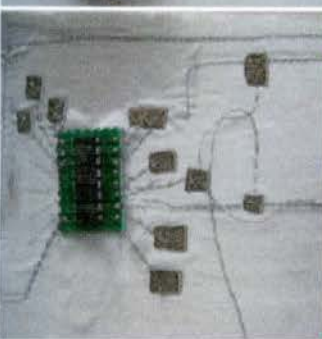
ΤΜΗΜΑ ΚΛΟΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΑΦΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΕΒΥΤΕΝΙΣΜΟΥ



ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΔΙΟΤΙΜΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ



ΚΥΡΙΑΚΗ Α. ΜΑΡΟΥΛΗ

Α.Μ. 35641

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΤΗΤΗΣ: ΣΑΒΒΑΣ Γ. ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ - ΚΑΘΗΤΗΤΗΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2011

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ

Πτυχιακή εργασία που υποβλήθηκε στο

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

για την απόκτηση του πτυχίου

από την

Κυριακή Αντωνίου Μαρούλη

Εργασία η οποία έλαβε μέρος στο

Τμήμα Κλωστοϋφαντουργίας

με την επίβλεψη

του Δρ Σάββα Γ. Βασιλειάδη

Τμήμα Κλωστοϋφαντουργίας

Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Αιγάλεω

Δεκέμβριος 2011

ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΜΟΥ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους που πίστεψαν σε μένα και συνεργάστηκαν μαζί μου στην υλοποίηση της επιθυμίας μου για σπουδές στην ανώτερη εκπαίδευση καθώς και στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Είμαι ευγνώμων στο Θεό και στην οικογένειά μου για την πολύτιμη βοήθειά τους Σας ευχαριστώ για την υπομονή σας, την ενθάρρυνσή σας καθόλη την εκπαιδευτική μου πορεία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Βασιλειάδη Σάββα που με εισήγαγε στον κόσμο των αγώγιμων νημάτων, μου πρόσφερε τις γνώσεις του απλόχερα, αλλά και μου έδωσε ώθησε για παραπάνω ανοίγοντάς μου το δρόμο με το ERA-5 που πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Πειραιά το Σεπτέμβριο του 2010. Τον κύριο Πρέκα Κλεάνθη και τον κύριο Καρατζά Γεώργιο που με κατεύθυναν στα εργαστηριακά μου πειράματα. Τον αδερφό μου και τη Μαρία Διαμαντάκου που ήρθαν ως βοηθοί μου στο πείραμα για τη μέτρηση της χωρητικότητας. Τη φίλη μου Έλλη Δημητρίου-Δάλα για τη φιλολογική επιμέλεια. Τον Χαράλαμπο Καρακωνσταντή για την αγγλική φιλολογική επιμέλεια. Επιπλέον, ευχαριστώ τον κύριο Μανωλάτο Γεράσιμο για τις εύστοχες παρατηρήσεις του και που με βοήθησε στη μέτρηση της χωρητικότητας των νημάτων παρέχοντάς μου το όργανο μετρήσεων. Τέλος, τον κύριο Αλέξανδρο Α. Βασιλειάδη για την βοήθειά του στην εύρεση της γραμμικής πυκνότητας των εργαστηριακών νημάτων.

Με την ευκαιρία της πτυχιακής εργασίας ευχαριστώ κάθε καθηγητή μου και ειδικά εκείνους που μου αφιέρωσαν χρόνο από το χρόνο τους, για να μου εξηγήσουν απορίες μου, ώστε να έχω τις γνώσεις που έχω πέντε χρόνια μετά την πρώτη μέρα που ήρθα ως φοιτήτρια στο ΤΕΙ Πειραιά.

Σας ευχαριστώ μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου

Κυριακή Α. Μαρούλη

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να ερευνηθεί τα αγώγιμα κλωστοϋφαντουργικά νήματα που υπάρχουν σήμερα, τη χρήση τους και τα προβλήματα που παρουσιάζουν. Ειδικότερα ενδιαφέρεται για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (χωρητικότητα, επαγωγή, αντίσταση) που παρουσιάζουν τα συγκεκριμένα δοκίμια και επιπλέον ασχολείται με το κατά πόσον ένα τέτοιο νήμα θα μπορούσε να δημιουργήσει ασπίδα προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, λόγω της ευρύτερης εφαρμογής της και η προστασία του ανθρώπου από τον αόρατο κίνδυνο κρίνεται απαραίτητη.

Τα κλωστοϋφαντουργικά υλικά, γενικότερα είναι μονωτές. Υπάρχουν, όμως και κάποια νήματα (τεχνητά) τα οποία είναι ημιαγωγοί. Τα νήματα που είναι ημιαγωγοί μπορούν να μετατραπούν σε αγωγούς με διάφορους τρόπους. Το πιο σημαντικό στη δημιουργία αγώγιμων νημάτων είναι η διατήρηση των μηχανικών και φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των νημάτων σε συνδυασμό με την καλύτερη απόδοση των ηλεκτρικών και μαγνητικών ιδιοτήτων τους.

Η σπουδαιότητα των νημάτων που είναι αγώγιμα έγκειται στο ότι μπορούν να μετατρέψουν ένα απλό και καθημερινό προϊόν όπως ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν σε ηλεκτρονικές εφαρμογές, σε ασπίδα προστασίας, σε «gadget» και γενικά σε ποικίλες εφαρμογές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή του προϊόντος σε πολυλειτουργικό προϊόν. Τα πολυλειτουργικά υλικά είναι σπουδαίας σημασίας, γιατί είναι ικανά να μετατρέψουν ένα αγαθό σε ευφυές προϊόν. Ένα ευφυές προϊόν, για παράδειγμα ένα ευφυές ρούχο, μπορεί να προγραμματιστεί να αισθάνεται (με αισθητήρες) το περιβάλλον του, να επεξεργάζεται τα δεδομένα και να «αντιδράει».

Τα ευφυή κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι μία πρόσφατη σχετικά «ανακάλυψη» που πηγάζει από την τρομερή πρόοδο της τεχνολογίας και των επιστημών τα τελευταία έτη. Αποτελεί θέμα που χρήζει έρευνας λόγω των δυσκολιών που έχουν τα αρχικά υλικά (ίνα και νήμα), αλλά και των οφελημάτων που παρουσιάζει. Όμως είναι κοινώς αποδεκτό, ότι ο συνδυασμός ενός καθημερινού προϊόντος, όπως το ένδυμα με την τεχνολογία είναι έξυπνη λύση και με πολλές εφαρμογές.

Πιο συγκεκριμένα η πτυχιακή αυτή εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός της ίνας του νήματος, του υφάσματος και ταξινομούνται τα υφάσματα ανάλογα με τη χρήση τους και οι ίνες ταξινομούνται ανάλογα την προέλευσή τους. Εν συνεχεία, γίνεται λόγος για την έννοια της πολυλειτουργικότητας και στο κατά πόσον αφορά στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Εξαιτίας της πολυλειτουργικότητας τα ρούχα έχουν αποκτήσει δύο νέους όρισμους: αυτόν του «smart textiles» και του «intelligent textile» στους οποίους αναφέρεται το κεφάλαιο αυτό.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται έννοιες της φυσικής επιστήμης, ειδικότερα του ηλεκτρολογικού και του ηλεκτρονικού τομέα, όπως αυτές του μονωτή, του αγωγού και του ημιαγωγού, του φαινομένου του Joule και του Faraday, καθώς και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι έννοιες αυτές είναι σημαντικές γιατί η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου των αγωγίμων νημάτων παράγει θερμότητα εξαιτίας του φαινομένου Joule και γιατί τα αγωγή νήματα μπορούν και δημιουργούν ένα κλωβό του Faraday προκαλώντας τη μείωση της ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο η προσοχή εστιάζεται στα αγωγή νήματα, τα οποία βοηθούν ένα ύφασμα, ένα ρούχο να αναβαθμιστεί σε έξυπνο ή ευφυές ρούχο, ανάλογα με την περίπτωση και έτσι το ρούχο να γίνει πολυλειτουργικό υλικό. Εδώ παρουσιάζονται οι μέθοδοι δημιουργίας αγωγίμων νημάτων και οι τρόποι μετατροπής ενός νήματος-ημιαγωγού ή ενός υφάσματος-ημιαγωγού σε αγωγό. Επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά στα πιο γνωστά εγγενώς αγωγή νήματα, εμβαθύνοντας στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματά τους βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Από το τέταρτο κεφάλαιο μέχρι και το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο περιγράφεται η ερευνητική εργασία.

Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται τη θωράκιση από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μέσω υφασμάτων που περιέχουν αγωγή νήμα. Γίνεται σύγκριση της προστασίας που παρέχουν βάσει της αγωγιμότητας των νημάτων και της γεωμετρικής δομής τους στο ύφασμα.

Ο σκοπός του πέμπτου κεφαλαίου είναι η μελέτη των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των νημάτων, δηλαδή η χωρητικότητα C , η αντίσταση R και η αυτεπαγωγή L . Έπειτα, τα νήματα συγκρίνονται βάσει της αγωγιμότητάς τους.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται έλεγχος της χωρητικής συμπεριφοράς των αγώγιμων νημάτων. Γίνονται συγκρίσεις των νημάτων βάσει αγωγιμότητας, συγκρίσεις βάσει του μήκους των νημάτων (οπλισμών πυκνωτή) και της απόστασης μεταξύ τους.

Ακολουθεί ο επίλογος, το παράρτημα με τις φωτογραφίες των νημάτων από μικροσκόπιο και το παράρτημα με τις έννοιες και τους τύπους της φυσικής που χρειάζονται στην επίλυση του ερευνητικού μέρους, αλλά που είναι γενικότερα γνωστές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	7
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	13
1.1 ΙΝΑ-ΝΗΜΑ-ΥΦΑΣΜΑ - FIBER-YARN-FABRIC.....	13
1.2 ΠΟΛΥΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ – ΜΥΛΤΙFUNCTIONALITY.....	18
1.3 ΕΥΦΥΗ ΚΛΩΣΤΟΎΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – INTELLIGENT TEXTILES.....	20
1.4 ΞΕΥΠΝΑ Κ/Υ ΠΡΟΪΟΝΤΑ/ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ Κ/Υ ΠΡΟΪΟΝΤΑ – SMART TEXTILES/E-TEXTILES	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	23
2.1 ΜΟΝΩΤΕΣ-ΑΓΩΓΟΙ-ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ - INSULATORS-CONDUCTORS- SEMICONDUCTORS.....	23
2.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ JOULE - ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΚΛΩΒΟΣ FARADAY.....	25
2.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ – ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ Η ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο - ΑΓΩΓΙΜΑ ΚΛΩΣΤΟΎΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΑ ΥΑΙΚΑ- CONDUCTIVE TEXTILES.....	34
3.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ, ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΗΤΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΑΓΩΓΙΜΑ ΝΗΜΑΤΑ	34
3.2 ΕΓΓΕΝΩΣ ΑΓΩΓΙΜΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ - INTRINSICALLY CONDUCTIVE POLYMERS (ICPs).....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο - ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ ΝΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΨΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ;.....	55
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ.....	55

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ.....	60
4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ.....	66
4.4 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ.....	68
4.5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΤΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο -ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ.....	71
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ.....	71
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ.....	88
5.3 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ... ..	94
5.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ.....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο – ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΥΦΕΣΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ.....	103
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	103
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	108
6.3 ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	111
6.4 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	114
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	115
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	118
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	125
Α. ΕΝΝΟΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ.....	125
Β. ΤΑ ΑΓΩΓΙΜΑ ΝΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ.....	143
Γ. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ.....	144

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.C.	: Alternative Current - Εναλλασσόμενο Ρεύμα
PCMs	: Phase Change Materials
EMSE	: ElectroMagnetic Shielding – Ηλεκτρομαγνητική προστασία
PTC	: Percolation Threshold Concentration
CNTs	: Carbon nanoTubes
D.C.	: Direct Current - Συνεχές Ρεύμα
ESD	: ElectroStatic Dissipation-Αντιστατική Προστασία
ICPs	: Intrinsically Conductive Polymers
L-C	: CoiL-Capacitor - Πυκνωτή-Πηνίου
MW-CNTs	: MultiWall- Carbon NanoTubes
-N	: -Nitro - -Αζωτο
NG	: Natural Graphite
-NH	: -Amine - Άμινο
PA	: Poly(acetylene) - Πολυακετυλίνη
PA6 &12	: Πολυαμίδιο 6 & 12
PAN	: Polyacrinitrile - Πολυακρυλονιτρίλιο
PANI	: Polyaniline - Πολυανιλίνη
PEDOT	: Poly(3,4-ethylene dioxythiophene)
PE	: Polyethylene - Πολυαιθυλένιο
PES	: Polyester - Πολυεστέρας
PP	: Polypropylene- Πολυπροπυλένιο
PPP	: Poly(para-phenylene)
PPV	: Poly(para-phenylene vinylene)
PPY	: Poly(pyrrrole) - Πολυπυρρόλη
PS	: Polystyrene - Πολυστυρένιο
PT ή PTH	: Poly(thiophene)
PU	: Polyurethane - Πολυουρεθάνη
PVA	: Poly(vinylalcohol)
SEM	: Scanning Electron Microscope
SW-CNTs	: Single Wall - Carbon NanoTubes
H/M	: Ηλεκτρομαγνητική
SHF	: Super High Frequency
HEΔ	: Ηλεκτρεγερτική Δύναμη

Σχήματα

Σχήμα 1α: Διάταξη κλωβού Faraday Σχήμα 1b: Ηλεκτροστατική θωράκιση [16]	27
Σχήμα 2: Εγκάρσιο Ηλεκτρομαγνητικό κύμα [18]	28
Σχήμα 3: Αναπαράσταση μηχανισμών προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [22].....	31
Σχήμα 4: Γραφική αναπαράσταση του φάσματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, των εφαρμογών τους και των επιδράσεών τους [22].....	33
Σχήμα 5: Σχηματική αναπαράσταση πομπού – δέκτη	57
Σχήμα 6 : Κύκλωμα πειράματος ελέγχου ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των νημάτων	72
Σχήμα 7 : Κύκλωμα πειράματος χωρητικής συμπεριφοράς νημάτων..	104
Σχήμα 8: (α) Αντίσταση R συνδεδεμένη σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]	138
Σχήμα 9: (α) Πηνίο L συνδεδεμένο σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]	139
Σχήμα 10: (α) Πυκνωτής C συνδεδεμένος σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]	140

Εικόνες

Εικόνα 1: Τζάκετ με ενσωματωμένο εξάρτημα αναπαραγωγής ήχου [11]	19
Εικόνα 2: Μία μέθοδος chemical coating, η vapour- phase polymerization [34]	37
Εικόνα 3: Μοριακή Δομή αρκετών συνηθισμένων ICPs [20]	39
Εικόνα 4: Μοριακές Δομές Πολυμερών σε ουδέτερη μορφή [33]	40
Εικόνα 5: Φωτογραφίες SEM από CNT ίνες και ribbons: (a and b) Έναρξη παραγωγής CNT ribbons από σειρές CNT για κλώση (CNT ribbon initiation from a CNT array for spinning, (c) ίνα CNT μετά την κλώση (as-spun CNT fiber), (d) η ίδια ίνα μετά από τη στρίψη έπειτα από κλώση (post-spin twisting) [36]	47
Εικόνα 6: Stress-strain καμπύλες για δείγματα 1mm για δύο από τις πιο δυνατές ίνες Carbon Nanotube και ινών με μεγάλη αντοχή και χαμηλή αντοχή (peaks in the distribution). Η καμπύλη A είναι για το Kevlar 49 και συμπεριλαμβάνεται ως καμπύλη σύγκρισης (benchmark) [36]	47
Εικόνα 7: Σύγκριση αντοχής και ακαμψίας των πιο δυνατών δειγμάτων και ινών τυπικών υψηλής αντοχής και χαμηλής αντοχής (peaks) του 1mm gauge μήκους σε σύγκριση με τις ιδιότητες άλλων εμπορικών ινών με υψηλή επίδοση, δύο εργαστηριακές παρατηρήσεις υψηλών αντοχών εμπορικών συστημάτων περιλήφθηκαν [36]	48
Εικόνα 8: Δίκλωνο νήμα από ακρυλικό & επικασσιτερωμένο ακρυλικό	56
Εικόνα 9: Υφαντό ύφασμα με αγώγιμα νήματα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα	56
Εικόνα 10 : Όργανο μέτρησης ισχύος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	57
Εικόνα 11: Το όργανο μέτρησης ισχύος με το ύφασμα προς μέτρηση ...	58
Εικόνα 12 : Μέτρηση ισχύος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διπλό ύφασμα	59
Εικόνα 13 : Όργανα εργαστηριακών μετρήσεων	72
Εικόνα 14: Όργανο Atlas LCR LCR40 [58]	103
Εικόνα 15: Παραδείγματα πυκνωτών [16]	129

Πίνακας 1 : Ταξινόμηση κλωστοϋφαντουργικών υλικών [5].....	16
Πίνακας 2: Πού μπορούν να εφαρμοστούν τα CNT [35].....	45
Πίνακας 3: Πιθανοί μηχανισμοί αποσύνθεσης των συνθετικών κλωστοϋφαντουργικών υλικών κατά τη διάρκεια της χρήσης τους [35].	46
Πίνακας 4: Μετρήσεις τάσης νήματος 1 και νήματος 4.....	87
Πίνακας 5: Υλικό και ο παράγοντας E_r του υλικού [14],[16]	129
Πίνακας 6: Στοιχεία κυκλώματος με εναλλασσόμενο ρεύμα [16].....	141

Ίνα (Fiber) είναι η μικρότερη μονάδα ενός κλωστοϋφαντουργικού υλικού. «Το κλωστοϋφαντουργικό ίνσιπούτο τις ορίζει ως μονάδες ύλης που χαρακτηρίζονται από ευκαμψία, λεπτότητα και μεγάλη αναλογία μήκους προς πάχος. Για να είναι μία ίνα χρήσιμη για κλωστοϋφαντουργικούς σκοπούς θα πρέπει ακόμη να χαρακτηρίζεται και από σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες και κάποια ελάχιστη αντοχή και επεκτατικότητα.[1]». Οι ίνες ανάλογα με το μήκος τους χωρίζονται σε συνεχείς (filaments) και ασυνεχείς ίνες (staple). Συνεχείς είναι οι τεχνητές ίνες καθώς και το μετάξι. Ασυνεχείς είναι οι φυσικές ίνες, όπως το μαλλί και το βαμβάκι.

Κλωστοϋφαντουργικό Νήμα (Yarn) είναι μια δομή από ίνες μεγάλη σε μήκος, αλλά μικρή σε πάχος. Οι ίνες της δομής αυτής συγκρατούνται εξαιτίας των δυνάμεων τριβής και του στριψίματος.

Στα κλωστοϋφαντουργικά νήματα περιλαμβάνονται:

- Νήματα από ασυνεχείς ίνες, συνεχείς ίνες και μονόινα ή μονοϊνικά από μία συνεχή ίνα (monofilaments).
- Μονόκλινα, δίκλινα, πολύκλινα και πολυδίκλινα.
- Νήματα με μηδενική (χωρίς) στρίψη.
- Νήματα από χαρτί, μεταλλικά νήματα και νήματα από γυαλί (υπό την ευρεία έννοια).

Τα νήματα μπορεί να είναι ένα μόνο νήμα (κλώνος) ή και παραπάνω. Αναλόγως, τον αριθμό των κλώνων ονομάζονται μονόκλινα, δίκλινα, τρίκλινα, κ.ο.κ..

Το πάχος του νήματος καθορίζεται από την τελική χρήση του. Η διατομή των περισσότερων νημάτων δεν είναι κυκλική, αλλά και όσων είναι (νήμα από μαλλί ή τεχνητές ίνες) μπορεί να παραμορφωθεί κατά τη διάρκεια της μέτρησής τους. Για τους λόγους αυτούς, η μέτρηση του πάχους γίνεται με τη γραμμική πυκνότητα, δηλαδή τη μάζα ανά μονάδα μήκους. Για τη μέτρηση της γραμμικής πυκνότητας υπάρχουν δύο συστήματα. Το άμεσο και το έμμεσο. Στο άμεσο εκφράζεται η μάζα ανά μονάδα μήκους και μονάδα μέτρησης είναι

το Tex (μάζα σε γραμμάρια ανά 1000 μέτρα νήματος). Όσο πιο βαρύ είναι ένα νήμα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των Tex. Στο έμμεσο σύστημα εκφράζεται το μήκος ανά μονάδα μάζας. Μονάδα μέτρησης, συνήθως για το μαλλί, είναι το Νούμερο Μετρικό Nm (μήκος νήματος σε μέτρα, προς ένα γραμμάριο μάζας του ίδιου νήματος). Για το βαμβάκι συνήθως είναι το Αγγλικό Βαμβακερό Νούμερο Ne ή (ECC) (μήκος νήματος σε γιάρδες ανά μία λίμπρα μάζας του ίδιου νήματος). Στο έμμεσο σύστημα, το πιο χονδρό νήμα, έχει μικρότερο νούμερο.

Τρόποι μετατροπής από το ένα σύστημα στο άλλο:

$Ne=590, 5 Tex$

$Nm=1000/Tex$

Υφασμα είναι το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν που είναι αποτέλεσμα της διαπλοκής νημάτων μέσω πλέξης ή ύφανσης, είτε το προϊόν εκείνο που κατασκευάζεται με τη συγκόλληση ινοστρωμάτων μέσω μηχανικών ή χημικών μεθόδων. Χωρίζεται σε υφαντά, πλεκτά και μη υφάνσιμα.

Τα υφαντά παράγονται στην υφαντική μηχανή (αργαλειό) από τη διασταύρωση του στημονιού και υφαδιού.

Τα πλεκτά παράγονται στην πλεκτική μηχανή από τη διαδοχική ή και ταυτόχρονη κύμανση ενός ή περισσοτέρων νημάτων. Το νήμα μετατρέπεται σε θηλιά, η οποία συνδέεται ελαστικά με τις άλλες θηλιές βάσει μιας προκαθορισμένης σειράς.

Τα μη υφάνσιμα είναι εύκαμπτα πορώδη κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που παράγονται από ένα ή περισσότερα στρώματα ινών, που σταθεροποιούνται μεταξύ τους με συγκόλληση θερμική, μηχανική ή χημική είτε συνδυασμό αυτών.

Υφάσματα ένδυσης

- Εξωτερικής
- Εσώρουχα – Πιτζάμες

Λευκά είδη

- Σεντόνια
- Τραπεζομάντηλα
- Είδη καθαρισμού

Υφάσματα διακόσμησης

- Κουρτίνες
- Υφάσματα επιπλώσεων
- Χαλιά

Τεχνικά υφάσματα

- Φίλτρα
- Ιμάντες
- Μεταφορικές ταινίες
- Στολές πυροπροστασίας

Άλλες χρήσεις

- Ιατρικοί σκοποί
- Παιχνίδια
- Διάφορα αθλήματα

«Οι κλωστοϋφαντουργικές ίνες ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Αυτές που προέρχονται από τη φύση και αυτές που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο. Έτσι έχουμε της εξής ταξινόμηση:

1. Φυσικές ίνες
2. Τεχνητές ίνες

Οι τεχνητές ίνες διακρίνονται επίσης σε δύο υποκατηγορίες. Τις συνθετικές, στις οποίες το μακρομόριο της ίνας συντίθεται εργαστηριακώς και τις αναγεννημένες, το μακρομόριο των οποίων προϋπάρχει της κλωστοποίησης [5]».

Πίνακας 1 : Ταξινόμηση κλωστοϋφαντουργικών υλικών [5]

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΛΩΣΤΟΪΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ				
ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΝΕΣ		ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ		
ΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	ΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΕΣ ΙΝΕΣ	ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ	ΑΝΑΓΕΝΝΗΜΕΝΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ
ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΑΛΛΙ	ΒΙΣΚΟΖΗ	ΝΑΪΛΟΝ 6	ΤΡΙΟΞΕΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ
ΛΙΝΟ	ΜΟΧΕΡ	ΡΑΙΓΙΟΝ	ΝΑΪΛΟΝ 66	ΟΞΕΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ
ΡΑΜΜΙ	ΑΝΚΟΡΑ		ΝΑΪΛΟΝ 11	
ΓΙΟΥΤΑ	ΜΕΤΑΞΙ		ΝΑΪΛΟΝ 10	
			ΑΡΑΜΙΔΙΟ	
			ΑΚΡΥΛΙΚΟ	
			ΟΛΕΦΙΝΕΣ	
			ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΑΣ	
			ΜΟΝΤΑΚΡΥΛ.	

«Οι staple ίνες ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

- Αυτές που έχουν κοντό μήκος (short staple)
- Αυτές που έχουν μακρύ μήκος (long staple)

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ίνες που έχουν μήκος μέχρι 2 ίντσες (5cm), ενώ στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ίνες με μήκος μεγαλύτερο των 5cm. Για παράδειγμα το βαμβάκι είναι κοντή ίνα (short staple) με σύνηθες μήκος λίγο μεγαλύτερο της ίντσας (2,5cm) και σπάνια ξεπερνά τις 1,5 ίντσες (4cm). Οι ίνες που κόβονται σε μήκος μέχρι 60mm, λέγονται short staple fibres, ή ίνες τύπου βαμβακιού. Το μαλλί συνηθίζεται να λέγεται μακριά ίνα (long staple), αν και το μήκος του ποικίλει ευρέως και κυμαίνεται από 3-3,5cm ανάλογα την ποιότητα. Οι ίνες που κόβονται σε μήκος μεγαλύτερο των 60mm λέγονται long staple fibres ή ίνες τύπου μαλλιού [6].»

Η κλωστοϋφαντουργία είναι συνυφασμένη με την ένδυση και τη μόδα. Την ένδυση, γιατί ο άνθρωπος φοράει ρούχα, για να προστατευθεί από τις καιρικές συνθήκες και τη μόδα, γιατί μέσω αυτής εκφράζεται.

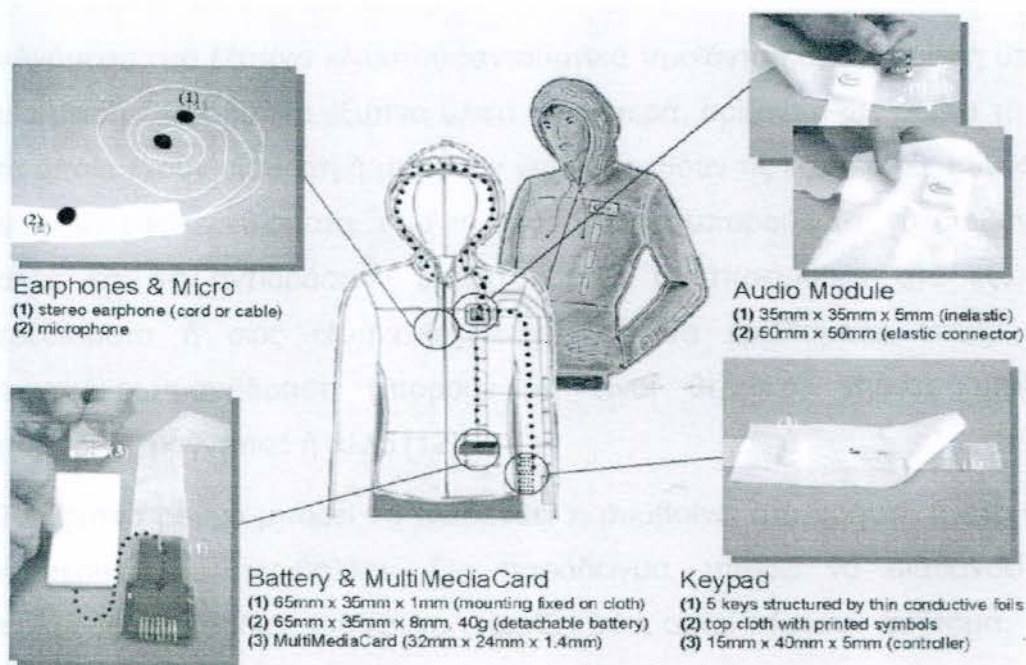
Η σημερινή εποχή ενσωμάτωσε στην ένδυση και ένα πιο πρακτικό σκοπό, την πολυλειτουργικότητα (multifunctionality) των ρούχων. «Πολυλειτουργικότητα είναι η ικανότητα ενός υλικού να εξυπηρετεί με ένα μόνο σύστημα, πολλούς σκοπούς ταυτόχρονα»[8].

«Για να κατανοήσει κανείς καλύτερα την έννοια της πολυλειτουργικότητας, αρκεί να σκεφτεί το παράδειγμα ενός τέτοιου υλικού που είναι γνωστό σε όλους μας, το δέρμα. Το δέρμα αποτελείται από πάρα πολλά επίπεδα κυττάρων, τα οποία περιέχουν αισθητήρες, αγγεία αίματος, αδένες, θυλάκια για τις τρίχες, καθώς και άλλα μέρη με διαφορετικές λειτουργίες. Η κύρια λειτουργία του δέρματος δεν είναι παρά η προστασία των εσωτερικών οργάνων και μυών [9]». Όμως το δέρμα μπορεί και αισθάνεται, αυτοθεραπεύεται, βοηθάει στην κίνηση του ανθρώπου, προσαρμόζεται στην αύξηση του ύψους ή του βάρους του χρήστη και εξυπηρετεί πολλές άλλες λειτουργίες.

Ο τομέας των πολυλειτουργικών αγαθών εγκαινίασε μία νέα εποχή. Υπάρχει πληθώρα προϊόντων που μπορούν να παραχθούν και να έχουν πολυλειτουργικό χαρακτήρα. Παλιότερα, οι άνθρωποι έβλεπαν τέτοιου είδους προϊόντα σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας, αντικείμενα που ήταν απλά σε χρήση, αλλά θαυματουργά για τον χρήστη, λόγω των πολλών δυνατοτήτων τους. Στη σημερινή εποχή, η επιστήμη έχει φτάσει σε τέτοιο επίπεδο σε όλους τους τομείς της, ώστε τα αντικείμενα επιστημονικής φαντασίας να έχουν γίνει πραγματικότητα. Η πολυλειτουργικότητα των αντικειμένων δεν είναι παρά αποτέλεσμα συνδυασμού επιστημονικών πεδίων.

Στην αρχή η χρήση των κλωστοϋφαντουργικών υλικών είχε περιοριστεί στη μεταφορά του εξοπλισμού. Έτσι, δημιουργήθηκαν ρούχα, όπως για παράδειγμα τα τζάκετς με ενσωματωμένες συσκευές (π.χ. Mp3-players και GPS). Οι συσκευές αυτές μπορούσαν να ενεργοποιηθούν από το χρήστη με

το πάτημα των ανάλογων κουμπιών. Οι συσκευές αυτές είχαν το μειονέκτημα ότι τροφοδοτούνταν μόνο με τη χρήση μπαταρίας. Επιπλέον η σύνδεσή τους με την μπαταρία γινόταν μόνο με τη χρήση καλωδίων. Γενικότερα, η μεταφορά ρεύματος ή η μεταφορά δεδομένων γινόταν με καλώδια. Όλη αυτή η λειτουργία είχε πολλά μειονεκτήματα. Πρώτα απ'όλα το βάρος της συσκευής, της μπαταρίας, των καλωδίων και όλων των εξαρτημάτων. Έπειτα η πολυπλοκότητά της καθώς και η δυσκολία που προκαλούσε στη χρήση του ρούχου.



Εικόνα 1: Τζάκετ με ενσωματωμένο εξάρτημα αναπαραγωγής ήχου [11]

Αργότερα, η πολυλειτουργικότητα πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις. Το κ/υ προϊόν με την αρωγή του συνδυασμού των επιστημών, ξέφυγε από την έννοια του μεταφορέα του εξοπλισμού. Έχουν ήδη αρχίσει να κατασκευάζονται ρούχα που είναι τα ίδια πληκτρολόγια, έχουν οθόνες, αναπαράγουν μουσική, κ.ά. .

Απλά καθημερινά ρούχα, όπως ένα τζάκετ ή μία μπλούζα, παρέχουν στο χρήστη τους κάτι ανώτερο και χρήσιμο γι' αυτόν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κύρους της επιστήμης της κλωστοϋφαντουργίας.

Εν κατακλείδι, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορούν να επιτύχουν μεγάλης έκτασης συνδυασμούς εύχρηστων αλλά και τεχνολογικών αγαθών, Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ανεπιφύλακτα πως μόνο η ανθρώπινη φαντασία θα μπορούσε να σταθεί τροχοπέδη για τη δημιουργία αυτών των αγαθών!

Η προοδευτική αυτή ιδέα της χρήσης του ρούχου ως συσκευή ή όργανο οδήγησε στη δημιουργία των έξυπνων ρούχων «smart textiles» ή «intelligent textiles». «Ο όρος αυτός είναι τεχνολογικός και περιλαμβάνει την επιθυμητή ευφυΐα και το χαρακτήρα αλληλεπίδρασης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [10]».

«Ανάμεσα στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και στα ευφυή υπάρχει μία μικρή διαφορά. Τα έξυπνα υλικά γενικότερα, ορίζονται ως εκείνα τα υλικά τα οποία έχουν αίσθηση ή μπορούν να αισθανθούν τις εξωτερικές συνθήκες ή τα εξωτερικά ερεθίσματα, ενώ τα ευφυή υλικά μπορούν και να αισθανθούν, αλλά και να αντιδράσουν ακόμη και να ανταποκριθούν στα εξωτερικά ερεθίσματα ή στις εξωτερικές συνθήκες. Τα ερεθίσματα όπως και η ανταπόκριση-αντίδραση μπορούν να είναι θερμικά, χημικά, μηχανικά, ηλεκτρικά, μαγνητικά ή άλλο [12]».

Το έξυπνο ρούχο μπορεί να αισθανθεί τι συμβαίνει στο χρήστη ή στο άμεσο εξωτερικό του περιβάλλον. Για παράδειγμα, μπορεί να αισθανθεί τους παλμούς της καρδιάς του και να γνωρίζει τότε αυτοί πέφτουν απότομα.

Το ευφύες ρούχο όχι μόνο θα αισθανθεί την απότομη πτώση των παλμών, αλλά θα ειδοποιήσει ότι έπεσαν οι παλμοί, είτε με κάποιο ήχο είτε αλλάζοντας το χρώμα του ρούχου ή με άλλο τρόπο.

Το ένα στέλνει μόνο τα δεδομένα, ενώ το άλλο τα επεξεργάζεται.

Ενδιαφέρον για τα έξυπνα ρούχα δεν έχουν δείξει μόνο οι ήδη υπάρχοντες επιστημονικοί τομείς, όπως ο υπολογιστικός, των ηλεκτρονικών, η αμυντική τεχνολογία, αλλά επιπλέον, δημιουργήθηκαν και νέοι τεχνολογικοί τομείς.

Ένας νέος τεχνολογικός τομέας είναι και τα υλικά αλλαγής φάσης «Phase Change Materials (PCMs)». Τα PCMs χρησιμοποιούνται στις τροπικές περιοχές με σκοπό να προστατεύσουν υψηλής αξίας εξοπλισμούς. Αυτό επιτυγχάνεται, γιατί δεν επιτρέπουν στην εσωτερική θερμοκρασία του χώρου να υπερβεί το επιτεπόμενο όριο. Η τεχνολογία των PCMs μελετάει αλλαγές φάσεων, όπως η αλλαγή χρωματισμού κλωστοϋφαντουργικών υλικών. Ο σκοπός είναι το υλικό να αντιλαμβάνεται με αισθητήρες τα χρώματα του περιβάλλοντος χώρου και ανάλογα να προσαρμόζει τα δικά του χρώματα.

«Τα PCMs έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν την κατάστασή τους σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο θερμοκρασιών. Τα υλικά αυτά απορροφούν ενέργεια κατά τη διάρκεια της θέρμανσής τους και εκπέμπουν ενέργεια κατά τη διαδικασία της ψύξης [13]».

Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν στα διαστημικά προγράμματα της NASA και για την ακρίβεια στις διαστημικές στολές των αστροναυτών. Με την εφαρμογή της τεχνολογίας των υλικών αλλαγής φάσης στις στολές μπόρεσαν τα ρούχα να προστατεύσουν τους αστροναύτες από τις ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο διάστημα.

Υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών υλικών, όπως τα θερμοχρωμικά υλικά, τα κλωστοϋφαντουργικά υλικά που εκπέμπουν φως, ή εκείνα που θυμούνται την αρχική τους μορφή «shape memory».

Μία υποκατηγορία των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών υλικών είναι και τα ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά «e-textiles». Αν και τα «e-textiles» αποτελούν υποκατηγορία έχουν τεράστιο ενδιαφέρον, γιατί εισάγουν ηλεκτρονικές και υπολογιστικές λειτουργίες σε κλωστοϋφαντουργικά υλικά και κυρίως στα ρούχα. Το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν, ως ηλεκτρονικό

κλωστοϋφαντουργικά προϊόν, δεν αποτελεί μονάχα το φορέα, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, αλλά το ίδιο το ρούχο είναι το τελικό προϊόν.

Τα «e-textiles» είναι ηλεκτρικώς αγώγιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Η χρήση τους είναι κυρίως σε εφαρμογές θέρμανσης ή για ηλεκτρομαγνητική προστασία, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βασικές μονάδες στα ολοκληρωμένα κλωστοϋφαντουργικά-ηλεκτρονικά προϊόντα «integrated textile-electronic products».

«Η **αγωγιμότητα** των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι τα ηλεκτρόνια που ξέφυγαν από την έλξη του πυρήνα και κινούνται άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις με ταχύτητες της τάξης των km/s.

Στους **μονωτές** η μεγάλη πλειοψηφία των ηλεκτρονίων είναι δέσμια στον πυρήνα τους»[14].

Οι μονωτές δεν επιτρέπουν τη μετακίνηση φορτίου στο υλικό τους, γιατί δεν παρέχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία χρειάζονται για τη μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι **αγωγοί** επιτρέπουν τη μετακίνηση φορτίου στο εσωτερικό τους. Τέτοιοι είναι τα μέταλλα, οι ηλεκτρολυτικοί αγωγοί, τα ιονισμένα αέρια και όλα τα έμβια όντα.

Οι **ημιαγωγοί** γενικότερα είναι μονωτές, οι οποίοι σε συγκεκριμένη θερμοκρασία συμπεριφέρονται ως αγωγοί. Τα άτομα των ημιαγωγών είναι διατεταγμένα σε κρυσταλλικές δομές. Κάθε άτομο είναι τετρασθενές. Τα τέσσερα αυτά ηλεκτρόνια τα μοιράζεται με τέσσερα γειτονικά του άτομα σχηματίζοντας έτσι ομοιοπολικούς δεσμούς εξαιτίας αυτής της δομής, τα ηλεκτρόνια των ημιαγωγών δεν αποδεσμεύονται εύκολα και γιαυτό η αγωγιμότητα είναι μικρή.

Παρόλα αυτά, η κατάλληλη θερμοκρασία δύναται να δώσει την ενέργεια που χρειάζεται ένας ομοιοπολικός δεσμός, για να σπάσει. Το ηλεκτρόνιο ελευθερώνεται, κινείται ελεύθερα και στη θέση του υπάρχει ένας κενός χώρος, μία οπή. Η οπή αυτή είναι έτοιμη να δεχθεί κάποιο άλλο ηλεκτρόνιο.

Αν εφαρμοστεί τάση σε έναν ημιαγωγό, παρατηρούνται από τη μία μεριά ελεύθερα ηλεκτρόνια να κινούνται προς το θετικό πόλο και οι οπές να κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σύγκριση με έναν αγωγό που παρατηρείται μόνο κίνηση ηλεκτρονίων.

Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών ενισχύεται, αν εμπλουτιστεί ο ημιαγωγός με με άλλα στοιχεία π.χ. πεντασθενή και τρισθενή. Η πρόσμιξη με πεντασθενή στοιχεία δημιουργεί ημιαγωγούς τύπου -n οι οποίοι χαρακτηρίζονται από πληθώρα ηλεκτρονίων. Η πρόσμιξη με τρισθενή στοιχεία δημιουργεί ημιαγωγούς τύπου -p οι οποίοι χαρακτηρίζονται από πληθώρα οπών.

Ημιαγωγοί είναι και τα συζυγή πολυμερή τα οποία συνδυάζουν τις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες ενός ημιαγωγού με τις μηχανικές ιδιότητες ενός πολυμερούς.

Βασική προϋπόθεση κατασκευής ηλεκτρικώς αγώγιμων ενδυμάτων είναι τα ηλεκτρικώς αγώγιμα νήματα (από τα οποία αποτελούνται) και κατά συνέπεια οι ηλεκτρικώς αγώγιμες ίνες, οι οποίες αποτελούν το θεμέλιο λίθο των αγώγιμων νημάτων. Ρούχα που έχουν κατασκευαστεί από ηλεκτρικώς αγώγιμα υλικά μπορούν και ζεσταίνουν το χρήστη προκαλώντας το φαινόμενο Joule. Άλλα πάλι αξιοποιούν το φαινόμενο προστασίας Faraday και προστατεύουν το χρήστη από ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Το φαινόμενο Joule

«Σε ένα μεταλλικό αγωγό η μείωση της κινητικής ενέργειας των ελεύθερων ηλεκτρονίων, λόγω των συγκρούσεων με τα θετικά ιόντα, έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του μεταλλικού αγωγού. Συνέπεια αυτού είναι να μεταφέρεται θερμότητα από τον αγωγό στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Joule. Το φαινόμενο αυτό βρίσκει εφαρμογή σε πολύ συνηθισμένες συσκευές παραγωγής θερμότητας, όπως οι ηλεκτρικές θερμάστρες, τα ηλεκτρικά σίδερα, η κουζίνας, οι βραστήρες, οι θερμοσίφωνες, και άλλες [14]».

Το φαινόμενο του Faraday

Ο Άγγλος Michael Faraday απέδειξε πως ένα χρονικώς μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να δημιουργήσει ηλεκτρικό πεδίο. Δηλαδή, η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει ο αγωγός, δημιουργεί διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού. Η διαφορά δυναμικού ονομάζεται και επαγωγική τάση. Το φαινόμενο της εμφάνισης ηλεκτρισμού εξαιτίας μαγνητικού πεδίου ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

Εάν τα άκρα του αγωγού είναι συνδεδεμένα με αγώγιμο υλικό, τότε δημιουργείται κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Σε αυτή την περίπτωση το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής εκφράζεται με την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης ΗΕΔ στο κλειστό κύκλωμα.

Σύμφωνα με το νόμο της επαγωγής ή νόμο του Faraday η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} από επαγωγή που δημιουργείται σε ένα πηνίο είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$ και ανάλογη με τον αριθμό N των σπειρών του πηνίου $\mathcal{E} = -(\Delta\Phi/\Delta t)N$, ($1\text{Wb/s}=1\text{V}$).

Αναλυτικότερα:

Η επαγωγική τάση είναι μεγαλύτερη, όταν στο πηνίο πλησιάσει με την ίδια ταχύτητα ένας ισχυρότερος μαγνήτης. Η μεγαλύτερη μαγνητική τάση του πηνίου οφείλεται στη μεγαλύτερη μαγνητική ροή, αφού όλα τα άλλα μεγέθη παραμένουν σταθερά.

Η επαγωγική τάση είναι μεγαλύτερη, όταν στο πηνίο πλησιάσει ο ίδιος μαγνήτης, αλλά με μεγαλύτερη ταχύτητα, επειδή ο χρόνος μεταβολής της ροής είναι μικρότερος.

Τέλος, η επαγωγική τάση γίνεται μεγαλύτερη, όταν στο πηνίο πλησιάσει ο μαγνήτης με την ίδια ταχύτητα, αλλά με αυξημένο τον αριθμό των σπειρών του πηνίου.

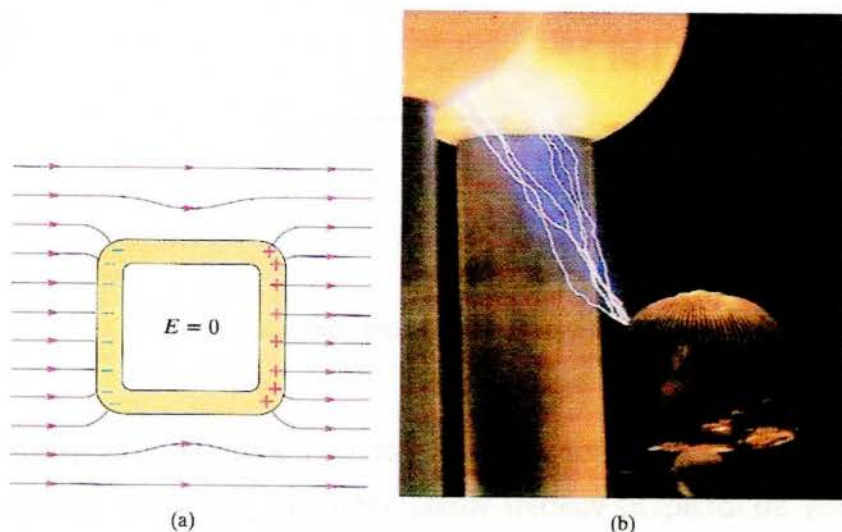
Ηλεκτροστατική θωράκιση- Κλωβός Faraday

Έστω ένα ηλεκτρονικό όργανο το οποίο περιβάλλεται με ένα φύλλο χαλκού για να προστατευτεί από τα ηλεκτρικά πεδία. Το ηλεκτρικό πεδίο που βρίσκεται εξωτερικά του οργάνου ανακατανέμει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στον αγωγό, αφήνοντας θετικό φορτίο ή αρνητικό φορτίο σε μερικές περιοχές της εξωτερικής επιφάνειας. Η αυτή κατανομή θα προκαλέσει ένα πρόσθετο ηλεκτρικό πεδίο τέτοιο, ώστε το ολικό ηλεκτρικό πεδίο σε κάθε σημείο στο εσωτερικό του αγωγίμου κιβωτίου να είναι μηδέν, σύμφωνα με το νόμο του Gauss. Η κατανομή του φορτίου πάνω στο κιβώτιο αλλάζει το σχήμα των δυναμικών γραμμών του πεδίου κοντά στο κιβώτιο, όπως φαίνεται στα σχήματα 6a & 6b.

Μια τέτοια διάταξη συχνά καλείται κλωβός Faraday.

Μεταξύ του ηλεκτρικού φορτίου E σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο έξω από έναν αγωγό και της επιφανειακής πυκνότητας σ σε εκείνο το σημείο υπάρχει άμεση σχέση.

Έστω ένας φορτισμένος αγωγός σε σχήμα μικρού κυλίνδρου. Η μία βάση του με εμβαδό A βρίσκεται στο εσωτερικό του και η άλλη μόλις έξω από τον αγωγό. Το φορτίο στο εσωτερικό του αγωγού ισούται με σA .



(a) Ένα αγωγίμο κιβώτιο (ηλεκτροστατική θωράκιση) μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Το πεδίο ωθεί τα ηλεκτρόνια προς τα αριστερά, αφήνοντας αρνητικά φορτία στην αριστερή πλευρά και θετικά φορτία στη δεξιά πλευρά. Το ολικό πεδίο σε κάθε σημείο στο εσωτερικό του κιβωτίου είναι μηδέν. Το σχήμα των εξωτερικών δυναμικών γραμμών του πεδίου κοντά στο κιβώτιο τροποποιούνται ελαφρά.
 (b) Η ηλεκτροστατική θωράκιση μπορεί να σας προστατεύσει από επικίνδυνες ηλεκτρικές εκκενώσεις.

Σχήμα1α: Διάταξη κλωβού Faraday Σχήμα 1b: Ηλεκτροστατική θωράκιση [16]

Το ηλεκτρικό πεδίο E είναι μηδέν σε όλα τα σημεία στο εσωτερικό του. Στο εξωτερικό του η κάθετη συνιστώσα του E στην παράπλευρη επιφάνειά του κυλινδρικού αγωγού ισούται με μηδέν. Η κάθετη συνιστώσα του E στην εξωτερική βάση του αγωγού ισούται με E . Οπότε από το νόμο του Gauss έχουμε:

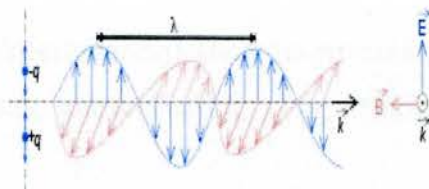
$$EA = \sigma A / \epsilon_0 \quad E = \sigma / \epsilon_0$$

Η σχέση αυτή ισχύει εκτός από κυλινδρικές επιφάνειες αγωγών και για σφαιρικές και για επίπεδες.

Επιπλέον, το συνιστάμενο ηλεκτρικό φορτίο E μεταξύ δύο (2) παράλληλων αγωγίμων πλακών με αντίθετα φορτία σε σημείο μεταξύ των πλακών είναι ίσο με σ / ϵ_0 , σε όλες τις αποστάσεις από τις πλάκες.

Όμως γενικότερα, το ηλεκτρικό πεδίο μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από την γκαουσιανή επιφάνεια.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι ένα άθροισμα ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.



Σχήμα 2: Εγκάρσιο Ηλεκτρομαγνητικό κύμα [18]

Τα ηλεκτρικά κύματα προκαλούνται από την τάση και τα μαγνητικά από τη ροή του ρεύματος. Η ένταση των ηλεκτρικών πεδίων μετριέται σε Volts ανά μέτρο (V/m) και η ένταση των μαγνητικών σε Ampere ανά μέτρο (A/m). Το ηλεκτρικό πεδίο υπάρχει ακόμα και όταν η συσκευή είναι εκτός λειτουργίας, ενώ το μαγνητικό υπάρχει μόνο όταν αυτή είναι σε λειτουργία. Η ένταση και των δύο μειώνεται καθώς μεγαλώνει η απόσταση από την πηγή. Τα περισσότερα δομικά υλικά μειώνουν ή και σταματούν τα ηλεκτρικά κύματα, αλλά όχι τα μαγνητικά.

Η προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ενδιαφέρει, διότι αυτή η ακτινοβολία παρεμβάλλεται στις ηλεκτρονικές συσκευές, στις μικρές απλές καθημερινές συσκευές αλλά και στις συσκευές που χρησιμοποιούνται στα ταξίδια και στις εξερευνήσεις στο διάστημα. Οι ηλεκτρονικοί εξοπλισμοί επηρεάζονται ακόμα πιο πολύ λόγω της συνεχούς προσπάθειας ύπαρξής τους σε μικρά μεγέθη - μινιατούρες, που είναι ακόμα πιο ευαίσθητες σε αυτήν.

Ακόμα και το ίδιο το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της γης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη λειτουργία τους. Όμως περισσότερο δημιουργείται πρόβλημα, διότι η ακτινοβολία εκπέμπεται από τις ίδιες τις συσκευές. Σήμερα, υπάρχει πληθώρα ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών, οι οποίες λειτουργώντας σε κοντινές μεταξύ τους αποστάσεις εκπέμπουν ακτινοβολία η μία στην άλλη.

«Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια είναι η μόνη μορφή ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά, για να μεταδώσει ευφυή σήματα (intelligent signals) σε μακρινές αποστάσεις κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες [22]».

Έτσι εξηγείται και η διάδοση των συσκευών που την χρησιμοποιούν αλλά και το γεγονός ότι η επιστήμη δεν ασχολείται με άλλους τρόπους για τη μετάδοση των σημάτων.

«EMI (ElectroMagnetic Interference) είναι το αποτέλεσμα της μη επιθυμητής ηλεκτρικής και μαγνητικής ακτινοβολίας ενός σώματος που είτε εκπέμπει ακτινοβολία είτε άγεται.

Πηγές EMI αποτελούν οι μαγνήτες, οι ηλεκτρομαγνήτες, εξαρτήματα με πηνίο (coil components) όπως οι μετασχηματιστές (transformers), σωληνοειδή (solenoids), και αντιδραστήρες (reactors), AC ή DC κινητήρες (motors), γεννήτριες (generators), ψηφιακές συσκευές και καλώδια μεταφοράς υψηλής τάσης AC ή DC σε συχνότητες που είναι ικανές να εκπέμπουν σε ραδιοσυχνότητες (power frequencies) [21]».

Την ανεπιθύμητη ενέργεια μπορούν να εκπέμψουν κυκλώματα Η/Υ, ραδιοφωνικοί πομποί, λάμπες φθορίου. Είναι εύλογο, λοιπόν, ότι η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων και η ευρεία χρήση τους να προκαλούν και ανεπιθύμητα σήματα ακτινοβολίας (radiated signals), τα οποία όμως μπορούν να προκαλέσουν μη αποδεκτή υποβάθμιση (degradation) της απόδοσης συστημάτων ή εξοπλισμών. Η υποβάθμιση αυτή μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στα συστήματα επικοινωνίας, αλλά ακόμη και στην ασφαλή λειτουργία πολλών ηλεκτρονικών συσκευών.

«Η πιο συνηθισμένη EMI συμβαίνει στην κλίμακα RF (Radio Frequency) στα $10^4 - 10^{12}$ Hz [22]»

Η πιο κοινή αιτία θορύβου είναι η Ηλεκτροστατική Εκκένωση (ElectroStatic Dissipation – ESD). Το φαινόμενο είναι εμφανές, όταν ακούγεται κάποιο «τσικ» στο ραδιόφωνο την ώρα που αυτό λειτουργεί ή, όταν διαταράσσει τη λήψη του σήματος στην οθόνη της τηλεόρασης, κάτι σαν φλας.

Ανάλογα με τη συχνότητα του Ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (Electromagnetic Field Radiation-EMF) διακρίνεται σε ιονίζουσα και σε μη-ιονίζουσα.

Μη ιονίζουσα ακτινοβολία ονομάζεται εκείνη η ακτινοβολία, η οποία δεν μπορεί να προκαλέσει ιονισμό, δηλαδή τη μετακίνηση ηλεκτρονίων από τους φλοιούς των ατόμων και των μορίων ή τη διέγερση των πυρήνων των στοιχείων.

«Τέτοιου είδους ακτινοβολία προέρχεται από:

1. Ένα μέρος του υπεριώδους φάσματος (ultraviolet-uv)
2. Το ορατό φως
3. Το υπέρυθρο φάσμα (infrared –IR)
4. Πηγές μικροκυμάτων (microwaves-mw)
5. Πηγές ραδιοφωνικών σημάτων (RF) πχ από τους πομπούς του ράδιο, της τηλεόρασης κλπ
6. Εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας πηγές ακτινοβολίας πχ γραμμές μεταφοράς (Extremely Low Frequency-ELF radiation)
7. Τα ισχυρά σταθερά ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία (strong DC fields)

Η ακτινοβολία αυτή παράγεται από διάφορα είδη πηγών που υπάρχουν στο σπίτι, στο χώρο εργασίας ή στο περιβάλλον, από lasers μέχρι γραμμές μεταφοράς, οικιακές συσκευές, κινητά, υπολογιστές, κεραίες κινητών, ραντάρ, ραντάρ αυτοκινήτων, ραντάρ εσωτερικού χώρου, ασύρματα δίκτυα κ.λ.π. [24]».

Το κυριότερο αποτέλεσμα της είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στους σωματικούς ιστούς. Η αιτία είναι ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία επιβάλλουν μία κίνηση στα φορτία, που είναι εντοπισμένα μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Η επιβράνδυσή τους μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία έχει τη δυνατότητα να αλλάζει την ταχύτητα των βιοχημικών αντιδράσεων, που συμβαίνουν μέσα στο σώμα και πιθανόν και την έκβασή τους.

Ιονίζουσα ακτινοβολία ονομάζεται εκείνη η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, που έχει αρκετή ενέργεια, για να μετακινήσει ηλεκτρόνια από τους φλοιούς των ατόμων και των μορίων και όχι μόνο, αλλά και να διεγείρει ακόμη και πυρήνες στοιχείων.

Σύμφωνα με τον Yangyong Wang κ.ά. [20], τέτοιου είδους ακτινοβολία προέρχεται από:

1. Ένα μέρος του υπεριώδους φάσματος (ultraviolet –uv)
2. Ακτίνες Χ (x-rays)
3. Ακτίνες γ (γ-rays)
4. Κοσμική ακτινοβολία

Οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος και η κινητή τηλεφωνία αφορούν στη μη ιονίζουσα ακτινοβολία.

Προστασία από την Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο συναντά ένα αντικείμενο, η δύναμή του μειώνεται. Αυτό συμβαίνει, γιατί το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αναγκάζει τα φορτία του αντικειμένου να ταλαντώνονται στην ίδια συχνότητα με το κύμα. Το αποτέλεσμα της ταλάντωσης είναι να αρχίσει αυτό να λειτουργεί ως κεραία, η οποία ανακλά το σήμα προς μία ή περισσότερες διευθύνσεις. Επιπλέον, επειδή το σήμα δεν ανακλάται όλο προς την πηγή, αλλά διασκορπίζεται, και επειδή το φορτίο συνεχίζει να ταλαντώνεται, η ενέργεια χάνεται σε μορφή θερμότητας.

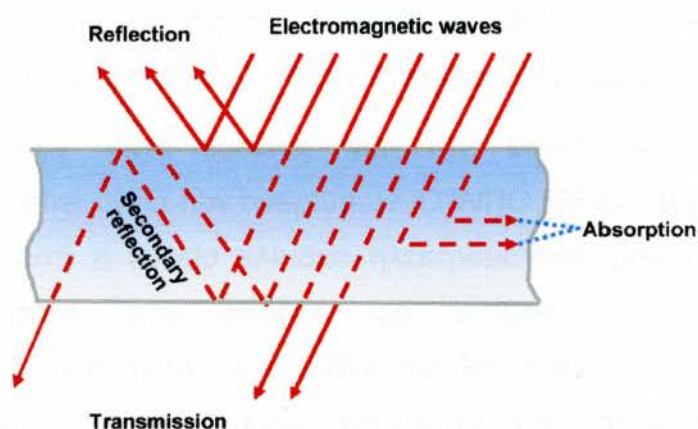


Figure 2 Representation of shielding phenomena for EM waves passing through a homogeneous barrier.

Σχήμα 3: Αναπαράσταση μηχανισμών προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [22]

Η πρώτη περίπτωση ονομάζεται εξασθένηση λόγω ανάκλασης και η δεύτερη εξασθένηση λόγω απορρόφησης. Και οι δύο αυτές περιπτώσεις αποτελούν τους δύο κύριους μηχανισμούς προστασίας από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Υπάρχει και ένας τρίτος μηχανισμός, ο μηχανισμός της πολλαπλής ανάκλασης, ο οποίος χαρακτηρίζει τις εσωτερικές ανακλάσεις εντός του προστατευτικού υλικού.

Για να επιτευχθεί η προστασία, πρέπει το υλικό, που είναι ανάμεσα στην πηγή και στο αντικείμενο που χρήζει προστασίας, να είναι αγώγιμο, ώστε να εμποδίζεται η δίοδος του ηλεκτρικού πεδίου μέσα από αυτά. Πρέπει επίσης το υλικό να είναι διαπερατό, ώστε να εμποδίζεται η δίοδος του μαγνητικού πεδίου αντίστοιχα.

Ειδικότερα, το προστατευτικό υλικό που θα λειτουργήσει με το μηχανισμό της ανάκλασης πρέπει να έχει κινητούς φορείς φορτίου -ηλεκτρόνια ή σπές- (mobile charge carriers -electrons or holes) με σκοπό να αλληλεπιδρά (interact) με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

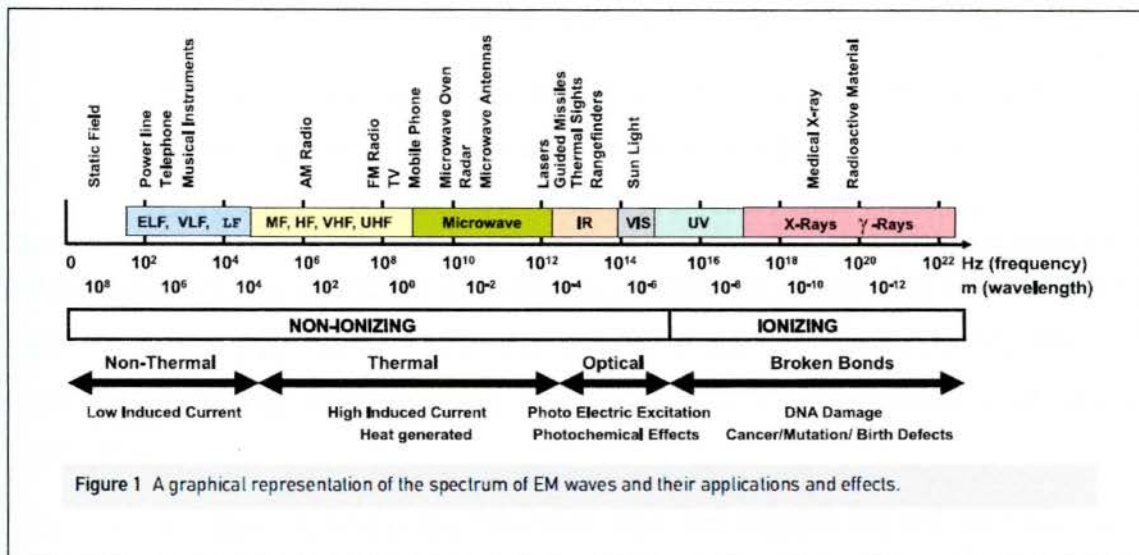
Στην περίπτωση της απορρόφησης η προστασία αυξάνει, όταν το προστατευτικό υλικό έχει ηλεκτρικά ή μαγνητικά δίπολα, τα οποία αλληλεπιδρούν με τα η/μ κύματα.

Γενικότερα, η προστασία εξαρτάται από τη συχνότητα, τη γεωμετρία, τη θέση του υλικού, τον τύπο του πεδίου που εξασθενεί, τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες του υλικού, την κατανομή και ισχύ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, τις διευθύνσεις της πρόσπτωσης (incidence) και την πόλωση (Polarization).

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει έρευνες για την επίπτωση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία των ανθρώπων. Ο WHO (World Health Organization) θεωρεί ότι αυτή η ευρεία κλίμακα ηλεκτρομαγνητισμού έχει βιολογική επίδραση. Παρόλο, που υπάρχει μία αντίφαση για την επικινδυνότητα των η/μ πεδίων στην υγεία, οι άνθρωποι θα έπρεπε να ήταν καταλλήλως προστατευμένοι από τον συνεχώς αναπτυσσόμενο αριθμό η/μ πεδίων στο οποίο εκτίθενται καθημερινώς.

Υπάρχει επίσης, ενδιαφέρον για το πώς η EMI επηρεάζει μακροπρόθεσμα καθώς και το πώς επηρεάζει τη λειτουργία βιολογικών συσκευών, όπως βηματοδότες.

Τα αρνητικά αποτελέσματα στην υγεία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4: Γραφική αναπαράσταση του φάσματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, των εφαρμογών τους και των επιδράσεών τους [22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο - ΑΓΩΓΙΜΑ ΚΛΩΣΤΟΪΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ- CONDUCTIVE TEXTILES

3.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ, ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΗΤΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΑΓΩΓΙΜΑ ΝΗΜΑΤΑ

Η προοδευτική αυτή ιδέα της χρήσης του ρούχου ως συσκευή ή όργανο δε θα μπορούσε να γίνει πραγματικότητα, αν δεν είχαν δημιουργηθεί νήματα, τα οποία εξαιτίας της αγωγιμότητάς τους, είναι ικανά να μεταφέρουν ρεύμα ή δεδομένα.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της προόδου των επιστημών και της εξέλιξης της τεχνολογίας εκδηλώθηκε έντονο ενδιαφέρον για τη δημιουργία νέων ινών. Αυτό συνέβη γιατί τα υπάρχοντα νήματα δεν μπορούσαν να καλύψουν τις νέες ανάγκες που είχαν δημιουργηθεί, όπως για παράδειγμα την ανάγκη δημιουργίας αγωγίμων υφασμάτων, διότι τα φυσικά νήματα (βαμβάκι, μαλλί, μετάξι, κ.λ.π.), αλλά και όσα είχαν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο μέχρι τότε (polyester, nylon, κ.ά.) ήταν μονωτές.

Τα ηλεκτρικώς αγωγή νήματα κατασκευάζονται από ηλεκτρικώς αγωγή ίνες, οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν τις ηλεκτρονικές λειτουργίες της μεταφοράς ισχύος και σημάτων από και προς ενεργές μονάδες, όπως αισθητήρες, πομπούς, δέκτες, κ.λ.π. Έτσι, αντί να χρησιμοποιούνται καλώδια, οι λειτουργίες γίνονται από τα ίδια τα νήματα.

Το πρώτο υλικό που συνέβαλε προς αυτή την κατεύθυνση ήταν τα μέταλλα. Είναι ηλεκτρικώς αγωγή και προσφέρουν εξαιρετική προστασία EMSE.

Αρχικά, πλέχτηκαν μεταλλικά σύρματα στο ύφασμα και αυτό απέκτησε ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η αγωγιμότητα ήταν συναρτήσει της διαμέτρου και της πυκνότητας των καλωδίων. Όμως, η αγωγιμότητα μπορούσε εύκολα να χαθεί, αν χανόταν η συνέχεια των συρμάτων π.χ. με την κοπή του υφάσματος για πατρόν.

Τα μέταλλα εμφανίστηκαν σε πολυμερή ή ως επικάλυψη πολυμερών με διάφορες μορφές: σκόνης, ινών, φύλλων, βρόχων, μετατρέποντάς τα σε αγωγή. Το κυριότερο, όμως πρόβλημα, αυτό της τεράστιας αύξησης του βάρους, δεν λύθηκε, όπως ούτε εκείνο της διάβρωσης.

Μία άλλη εναλλακτική μέθοδος της μετατροπής ενός υφάσματος σε αγωγό είναι αυτή της διαβροχής του με αντιστατικά αντιδραστήρια (Impregnation of fabrics using antistatic agents), συνήθως ρητίνη άνθρακα (Carbon filled Resins). Το μειονέκτημα αυτής της λύσης είναι το ότι η αγωγιμότητα δεν είναι σταθερή, γιατί οι ηλεκτρικές ιδιότητές του δεν είναι σταθερές.

Ένας άλλος τρόπος είναι αυτός της επικάλυψης των υφασμάτων και των μη υφάνσιμων με τη χρήση αγωγίμων ουσιών (Coating Fabrics and non-wovens using Conductive Substances). Το θετικό είναι ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να ρυθμιστεί ακριβώς. Ακόμη, η παραγωγή των αγωγίμων ουσιών δεν είναι πολύπλοκη, αλλά και η διαδικασία απαιτεί μόνο ένα επιπλέον στάδιο επεξεργασίας. Η αγωγή ουσία που χρησιμοποιείται συνήθως είναι η πολυπυρρόλη. Τα αρνητικά της επικάλυψης είναι ότι επηρεάζει τη δομή του υφάσματος. Τα νήματα και οι ίνες «κολλάνε» μεταξύ τους και τυχόν παραμορφώσεις κατά τη διάρκεια χρήσης του υφάσματος επηρεάζουν τη γεωμετρία της αρχικής δομής. Επίσης, η ηλεκτρική αγωγιμότητα ίσως να μειωθεί, λόγω διακοπής του μονοπατιού του ηλεκτρικού ρεύματος που θα οφείλεται στις κινήσεις των έσω-ινών και των έσω-νημάτων, τα οποία διέκοψαν τη συνέχεια του υλικού επικάλυψης. Τέλος, πάντα υπάρχει η πιθανότητα τροποποίησης του χρώματος του κλωστοϋφαντουργικού υλικού από την επικάλυψη.

Όλοι αυτοί ήταν τρόποι μετατροπής ενός μονωτικού υφάσματος σε αγωγίμο ύφασμα. Υπάρχει, όμως και άλλη εναλλακτική αυτή της δημιουργίας ενός υφάσματος από υλικά που είναι αγωγίμα, είτε εγγενώς, είτε με μετατροπή τους.

Η πιο γνωστή μέθοδος είναι αυτή της χρήσης πολυμερών με αγωγίμα πληρωτικά υλικά. Τα πληρωτικά υλικά μπορεί να έχουν τη μορφή ίνας, σκόνης, σωματιδίων, συνεχών ινών, tubes, κ.ά.. Αυτά ενσωματώνονται στο πολυμερές δίνοντάς του αγωγίμες ιδιότητες ή και ενισχύοντάς τες με το να επιτρέπουν τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσου των πολυμερικών ινών.

Η ενσωμάτωση αγωγίμων πληρωτικών υλικών έχει σκοπό την υψηλή αγωγιμότητα, αλλά με χαμηλή περιεκτικότητα σε αγωγίμα υλικά (low percolation threshold concentration) (PTC). Δυστυχώς, προκειμένου να

επιτύχει η αύξηση της αγωγιμότητας, αυξάνεται η ποσότητα του αγωγίμου πληρωτικού υλικού, το οποίο κατά συνέπεια επηρεάζει αρνητικά τις μηχανικές ιδιότητες των ινών και των νημάτων.

Τα αγωγήμα πληρωτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες μορφές είναι:

1. Αλουμίνιο
2. Γυαλί (με ή χωρίς επιμετάλλωση)
3. Βόριο (Boron)
4. Καρβίδιο του Πυριτίου (Silicon carbide)
5. Carbon
6. CNTs
7. Χαλκός
8. Νικέλιο
9. Carbon Black
10. Graphite, κ.ά.

Ως πληρωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σκόνες carbon ή μετάλλων, όπως άργυρος, χρυσός, πλατίνα, αλλά το υψηλό τους κόστος είναι απαγορευτικό. Επίσης, η χρήση της σκόνης μετάλλων ως πληρωτικό υλικό δημιουργεί σκουρόχρωμες ίνες, το οποίο περιορίζει τη χρήση του σε πιο τεχνικές αντιστατικές εφαρμογές.

Μία άλλη μέθοδος είναι ο Ψεκασμός Μετάλλου εν κενώ (Vacuum Spread Metal). Εφαρμόζεται, όταν χρειάζεται να δημιουργηθεί μία λεπτή στρώση από μέταλλο π.χ. σωματίδια αλουμινίου, πάνω στην ίνα. Επειδή, η στρώση που δημιουργείται, όπως προαναφέρθηκε, είναι λεπτή, είναι και η αγωγιμότητα χαμηλή. Αν οι ίνες είναι ήδη ηλεκτρικώς αγωγίμες μπορούν να υποβληθούν στη διαδικασία της επικάλυψης με γαλβανικές ουσίες (Galvanic Coating), η οποία τους δημιουργεί μία επικάλυψη σαν φιλμ. Η διαδικασία αυτή περιορίζεται κυρίως στις ίνες από άνθρακα και γραφίτη.

Ακόμη μία μέθοδος είναι η Χημική Επικάλυψη ινών (Chemical Coating), η οποία προσδίδει στις ίνες καλά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής οι ίνες εμβαπτίζονται σε λουτρό που περιέχει μεταλλικά άλατα τα οποία απορροφούν. Έπειτα, μέσω αναγωγής το αγώγιμο μέταλλο παραμένει πάνω στις ίνες. Για επιπλέον αύξηση της αγωγιμότητας μπορούν οι αγώγιμες πια αυτές ίνες να υποβληθούν στη διαδικασία της Γαλβανικής Επικάλυψης (Galvanic Coating). Η διαδικασία της χημικής επικάλυψης επιτρέπει στις ίνες να διατηρούν τις περισσότερες από τις αρχικές τους μηχανικές ιδιότητες, ώστε να μπορούν να τις επεξεργαστούν όπως τις κοινές κ/υ ίνες, χωρίς αλλαγές στην κλωστική διαδικασία. Το μειονέκτημα είναι ότι είναι μία διαδικασία πολλών σταδίων και συνεπώς υψηλού κόστους. Ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει το κόστος είναι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, γιατί μετά από κάθε στάδιο οι ίνες ξεπλένονται διεξοδικά.

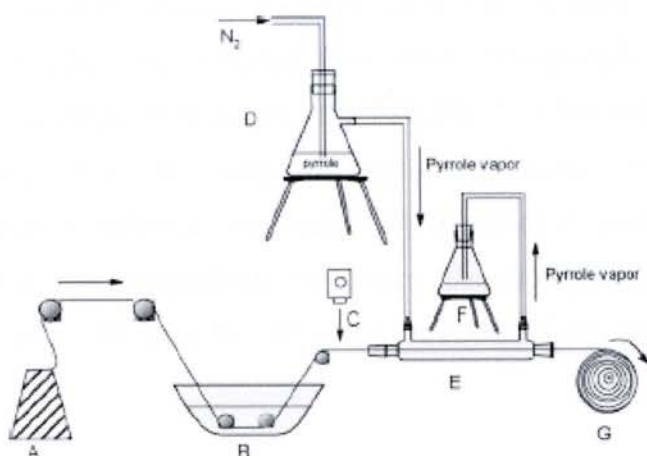


Fig. 1. A schematic diagram of continuous vapour-phase polymerization method. (A) Yarn bobbin; (B) a flask with FeCl_3 solution; (C) heat gun; (D) a filtering flask with pyrrole solution; (E) reaction chamber; (F) an Erlenmeyer flask with normal water; (G) winding bobbin.

Εικόνα 2: Μία μέθοδος chemical coating, η vapour- phase polymerization [34]

Τέλος, αντί για την προηγούμενη μέθοδο μπορεί να εφαρμοστεί η επιμετάλλωση των ακρυλικών ινών αμέσως μετά το στάδιο της κλωστοποίησης. Οι ίνες εξερχόμενες από το ακροφύσιο κλώσεως είναι ακόμα σε υγρές συνθήκες και διατηρούν τα χαρακτηριστικά του ζελέ. Η ανοικτή δομή τους είναι κατάλληλη για την απορρόφηση των ουσιών. Έτσι, εισάγονται σε λουτρό που περιέχει αναγωγικά βοηθητικά και αλάτι μετάλλου, συνήθως Νικελίου (Ni), το οποίο και το απορροφάει. Η επιμετάλλωση γίνεται σε ένα μόνο στάδιο. Έπειτα οι ίνες πλένονται και τραβιούνται (drafted).

Το μειονέκτημα, όπως σε κάθε διαδικασία που εμπλέκονται μέταλλα, είναι η διάβρωση και η οξειδωση. Αν υπάρχει υγρασία, η ηλεκτροαγωγιμότητα των ινών μπορεί να χαθεί. Η Γαλβανική Επεξεργασία (Galvanic Treatment) δίνει τη λύση σε αυτό το πρόβλημα. Οι ηλεκτρικώς αγώγιμες ίνες βυθίζονται σε λουτρό για δέκα (10) λεπτά, οπότε το μεταλλικό περιεχόμενο των ινών αυξάνεται κατά 15%(w/w) και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση μειώνεται.

Εκτός από τη δημιουργία αγώγιμων ινών μετά την παραγωγή τους, πολλοί ερευνητές έχουν στρέψει την έρευνά τους στην παραγωγή αγώγιμων ινών από τα εγγενώς αγώγιμα πολυμερή (Intrinsically Conductive Polymers). Το πλεονέκτημά τους είναι ότι από τις αγώγιμες αυτές ίνες παράγονται ηλεκτρικώς αγώγιμα νήματα με τη συμβατική τεχνολογία, χωρίς επιπρόσθετο εξοπλισμό. Επίσης, αν αναμιχθούν με άλλες κλωστοϋφαντουργικές ίνες, το αποτέλεσμα θα είναι μία νέα ίνα που θα συνδυάζει τις ιδιότητες των δύο αρχικών.

«Τα ICPs ορίζονται ως τα οργανικά εκείνα πολυμερή που κατέχουν ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές, μαγνητικές και οπτικές ιδιότητες των μετάλλων, ενώ διατηρούν τις μηχανικές ιδιότητες, την ικανότητα επεξεργασίας που συνήθως σχετίζεται με το συμβατικό πολυμερές και είναι γνωστά και ως συνθετικά μέταλλα (synthetic metals) [20]».

Τα πιο γνωστά δίνονται στις εικόνες που ακολουθούν:

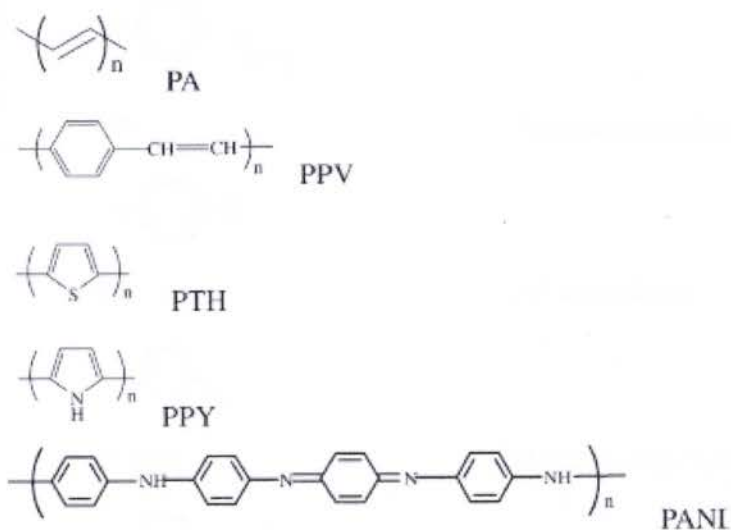


Figure 1. Molecular structure of several common ICPs.

Copyright © 2005 John Wiley & Sons, Ltd.

Εικόνα 3: Μοριακή Δομή αρκετών συνηθισμένων ICPs [20]

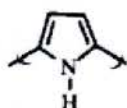
INTRINSICALLY ELECTRICALLY CONDUCTING POLYMERS

PA



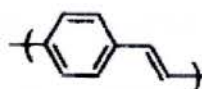
Poly(acetylene)

PPy



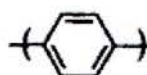
Poly(pyrrole)

PPV



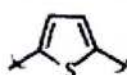
Poly(para-phenylene vinylene)

PPP



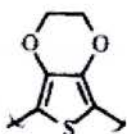
Poly(para-phenylene)

PT



Poly(thiophene)

PEDOT



Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)

Fig. 1. Structures of conjugated polymers in their respective neutral forms.

Εικόνα 4: Μοριακές Δομές Πολυμερών σε ουδέτερη μορφή [33]

«Σύμφωνα με τους Murat Ates κ.ά. [32] διερευνούνται από τα τέλη του 1970.» Είναι πρακτικά, εξαιτίας των ειδικών ιδιοτήτων τους, όπως ο καθορισμός των ηλεκτρονικών ιδιοτήτων της μοριακής τους δομής, ανάλογα με την τελική χρήση, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και οι νανοδομές τους και η χαμηλή σε κόστος υψηλής απόδοσης παραγωγή χωρίς πολλά απόβλητα (high yield synthesis). Γενικά, τα αγώγιμα πολυμερή είναι άτηκτα (infusible) και αδιάλυτα στους κοινούς διαλύτες. Μπορούν και δίνουν στο τελικό προϊόν χαρακτηριστικά του αρχικού.

Τα ICPs μπορούν και αντικαθιστούν τα μέταλλα σε ποικίλες εφαρμογές. Το αρνητικό τους είναι ότι εξαιτίας των δακτυλίων βενζολίου (benzene) έχουν άκαμπτα χαρακτηριστικά, κυρίως η πολυανιλίνη και η πολυπυρρόλη.

Η χρήση τους είναι ευρεία. Χρησιμοποιούνται σε υλικά που αποθηκεύουν ενέργεια, σε οπτικοηλεκτρονικές (opto-electronic) συσκευές, σε οθόνες, στον έλεγχο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και για εκκένωση (dissipation) του ηλεκτροστατικού φορτίου.

«Νέες αγώγιμες πολυμερικές δομές αναφέρονται κάθε μήνα. Τα αγώγιμα πολυμερή είναι ή κατασκευασμένα απευθείας με πολυμερισμό μέσω οξειδωσης (electro- ή oxidative polymerization) ή πολυμερίζονται (polymerized) και μετά οξειδώνονται (oxidized) χημικά ή ηλεκτροχημικά [33].»

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάποιων από αυτών παρατίθενται παρακάτω.

Carbon NanoTubes (CNTs)

Πλεονεκτήματα:

1. Μονοδιάστατη νανοκατασκευή
2. Καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα σε μικρή συγκέντρωση αγωγίμου πληρωτικού υλικού
3. Άριστη μηχανική αντοχή
4. Άριστη αναλογία διαστάσεων το οποίο συνεπάγεται αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων του καλουπιού (matrix), αν τα CNTs διασπαρθούν ομοιογενώς
5. Τα πολυμερή που είναι παράγωγα των CNT (CNTbased) έχουν άριστη προστασία σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα, ειδικά στις υψηλές συχνότητες.
6. Άριστες μηχανικές ιδιότητες
7. Ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα
8. Χημική και θερμική σταθερότητα
9. Εξαιρετικό μέτρο ελαστικότητας (elastic modulus)
10. Άριστους ενδομοριακούς (High intermolecular) Van der Waals δεσμούς, γι' αυτό μπορούν και ελέγχουν τη διασπορά τους (dispersion) μέσα στο πολυμερές
11. Μοναδική δομή ατόμων
12. Μοναδικές ηλεκτρικές, μηχανικές, ηλεκτρομαγνητικές και χημικές ιδιότητες
13. Ίδανικά για ενίσχυση των πολυμερών (reinforcement composites) & για βελτίωση ηλεκτρικών, μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των υλικών αυτών
14. Ελαστικότητα
15. Ανθεκτικότητα (Toughness)
16. Διάρκεια ζωής (durability)

17. Επιπλέον, μπορούν να βελτιώσουν τα ήδη υπάρχοντα υλικά με το να τα κάνουν πιο ελαφριά σε βάρος ή πιο ανθεκτικά στη χρήση (wear-resistance).

Μειονεκτήματα:

1. Για να διατηρήσουν την υψηλή σχέση διαστάσεων (aspect ratio) πρέπει να είναι μακριά σε μήκος και να έχουν μικρή διάμετρο. Όμως οι μακρύτεροι σωλήνες (tubes) είναι δύσκολο να διασπαρθούν (disperse) και αν η διάμετρος γίνει μικρότερη -παρόλο που θα δώσει μεγαλύτερη επιφάνεια (surface area)- το ανώτατο CNT επίπεδο μηχανικής φόρτισης (loading level) θα θποβαθμιστεί (will be compromised)
2. Η χρήση τους και η επεξεργασία τους βρίσκει εμπόδιο την αδιαλυτότητά τους από τους κοινούς διαλύτες και την τάση τους να αναμιγνύεται και να ενώνεται με άλλα υλικά (aggregate)
3. Ακριβό κόστος
4. Χαμηλή αποσύνθεση (low degradability)

Τα Carbon NanoTubes (CNTs) είναι νέα νανοϋλικά και πολλά υποσχόμενα. Οι ιδιότητές τους είναι εξαιρετικές και προσελκύουν πολλές τεχνολογικές εφαρμογές. Η ευρεία τους χρήση έχει ανησυχήσει την επιστημονική κοινότητα σχετικά με τα απόβλητά τους και τις συνέπειες τους στους ανθρώπους που εκτίθενται σε αυτά λόγω της χαμηλής τους αποσύνθεσης, όμως δεν υπάρχουν πολλές μελέτες σε αυτόν τον τομέα.

Η εμφάνισή τους μοιάζει με σωλήνα. Είναι πολύ μικροί κύλινδροι με κενό στη μέση και η διάμετρός τους κυμαίνεται από 0,4nm έως 25nm.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες:

1. Τα Single Wall Carbon NanoTubes (SW-CNTs) και
2. Τα Multi-Wall Carbon NanoTubes (MW-CNTs)

SW-CNT: περιγράφονται ως ένα φύλλο από άνθρακα που έχει τυλιχθεί σε σχήμα σωλήνα. Το μήκος τους συνήθως κυμαίνεται από δεκάδες έως εκατοντάδες μικρόμετρα.

MW-CNT: αποτελείται από δύο ή περισσότερα SWCNTs με διαφορετική διάμετρο. Έχει διάμετρο αρκετές εκατοντάδες νανόμετρα.

Τα CNTs μπορούν να συνδυαστούν με τα εξής πολυμερή, ώστε να παραχθούν συνθετικά υλικά:

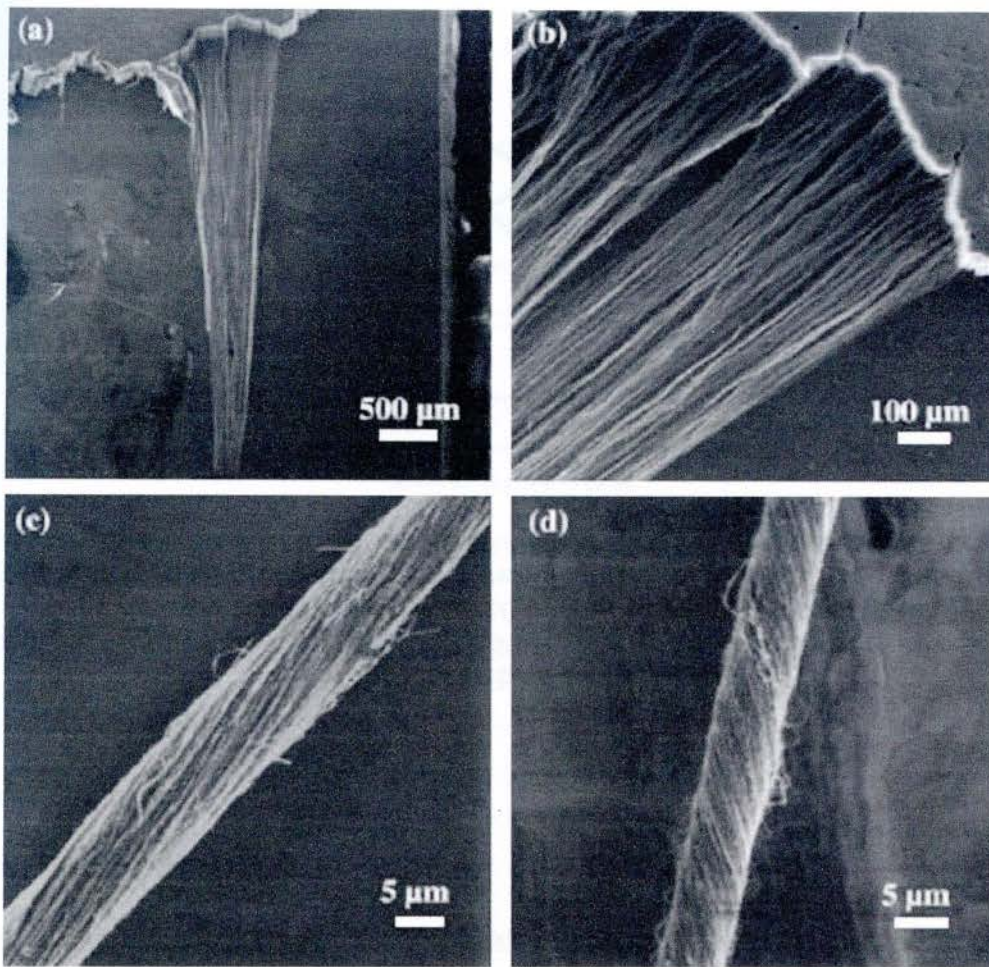
1. Πολυακρυλονιτρίλιο – PAN (Polyacrinitrile)
2. Πολυπροπυλένιο – PP (Polypropylene)
3. Πολυαιθυλένιο και πολυστυρένιο – PE & PS (Polyethylene & Polystyrene)
4. Πολυεστέρας – PES (Polyester)
5. Πολυουρεθάνη – PU (Polyurethane)
6. Πολυαμίδιο 6 & 12 – PA6 & 12 (Polyamide 6 & 12)

Πίνακας 2: Πού μπορούν να εφαρμοστούν τα CNT [35]

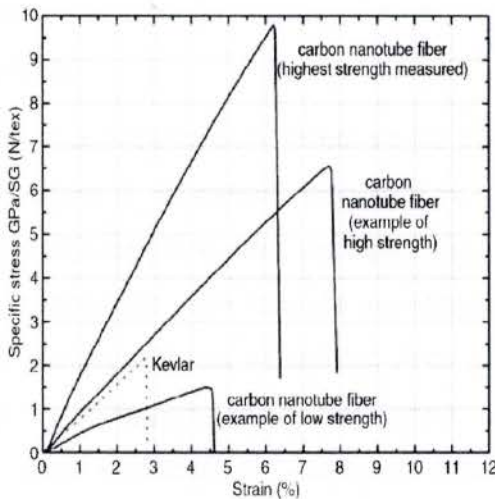
Ιδιότητες CNT	Σκοπός εφαρμογής	Πιθανή κλωστοϋφαντουργική εφαρμογή
Υψηλή αντοχή τάσης (high tensile strength)	Ενίσχυση και αύξηση της αντοχής του ρούχου (reinforcement and increased wear-resistance)	Αθλητική ενδυμασία Ρούχα εργασίας Αλεξίσφαιρα γιλέκα Σχοινιά Γεωυφάσματα
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity)	Αντιστατική επίδραση (antistatic effect) Προστασία από τα Ηλεκτρομαγνητικά πεδία Ικανότητες αίσθησης (sensing capabilities)	Διάφορα ενδύματα Χαλιά Ρούχα για την προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία Φορετά ηλεκτρονικά κυκλώματα Αισθητήρες
Ηλεκτρική/θερμική αγωγιμότητα (electrical/thermal conductivity)	Στοιχεία θερμότητας στα κ/υ υλικά (heating elements in textiles)	Ρούχα για εξωτερικές δραστηριότητες Βιομηχανικές εφαρμογές
Θερμική αγωγιμότητα	Εκτόνωση θέρμανσης (dissipation of heat) Επιβράδυνση της φλόγας (Flame-retardancy)	Αθλητικά εσώρουχα Ρούχα για εξωτερικές δραστηριότητες Διάφορα είδη ενδυμασίας Χαλιά, Έπιπλα
Διάφορες ιδιότητες	«Ευφυή» κ/υ υλικά (intelligent textiles) Ενεργοποιητές (Actuators)	Φορετά ηλεκτρονικά κυκλώματα Δομικά υλικά Αεροναυτικές εφαρμογές

Πίνακας 3: Πιθανοί μηχανισμοί αποσύνθεσης των συνθετικών κλωστοϋφαντουργικών υλικών κατά τη διάρκεια της χρήσης τους [35]

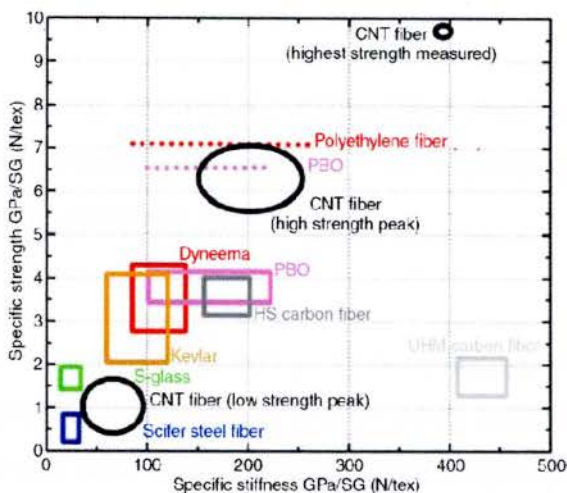
Μηχανισμός αποσύνθεσης	Αποτέλεσμα στις ίνες
Μηχανική φθορά (Mechanical abrasion)	Το πλύσιμο προκαλεί τάσεις στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και προκαλεί σπάσιμο στις ίνες. Κατά τη διάρκεια της ζωής τους τα ενδύματα χάνουν γύρω στο 10% του βάρους τους. Τα ενδύματα που έχουν ενισχυθεί με CNT έχουν πιθανώς λιγότερο την προδιάθεση να τριφτούν και να σχιστούν.
Θερμική αποσύνθεση (Thermal degradation)	Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορεί να εκτεθούν στη θερμότητα (π.χ. σίδερο, φωτιά). Παρόλο που το CNT αυξάνει τη θερμική σταθερότητα των πολυμερών, τα συνθετικά προϊόντα αποσυντίθενται σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 200° C. Στην καύση αφήνει στάχτη που περιέχει “αφράτο” – απαλό-μαλακό CNT.
Φωτοοξειδωτική φθορά (Photooxidative degradation)	Η ακτινοβολία UV μπορεί να προκαλέσει σπάσιμο στους δεσμούς των πολυμερικών μακρομορίων στην επιφάνεια των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η σταθερότητα της UV διαφέρει μεταξύ των ποικίλων πολυμερών που χρησιμοποιούνται στα συνθετικά προϊόντα. Συνήθως προστίθενται σταθεροποιητές της ακτινοβολίας. Παρόλα αυτά, εξαιτίας του μακροπρόθεσμου κιτρινίσματος δημιουργούνται μακροσκοπικά σπασίματα. Οι επιφάνειες από CNT παρατηρήθηκε ότι μεταμορφώνονται από την ακτινοβολία αυτή.
Επιρροή των καιρικών συνθηκών	Το νερό μπορεί να επηρεάσει και τα πολυμερή και τα προσθετικά είτε με άμεση επαφή με αυτό, είτε μέσω υγρασίας ή βροχής. Το νερό δρα ως μαλακτικό, προκαλώντας διόγκωση και επιταχύνοντας την οξείδωση. Συχνές αλλαγές στην υγρασία μπορεί να πυροδοτήσουν μηχανική αποσύνθεση που οφείλεται σε εναλλακτική διαστολή και συστολή και έχει ως συνέπεια το σπάσιμο των ινών.



Εικόνα 5: Φωτογραφίες SEM από CNT ίνες και ribbons: (a and b) Έναρξη παραγωγής CNT ribbons από σειρές CNT για κλώση (CNT ribbon initiation from a CNT array for spinning), (c) ίνα CNT μετά την κλώση (as-spun CNT fiber), (d) η ίδια ίνα μετά από τη στρίψη έπειτα από κλώση (post-spin twisting) [36]



Εικόνα 6: Stress-strain καμπύλες για δείγματα 1mm για δύο από τις πιο δυνατές ίνες Carbon Nanotube και ινών με μεγάλη αντοχή και χαμηλή αντοχή (peaks in the distribution). Η καμπύλη A είναι για το Kevlar 49 και συμπεριλαμβάνεται ως καμπύλη σύγκρισης (benchmark) [36]



Εικόνα 7: Σύγκριση αντοχής και ακαμψίας των πιο δυνατών δειγμάτων και ινών τυπικών υψηλής αντοχής και χαμηλής αντοχής (peaks) του 1mm gauge μήκους σε σύγκριση με τις ιδιότητες άλλων εμπορικών ινών με υψηλή επίδοση, δύο εργαστηριακές παρατηρήσεις υψηλών αντοχών εμπορικών συστημάτων περιλήφθηκαν [36]

Πολυανιλίνη –PANI

Πλεονεκτήματα:

1. Άριστες φυσικοχημικές ιδιότητες
2. Καλή θερμική, χημική και περιβαλλοντολογική σταθερότητα
3. Ποικίλες δομές
4. Χαμηλό κόστος της πρώτης ύλης
5. Ευκολία στη σύνθεσή της
6. Άριστα επίπεδα ηλεκτρικής αγωγιμότητας του «doped» ή του «protonated» υλικού
7. Μοναδικό μηχανισμό «doping». Μπορεί να be doped ή undoped με την έκθεσή της σε όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον, χωρίς να αλλαχθεί ο αριθμός των π-ηλεκτρονίων του πολυμερούς. Αυτός ο μηχανισμός οφείλεται στην παρουσία -NH και -N ομάδων. Πιστεύεται ότι όλα ή κάποια από τα άτομα αζώτου οι αμίνες ή οι ιμίνες μπορούν να «be protonated» με πρωτονικά (protonic) οξέα. Αυτή η πλευρά του «doping» και του «undoping» καθιστά την πολυανιλίνη και τα παράγωγά της (analog) κατάλληλη για βιομηχανικές εφαρμογές
8. Διαλυτή σε διαλύτες φιλικούς προς το περιβάλλον
9. Δε διαβρώνεται (corrosion stability)

Μειονέκτημα:

1. Η επεξεργασία της ινοποίησης τήξης (Melt spinning) δεν είναι δυνατή, γιατί το πολυμερές αποσυντίθεται σε θερμοκρασία κατώτερη του σημείου τήξης (softening ή melting)

Η μορφή της είναι σε σκόνη που έχει μεταλλική λάμψη (luster) και η συζυγία της μοριακής αλυσίδας είναι σταθερή. Για το λόγο αυτό θεωρείται πολυμερές με χαμηλή διαλυτότητα (low solubility). Αυτό παλιότερα ήταν πρόβλημα, όμως τώρα απλώς η πολυανιλίνη γίνεται doped με πρωτονικά οξέα (protonic acids).

Η πολυανιλίνη είναι γνωστή και ως aniline black. Το 1862 κατασκευάστηκε πρώτη φορά από τον H. Letheby. Η aniline black είχε σπουδαία χρήση στην τυποβαφή και στις βαφές.

Η παραγωγή της γίνεται κυρίως από υδατικό διάλυμα ανιλίνης. Η ανιλίνη έχει βρεθεί καρκινογενής και ειδικότερα αντιδρά με μία ουσία στο αίμα, την hemoglobin, την οποία μετατρέπει σε hemoglobin. Η δεύτερη εμποδίζει το οξυγόνο να απορροφηθεί (uptake). Για τους λόγους αυτούς η ανιλίνη που δεν καταναλώθηκε για την παρασκευή πολυανιλίνης πρέπει να αφαιρείται από το υδατικό διάλυμα, ακόμα και αν η συγκεντρωσή της είναι μικρή, γιατί μακροπρόθεσμα αποτελεί κίνδυνο για τον άνθρωπο.

Carbon fibers

Πλεονεκτήματα:

1. Καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
2. Εξαιρετικά υψηλή μηχανική αντοχή
3. Χημική ανθεκτικότητα
4. Χαμηλή πυκνότητα

Μειονεκτήματα:

1. Ακαμψία (stiffness) στην αξονική κατεύθυνση (in the axial direction)
2. Όταν χρησιμοποιούνται ως ενίσχυση (reinforcement) σε συνθετικά (composite) υλικά δημιουργείται το εξής πρόβλημα: Οι συμβατικές Carbon fibers έχουν διάμετρο μερικά μικρά και το μήκος ποικίλει από 100 έως 300μm. Τα τυπικά χαρακτηριστικά των διαστάσεως μιας ινώδους δομής (fibrillar structure) είναι πολύ μικρότερα. Οπότε είναι δύσκολο να ενσωματωθούν (embed) οι συμβατικές (conventional) Carbon fibers, σε μια τέτοια δομή, χωρίς να υπάρξουν παραμορφώσεις/ παραποιήσεις
3. Είναι εύθραπτο (brittle), όπως οι ίνες υάλου
4. Έχει χαμηλή αντοχή στην κάμψη (bending)

Οι Carbon fibers έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μεταφορά φορτίου και σε μεγάλες αποστάσεις. Λόγω της εύθραπτης φύσης τους η ίνα του πολυμερούς με το οποίο αναμιγνύονται σπάει. Τα σπασίματα είναι ανάλογα με το ιξώδες της μήτρας (matrix viscosity) και του φορτίου της ίνας (fibre loading). Όταν αυξάνει το ιξώδες της μήτρας, αυξάνει και ο αριθμός σπασιμάτων της ίνας.

Γενικότερα, ο carbon μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πληρωτικό υλικό σε διάφορες μορφές (ίνας, σωματιδίων (particles), σκόνης, filaments, tubes) σε συνθετικά (composites) υλικά για την προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, λόγω των πλεονεκτημάτων του.

Carbon black

Πλεονεκτήματα:

1. Είναι ημιαγωγός και όταν χρησιμοποιείται ως αγώγιμο πληρωτικό υλικό χαρίζει αντιστατικές αγώγιμες ιδιότητες
2. Τα Carbon black σωματίδια βελτιώνουν τις επαφές των εσωτερικών ινών (inter fiber contacts)

Χρησιμοποιείται περισσότερο στις μήτρες των πολυμερών (rubber matrix), γιατί εκτός από την υψηλή αγωγιμότητα που παρέχει, προσδίδει (imparts) και καλή ενίσχυση (reinforcement) στη μήτρα.

Το Carbon Black χρησιμοποιείται σε τομείς που χρειάζονται αντιστατική προστασία (δηλαδή ESD).

Natural Graphite (NG)

Πλεονεκτήματα:

1. Υπάρχει άφθονο στη φύση
2. Έχει Van der Waal δεσμούς
3. Έχει ενισχυτικές ιδιότητες (reinforcing)

Έχει ευρεία χρήση ως αγώγιμο πληρωτικό υλικό. Επιπλέον, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές υψηλής απόδοσης (high performance) εξαιτίας των ενισχυτικών ιδιοτήτων του (reinforcing).

Πολυπυρρόλη (Polypyrrole – PPy)

Πλεονεκτήματα:

1. Έχει ηλεκτροδραστικότητα (electroactivity)
2. Μπορεί να κάνει ανταλλαγή ιόντων (ionic exchange)
3. Παρασκευάζεται εύκολα
4. Έχει καλές οξειδοαναγωγικές (redox) ιδιότητες
5. Είναι σταθερή σε οξειδωμένη κατάσταση (oxidized form)
6. Έχει την ικανότητα να παρέχει υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
7. Έχει χρήσιμες ηλεκτρικές και οπτικές ιδιότητες
8. Καλή σταθερότητα
9. Εύκολη προετοιμασία
10. Δεν είναι τοξική (Non- toxicity)

Μειονεκτήματα:

1. Εξαιρετικά φτωχή κρυσταλλικότητα
2. Είναι εύθραυστο (brittle) πολυμερές
3. Έχει χαμηλό σημείο θραύσεως (breaking strain)

PEDOT (Poly (3, 4-ethylenedioxythiophene))

Πλεονεκτήματα:

1. Καλή θερμική σταθερότητα
2. Υψηλή αγωγιμότητα
3. Υψηλή διαφάνεια (high transparency) στην p-doped κατάσταση
4. Υψηλή περιβαλλοντική σταθερότητα (environmental)
5. Δε χρειάζεται πολλή ενέργεια για να αντιδράσει (Low band gap)

PVA (Poly (vinyl alcohol) ίνα με CuxS (Sulfide Copper) nanoparticles

Πλεονεκτήματα:

1. Παρουσιάζει καλή εσωτερική ηλεκτρική αγωγιμότητα που διαρκεί
2. Αντοχή στην κάμψη (bending)
3. Αντοχή στην τριβή (friction) και στο πλύσιμο
4. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ελεγχόμενη από $1e^{-1}$ έως $1e^{+8}$ Ohmcm

Ίνες αλουμινίου και χαλκοΐνες

Πλεονεκτήματα:

1. Υψηλή αγωγιμότητα και διηλεκτρική σταθερά

Μειονεκτήματα:

1. Βάρος
2. Διαβρώνονται εύκολα
3. Μειωμένη ικανότητα να επεξεργαστούν (processability) τις γωνίες και τις άκρες

Χρησιμοποιούνται ως αγώγιμα πληρωτικά υλικά.

Οι ίνες χαλκού προσφέρουν υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από κάθε άλλο μέταλλο.

Οι ίνες αλουμινίου έχουν το πλεονέκτημα της χαμηλής ειδικής βαρύτητας (low specific gravity).

Οι φολίδες αλουμινίου (Aluminium flakes) έχουν υψηλή αναλογία διαστάσεων (aspect ratio) και χρησιμοποιούνται ως αγώγιμο πληρωτικό υλικό σε συνθετικά υλικά για την προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Metal powders & Metal Oxide

Η πυκνότητά τους είναι υψηλή, γι' αυτό και η υψηλή συγκέντρωση του πληρωτικού υλικού όχι μόνο αυξάνει το κόστος, αλλά επηρεάζει αρνητικά τις μηχανικές ιδιότητες της πολυμερικής μήτρας (matrix) και τη διαδικασία παραγωγής.

Nickel coated Graphite ίνες

Χρησιμοποιούνται ως αγώγιμα προσθετικά (additives) πολυμερών και συνδυάζουν τις ιδιότητες του reinforcing των Carbon/Graphite ινών με την αγωγιμότητα που δίδει η επιμετάλλωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΜΠΟΡΕΙ ΕΝΑ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ ΝΗΜΑ
ΝΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ;

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΜΕ ΥΦΑΣΜΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΟ
ΝΗΜΑ

Σκοπός:

Ο σκοπός του πειράματος είναι να ελέγξει τη μείωση της απόδοσης των αγώγιμων ινών σε συχνότητα του εύρος των Super High Frequency (SHF). Σε αυτό το εύρος λειτουργούν και τα κινητά τηλέφωνα.

Υλικά:

Η έρευνα βασίστηκε σε ίνες με χημική επικάλυψη (chemical coating). Για την ακρίβεια σε νήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατασκευασμένα από αγώγιμες ίνες. Τα νήματα Α και 4 είναι σύμμικτα. Το νήμα Α αποτελείται από ίνες από ακρυλικό και από επικασσιτερωμένο ακρυλικό. Το νήμα 4 είναι δίκλωνο και αποτελείται από ένα κλώνο από ίνες ακρυλικού και ένα κλώνο από ο ίνες επικασσιτερωμένου ακρυλικού. Παρασκευάστηκαν στην Κεντρική Ασία πριν χρόνια κυρίως για εφαρμογές στρατού και θέρμανσης. Το νήμα Α είναι πιο αγώγιμο από το νήμα 4.

Χρησιμοποιήθηκε και υφαντό ύφασμα ως υπόστρωμα. Για την ακρίβεια σε τέσσερα (4) υφαντά υφάσματα με διαστάσεις 22cm x 22cm, το καθένα, τοποθετήθηκαν 20 αγώγιμα δίκλινα νήματα των 20cm με άσκηση τάσης 100 γραμμαρίων. Τα νήματα τοποθετήθηκαν παράλληλα και με απόσταση ενός (1) εκατοστού αναμεταξύ τους.

Συνολικά δύο (2) υφαντά υφάσματα κατασκευάστηκαν με τη χρήση του νήματος Α και δύο (2) υφαντά υφάσματα με το νήμα 4.

Το υφαντό αυτό ύφασμα είναι ουδέτερο και διάφανο όσον αφορά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.



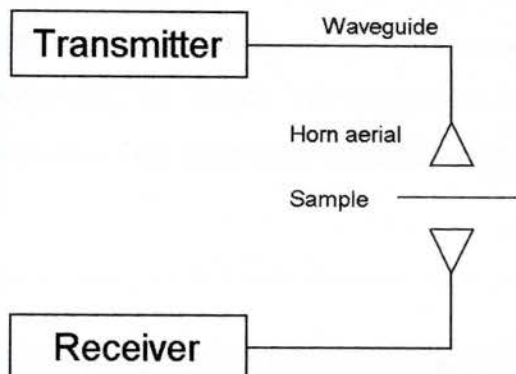
Εικόνα 8: Δίκλωνο νήμα από ακρυλικό & επικασσιτερωμένο ακρυλικό



Εικόνα 9: Υφαντό ύφασμα με αγώγιμα νήματα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα

Όργανα:

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της ισχύος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που διαπερνούν το ύφασμα με τα αγώγιμα νήματα, ήταν ένας πομπός ο Sweep Oscillator of Marconi Instruments, type 6700 B XBend και ένας δέκτης ο Boonton 4220 Polymeter.



Σχήμα 5: Σχηματική αναπαράσταση πομπού – δέκτη

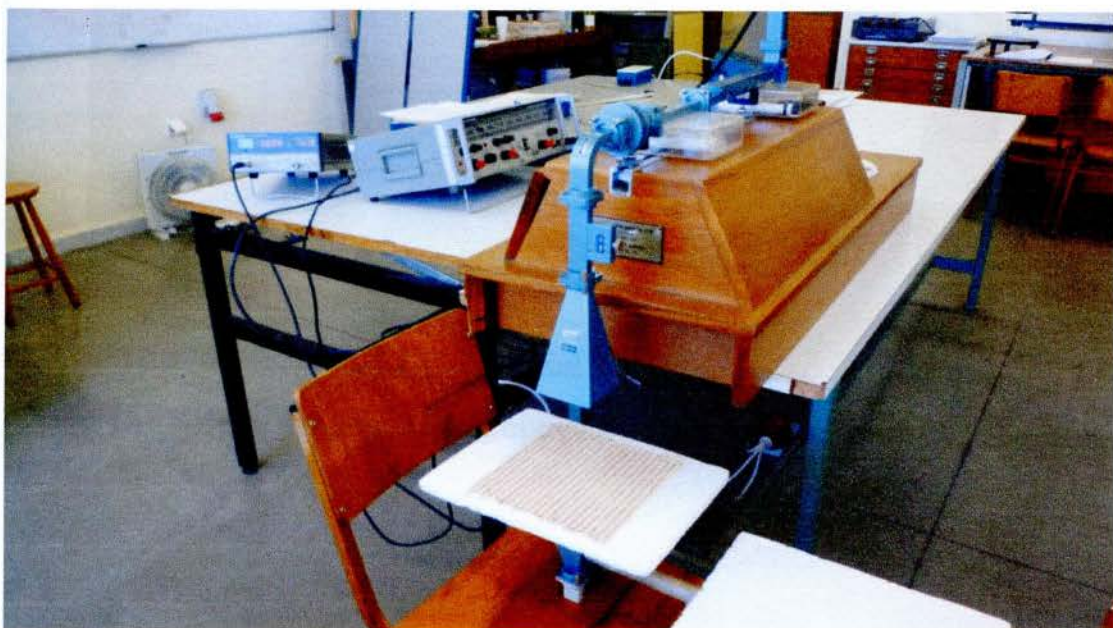


Εικόνα 10 : Όργανο μέτρησης ισχύος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Μεθοδολογία:

Οι μετρήσεις της ισχύος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πραγματοποιήθηκαν σε συχνότητα των 9GHz.

Το πείραμα διεξήχθη με τη χρήση φελιζόλ κάτω από το ύφασμα. Ο σκοπός ήταν να στηρίξει το ύφασμα στη χοάνη χωρίς αυτό να τσαλακώνεται. Η επιλογή του φελιζόλ έγινε με το κριτήριο ότι το φελιζόλ θεωρείται διάφανο και ουδέτερο από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, σε αντίθεση με το πλεξιγκλάς το οποίο λειτουργούσε θετικά στη μείωσή της. Το πλεξιγκλάς λειτουργεί σαν φακός και μεταβάλλει το δείκτη διαθλάσεως.



Εικόνα 11: Το όργανο μέτρησης ισχύος με το ύφασμα προς μέτρηση

Το κάθε ένα από τα υφάσματα τοποθετήθηκε στο όργανο με παράλληλη πόλωση. Οι μετέπειτα μετρήσεις έγιναν γυρνώντας σταδιακά το ύφασμα ανά 15° . Επιπλέον, έγιναν μετρήσεις με συνδυασμό των υφασμάτων A & B καθώς και των Fabric Γ & Δ. Το κάθε ζευγάρι υφασμάτων τοποθετήθηκε με τα νήματα του ενός να εφάπτον στα νήματα του άλλου. Το κάτω ύφασμα παρέμεινε σταθερό και το πάνω γύρναγε ανά 15° . Τέλος, τοποθετήθηκε το ύφασμα A

πάνω στο Β και το ύφασμα Γ πάνω στο Δ. Τα νήματα του επάνω υφάσματος του κάθε ζευγαριού ήταν ανάμεσα στα νήματα του κάτω υφάσματος. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ένα νέο ύφασμα το ΑΒ και το ΓΔ τα οποία είχαν μικρότερη απόσταση νημάτων της τάξεως των 0,5cm.



Εικόνα 12 : Μέτρηση ισχύος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διπλό ύφασμα

Για την εύρεση της % μείωσης (mW) εφαρμόζεται η απλή μέθοδος των τριών.

Στα 7mW υπήρξε μείωση=(το ποσό που αναγράφεται στην στήλη της Μείωσης) mW

Στα 100mW τι μείωση x έχει;

π.χ. Για το ύφασμα A με νήμα A στις 0° με ισχύ εισόδου 7mW , η ισχύς εξόδου ήταν 4,3mW

Στα 100mW τι μείωση x έχει;

$$x = (4,1 \times 100) / 7 = 41,43\%$$

Επίσης, μπορεί να βρεθεί η μείωση σε dB χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$dB = 10 \log(\text{ισχύς εξόδου} / \text{ισχύς εισόδου})$$

Η ισχύς εισόδου είναι σταθερή και είναι 7mW.

Η ισχύς εξόδου είναι η στήλη που γράφει Μέτρηση (mW).

Επειδή, η μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι τα mW η μέτρηση της απόσβεσης θα γίνει σε dBm.

π.χ. Στην περίπτωση του υφάσματος A με νήμα A στις 0°

$$dBm = 10 \log(4,1/7) = -2,32$$

Το αρνητικό πρόσημο δείχνει μείωση ισχύος.

Ύφασμα A με νήμα A:

Ύφασμα B με νήμα A:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm	Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm
		(mW)	%				(mW)	%	
0	4,1	2,9	41,43	-2,32	0	4,4	2,6	37,14	-2,02
15	4,2	2,8	40,00	-2,22	15	4,4	2,6	37,14	-2,02
30	4,4	2,6	37,14	-2,02	30	4,6	2,4	34,29	-1,82
45	5,0	2,0	28,57	-1,46	45	5,1	1,9	27,14	-1,38
60	5,9	1,1	15,71	-0,74	60	6,2	0,8	11,43	-0,53
75	6,6	0,4	5,71	-0,26	75	6,6	0,4	5,71	-0,26
90	6,9	0,1	1,43	-0,06	90	6,9	0,1	1,43	-0,06

Μέσος Όρος μετρήσεων των υφασμάτων με νήμα Α:

Ο μέσος όρος (Μ.Ο.) της ισχύος εξόδου των υφασμάτων Α και Β που χρησιμοποιήσαν το ίδιο νήμα, το νήμα Α, βρίσκεται από τον τύπο

$$\text{Μ.Ο.} = (\text{Ισχύς εξόδου από το υφάσμα Α} + \text{Ισχύς εξόδου από το υφάσμα Β}) / 2$$

Μοίρες (ο)	Υφάσμα Α Μέτρηση (mW)	Υφάσμα Β Μέτρηση (mW)	Μ.Ο. Μέτρησης Α-Β (mW)	Μείωση (mW)	Μείωση %	Απόσβεση σε dB
0	4,1	4,4	4,25	$7-4,25=2,75$	39,29	-2,17
15	4,2	4,4	4,3	$7-4,3=2,7$	38,57	-2,12
30	4,4	4,6	4,5	$7-4,5=2,5$	35,71	-1,92
45	5,0	5,1	5,1	$7-5,1=1,9$	27,86	-1,42
60	5,9	6,2	6,1	$7-6,1=0,9$	13,57	-0,63
75	6,6	6,6	6,6	$7-6,6=0,4$	5,71	-0,26
90	6,9	6,9	6,9	$7-6,9=0,1$	1,43	-0,06

Β. Η ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μετά το «εμπόδιο» του υφάσματος Γ και του υφάσματος Δ είναι η παρακάτω:

Υφάσμα Γ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	6,60
15	6,60
30	6,80
45	6,80
60	6,85
75	6,88
90	6,90

Υφάσμα Γ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	6,6
15	6,6
30	6,6
45	6,6
60	6,7
75	6,8
90	7,0

Με απλή αφαίρεση βρίσκεται η μείωση σε mW.

Υφάσμα Γ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	6,60	$7-6,6=0,4$
15	6,60	$7-6,6=0,4$
30	6,80	$7-6,8=0,2$
45	6,80	$7-6,8=0,2$
60	6,85	$7-6,85=0,15$
75	6,88	$7-6,88=0,12$
90	6,90	$7-6,9=0,1$

Υφάσμα Γ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	6,6	$7-6,6=0,4$
15	6,6	$7-6,6=0,4$
30	6,6	$7-6,6=0,4$
45	6,6	$7-6,6=0,4$
60	6,7	$7-6,7=0,3$
75	6,8	$7-6,8=0,2$
90	7,0	$7-7,0=0$

Η μείωση και η απόσβεση σε dBm βρίσκονται με τους ίδιους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν στο ύφασμα Α.

Ύφασμα Γ με νήμα 4:

Ύφασμα Γ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm	Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm
		(mW)	%				(mW)	%	
0	6,60	0,4	5,71	-0,26	0	4,4	0,4	5,71	-0,26
15	6,60	0,4	5,71	-0,26	15	4,3	0,4	5,71	-0,26
30	6,80	0,2	2,86	-0,13	30	4,6	0,4	5,71	-0,26
45	6,80	0,2	2,86	-0,13	45	5,1	0,4	5,71	-0,26
60	6,85	0,15	2,14	-0,09	60	6,2	0,3	4,29	-0,19
75	6,88	0,12	1,71	-0,08	75	6,6	0,2	2,86	-0,13
90	6,90	0,1	1,43	-0,06	90	6,9	0,0	0,00	0,00

Μέσος Όρος μετρήσεων των υφασμάτων με νήμα 4:

Ο μέσος όρος (Μ.Ο.) της ισχύος εξόδου των υφασμάτων Γ και Δ που χρησιμοποιήσαν το ίδιο νήμα, το νήμα 4, βρίσκεται από τον τύπο

$$\text{Μ.Ο.} = (\text{Ισχύς εξόδου από το υφάσμα Γ} + \text{Ισχύς εξόδου από το ύφασμα Δ}) / 2$$

Μοίρες (ο)	Ύφασμα Γ Μέτρηση (mW)	Ύφασμα Δ Μέτρηση (mW)	Μ.Ο. Μέτρησης Γ-Δ (mW)	Μείωση (mW)	Μείωση %	Απόσβεση σε dB
0	6,60	6,6	6,60	7-6,6=0,4	5,71	-0,26
15	6,60	6,6	6,60	7-6,6=0,4	5,71	-0,26
30	6,80	6,6	6,70	7-6,7=0,4	4,29	-0,19
45	6,80	6,6	6,70	7-6,7=0,4	4,29	-0,19
60	6,85	6,7	6,78	7-6,78=0,22	3,21	-0,14
75	6,88	6,8	6,84	7-6,84=0,16	2,29	-0,10
90	6,90	7,0	6,95	7-6,95=0,05	0,71	-0,03

Γ. Η ισχύς των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μετά το «εμπόδιο» του υφάσματος ΑΒ και του υφάσματος ΓΔ είναι η παρακάτω:

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	2,4
15	2,4
30	2,5
45	3,0
60	3,5
75	4,0
90	4,3

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	2,3
15	
30	
45	
60	
75	
90	

Με απλή αφαίρεση βρίσκεται η μείωση σε mW.

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	2,4	$7-2,4=4,6$
15	2,4	$7-2,3=4,6$
30	2,5	$7-2,5=4,5$
45	3,0	$7-3,0=4,0$
60	3,5	$7-3,5=3,5$
75	4,0	$7-4,0=3,0$
90	4,3	$7-4,3=2,7$

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	2,3	$7-2,3=4,7$

Η μείωση και η απόσβεση σε dBm βρίσκονται με τους ίδιους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν στο ύφασμα Α.

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α:

Ύφασμα ΑΒ με νήμα Α (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm	Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm
		(mW)	%				(mW)	%	
0	2,4	4,6	65,71	-4,65	0	2,3	4,7	67,14	-4,83
15	2,4	4,6	65,71	-4,65	15				
30	2,5	4,5	64,29	-4,47	30				
45	3,0	4,0	57,14	-3,68	45				
60	3,5	3,5	50,00	-3,01	60				
75	4,0	3,0	42,86	-2,43	75				
90	4,3	2,7	38,57	-2,12	90				

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	6,0
15	6,1
30	6,3
45	6,4
60	6,5
75	6,5
90	6,5

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4 (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)
0	6,0

Με απλή αφαίρεση βρίσκεται η μείωση σε mW.

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4:

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	6,0	$7-6,0=1,0$
15	6,1	$7-6,1=0,9$
30	6,3	$7-6,3=0,7$
45	6,4	$7-6,4=0,6$
60	6,5	$7-6,5=0,5$
75	6,5	$7-6,5=0,5$
90	6,5	$7-6,5=0,5$

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4 (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση (mW)
0	6,0	$7-6,0=1,0$
15		
30		
45		
60		
75		
90		

Η μείωση και η απόσβεση σε dBm βρίσκονται με τους ίδιους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν στο ύφασμα Α.

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4:

Ύφασμα ΓΔ με νήμα 4 (στα 0,5cm):

Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm	Μοίρες (ο)	Μέτρηση (mW)	Μείωση		Απόσβεση σε dBm
		(mW)	%				(mW)	%	
0	6,0	1,0	14,29	-0,67	0	6,0	1,0	14,29	-0,67
15	6,1	0,9	12,86	-0,60	15				
30	6,3	0,7	10,00	-0,46	30				
45	6,4	0,6	8,57	-0,39	45				
60	6,5	0,5	7,14	-0,32	60				
75	6,5	0,5	7,14	-0,32	75				
90	6,5	0,5	7,14	-0,32	90				

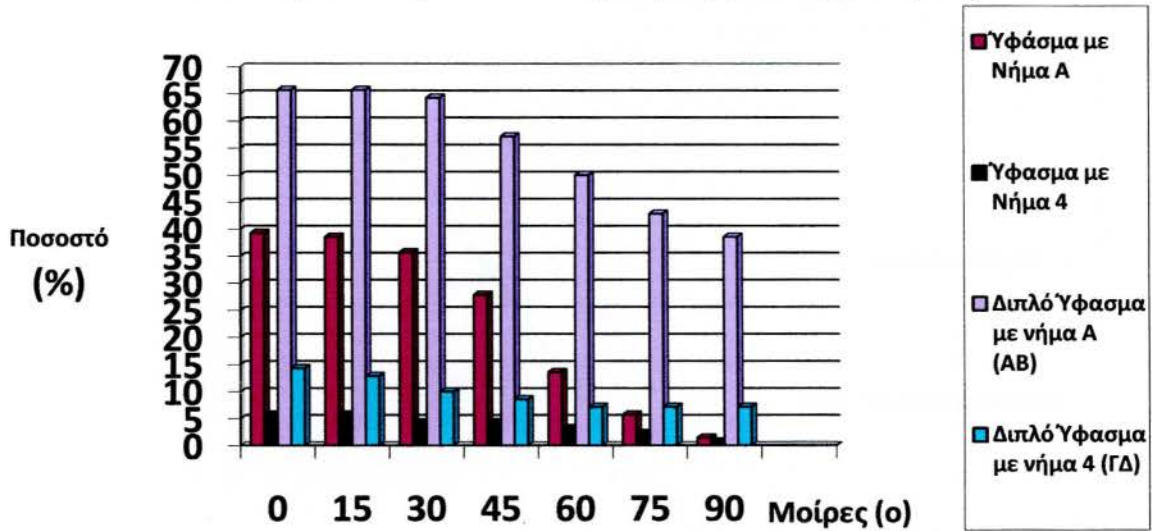
Μοίρες (ο)	Ποσοστό Εξασθένησης Μονού Υφάσματος με Νήμα Α %	Ποσοστό Εξασθένησης Μονού Υφάσματος με Νήμα 4 %	Ποσοστό Εξασθένησης Διπλού Υφάσματος με νήμα Α (ΑΒ) %	Ποσοστό Εξασθένησης Διπλού Υφάσματος με Νήμα 4 (ΓΔ) %
0	39,29	5,71	65,71	14,29
15	38,57	5,71	65,71	12,86
30	35,71	4,29	64,29	10,00
45	27,86	4,29	57,14	8,57
60	13,57	3,21	50,00	7,14
75	5,71	2,29	42,86	7,14
90	1,43	0,71	38,57	7,14

Σύγκριση

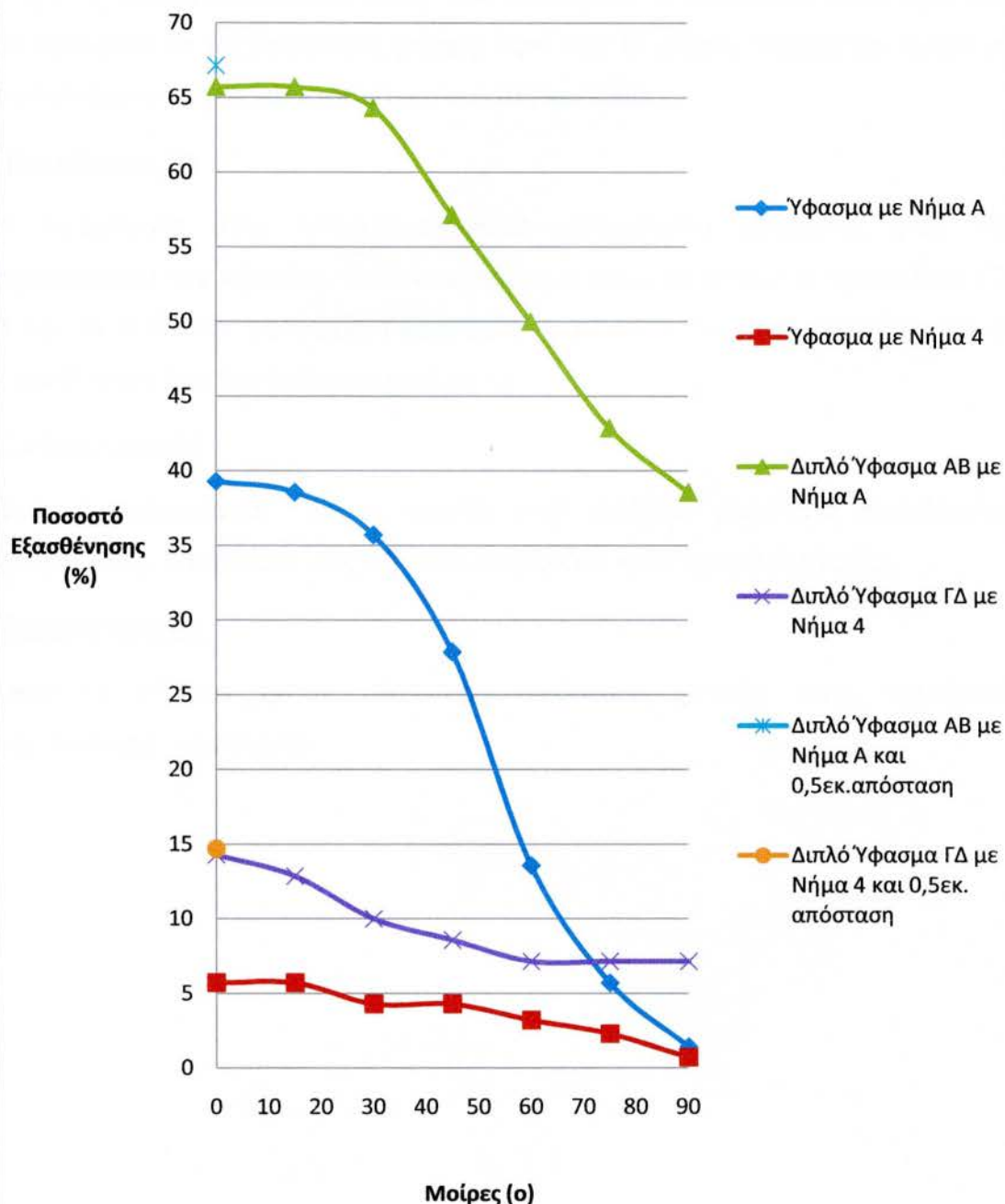
Μοίρες (ο)	ΥΦΑΣΜΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ %	Μοίρες (ο)	ΥΦΑΣΜΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ %
0	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	5,71	0	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	65,71
15	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	5,71	15	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	65,71
30	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	4,29	30	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	64,29
45	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	4,29	45	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	57,14
60	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	3,21	60	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	50,00
75	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	2,29	75	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	42,86
90	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4	0,71	90	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α	38,57

Μοίρες (ο)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ %	ΥΦΑΣΜΑ	Μοίρες (ο)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗΣ %	ΥΦΑΣΜΑ
MIN	0,71	ΜΟΝΟ ΥΦΑΣΜΑ Γ Ή ΥΦΑΣΜΑ Δ ΜΕ ΝΗΜΑ 4			
MAX			90	65,71	ΔΙΠΛΟ ΥΦΑΣΜΑ ΑΒ ΜΕ ΝΗΜΑ Α

Ποσοστό Εξασθένησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με τις μοίρες



Συνάρτηση Μοιρών με ποσοστό Εξασθένησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



Παρατήρηση 1η

Στις 0° η ηλεκτρομαγνητική ισχύς που διαπερνά το τεντόπανο είναι λιγότερη, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μοίρες. Άρα στις 0° μοίρες παρέχεται καλύτερη προστασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Παρατήρηση 2η

Η προστασία στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξαρτάται από την αγωγιμότητα του νήματος. Όσο πιο αγώγιμο, τόσο καλύτερη η προστασία (Το Α και το Β δίνουν καλύτερη προστασία, γιατί είναι κατασκευασμένα από το νήμα Α που είναι πιο αγώγιμο από το 4).

Παρατήρηση 3η

Όταν τοποθετούνται δύο υφάσματα μαζί υπάρχει καλύτερο αποτέλεσμα προστασίας. Επιπλέον, στις 0° πάλι παρέχεται καλύτερη προστασία.

Παρατήρηση 4η

Όταν τα νήματα έχουν μικρότερη απόσταση μεταξύ τους, παρέχουν περισσότερη προστασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο -ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΝΗΜΑΤΩΝ

Σκοπός:

Ο έλεγχος των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των νημάτων.

Υλικά:

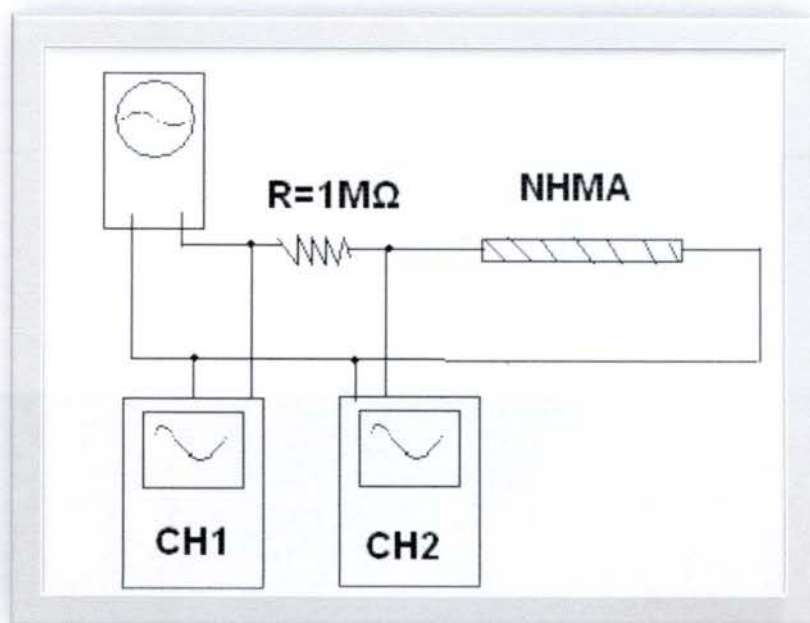
Τα νήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατασκευασμένα από αγωγίμες ίνες. Τα νήματα είναι σύμμικτα και μήκους 10 cm. Το νήμα 1 είναι μονόκλωνο και το νήμα 4 δίκλωνο. Το νήμα 1 έχει ίνες από ακρυλικό και από επικασσιτερωμένο ακρυλικό και το νήμα 4 έχει ένα κλώνο από ακρυλικό και έναν από επικασσιτερωμένο ακρυλικό. Παρασκευάστηκαν στην Κεντρική Ασία πριν χρόνια κυρίως για εφαρμογές στρατού και θέρμανσης.

Διαδικασία:

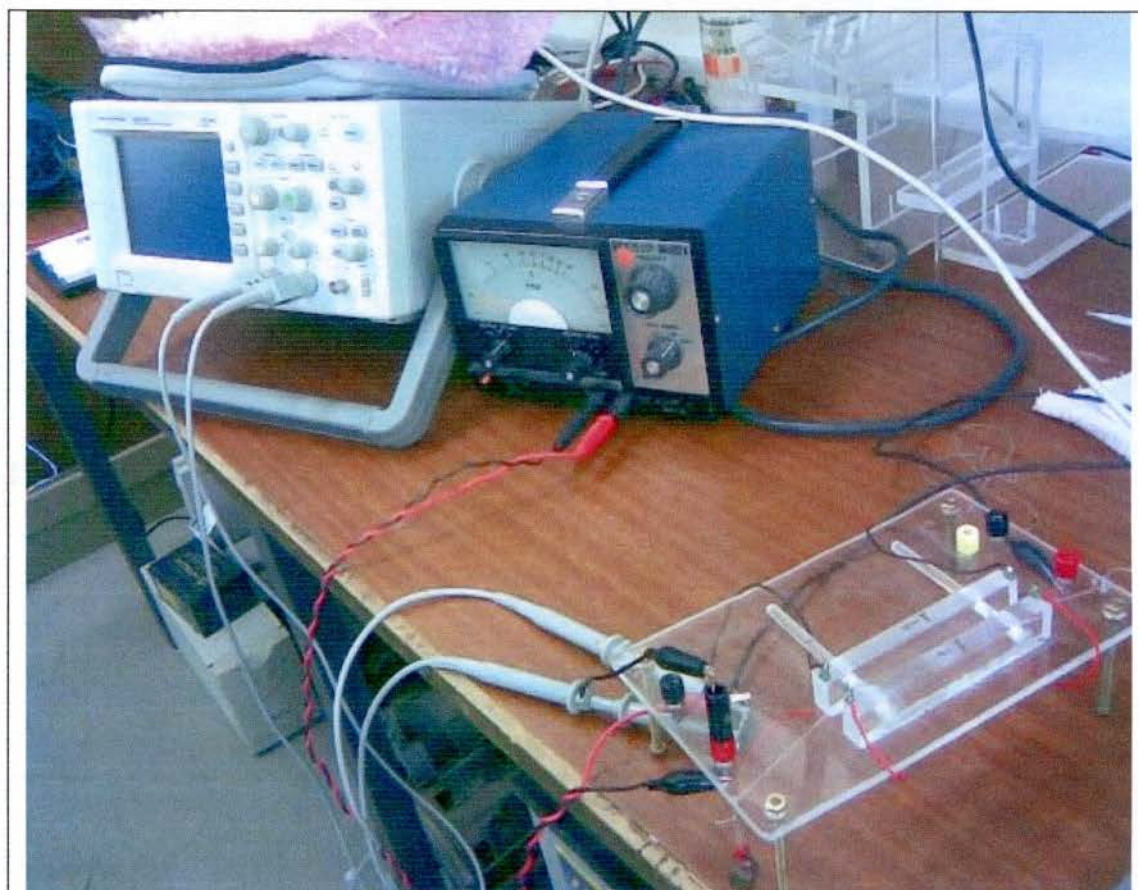
Σε κύκλωμα RLC μία γεννήτρια τροφοδοτεί με τάση κύκλωμα με αντίσταση 1MΩ και ενός νήματος αγνώστου αντίστασης. Το ρεύμα ήταν σταθερό, αλλά η συχνότητα μεταβαλλόταν ανά 10KHz, ώστε να παρατηρηθεί πώς μεταβάλλεται η αντίσταση του νήματος ανάλογα με τη μεταβολή της συχνότητας.

Τοποθετήθηκαν δύο (2) βολτόμετρα, ένα για να μετρήσει την τάση εξόδου της γεννήτριας (CH1) και ένα για να μετρήσει την πτώση τάσης λόγω του νήματος (CH2).

Σχηματικά το κύκλωμα αναπαρίσταται ως εξής:

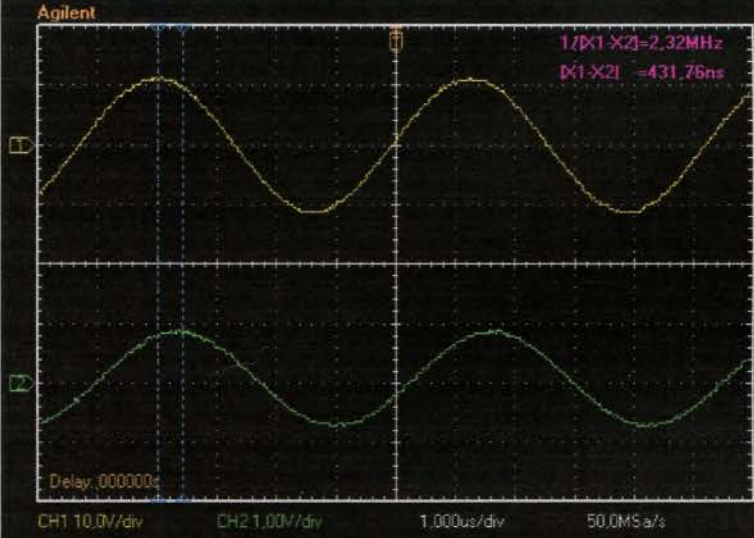
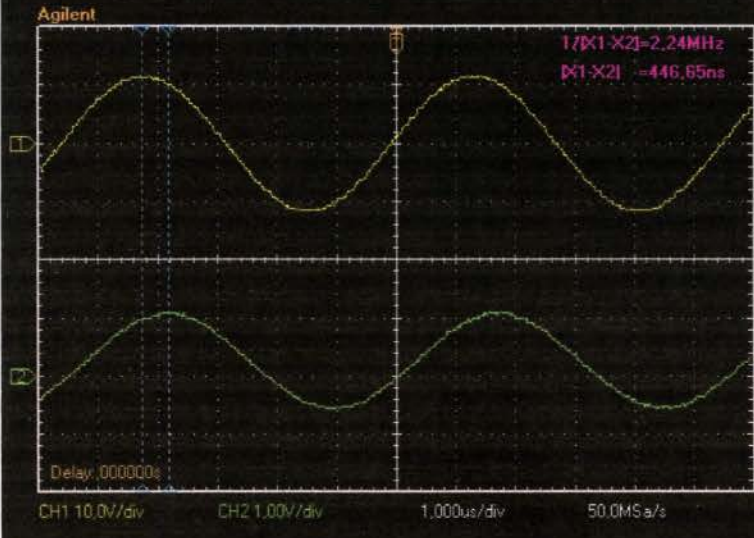


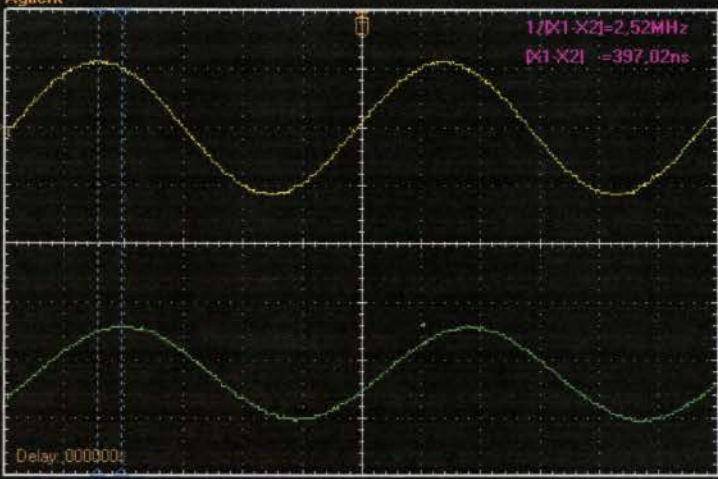
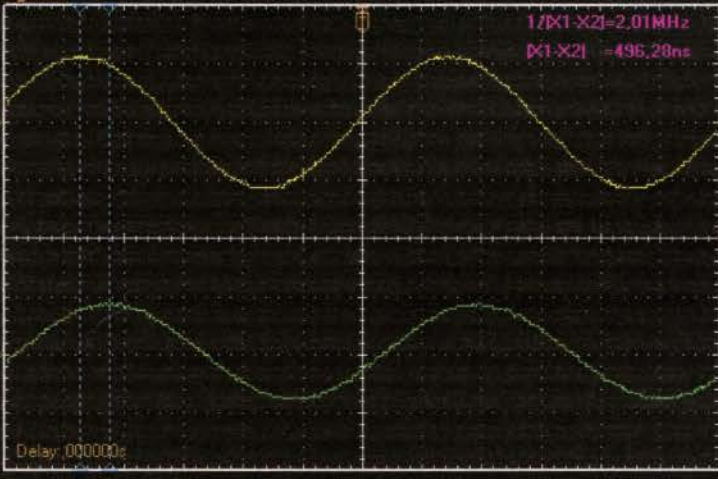
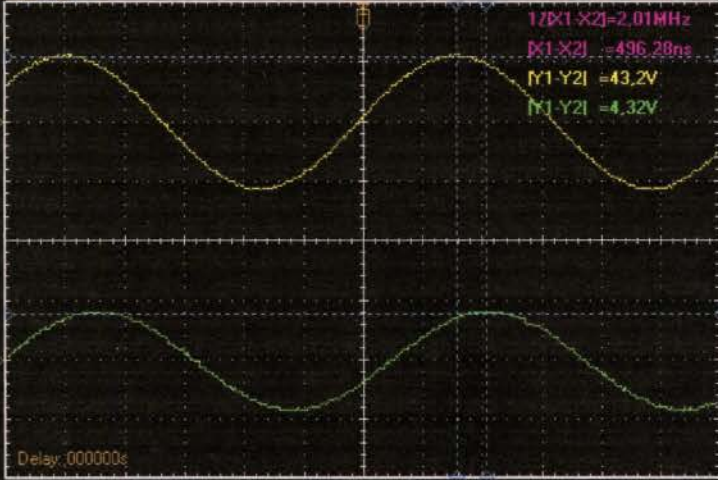
Σχήμα 6 : Κύκλωμα πειράματος ελέγχου ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των νημάτων



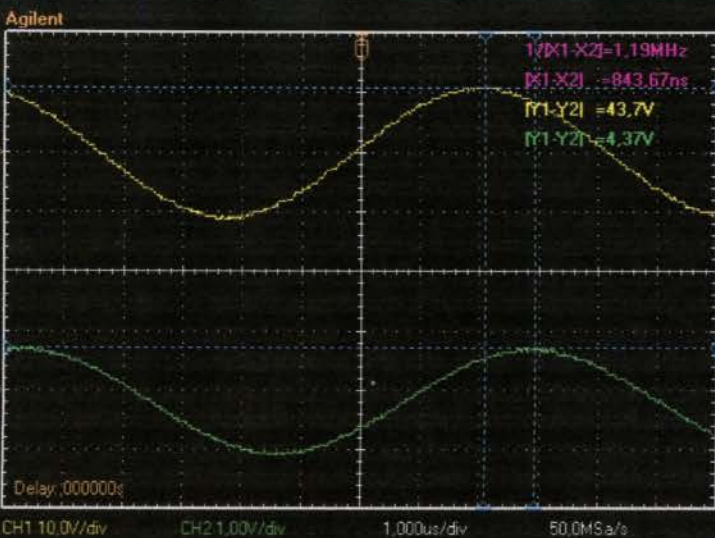
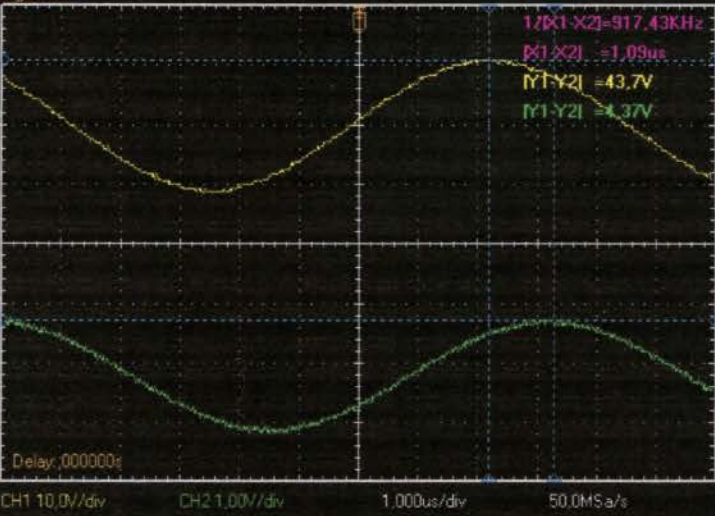
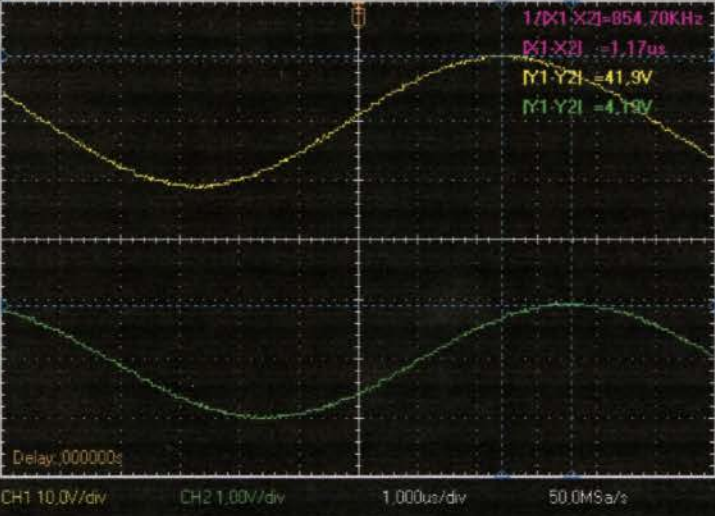
Εικόνα 13 : Όργανα εργαστηριακών μετρήσεων

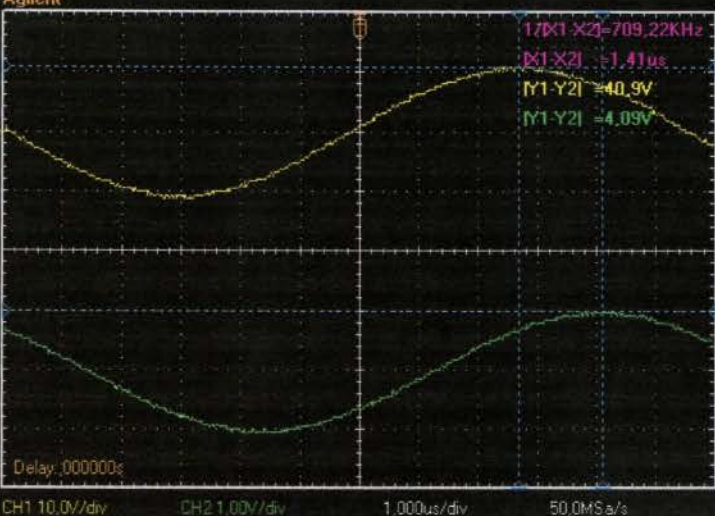
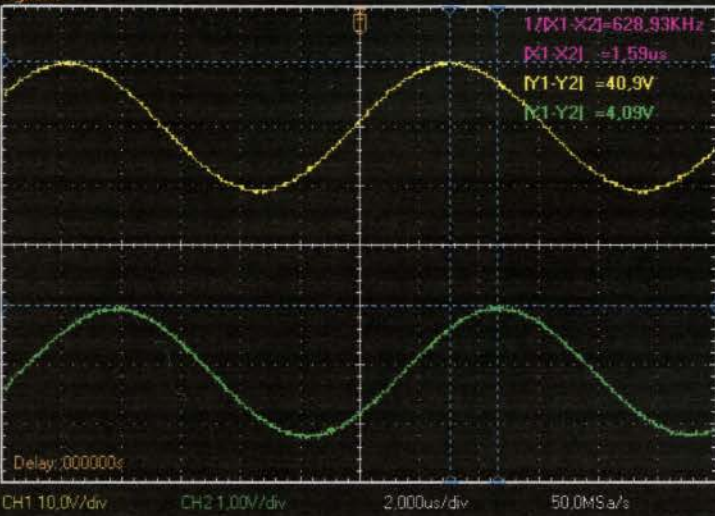
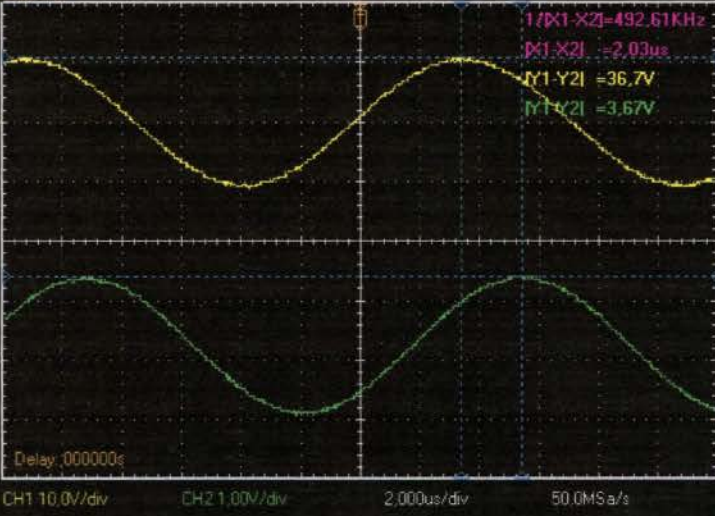
ΝΗΜΑ 1

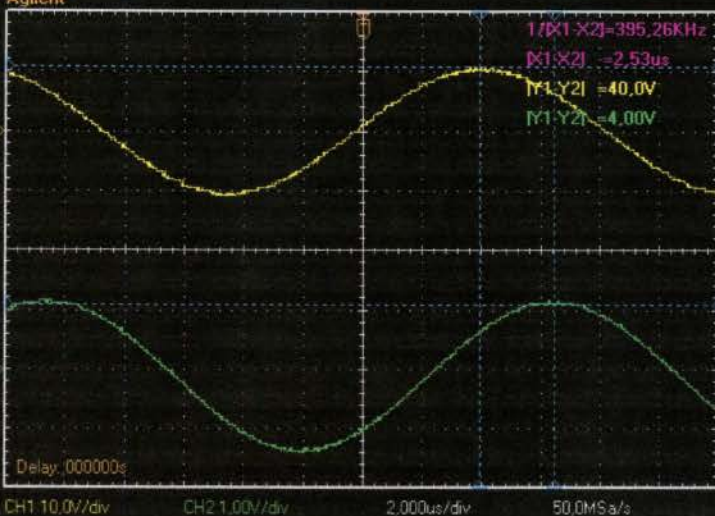
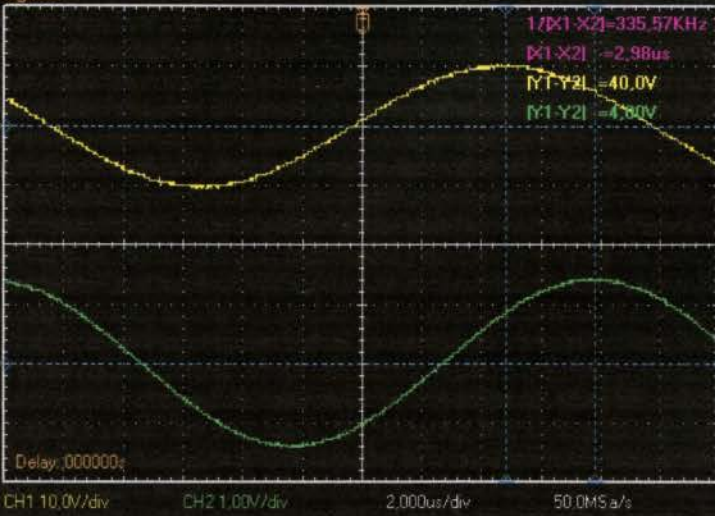
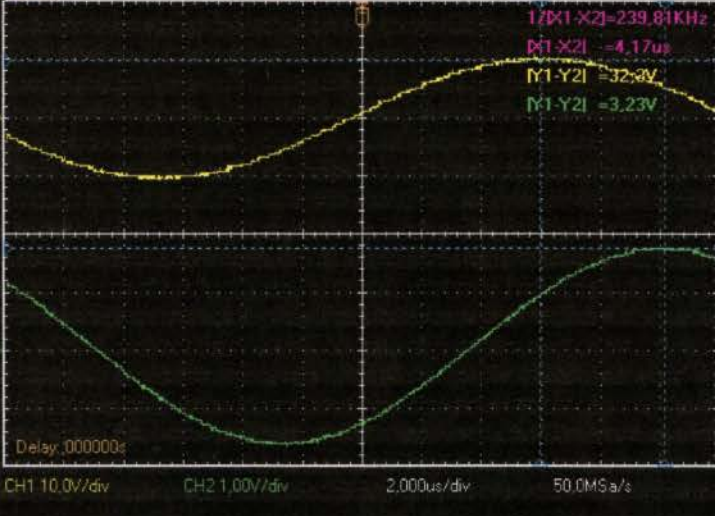
A/A	f (KHz)	ΝΗΜΑ 1	V αντίστασης
1	200		<p>CH1 2,2*10V=22V</p> <p>CH2 1,6*1V=1,6V</p>
2	190		<p>CH1 2,3*10 V=23 V</p> <p>CH2 1,7*1 V=1,7V</p>

3	180	 <p>Agilent</p> <p>1/(X1-X2)=2.52MHz X1-X2 = 397.02ns</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 2,3*10 V=23 V</p>	<p>CH2 1,6*1 V=1,6V</p>
4	170	 <p>Agilent</p> <p>1/(X1-X2)=2.01MHz X1-X2 = 496.28ns</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 2,3*10 V=23 V</p>	<p>CH2 1,6*1 V=1,6V</p>
5	160	 <p>Agilent</p> <p>1/(X1-X2)=2.01MHz X1-X2 = 496.28ns Y1-Y2 = 43.2V Y1-Y2 = 4.32V</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 2,2*10 V=22 V</p>	<p>CH2 1,6*1 V=1,6V</p>

6	150	<p>Agilent</p> <p>1/ X1-X2 =1.55MHz X1-X2 = 645.16ns Y1-Y2 = 45.2V Y1-Y2 = 4.52V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 $2,2 * 10V = 22 V$</p> <p>CH2 $1,7 * 1 V = 1,7V$</p>
7	140	<p>Agilent</p> <p>1/ X1-X2 =1.55MHz X1-X2 = 645.16ns Y1-Y2 = 42.9V Y1-Y2 = 4.29V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 $2,1 * 10 V = 21 V$</p> <p>CH2 $1,7 * 1 V = 1,7V$</p>
8	130	<p>Agilent</p> <p>1/ X1-X2 =1.34MHz X1-X2 = 744.42ns Y1-Y2 = 42.9V Y1-Y2 = 4.29V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 1.000us/div 50.0MS a/s</p>	<p>CH1 $2,3 * 10 V = 23 V$</p> <p>CH2 $1,7 * 1 V = 1,7V$</p>

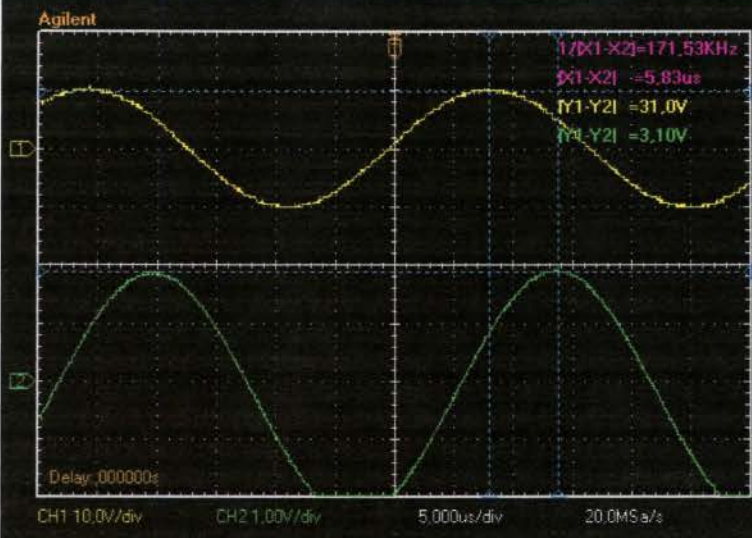
9		<p>CH1 2,1*10 V=21 V</p> <p>CH2 1,9* 1V=1,9V</p>
10		<p>CH1 2,2*10 V=22 V</p> <p>CH2 1,9*1 V=1,9V</p>
11		<p>CH1 2,2*10 V=22 V</p> <p>CH2 1,9*1 V=1,9V</p>

12	90		<p>CH1 2,1*10 V=21 V</p> <p>CH2 2,0*1 V=2,0V</p>
13	80		<p>CH1 2,1*10 V=21 V</p> <p>CH2 2,2*1 V=2,2V</p>
14	70		<p>CH1 2,1*10 V=21 V</p> <p>CH2 2,3*1 V=2,3V</p>

15	60		<p>CH1 2,2*10 V=22 V</p> <p>CH2 2,5*1 V= 2,5V</p>
16	50		<p>CH1 2,0*10 V=20 V</p> <p>CH2 2,6*1 V=2,6V</p>
17	40		<p>CH1 2,0*10 V=20 V</p> <p>CH2 3,3*1 V=3,3V</p>

18

30

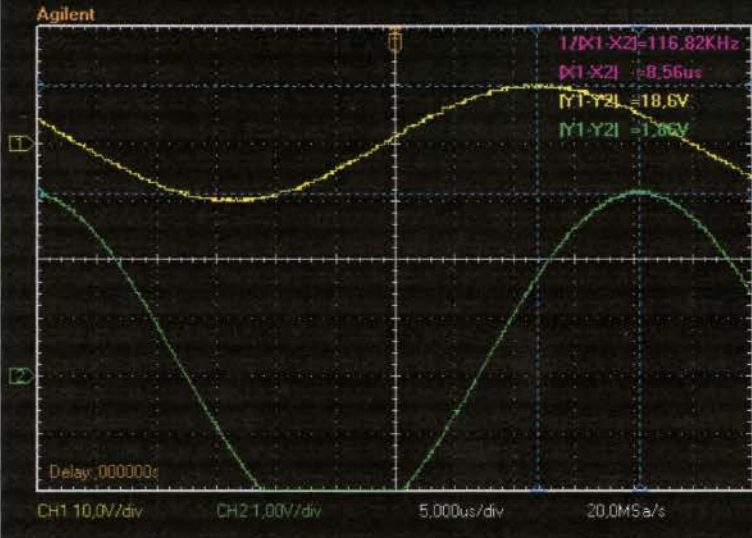


CH1
 $2,0 \cdot 10 \text{ V} = 20 \text{ V}$

CH2
 $3,9 \cdot 1 \text{ V} = 3,9 \text{ V}$

19

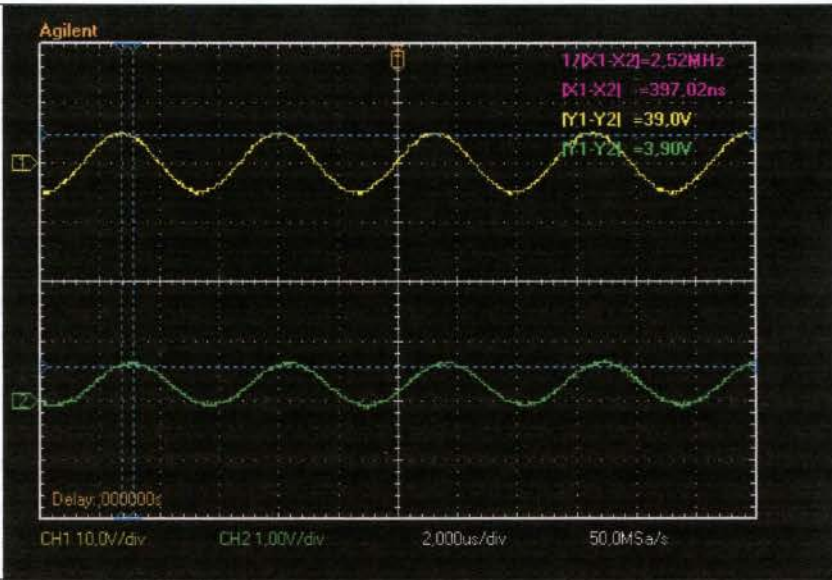
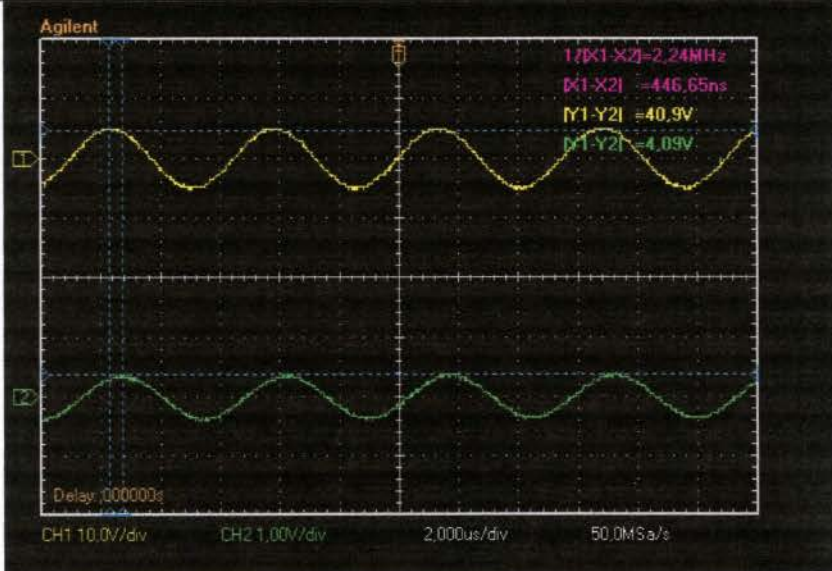
20



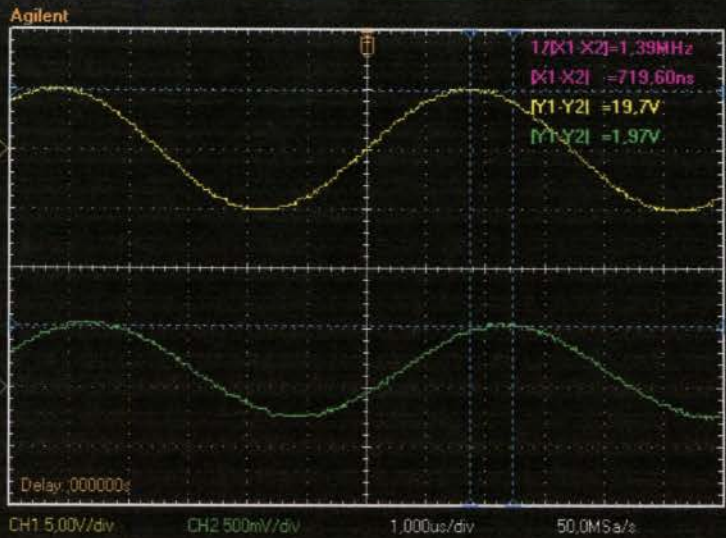
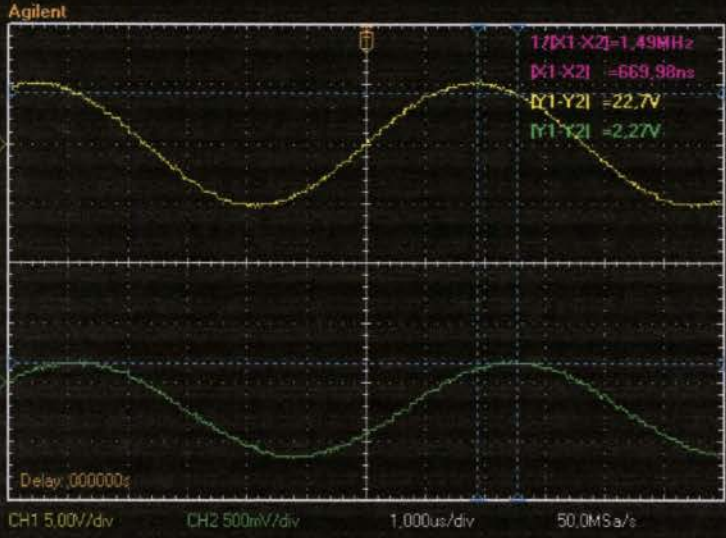
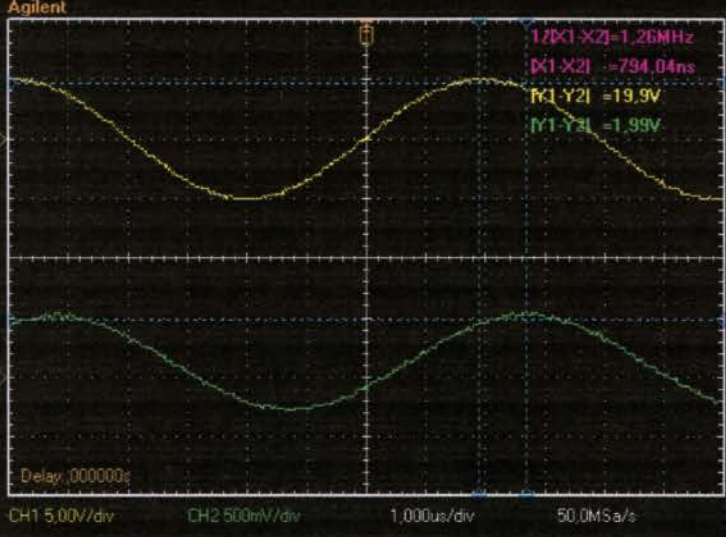
CH1
 $2,0 \cdot 10 \text{ V} = 20 \text{ V}$

CH2
 $5,1 \cdot 1 \text{ V} = 5,1 \text{ V}$

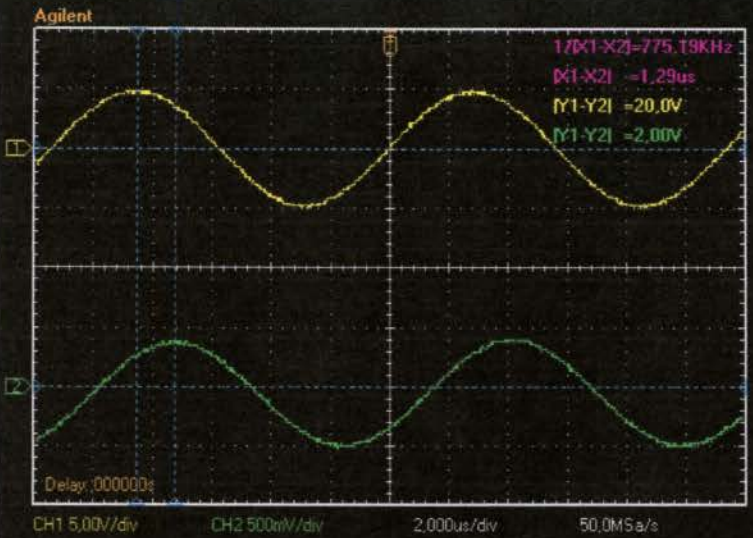
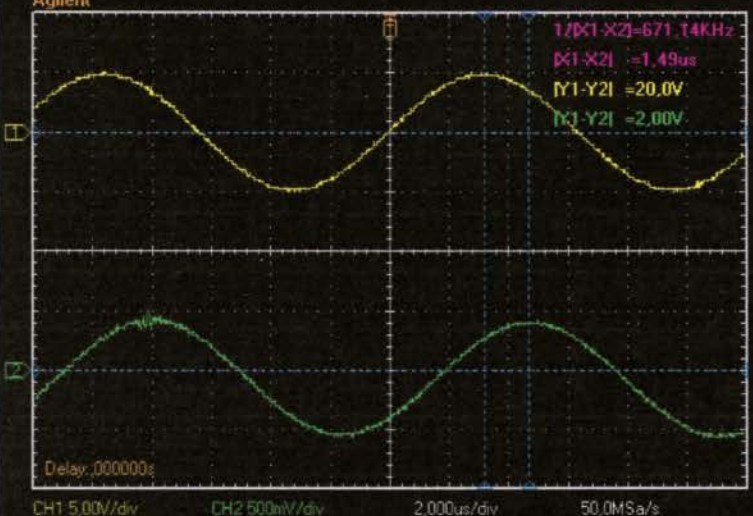
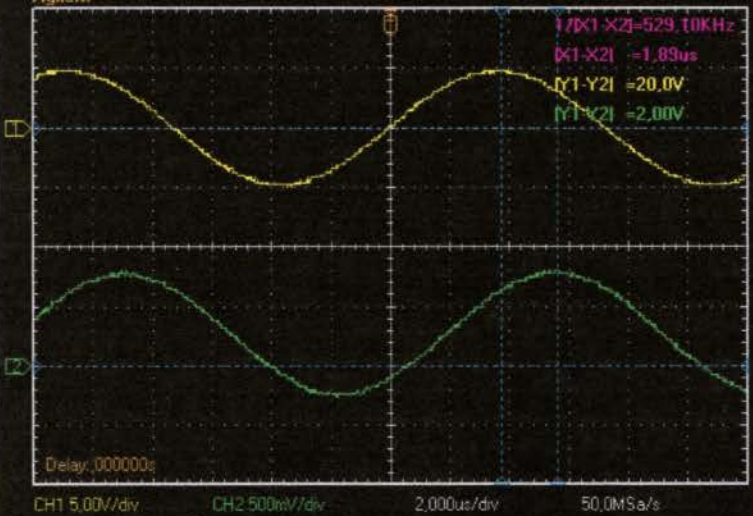
NHMA 4

A/A	f (KHz)	NHMA 4	V αντίστασης
1	200		<p>CH1 1,0*10V=10V</p> <p>CH2 0,8*1 V=0,8V</p>
2	190		<p>CH1 1,0*10V=10V</p> <p>CH2 0,8*1V=0,8V</p>

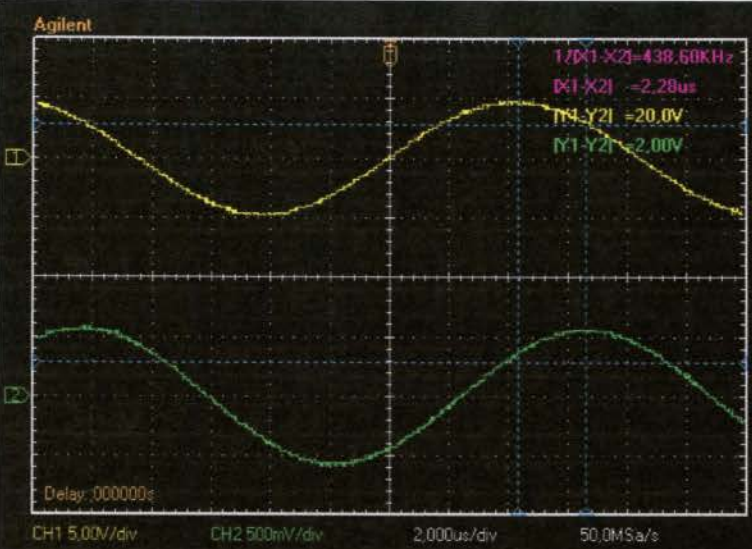
180	<p>Agilent</p> <p>17X1-X2=2.01MHz X1-X2 =496.28ns Y1-Y2 =39.0V Y1-Y2 =1.90V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 10.0V/div CH2 1.00V/div 2.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $1,0 \cdot 10V = 10V$</p> <p>CH2 $0,8 \cdot 1V = 0,8V$</p>
170	<p>Agilent</p> <p>17X1-X2=2.24MHz X1-X2 =446.65ns Y1-Y2 =18.9V Y1-Y2 =1.89V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 5.00V/div CH2 500mV/div 1.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,5 \cdot 0,005V = 0,0075$ V</p>
160	<p>Agilent</p> <p>17X1-X2=1.68MHz X1-X2 =595.53ns Y1-Y2 =18.7V Y1-Y2 =1.87V</p> <p>Delay: 0.000000s</p> <p>CH1 5.00V/div CH2 500mV/div 1.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $2,1 \cdot 5V = 10,5V$</p> <p>CH2 $1,5 \cdot 0,005$ V = 0,0075 V</p>

6	 <p>Agilent</p> <p>1/P1 X2=1.39MHz P1 X2=719.60ns M1 Y2=19.7V M1 Y2=1.97V</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 5.00V/div CH2 500mV/div 1.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,5 \cdot 0,005$ $V = 0,0075 V$</p>
7	 <p>Agilent</p> <p>1/P1 X2=1.49MHz P1 X2=669.98ns M1 Y2=22.7V M1 Y2=2.27V</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 5.00V/div CH2 500mV/div 1.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,6 \cdot 0,005V = 0,008$ V</p>
8	 <p>Agilent</p> <p>1/P1 X2=1.26MHz P1 X2=794.04ns M1 Y2=19.9V M1 Y2=1.99V</p> <p>Delay: 000000s</p> <p>CH1 5.00V/div CH2 500mV/div 1.000us/div 50.0MSa/s</p>	<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,6 \cdot 0,005V = 0,008$ V</p>

9		<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,6 \cdot 0,005V = 0,008$ V</p>
10		<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,8 \cdot 0,005V = 0,009$ V</p>
11		<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,7 \cdot 0,005V = 0,0085$ V</p>

2		<p>CH1 $1,9 \cdot 5V = 9,5V$</p> <p>CH2 $1,8 \cdot 0,005V = 0,009$ V</p>
13		<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $1,9 \cdot 0,005V = 0,0095$ V</p>
14		<p>CH1 $2,0 \cdot 5V = 10V$</p> <p>CH2 $2,1 \cdot 0,005V = 0,0105$ V</p>

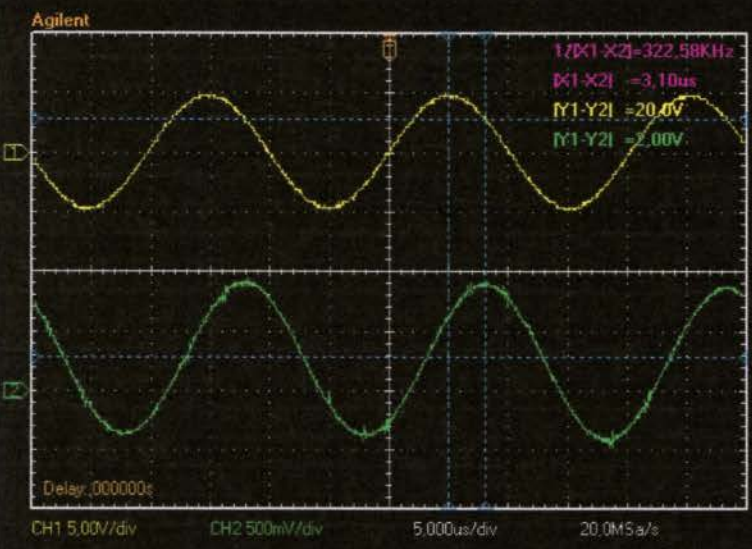
15 60



CH1
1,9*5V=9,5V

CH2
2,3*0,005V=0,0115
V

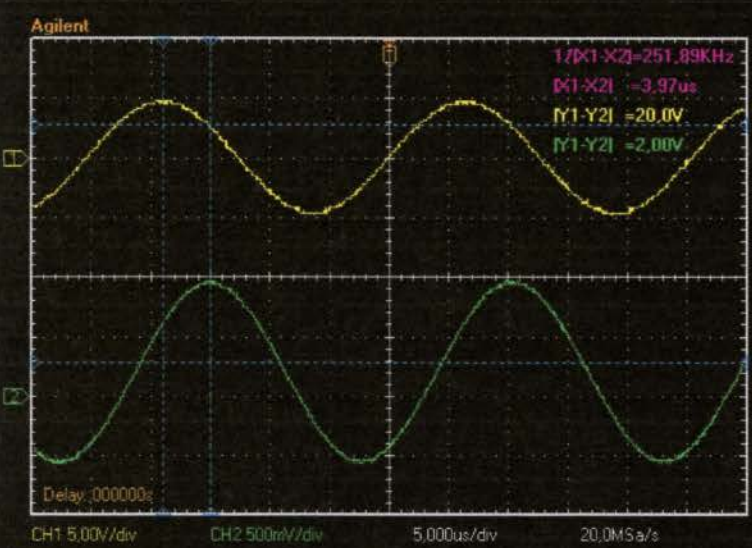
16 50



CH1
1,9*5V=9,5V

CH2
2,6*0,005V=0,013
V

17 40

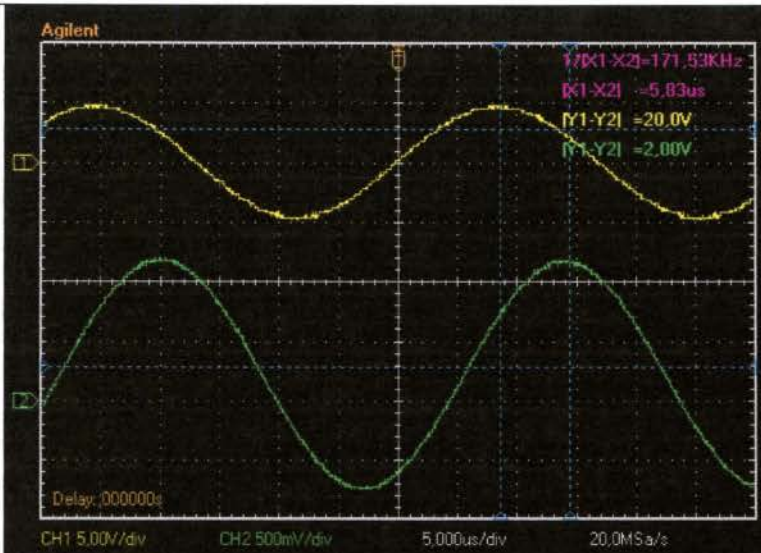


CH1
2,0*5V=10V

CH2
3,0*0,005V=0,015
V

18

30

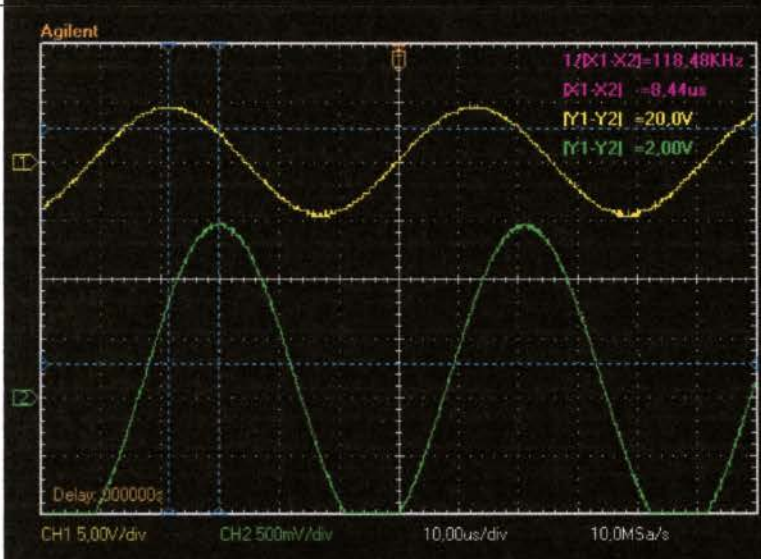


CH1
 $2,0 \cdot 5V = 10V$

CH2
 $3,9 \cdot 0,005V = 0,0195$
 V

19

20



CH1
 $2,0 \cdot 5V = 10V$

CH2
 $5,0 \cdot 0,005V = 0,025$
 V

Συνοπτικά οι μετρήσεις ήταν οι παρακάτω:

Πίνακας 4: Μετρήσεις τάσης νήματος 1 και νήματος 4

F(KHz)	ΝΗΜΑ 1		F(KHz)	ΝΗΜΑ 4	
	Voλ-ch1 (V)	Vv-ch2 (V)		Voλ-ch1 (V)	Vv-ch2 (V)
200	22	1,6	200	10	0,8
190	23	1,7	190	10	0,8
180	23	1,6	180	10	0,8
170	23	1,6	170	10	0,0075
160	22	1,6	160	10,5	0,0075
150	22	1,7	150	10	0,008
140	21	1,7	140	10	0,008
130	23	1,7	130	10	0,008
120	21	1,9	120	10	0,008
110	22	1,9	110	10	0,009
100	22	1,9	100	10	0,0085
90	21	2,0	90	9,5	0,009
80	21	2,2	80	10	0,0095
70	21	2,3	70	10	0,0105
60	22	2,5	60	9,5	0,0115
50	20	2,6	50	9,5	0,013
40	20	3,3	40	10	0,015
30	20	3,9	30	10	0,0195
20	20	5,1	20	10	0,025

Από τα προηγούμενα δεδομένα μπορεί να βρεθεί και η πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση. Η σύνδεση είναι σε σειρά οπότε

$$V_{ολ} = V_r + V_v$$

$$V_r = V_{ολ} - V_v$$

ΝΗΜΑ 1					ΝΗΜΑ 4				
F(KHz)	Vo _l -ch1 (V)	V _v -ch2 (V)		V _r (V)	F(KHz)	Vo _l -ch1 (V)	V _v -ch2 (V)		V _r (V)
200	22	1,6	22-1,6	20,4	200	10	0,8	10-0,8	9,2
190	23	1,7	23-1,7	21,3	190	10	0,8	10-0,8	9,2
180	23	1,6	23-1,6	21,4	180	10	0,8	10-0,8	9,2
170	23	1,6	23-1,6	21,4	170	10	0,0075	10-0,0075	9,9925
160	22	1,6	22-1,6	20,4	160	10,5	0,0075	10,5-0,0075	10,4925
150	22	1,7	22-1,7	20,3	150	10	0,008	10-0,008	9,992
140	21	1,7	21-1,7	19,3	140	10	0,008	10-0,008	9,992
130	23	1,7	23-1,7	21,3	130	10	0,008	10-0,008	9,992
120	21	1,9	21-1,9	19,1	120	10	0,008	10-0,008	9,992
110	22	1,9	22-1,9	20,1	110	10	0,009	10-0,009	9,991
100	22	1,9	22-1,9	20,1	100	10	0,0085	10-0,0085	9,9915
90	21	2,0	21-2,0	19,0	90	9,5	0,009	10-0,009	9,491
80	21	2,2	21-2,2	18,8	80	10	0,0095	10-0,0095	9,9905
70	21	2,3	21-2,3	18,7	70	10	0,0105	10-0,0105	9,9895
60	22	2,5	22-2,5	19,5	60	9,5	0,0115	9,5-0,0115	9,4885
50	20	2,6	20-2,6	17,4	50	9,5	0,013	9,5-0,013	9,487
40	20	3,3	20-3,3	16,7	40	10	0,015	10-0,015	9,985
30	20	3,9	20-3,9	16,1	30	10	0,0195	10-0,0195	9,9805
20	20	5,1	20-5,1	14,9	20	10	0,025	10-0,025	9,975

Γνωρίζοντας την πτώση τάσης που δίνει η ωμική αντίσταση (για κάθε συχνότητα) μπορεί να βρεθεί το ρεύμα I_r που διαρρέει την αντίσταση R σε κάθε συχνότητα.

$$I_r = V_r / R$$

ΝΗΜΑ 1				ΝΗΜΑ 4			
F(KHz)	V_r (V)	R	$I_r(\mu A)$	F(KHz)	V_r (V)	R	$I_r(\mu A)$
200	20,4	1000000	20,4	200	9,2	1000000	9,2
190	21,3	1000000	21,3	190	9,2	1000000	9,2
180	21,4	1000000	21,4	180	9,2	1000000	9,2
170	21,4	1000000	21,4	170	9,9925	1000000	9,9925
160	20,4	1000000	20,4	160	10,4925	1000000	10,4925
150	20,3	1000000	20,3	150	9,992	1000000	9,992
140	19,3	1000000	19,3	140	9,992	1000000	9,992
130	21,3	1000000	21,3	130	9,992	1000000	9,992
120	19,1	1000000	19,1	120	9,992	1000000	9,992
110	20,1	1000000	20,1	110	9,991	1000000	9,991
100	20,1	1000000	20,1	100	9,9915	1000000	9,9915
90	19,0	1000000	19,0	90	9,491	1000000	9,491
80	18,8	1000000	18,8	80	9,9905	1000000	9,9905
70	18,7	1000000	18,7	70	9,9895	1000000	9,9895
60	19,5	1000000	19,5	60	9,4885	1000000	9,4885
50	17,4	1000000	17,4	50	9,487	1000000	9,487
40	16,7	1000000	16,7	40	9,985	1000000	9,985
30	16,1	1000000	16,1	30	9,9805	1000000	9,9805
20	14,9	1000000	14,9	20	9,975	1000000	9,975

Το ρεύμα όμως που διαρρέει την αντίσταση είναι το ίδιο ρεύμα που διαρρέει όλο το κύκλωμα (γιατί είναι κύκλωμα σειράς), άρα και το νήμα.

$$I_r = I$$

Το νήμα από μόνο του αποτελεί αντίσταση και μάλιστα σύνθετη, γιατί παρουσιάζει αυτεπαγωγή (επειδή είναι αγωγίμο νήμα). Σύστημα με 2 νήματα παρουσιάζει χωρητικότητα.

Συνεπώς, η αντίσταση νήματος R_v μπορεί να βρεθεί γνωρίζοντας την πτώση τάσης του νήματος που δίνεται από το $CH2$ και γνωρίζοντας το ρεύμα I .

Άρα

$$R_v = V_v / I$$

NHMA 1				NHMA 4			
F(KHz)	Vv-ch2 (V)	I(μA)	Rv (Ω)	F(KHz)	Vv-ch2 (V)	I(μA)	Rv (Ω)
200	1,6	20,4	78.431,37	200	0,8	9,2	86.956,52
190	1,7	21,3	79.812,21	190	0,8	9,2	86.956,52
180	1,6	21,4	74.766,36	180	0,8	9,2	86.956,52
170	1,6	21,4	74.766,36	170	0,0075	9,9925	750,56
160	1,6	20,4	78.431,37	160	0,0075	10,4925	714,80
150	1,7	20,3	83.743,84	150	0,008	9,992	800,64
140	1,7	19,3	88.082,90	140	0,008	9,992	800,64
130	1,7	21,3	79.812,21	130	0,008	9,992	800,64
120	1,9	19,1	99.476,44	120	0,008	9,992	800,64
110	1,9	20,1	94.527,36	110	0,009	9,991	900,81
100	1,9	20,1	94.527,36	100	0,0085	9,9915	850,72
90	2,0	19,0	105.263,16	90	0,009	9,491	948,27
80	2,2	18,8	117.021,28	80	0,0095	9,9905	950,90
70	2,3	18,7	122.994,65	70	0,0105	9,9895	1.051,10
60	2,5	19,5	128.205,13	60	0,0115	9,4885	1.211,99
50	2,6	17,4	149.425,29	50	0,013	9,487	1.370,30
40	3,3	16,7	197.604,79	40	0,015	9,985	1.502,25
30	3,9	16,1	242.236,02	30	0,0195	9,9805	1.953,81
20	5,1	14,9	342.281,88	20	0,025	9,975	2.506,27

Η συνολική αντίσταση του κυκλώματος είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων, δηλαδή της ωμικής και του νήματος. Η αντίσταση του νήματος είναι σύνθετη, άρα και του ολική αντίσταση του κυκλώματος θα είναι σύνθετη. Η αντίσταση του κυκλώματος θα είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων, γιατί οι αντιστάσεις βρίσκονται σε σειρά.

Εύρεση διαφοράς φάσης

Το Δt δίνεται από τις μετρήσεις.

Η περίοδος T ισούται με $1/f$.

Η συχνότητα f δεν είναι σταθερή, άρα ούτε και η T .

Εφαρμόζουμε τον τύπο $T = 1/f$ και βρίσκουμε την περίοδο T σε κάθε συχνότητα f .

Έπειτα, με τη μέθοδο των τριών, γνωρίζοντας την T και το t βρίσκουμε τις μοίρες

Για $T =$, αντιστοιχούν 360°

Για $\Delta t =$, πόσες μοίρες αντιστοιχούν $\Delta\phi =$;

Νήμα 1

α/α	KHz	Δt(ns)	τ	Δφ (°)
1	200	431	0,0000050	31,0
2	190	446	0,0000053	30,5
3	180	397	0,0000056	25,7
4	170	496	0,0000059	30,4
5	160	496	0,0000063	28,6
6	150	645	0,0000067	34,8
7	140	645	0,0000071	32,5
8	130	744	0,0000077	34,8
9	120	843	0,0000083	36,4
10	110	1090	0,0000091	43,2
11	100	1170	0,0000100	42,1
12	90	1410	0,0000111	45,7
13	80	1590	0,0000125	45,8
14	70	2030	0,0000143	51,2
15	60	2530	0,0000167	54,6
16	50	2980	0,0000200	53,6
17	40	4170	0,0000250	60,0
18	30	5830	0,0000333	63,0
19	20	8560	0,0000500	61,6

Νήμα 4

α/α	KHz	Δt(ns)	τ	Δφ (°)
1	200	397	0,0000050	28,6
2	190	446	0,0000053	30,5
3	180	496	0,0000056	32,1
4	170	446	0,0000059	27,3
5	160	595	0,0000063	34,3
6	150	719	0,0000067	38,8
7	140	669	0,0000071	33,7
8	130	794	0,0000077	37,2
9	120	868	0,0000083	37,5
10	110	942	0,0000091	37,3
11	100	1190	0,0000100	42,8
12	90	1290	0,0000111	41,8
13	80	1490	0,0000125	42,9
14	70	1890	0,0000143	47,6
15	60	2280	0,0000167	49,2
16	50	3100	0,0000200	55,8
17	40	3970	0,0000250	57,2
18	30	5830	0,0000333	63,0
19	20	8440	0,0000500	60,8

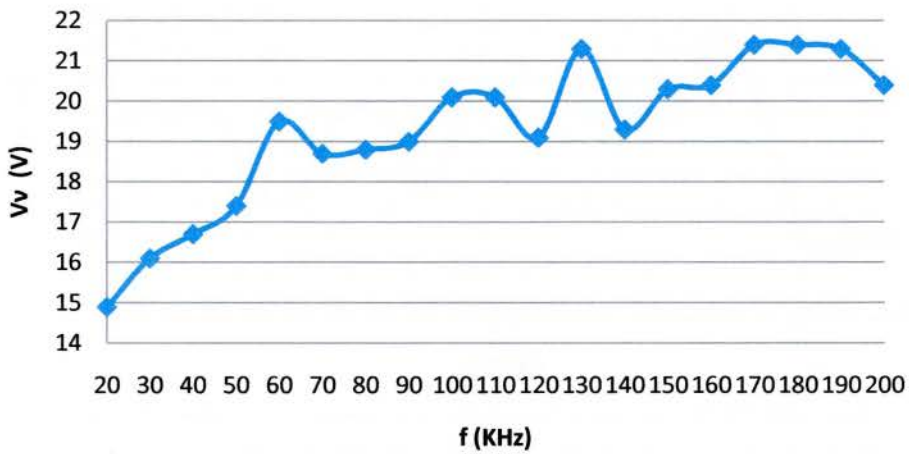
Για την εύρεση της αυτεπαγωγής χρησιμοποιείται ο τύπος

$$L = V_v / 2\pi f I$$

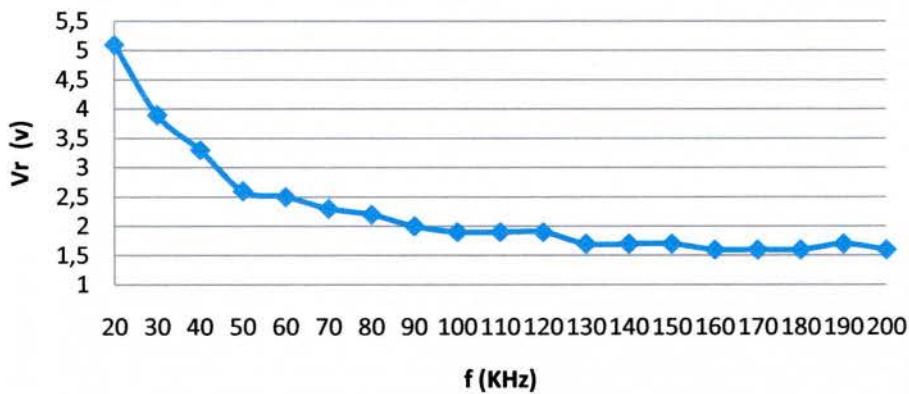
ΝΗΜΑ 1					ΝΗΜΑ 4				
F(KHz)	Vv- ch2 (V)	I(μA)	L (H)	L (μH)	F(KHz)	Vv- ch2 (V)	I(μA)	L (H)	L (μH)
200	1,6	20,4	0,0000624	62,45	200	0,8	9,2	0,0000692	69,23
190	1,7	21,3	0,0000669	66,89	190	0,8	9,2	0,0000729	72,88
180	1,6	21,4	0,0000661	66,14	180	0,8	9,2	0,0000769	76,93
170	1,6	21,4	0,0000700	70,03	170	0,0075	9,99	0,0000007	0,70
160	1,6	20,4	0,0000781	78,06	160	0,0075	10,49	0,0000007	0,71
150	1,7	20,3	0,0000889	88,90	150	0,008	9,992	0,0000008	0,85
140	1,7	19,3	0,0001002	100,19	140	0,008	9,992	0,0000009	0,91
130	1,7	21,3	0,0000978	97,76	130	0,008	9,992	0,0000010	0,98
120	1,9	19,1	0,0001320	132,00	120	0,008	9,992	0,0000011	1,06
110	1,9	20,1	0,0001368	136,84	110	0,009	9,991	0,0000013	1,30
100	1,9	20,1	0,0001505	150,52	100	0,0085	9,991	0,0000014	1,35
90	2,0	19,0	0,0001862	186,24	90	0,009	9,491	0,0000017	1,68
80	2,2	18,8	0,0002329	232,92	80	0,0095	9,990	0,0000019	1,89
70	2,3	18,7	0,0002798	279,79	70	0,0105	9,9895	0,0000024	2,39
60	2,5	19,5	0,0003402	340,25	60	0,0115	9,4885	0,0000032	3,22
50	2,6	17,4	0,0004759	475,88	50	0,013	9,487	0,0000044	4,36
40	3,3	16,7	0,0007866	786,64	40	0,015	9,985	0,0000060	5,98
30	3,9	16,1	0,0012858	1.285,7	30	0,0195	9,9805	0,0000104	10,37
20	5,1	14,9	0,0027252	2.725,1	20	0,025	9,975	0,0000200	19,95



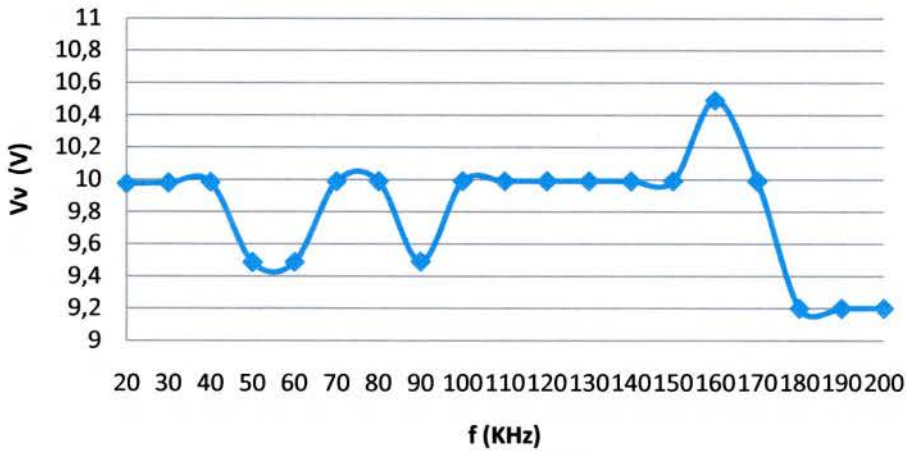
Τάση νήματος 1 συναρτήσει f



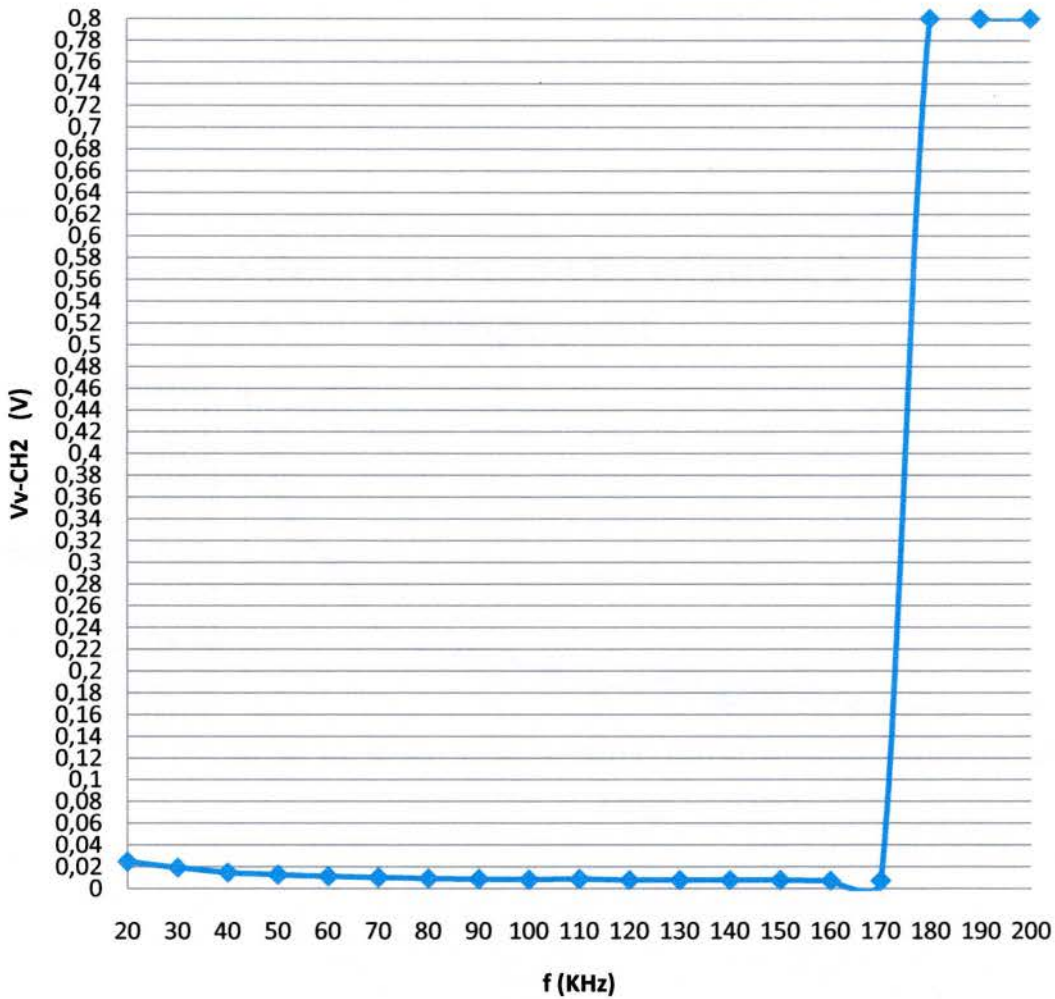
Πτώση τάσης συναρτήσει f για το νήμα 1



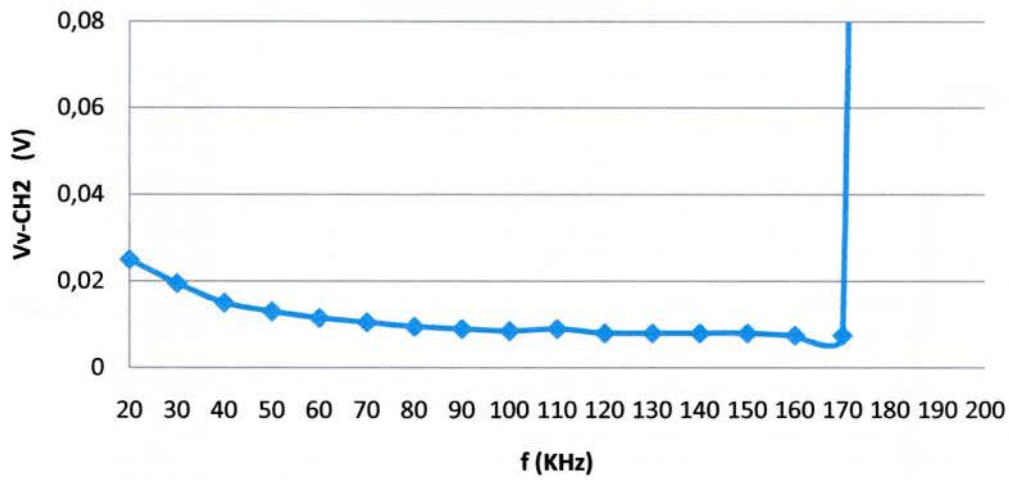
Τάση νήματος 4 συναρτήσει f



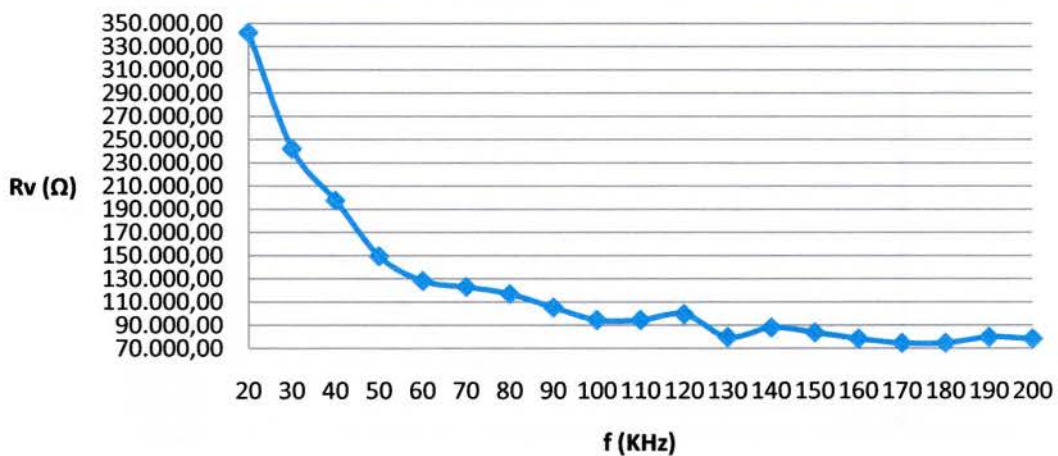
Πτώση τάσης συναρτήσει f για το νήμα 4



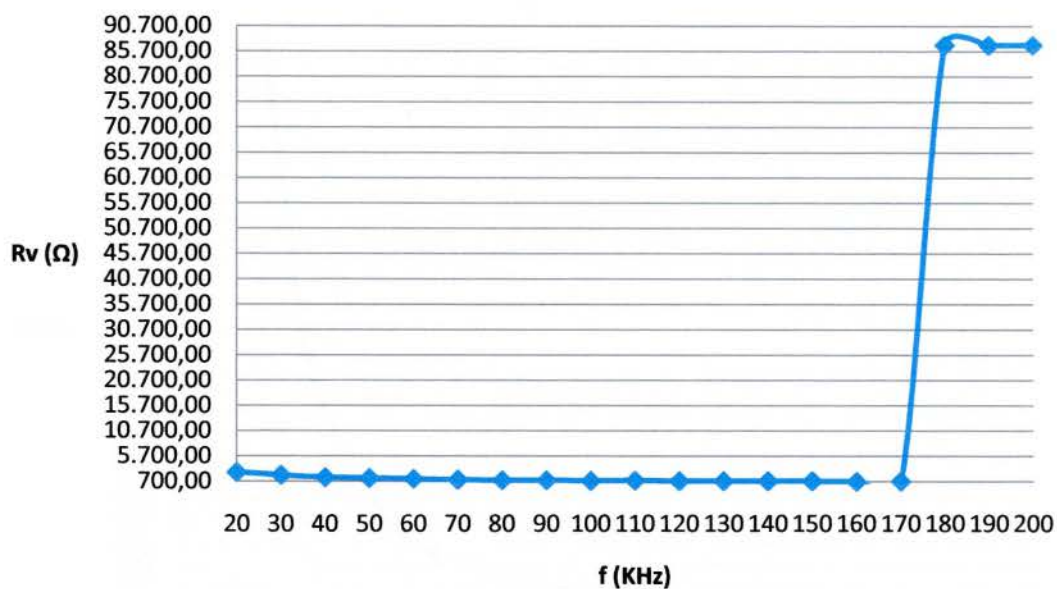
Πτώση τάσης συναρτήσει f για το νήμα 4



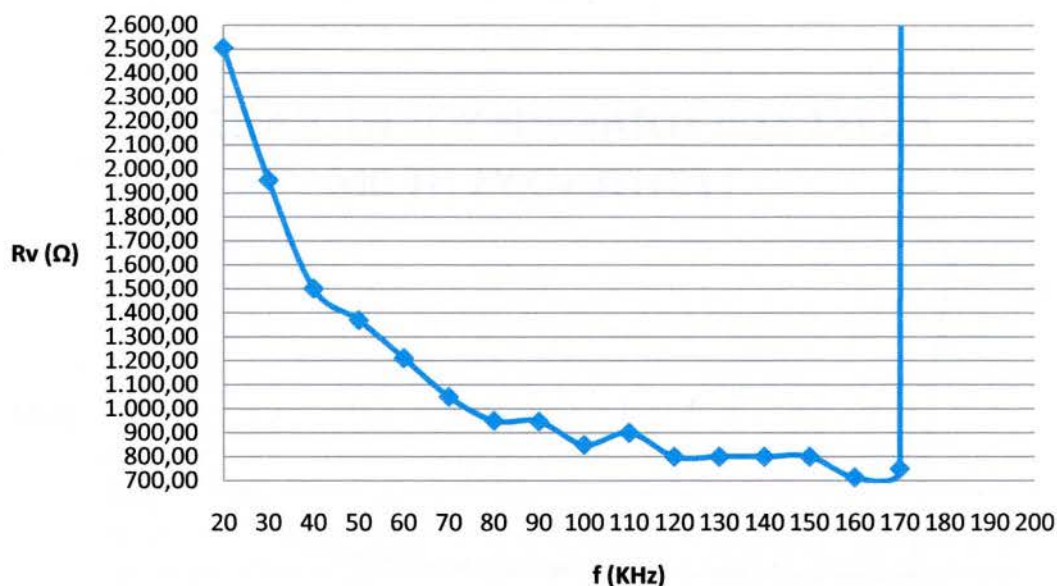
Σύνθετη αντίσταση R_v νήματος 1 συναρτήσει f



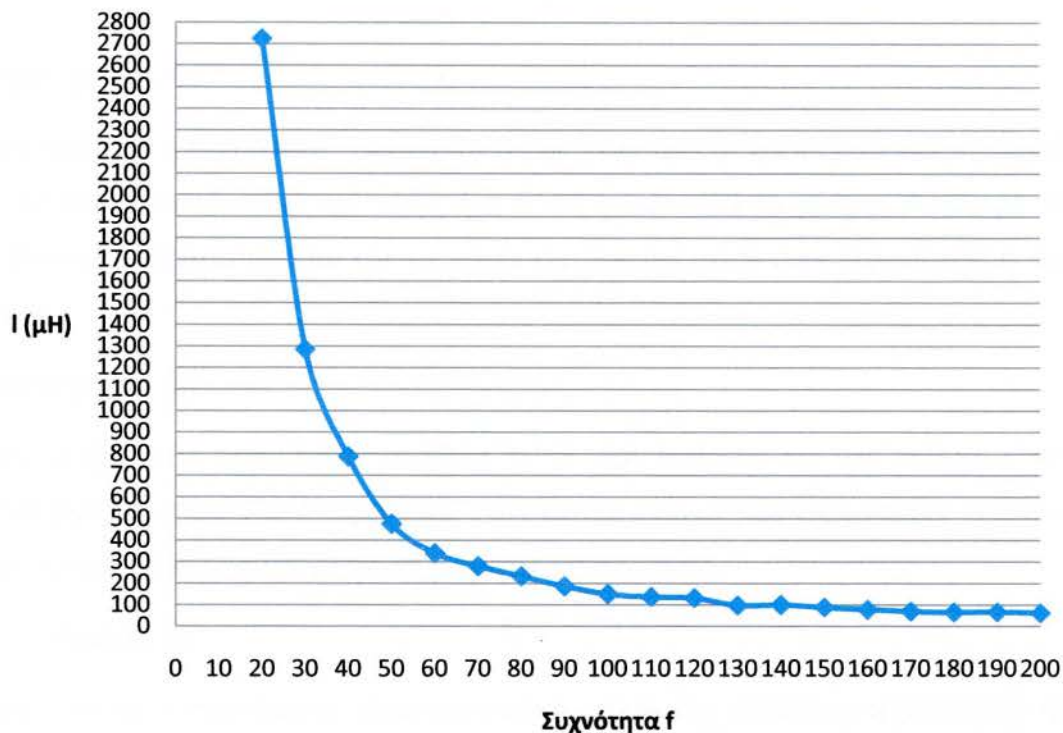
Σύνθετη αντίσταση R_v νήματος 4 συναρτήσεως f



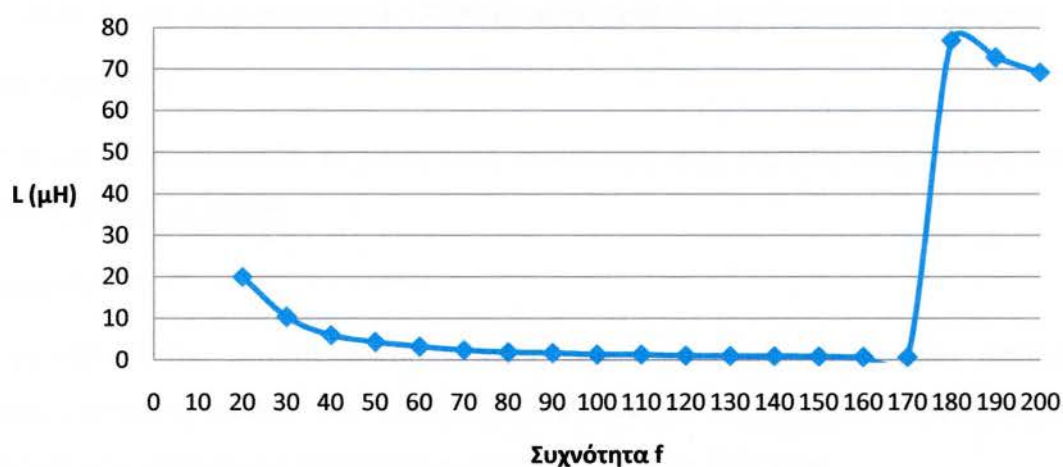
Σύνθετη αντίσταση R_v νήματος 4 συναρτήσεως f



ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ 1 ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f



ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ 4 ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ f



Παρατήρηση 1η

Όσο αυξάνει η συχνότητα μειώνεται η $\Delta\phi$. Η γωνία ϕ χρειάζεται για να βρεθεί αν το ρεύμα ακολουθεί την τάση ή η τάση ακολουθεί το ρεύμα. Ανάλογα την περίπτωση διαπιστώνεται αν το νήμα συμπεριφέρεται σαν πυκνωτής ή σαν πηνίο.

Παρατήρηση 2η

Όσο αυξάνει η συχνότητα αυξάνει η V_r και αυξάνει και το ρεύμα I που διαπερνά το νήμα. Αυτό οφείλεται στην αυτεπαγωγή των σύμμικτων νημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

Παρατήρηση 3η

Όσο αυξάνει η συχνότητα, τόσο μειώνεται η τιμή της σύνθετης αντίστασης του νήματος 1.

Παρατήρηση 4η

Το νήμα 4 παρουσιάζει μικρότερη αντίσταση σε σύγκριση με το νήμα 1, γιατί είναι πιο αγώγιμο.

Παρατήρηση 5η

Το νήμα 4 στις συχνότητες 80-170KHz παρουσιάζει τη μικρότερη αντίσταση.

Παρατήρηση 6^η

Το νήμα 4 παρουσιάζει περισσότερη αντίσταση στις υψηλές συχνότητες από ότι στις πολύ χαμηλές!

Παρατήρηση 7^η

Η μεταβολή της αυτεπαγωγής L ίσως οφείλεται στην παράλληλη ύπαρξη χωρητικοτήτων, οπότε δεν παρατηρείται καθαρή επαγωγική συμπεριφορά. Πιθανότατα υπάρχουν ενδοχωρητικότητες ανάμεσα στις ίνες.

Παρατήρηση 8^η

Το νήμα 1 παρουσιάζει μεγαλύτερη αυτεπαγωγή στις μικρές συχνότητες.

Παρατήρηση 9^η

Στις συνοπτικές μετρήσεις παρατηρείται η ύπαρξη τριών (3) εύρων ζωνών για το νήμα 1 και τριών (3) εύρων ζωνών για το νήμα 4. Σε κάθε εύρος ζώνης το νήμα έχει σταθερή συμπεριφορά.

Για το νήμα 1

KHz	Vv-CH2
180	1,6
170	1,6
160	1,6
150	1,7
140	1,7
130	1,7
120	1,9
110	1,9
100	1,9

Εύρος Ζώνης (Bandwidth) $B = \text{Μέγιστη Συχνότητα} - \text{Ελάχιστη Συχνότητα}$

$$B_1 = (180-160) \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$$

$$B_2 = (150-130) \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$$

$$B_3 = (120-100) \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$$

Μέση Συχνότητα Συντονισμού Νήματος

$$Mf = [(\text{Μέγιστη Συχνότητα} - \text{Ελάχιστη Συχνότητα}) / 2] + \text{Ελάχιστη Συχνότητα}$$

$$Mf_1 = [(180-160) \text{ KHz} / 2] + 160 \text{ KHz} = 170 \text{ KHz}$$

$$Mf_2 = [(150-130) \text{ KHz} / 2] + 130 \text{ KHz} = 140 \text{ KHz}$$

$$Mf_3 = [(120-100) \text{ KHz} / 2] + 100 \text{ KHz} = 110 \text{ KHz}$$

Για το νήμα 4

KHz	Vv-CH2
200	0,8
190	0,8
180	0,8
170	0,0075
160	0,0075
150	0,008
140	0,008
130	0,008
120	0,008

Εύρος Ζώνης (Bandwidth) $B = \text{Μέγιστη Συχνότητα} - \text{Ελάχιστη Συχνότητα}$

$$B_1 = (200-180) \text{ KHz} = 20 \text{ KHz}$$

$$B_2 = (170-160) \text{ KHz} = 10 \text{ KHz}$$

$$B_3 = (150-120) \text{ KHz} = 30 \text{ KHz}$$

Μέση Συχνότητα Συντονισμού Νήματος

$$Mf = [(\text{Μέγιστη Συχνότητα} - \text{Ελάχιστη Συχνότητα}) / 2] + \text{Ελάχιστη Συχνότητα}$$

$$Mf_1 = [(200-180) \text{ KHz} / 2] + 180 \text{ KHz} = 190 \text{ KHz}$$

$$Mf_1 = [(170-160) \text{ KHz} / 2] + 160 \text{ KHz} = 165 \text{ KHz}$$

$$Mf_1 = [(150-120) \text{ KHz} / 2] + 120 \text{ KHz} = 135 \text{ KHz}$$

6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός:

Ο έλεγχος της χωρητικής συμπεριφοράς των αγωγίμων νημάτων.

Υλικά:

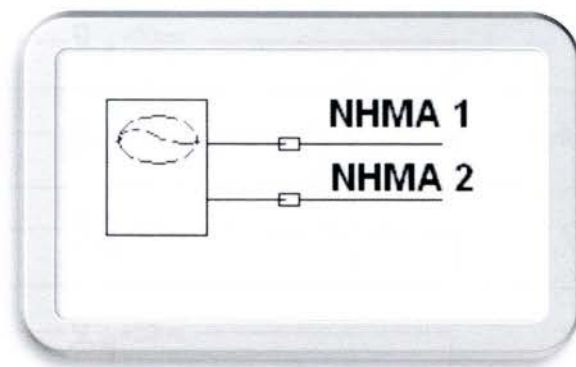
Τα νήματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατασκευασμένα από αγωγίμες ίνες και είναι τοποθετημένα με κολλητική ταινία πάνω σε χαρτί. Τα νήματα ποικίλουν σε μήκος και είναι σύμμικτα. Το νήμα 1, το νήμα 2 και το νήμα Α είναι μονόκλωνα. Όλα τα νήματα αποτελούνται από ίνες από ακρυλικό και επικασσιτερωμένο ακρυλικό. Παρασκευάστηκαν στην Κεντρική Ασία πριν χρόνια κυρίως για εφαρμογές στρατού και θέρμανσης.

Διαδικασία:

Χρησιμοποιήθηκε το όργανο Atlas LCR 40 της εταιρίας PEAK. Η μέτρηση έγινε στο εναλλασσόμενο ρεύμα και η συχνότητα ήταν σταθερή στα 200KHz. Το όργανο έχει δύο κροκοδειλάκια για τις μετρήσεις της χωρητικότητας. Τα νήματα είναι έτσι τοποθετημένα ώστε να είναι παράλληλα μεταξύ τους σχηματίζονται οπλισμούς πυκνωτή.



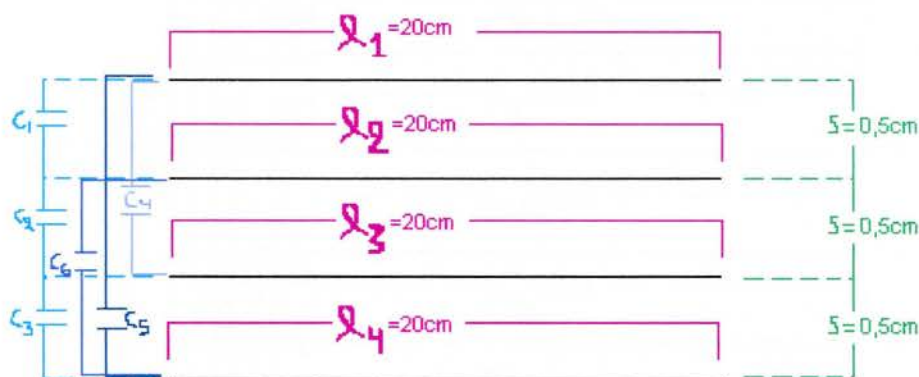
Εικόνα 14: Όργανο Atlas LCR LCR40 [58]



Σχήμα 7 : Κύκλωμα πειράματος χωρητικής συμπεριφοράς νημάτων

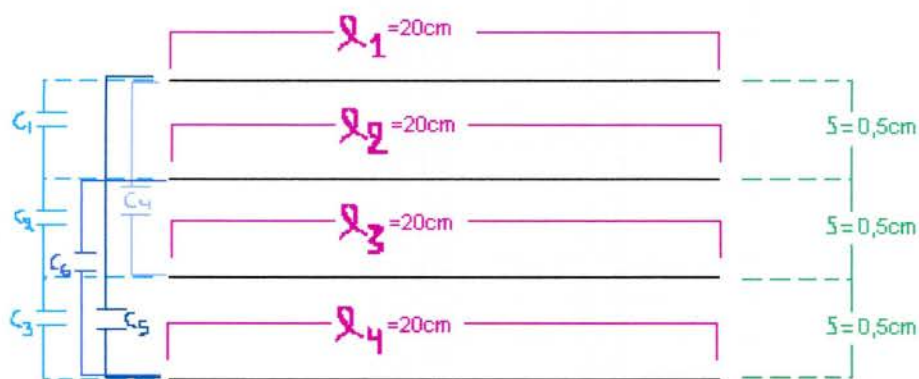
Το ένα κροκοδειλάκι ακουμπούσε το ένα νήμα και το άλλο κροκοδειλάκι τα παράλληλα νήματα του πρώτου. Η χωρητικότητα αναγραφόταν αυτόματα στην οθόνη του οργάνου.

Η σχηματική αναπαράσταση των μετρήσεων δίνεται από τα σχήματα που ακολουθούν. Κάτω από το σχήμα αναγράφεται το νήμα που χρησιμοποιήθηκε καθώς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων της χωρητικότητας.



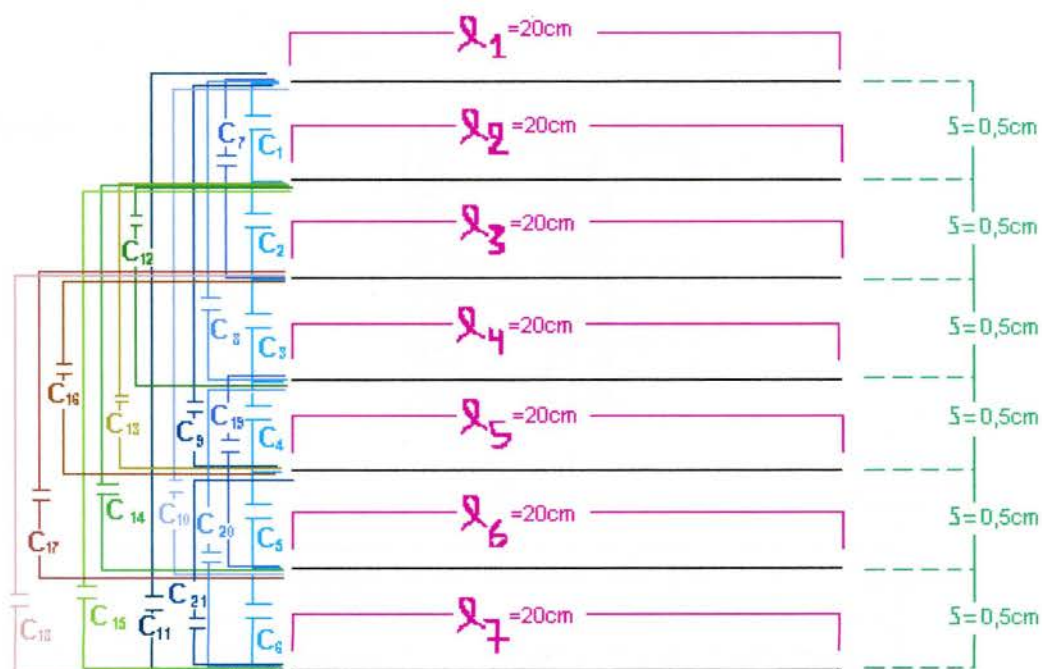
NHMA 2 - ΣΧΗΜΑ 1

C	pF
C ₁	2,8
C ₂	2,4
C ₃	1,2
C ₄	2,0
C ₅	0,8
C ₆	2,0



ΝΗΜΑ 1- ΣΧΗΜΑ 2

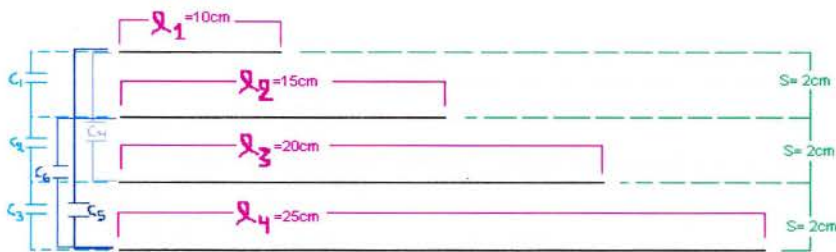
C	pF
C ₁	1,4
C ₂	0,6
C ₃	0,8
C ₄	0,6
C ₅	0,4
C ₆	0,8



ΝΗΜΑ Α – ΣΧΗΜΑ 3

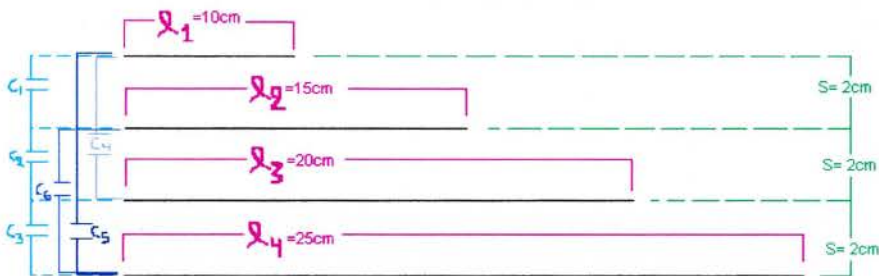
C	PF
C1	4,0
C2	3,8
C3	3,8
C4	3,5
C5	3,4
C6	3,2
C7	2,8
C8	2,5

C9	2,0
C10	1,8
C11	1,7
C12	1,2
C13	1,3
C14	0,9
C15	1,8
C16	2,9
C17	0,8
C18	1,0
C19	2,4
C20	2,0
C21	2,3



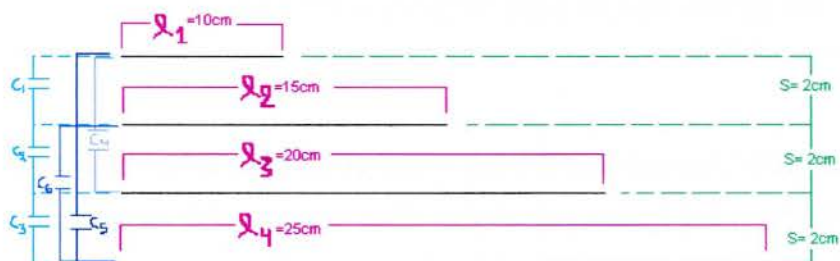
ΝΗΜΑ 1 – ΣΧΗΜΑ 4

C	pF
C ₁	0,8
C ₂	0,8
C ₃	0,8
C ₄	0,8
C ₅	1,0
C ₆	1,0



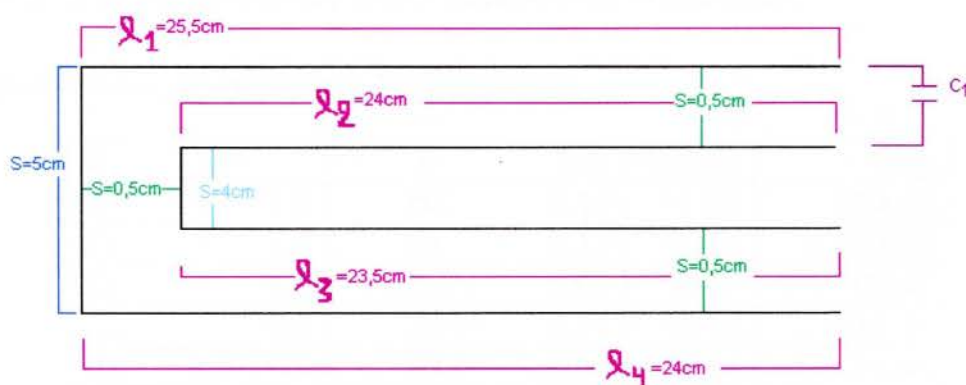
ΝΗΜΑ2 – ΣΧΗΜΑ 5

C	pF
C ₁	0,2
C ₂	1,5
C ₃	0,2
C ₄	0,2
C ₅	0,8
C ₆	0,2



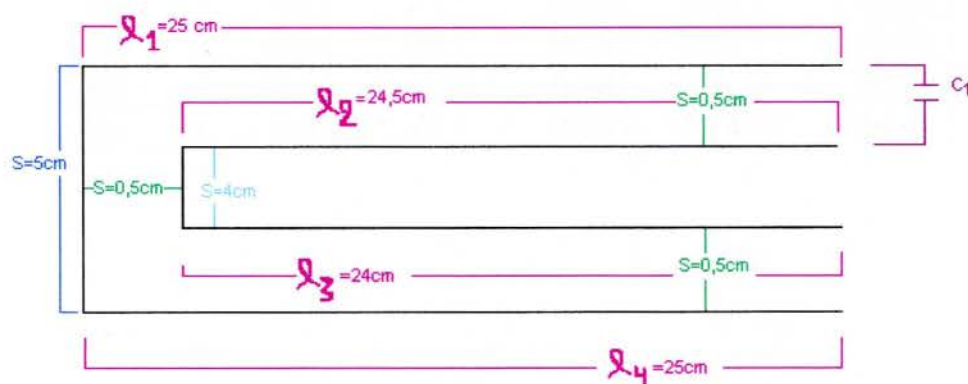
ΝΗΜΑ Α – ΣΧΗΜΑ 6

C	pF
C ₁	0,8
C ₂	1,6
C ₃	2,5
C ₄	0,7
C ₅	0,2
C ₆	1,2



ΝΗΜΑ2 – ΣΧΗΜΑ 7

C	pF
C ₁	0,4



ΝΗΜΑ1 – ΣΧΗΜΑ 7

C	pF
C ₁	0,8

Όπως φαίνεται από τα σχήματα μετρήθηκε η χωρητικότητα C_1, C_2, \dots, C_n ανάμεσα σε δύο νήματα κάθε φορά. Το μήκος l και η απόσταση μεταξύ των νημάτων (οπλισμών) S αναγράφεται και αυτό στο σχήμα. Οπότε

για το Σχήμα 1 – Νήμα 2 ισχύει

Το Νήμα 2 με μέσο μήκος οπλισμών 18cm παρουσιάζει χωρητικότητα $C_1 = 2,8\text{pF}$

Το Νήμα 2 αν είχε μέσο μήκος 1cm τι χωρητικότητα παρουσιάζει;

Το Νήμα 2 αν είχε μέσο μήκος 1m τι χωρητικότητα παρουσιάζει;

Το Νήμα 2 αν είχε μέσο μήκος 1Km τι χωρητικότητα παρουσιάζει;

Ομοίως και για τις υπόλοιπες Χωρητικότητες .

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C_1	2,8	20	0,16	15,56	155,56
C_2	2,4	20	0,13	13,33	133,33
C_3	1,2	20	0,07	6,67	66,67
C_4	2,0	20	0,11	11,11	111,11
C_5	0,8	20	0,04	4,44	44,44
C_6	2,0	20	0,11	11,11	111,11

Ομοίως και για τα υπόλοιπα Νήματα

Νήμα 1- Σχήμα 2

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C_1	1,4	20	0,08	7,78	77,78
C_2	0,6	20	0,03	3,33	33,33
C_3	0,8	20	0,04	4,44	44,44
C_4	0,6	20	0,03	3,33	33,33
C_5	0,4	20	0,02	2,22	22,22
C_6	0,8	20	0,04	4,44	44,44

Νήμα Α – Σχήμα 3

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C ₁	4,0	20	0,22	22,22	222,22
C ₂	3,8	20	0,21	21,11	211,11
C ₃	3,8	20	0,21	21,11	211,11
C ₄	3,5	20	0,19	19,44	194,44
C ₅	3,4	20	0,19	18,89	188,89
C ₆	3,2	20	0,18	17,78	177,78
C ₇	2,8	20	0,16	15,56	155,56
C ₈	2,5	20	0,14	13,89	138,89
C ₉	2,0	20	0,11	11,11	111,11
C ₁₀	1,8	20	0,10	10,00	100,00
C ₁₁	1,7	20	0,09	9,44	94,44
C ₁₂	1,2	20	0,07	6,67	66,67
C ₁₃	1,3	20	0,07	7,22	72,22
C ₁₄	0,9	20	0,05	5,00	50,00
C ₁₅	1,8	20	0,10	10,00	100,00
C ₁₆	2,9	20	0,16	16,11	161,11
C ₁₇	0,8	20	0,04	4,44	44,44
C ₁₈	1,0	20	0,06	5,56	55,56
C ₁₉	2,4	20	0,13	13,33	133,33
C ₂₀	2,0	20	0,11	11,11	111,11
C ₂₁	2,3	20	0,13	12,78	127,78

Νήμα 1 – Σχήμα 4

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C ₁	0,80	12,5	0,04	4,44	44,44
C ₂	0,80	17,5	0,04	4,44	44,44
C ₃	0,80	22,5	0,04	4,44	44,44
C ₄	0,80	15,0	0,04	4,44	44,44
C ₅	1,00	17,5	0,06	5,56	55,56
C ₆	1,00	20,0	0,06	5,56	55,56

Νήμα 2 – Σχήμα 5

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C₁	0,20	12,50	0,01	1,11	11,11
C₂	1,50	17,50	0,08	8,33	83,33
C₃	0,20	22,50	0,01	1,11	11,11
C₄	0,20	15,00	0,01	1,11	11,11
C₅	0,80	17,50	0,04	4,44	44,44
C₆	0,20	20,00	0,01	1,11	11,11

Νήμα Α – Σχήμα 6

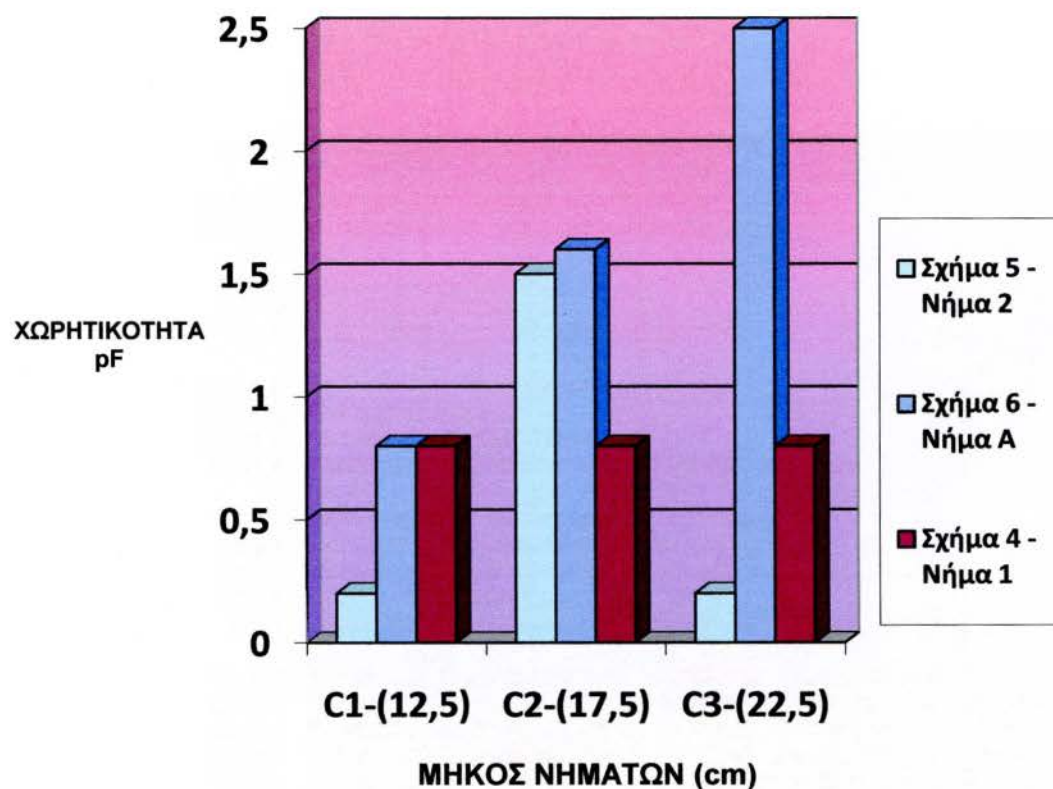
C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C₁	0,80	12,50	0,04	4,44	44,44
C₂	1,60	17,50	0,09	8,89	88,89
C₃	2,50	22,50	0,14	13,89	138,89
C₄	0,70	15,00	0,04	3,89	38,89
C₅	0,20	17,50	0,01	1,11	11,11
C₆	1,20	20,00	0,07	6,67	66,67

Νήμα 2 – Σχήμα 7

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C₁	0,40	53,00	0,02	2,22	22,22

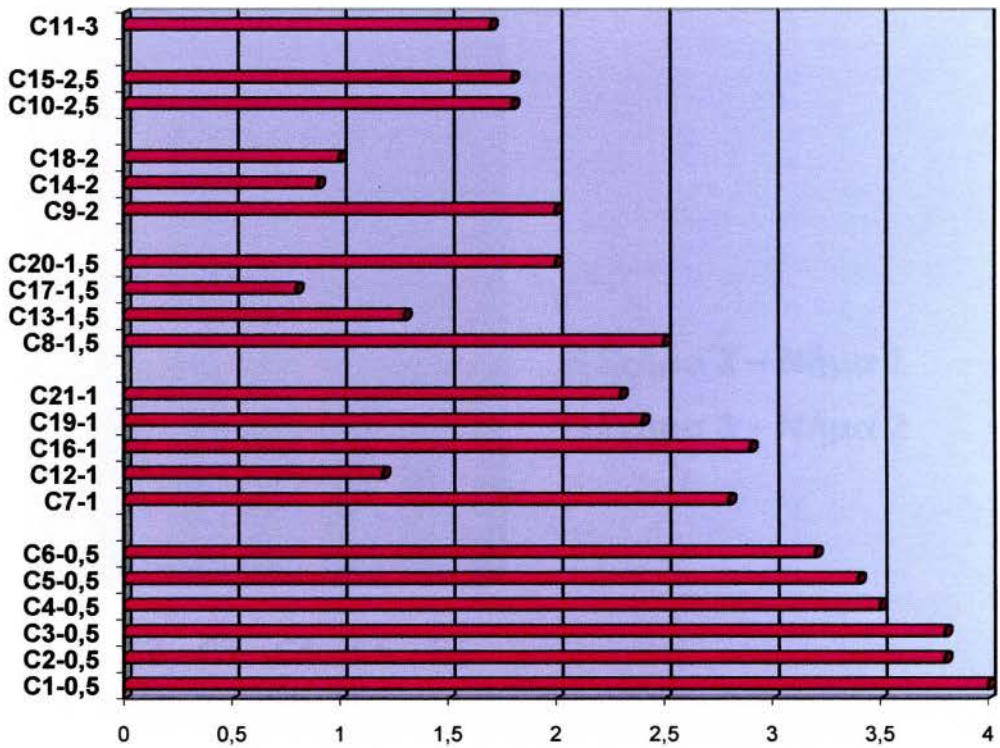
Νήμα 1 – Σχήμα 8

C	pF	S	1cm	100cm	1Km
C₁	0,80	53,25	0,04	4,44	44,44

Γράφημα 1**ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ
ΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ (ΟΠΛΙΣΜΩΝ) ΚΑΙ ΜΕ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ 2cm ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ**

Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

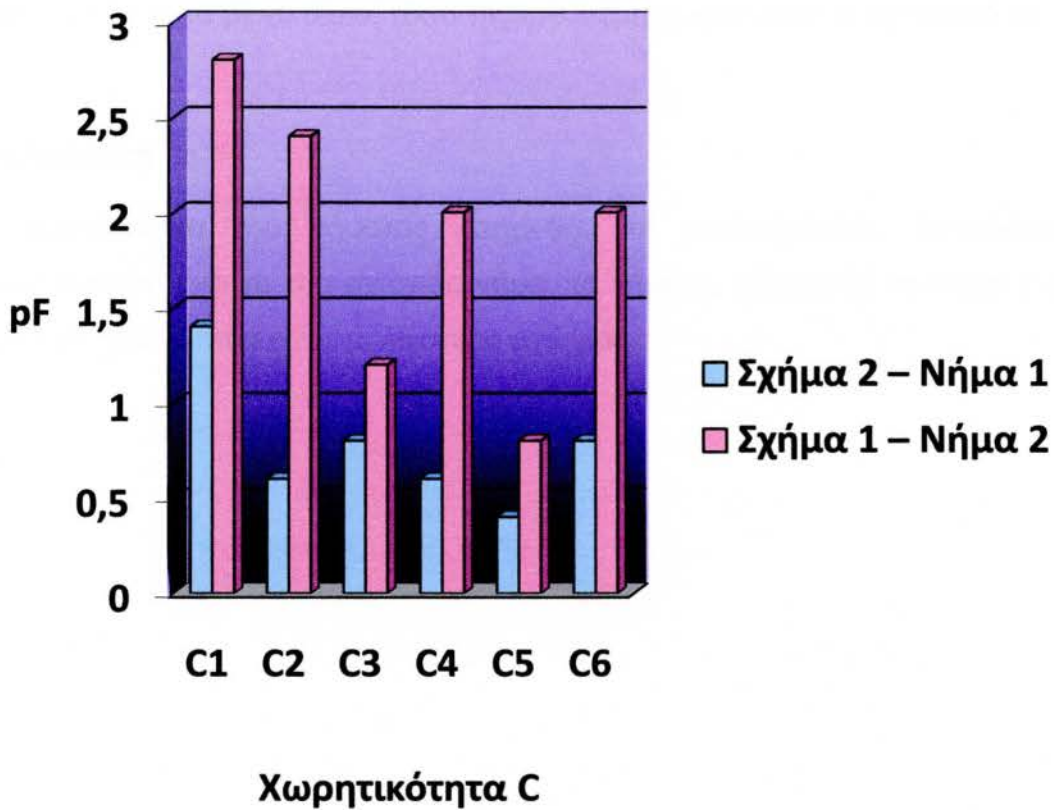
ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΜΕΤΑΞΥ
ΟΠΛΙΣΜΩΝ
(cm)



ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
(pF)

■ Σχήμα 3 - Νήμα Α

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΝΗΜΑΤΟΣ 1 ΚΑΙ ΝΗΜΑΤΟΣ 2 ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ



Στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι η προσπάθεια μελέτης για τη δημιουργία ενός πολυλειτουργικού ρούχου στο μέλλον, το οποίο θα έχει την ικανότητα να προστατεύει τον άνθρωπο από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Ο λόγος για τη σκέψη αυτή είναι η αύξηση της η/μ ακτινοβολίας αυτής εξαιτίας της ευρείας χρήσης ηλεκτρονικών συσκευών που την εκπέμπουν και κυρίως οι κεραιές κινητής τηλεφωνίας που ο τεχνολογικά αναπτυγμένος πολιτισμός επιβάλλει στον άνθρωπο.

Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε το πείραμα του τέταρτου κεφαλαίου όπου ύφασμα με αγωγή νήμα εκτέθηκε στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε έκπεμπε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκεκριμένης ισχύος μέσα από μία χοάνη και από την άλλη υπήρχε μία άλλη χοάνη η οποία λειτουργούσε ως δέκτης. Το ύφασμα τοποθετήθηκε ανάμεσα στις δύο χοάνες και παρατηρήθηκε ότι μείωνε την ισχύ των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Από το πείραμα αυτό εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα. Πρώτον, ότι η ισχύς των κυμάτων μειώνεται περισσότερο όταν η πόλωση των νημάτων του υφάσματος είναι παράλληλη και δε δημιουργείται γωνία. Επιπλέον, όσο πιο αγωγή είναι τα νήματα τόσο βελτιώνεται η θωράκιση από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι και η απόσταση μεταξύ των νημάτων. Η πιο μικρή απόσταση πρόσφερε καλύτερη προστασία. Τέλος, έχει σημασία η γραμμική πυκνότητα του αγωγίμου νήματος, γιατί παρατηρήθηκε ότι όταν είναι δύο νήματα μαζί ή σε σημεία που το νήμα είχε χοντρό σημείο, αυξανόταν η μείωση της ισχύος.

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στην επιθυμία για περισσότερες πληροφορίες για τα αγωγή νήματα και για αυτό ακολούθησε η έρευνα για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των νημάτων.

Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε κύκλωμα σειράς RLC με μία γεννήτρια, το νήμα και αντίσταση 1Ω . Η συχνότητα μεταβαλλόταν ανά 10 KHz με σκοπό να μετρηθεί η αντίσταση του νήματος. Επειδή, η αντίσταση του νήματος θα ήταν πολύ μικρή και δύσκολο να μετρηθεί, γιαυτό και τοποθετήθηκε η αντίσταση που προαναφέρθηκε, ώστε να διαπιστωθεί μέσω μαθηματικών πράξεων. Βάσει των δεδομένων, δηλαδή της συχνότητας, της τάσης εισόδου και της

τάσης εξόδου προκύπτει η τιμή της πτώσης τάσης. Εκ του νέου δεδομένου προκύπτει το ρεύμα το οποίο διαρρέει την αντίσταση και το οποίο έχει την ίδια τιμή με το ρεύμα του κυκλώματος, γιατί είναι κύκλωμα σειράς. Γνωρίζοντας το ρεύμα βρέθηκε και η αντίσταση του νήματος σε κάθε συχνότητα. Η αντίσταση του νήματος είναι εξαρτημένη από την αγωγιμότητα του νήματος αυτού. Όσο πιο αγωγίμο είναι το νήμα, τόσο πιο μικρή αντίσταση παρουσιάζει.

Μία παρατήρηση που αξίζει να αναφερθεί στα μέχρι τώρα δεδομένα είναι η αύξηση του ρεύματος και της πτώσης τάσης στην ωμική αντίσταση. Αυτή η αύξηση οφείλεται στην αυτεπαγωγή του υλικού και γιαυτό μελετήθηκε και η αυτεπαγωγή των νημάτων, αλλά μόνο σε θεωρητικό επίπεδο. Όσον αφορά στην αυτεπαγωγή διαπιστώθηκε πως το ένα νήμα παρουσίαζε μεγαλύτερη αυτεπαγωγή στις μικρές συχνότητες και το άλλο ότι είχε μεγάλη διαφορά στις τιμές της αυτεπαγωγής στις πιο υψηλές συχνότητες. Η μεταβολή αυτή μπορεί να οφείλεται στην ύπαρξη ενδοχωρητικοτήτων των ινών. Η διαφορά στις τιμές αποτελεί ένδειξη διαγωγιμότητας και το νήμα ίσως να μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως υπεραγωγός.

Η χρήση των υπεραγωγών είναι ποικίλη. Εκτός από τη γνωστή εφαρμογή τους στις μαγνητικές ακρινογραφίες, προσφέρουν σταθερή ενέργεια και χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρονικά φίλτρα τα οποία μπορούν να μπλοκάρουν τις μη επιθυμητές συχνότητες και να ενισχύσουν τις επιθυμητές.

Εξίσου σημαντική διαπίστωση είναι και αυτή που αφορά στο πρώτο νήμα σχετικά με τη μείωση της τιμής της σύνθετης αντίστασης όσο αυξάνει η συχνότητα.

Τέλος, στο πείραμα αυτό ερευνήθηκε και η διαφορά της γωνίας φ , η $\Delta\varphi$, με σκοπό να εξετασθεί αν τα νήματα λειτουργούν ως πυκνωτής ή ως πηνίο. Γιατί, ως γνωστόν στον πυκνωτή το ρεύμα προηγείται της τάσης κατά 90° και στο πηνίο το περιστρεφόμενο διάνυσμα φάσης της τάσης προηγείται του ρεύματος κατά 90° . Αυτό που διαπιστώθηκε ήταν ότι η $\Delta\varphi$ επηρεάζεται από τη συχνότητα και στα δύο νήματα.

Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκε ένα ακόμη πείραμα, ώστε να ελεγχθεί η χωρητική συμπεριφορά των αγωγίμων νημάτων. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ανέγραφε απευθείας τη χωρητικότητα του νήματος. Στο πείραμα αυτό διαπιστώθηκε ότι η χωρητικότητα και στα αγωγίμα νήματα επηρεάζεται από την απόσταση μεταξύ των σπλισμών και το μήκος τους. Το

διηλεκτρικό υλικό ήταν το ίδιο και η διατομή των νημάτων φαίνεται να είναι η ίδια. Σημαντική αιτία διαφοράς στη χωρητικότητα ανάμεσα σε δύο νήματα που πληρούν ίδιες όλες τις άλλες προδιαγραφές είναι η αγωγιμότητα. Το πιο αγωγίμο νήμα είχε και μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Εν κατακλείδι, τα αγωγήμα νήματα αποτελούν προσοδοφόρο έδαφος για έρευνα, αλλά και για χρήση. Από την ερευνητική εργασία της παρούσας πτυχιακής δίνεται η ιδέα να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα της χρήσης των νημάτων αυτών ως κεραίες. Τα αγωγήμα νήματα μπορούν να συντονιστούν με την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή μπορεί να την μειώνουν. Μπορούν να την ανακλάσουν ή να την απορροφήσουν. Ένα ρούχο που την ανακλά θα μπορούσε να χρησιμεύσει στους ορειβάτες, αν τύχει και βρεθούν κάτω από τα χιόνια, σε σπηλαιολόγους αν εγκλωβιστούν. Γενικότερα μπορούν φτιαχτούν κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα τόσο χρήσιμα όσο και η ανθρώπινη ζωή. Αν πάλι απορροφούν την ακτινοβολία, τότε θυμίζει την τεχνολογία των «stealth», όπως αυτή των πολεμικών αεροπλάνων και να εφαρμοστούν σε ρούχα για το στρατό. Σε γενικές γραμμές μπορεί να εφαρμοστούν στην προστασία των ανθρώπων από την ακτινοβολία, ειδικά εκείνων που εργάζονται σε ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Μόνο που με την περίπτωση της ανάκλασης χρειάζεται προσοχή γιατί ένα ρούχο τσαλακώνεται και κάνει γωνίες ή καμπύλες όταν φοριέται.

Βέβαια, τα αγωγήμα νήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πιο απλές εφαρμογές αφού μπορούν και λειτουργούν ως πυκνωτές. Διότι σε όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές υπάρχουν πυκνωτές. Το θέμα, όμως, που δημιουργείται με τα αγωγήμα νήματα είναι η επεξεργασία τους, ο εξευγενισμός τους και η βαφή τους. Αυτό είναι ένα ακόμη θέμα που διερευνάται και οι εταιρίες πειραματίζονται, ώστε να επιτύχουν το ιδανικό νήμα-αγωγή.

1. Δρ Θάνος Πέππας: «Σημειώσεις για το μάθημα Ίνες», ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, 2007, σελ. 4
2. T.Rowe, K.p. Busby, J.R. Halfpenney, D.A. Holmes: «Εισαγωγή στην Κλωστοϋφαντουργία, Τόμος Πρώτος, Κλωστοϋφαντουργικές Ίνες, Επιμέλεια και Απόδοση στα ελληνικά Θάνος Πέππας-Σάββας Βασιλειάδης», Αθήνα 2003 σελ.14,134
3. T.Rowe, K.p. Busby, J.R. Halfpenney, D.A. Holmes: «Εισαγωγή στην Κλωστοϋφαντουργία, Τόμος Δεύτερος, Τεχνολογία Νημάτων, Επιμέλεια και Απόδοση στα ελληνικά Θάνος Πέππας-Σάββας Βασιλειάδης», Αθήνα 2003 σελ.13-19
4. Γινοπούλου Α., Ροντίκα Τ., Παπαδίας Ν.: «Τεχνολογία Υφάσματος-Υφασματολογία», Ο.Ε.Δ.Β. ΤΕΕ Τομέας Κλωστοϋφαντουργίας & Ένδυσης α' τάξη – 1^{ου} κύκλου, 2008
5. Δρ Μπούσιας Χαράλαμπος: «Σημειώσεις Ποιοτικού Ελέγχου Βαφικής και Φινιρίσματος», ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2002, σελ. 2-3
6. Δρ Θάνος Πέππας: «Σημειώσεις για το μάθημα Τεχνολογία Ινών & Νημάτων», ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, 2006, σελ. 3
7. Vassiliadis S., Prekas K., Karatzas G., Marouli K.: « EMI characteristics of the conductive textile yarns in the SHF range», eRA-5, 15-18.09.10, Piraeus, Greece.
8. <http://www.ccm.udel.edu/Research/MFM.html> [2010]
9. <http://www.asknature.org/strategy/feb73b594c0945927101f7ae973d7fba> [2010]
- 10.Vassiliadis S., Provatidis C., Prekas K., Rangussi M.: «Electrically Conductive Spun Yarns», Proc. of the Xth International Izmir Textile and Apparel Symposium, Izmir, 27-30.10.2004, pp 37-49
- 11.Marculescu D., Marculescu R., Zamora N.H., Stanley-Marbell P., Khosla P.K., Park S., Jayaraman S., Jung S. Lauterbach C.,Weber W., Kirstein T. Cottet D., Grzyb J., Tröster G., Jones M., Martin T.,Nakad Z.: “Electronic Textiles: A Platform for Pervasive Computing” Proceedings of the IEEE, vol. 91, No. 12, December 2003
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_textiles , categories: Fabrics [2010]

13. Mondal S.: "Phase Change Materials for Smart Textiles – an overview", Applied Thermal Engineering, 28, 2008, 1536-1550
14. «Φυσική Γενικής Παιδείας Β' τάξης Ενιαίου Λυκείου» ΟΕΔΒ, Έκδοση ΣΤ' 2005
15. <http://el.wikipedia.org/wiki/Αγωγός> [2011]
16. Hugh D. Young: «Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Β', Ηλεκτρομαγνητισμός – Οπτική – Σύγχρονη Φυσική, Μετάφραση – Επιμέλεια από ομάδα πανεπιστημιακών», Εκδόσεις Παπαζήση, 1992, 8η έκδοση
17. Malvino Albert Paul, Ph.D.: «Βασική Ηλεκτρονική, εισαγωγή στα τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα, Μετάφραση Νίκος Μάργαρης και Αγνή Ε. Πασχάλη», Εκδόσεις Α. Τζιόλα Ε., Τέταρτη έκδοση, Θεσσαλονίκη 1999.
18. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1 [2010]
19. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> [2010]
20. Yangyong Wang and Xinli Jing: «Intrinsically conducting polymers for electromagnetic interference shielding», Polymers for advanced technologies, 2004
21. K.B. Cheng, T.W. Cheng, K.C. Lee, T.H. Ueng, W.H. Hsing: « Effects of yarn constitutions and fabric specifications on electrical properties of hybrid woven fabrics», Composites: Part A 34 (2003) 971–978
22. Jung-Sim Roh, Yong-Seung Chi, Tae Jin Kang and Sang-wook Nam: «Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics», Textile Research Journal 2008; 78; 825
23. S. Geetha, K. K. Satheesh Kumar, Chepuri R. K. Rao, M. Vijayan, D. C. Trivedi: « EMI Shielding: Methods and Materials—A Review .», Journal of Applied Polymer Science, Vol. 112, 2073–2086 (2009) VC 2009 Wiley Periodicals, Inc
24. http://em-pollution-gr.blogspot.com/2009/10/blog-post_13.html [2010]
25. Al-Saleh M.H., Uttandaraman Sundararaj: « A review of vapor grown carbon nanofiber/polymer conductive composites», Carbon 47, (2009), 2–22

26. Al-saleh H. M., Sundararaj U.: "Electromagnetic interference shielding mechanisms of CNT/polymer composites", *Carbon* (47), 2009, pp1738-1746
27. Zuoyong Dou, Gaohui Wu, Xiaoli Huang, Dongli Sun, Longtao Jiang: « Electromagnetic shielding effectiveness of aluminum alloy–fly ash composites», *Composites-Part A Applied Science and Manufacturing* (38), pp 186-191 (2007)
28. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index4.html> [2010]
29. Vassiliadis S., Prekas K., Rangoussi M., Absalon K., Maillard J.: «The Conductive Spun Yarns as Electrical Components», *Proceedings of the XIIth International Izmir Textile and Apparel Symposium*, pp. 333-338, 28-30.10.2010, Izmir, Turkey.
30. Kausala Mylvaganam and Liangchi C. Zhang: «Fabrication and Application of Polymer Composites Comprising Carbon Nanotubes», *Recent Patents on Nanotechnology* 2007, 1, 59-65
31. Wang Guoquan: «Electrical Resistance Measurement of Conductive Network in Short Carbon Fibre-Polymer Composites», *Polymer Testing* 16 (1997)277-286
32. Murat Ates, A. Sezai Sarac: « Conducting polymer coated carbon surfaces and biosensor applications», *Progress in Organic Coatings* 66 (2009) 337–358
33. John D. Stenger-Smith: «Intrinsically electrically conducting polymers. Synthesis, characterization and their application», *Progress in Polymer Science* Vol.23, 57-79, 1998, Elsevier Science Ltd.
34. Saeed Shaikhzadeh Najar, Akif Kaynakb, Richard C. Foitzik: «Conductive wool yarns by continuous vapour phase polymerization of pyrrole», *Synthetic Metals* 157 (2007) 1–4
35. Andreas R. Köhler , Claudia Som, Aasgeir Helland , Fadri Gottschalk: « Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle», *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 927-937
36. Tsu-Wei Chou , Limin Gao, Erik T. Thostenson, Zuoguang Zhang, Joon-Hyung Byun: « An assessment of the science and technology of carbon nanotube-based fibers and Composites», *Composites Science and Technology* 70 (2010) 1–19

37. K.B. Cheng , K.C. Leeb, T.H. Uengc, K.J. Mou: «Electrical and impact properties of the hybrid knitted inlaid fabric reinforced polypropylene composites», *Composites: Part A* 33 (2002) 1219–1226
38. Longcheng Liu, Ivars Neretnieks: «Homo-interaction between parallel plates at constant charge», *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 317 (2008) 636–642
39. Cucchi I., Boschi A. , Arosio C., Bertini F., Freddi G., Catellani M.: «Bio-based conductive composites: Preparation and properties of polypyrrole (PPy)-coated silk fabrics», *Synthetic Metals* 159 (2009) 246–253
40. M. Y. Leung, X. M. Tao X. Y. Cheng, J. Tsang, M. C. W. Yuen: «Polypyrrole-coated conductive fabrics as a candidate for strain sensors», *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE* 40 (2005) 4093 – 4095
41. J.D. Sudha, S. Sivakala, R. Prasanth, V.L. Reena, P. Radhakrishnan Nair: « Development of electromagnetic shielding materials from the conductive blends of polyaniline and polyaniline-clay nanocomposite-EVA: Preparation and properties», *Composites Science and Technology* 69 (2009) 358–364
42. Duan Yuping, Liu Shunhua, Guan Hongtao: «Investigation of electrical conductivity and electromagnetic shielding effectiveness of polyaniline composite», *Science and Technology of Advanced Materials* 6 (2005) 513–518
43. Wei Pan, Sheng Lin Yang , Guang Li , Jian Ming Jiang: « Electrical and structural analysis of conductive polyaniline/polyacrylonitrile composites», *European Polymer Journal* 41 (2005) 2127–2133
44. Andreatta Alejandro, Cao Yong, Chiang Jin C., Heeger Alan J. and Smith Paul: «Electrically-Conductive fibers of polyaniline spun from solutions in concentrated sulfuric acid», *Synthetic Metals*, 26 (1988) 383 – 389
45. Qinghua Zhang, Huifen Jin, Xianhong Wang, Xiabin Jing: «Morphology of conductive blend fibers of polyaniline and polyamide-11», *Synthetic Metals* 123 (2001) 481–485
46. Asif Ali Khan, Mohd Khalid: « Preparation, FTIR spectroscopic characterization and isothermal stability of differently doped conductive fibers based on polyaniline and polyacrylonitrile», *Synthetic Metals* 160 (2010) 708–712

47. Bohwon Kima, Vladan Koncara, Eric Devauxa, Claude Dufourb, Pierre Viallier: « Electrical and morphological properties of PP and PET conductive polymer fibers», *Synthetic Metals* 146 (2004) 167–174
48. Q.M. Jia, J.B. Li, L.F. Wang, J.W. Zhua, M. Zheng: « Electrically conductive epoxy resin composites containing polyaniline with different morphologies», *Materials Science and Engineering A* 448 (2007) 356–360
49. Sau K.P., Chaki T. K. and Khashtgir D.: «Carbon fibre filled conductive composites based on nitrile rubber (NBR), ethylene propylene diene rubber (EPDM) and their blend», *Polymer* Vol.39 No25, 6461-6471, 1998
50. Wiriya Thongruang, Richard J. Spontak and C. Maurice Balik: «Bridged Double Percolation in Conductive Polymer Composites: An Electrical Conductivity, Morphology and Mechanical Property Study», *Polymer*, 43, 3717-3725, 2002
51. Zhifei Li, Guohua Luo, Fei Wei, Yi Huang: « Microstructure of carbon nanotubes/PET conductive composites fibers and their properties», *Composites Science and Technology* 66 (2006) 1022–1029
52. S.A. Gordeyev), J.A. Ferreira, C.A. Bernardo, I.M. Ward: « A promising conductive material: highly oriented polypropylene filled with short vapour-grown carbon fibres», *Materials Letters* 51 Ž2001. 32–36
53. P. Xue, K.H. Park, X.M. Tao, W. Chen, X.Y. Cheng: « Electrically conductive yarns based on PVA/carbon nanotubes», *Composite Structures* 78 (2007) 271–277
54. Woonphil Baika, Wanquiang Luana, Ren He Zhaoa, Sangho Kooa, Kyu-Sik Kim: « Synthesis of highly conductive poly(3,4-ethylenedioxythiophene) fiber by simple chemical polymerization», *Synthetic Metals* 159 (2009) 1244–1246
55. Moon Gyu Han and Stephen H. Foulger: « 1-Dimensional structures of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT): a chemical route to tubes, rods, thimbles, and belts», *Chemical Communications.*, 2005, 3092-3094
56. H.C. Chen, K.C. Lee, J.H. Lin, M. Koch: « Fabrication of conductive woven fabric and analysis of electromagnetic shielding via measurement and empirical equation», *Journal of Materials Processing Technology* 184 (2007) 124–130

57. Perumalraj R., Dasaradan B. S.: «Electromagnetic shielding effectiveness of copper core yarn knitted fabrics», Indian Journal of Fibre & Textile Research, Vol. 34, 2009, pp 149-154
58. <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/ISWC.2007.4373799> [2011]
59. http://www.peakelec.co.uk/acatalog/jz_lcr40.html [2011]
60. Wikipedia – Πηγίο:
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B7%CE%BD%CE%AF%CE%BF> [2011]
61. <http://www.hlektronika.gr/index.php?page=theory?coil> [2010]
62. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%80%CE%B5%CE%B4%CE%AF%CE%BF [2010]
63. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE [2010]
64. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%AC_%CE%BC%CE%B1%CE%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC [2010]
65. <http://users.sch.gr/kassetas/ed0ASEP0012superconductivity.htm> [2011]
66. <http://www.physics4u.gr/faq/supercontuct.html> [2011]
67. <http://physics4u.wordpress.com/2011/03/19/%CE%AD-100-%CF%8C-%CF%8Ctau/> [2011]
68. <http://www.superconductors.org/Uses.htm> [2011]
69. <http://www.livepedia.gr/index.php/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B9%CE%BC%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1> [2011]
70. http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%8D%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%B6%CF%8E%CE%BD%CE%B7%CF%82 [2011]
71. [http://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth_\(signal_processing\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth_(signal_processing)) [2011]
72. <http://users.otenet.gr/~babgia/dB.htm> [2011]
73. <http://www.5-9report.gr/59report/5-9%20REPORT%20vol106.pdf> [2011]

74. <http://www.ceid.upatras.gr/faculty/alexiou/ahts/notes/kef09.pdf> σελ11-12 [2011]
75. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/hlk/2004/Spathopoulos/attached-document/2004Spathopoulos.pdf> σελ29 [2011]
76. http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_filter [2011]

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ [2011]

1. <http://hlt.media.mit.edu/?p=203>
2. <http://www.instructables.com/id/Puppeteer-Motion-Capture-Costume/step6/SOFT-CIRCUIT/>
3. <http://www.kobakant.at/DIY/?cat=36>
4. <http://hlt.media.mit.edu/?cat=21>
5. <http://www.flickr.com/photos/plusea/sets/72157605149411571/?page=6>
6. <http://www.flickr.com/photos/plusea/sets/72157617170323744/with/3607368528/>
7. <http://www.kobakant.at/DIY/?p=376>
8. <http://www.flickr.com/photos/14412219@N04/4483491765/>
9. <http://www.kobakant.at/DIY/?p=2789>
10. <http://www.kobakant.at/DIY/?p=1490>
11. <http://www.thinkgeek.com/tshirts-apparel/kids/>

Το άτομο αποτελείται από πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια σχηματίζουν ένα μικρό και πυκνό κέντρο, τον πυρήνα. Γύρω από τον πυρήνα βρίσκονται τα ηλεκτρόνια. Το φορτίο του ηλεκτρονίου που είναι αρνητικό, έχει ακριβώς το ίδιο μέτρο με το φορτίο του πρωτονίου που είναι θετικό. Σε ένα ουδέτερο άτομο ο αριθμός των ηλεκτρονίων ισούται με τον αριθμό πρωτονίων του πυρήνα. Έτσι, το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο (το αλγεβρικό άθροισμα όλων των φορτίων) είναι μηδέν. Ο αριθμός των πρωτονίων ή των ηλεκτρονίων σε ένα ουδέτερο άτομο κάποιου στοιχείου ονομάζεται ατομικός αριθμός του στοιχείου.

Εάν απομακρυνθούν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια από ένα άτομο, το σύστημα που απομένει θετικά φορτισμένο λέγεται θετικό ιόν.

Το άτομο που έχει αποκτήσει περισσότερα ηλεκτρόνια λέγεται αρνητικό ιόν.

Η πρόσληψη ή η απώλεια ηλεκτρονίων ονομάζεται ιονισμός.

Οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματιδίων στηρίζονται στο ηλεκτρικό φορτίο. Το φορτίο είναι αρνητικό ή θετικό. Τα ομώνυμα φορτία απωθούνται ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

«Το φορτίο μπορεί να μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο, αλλά δεν μπορεί να δημιουργείται ή να καταστρέφεται. Αυτή είναι η αρχή διατήρησης φορτίου, σύμφωνα με την οποία: το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ηλεκτρικών φορτίων οποιουδήποτε κλειστού συστήματος είναι σταθερό [16]».

Η ηλεκτρική δύναμη είναι η δύναμη που ασκείται από ένα φορτίο σε ένα άλλο.

Το ηλεκτρικό πεδίο περιγράφει την ηλεκτρική δύναμη ανά μονάδα φορτίου σε δεδομένο σημείο του χώρου και είναι διανυσματική ποσότητα. Το ολικό ηλεκτρικό πεδίο σε κάθε σημείο, οφείλεται σε σύνολο φορτίων και είναι το διανυσματικό άθροισμα των πεδίων των επιμέρους φορτίων. Το μέτρο και η κατεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου μπορούν να μεταβάλλονται από σημείο σε σημείο. Εάν αυτά είναι σταθερά σε μία ορισμένη περιοχή του χώρου, τότε το πεδίο σε εκείνη την περιοχή είναι ομογενές.

Η ηλεκτρική ροή Φ_E δια μέσου μιας επιφάνειας A είναι το γινόμενο του εμβαδού της επιφάνειας αυτής και της συνιστώσας $\cos\phi$ του ηλεκτρικού πεδίου E η οποία είναι κάθετη στην επιφάνεια A .

$$\Phi_e = A \cos \varphi$$

Ο νόμος του Coulomb περιγράφει το πεδίο που δημιουργείται από ένα σημειακό φορτίο καθώς και την εξάρτηση της ηλεκτρικής δύναμης από τα φορτία και την απόστασή τους.

Η ολική ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε ένα φορτίο είναι το διανυσματικό άθροισμα των δυνάμεων των επιμέρους φορτίων που ασκούν δύναμη στο συγκεκριμένο φορτίο.

Το μέτρο της δύναμης αυτής είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ τους.

$$F = Q_1 Q_2 / r^2$$

Μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού ρεύματος στο S.I. είναι το

1 Coulomb/1 δευτερόλεπτο, που είναι το Ampere.

Παραδείγματα ηλεκτρικών δυνάμεων είναι οι δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα στα μόρια ή σε ένα στερεό κρυσταλλικό πλέγμα, η συγκολλητική δύναμη της κόλλας και η επιφανειακή τάση.

Εκτός από το νόμο του Coulomb υπάρχει και ο νόμος του Gauss, οποίος μπορεί να εκφράσει τη σχέση μεταξύ ηλεκτρικού φορτίου και ηλεκτρικού πεδίου.

Ο νόμος του Gauss ορίζει ότι η ολική ηλεκτρική ροή, που διαπερνά προς τα έξω μία κλειστή επιφάνεια, είναι ανάλογη προς το ολικό ηλεκτρικό φορτίο που περικλείει η επιφάνεια αυτή. Ο νόμος αυτός χρησιμοποιείται στον υπολογισμό των πεδίων, που οφείλονται σε κατανομές φορτίων, οι οποίες έχουν διάφορες ιδιότητες συμμετρίας.

Δυναμικό (Τάση) V είναι η δυναμική ενέργεια U ενός φορτίου q' εντός ηλεκτρικού πεδίου προς το φορτίο αυτό q'.

$$V = U/q'$$

Η δυναμική ενέργεια και το φορτίο είναι βαθμωτά μεγέθη, γι'αυτό και το δυναμικό είναι βαθμωτή ποσότητα. Οι μονάδες του είναι ενέργεια ανά μονάδα φορτίου δηλαδή 1 J/C που ονομάζεται Volt (1V). Στην ανάλυση κυκλωμάτων το δυναμικό ονομάζεται τάση.

Πυκνωτής και Χωρητικότητα

Δύο οποιοδήποτε αγωγοί που διαχωρίζονται από ένα μονωτικό υλικό αποτελούν έναν πυκνωτή. Στην πράξη, οι δύο αγωγοί (οπλισμοί) φέρουν

συνήθως φορτία ίσου μέτρου και αντίθετου προσήμου, και το ολικό φορτίο και των δύο αγωγών του πυκνωτή είναι μηδέν.

Το μέτρο του φορτίου Q του κάθε οπλισμού είναι ανάλογο της διαφοράς δυναμικού V_{ab} μεταξύ του θετικά φορτισμένου αγωγού a και του αρνητικά φορτισμένου αγωγού b . Ο συντελεστής αναλογίας λέγεται χωρητικότητα.

Χωρητικότητα C ενός πυκνωτή είναι το πηλίκο του μέτρου του φορτίου Q οποιουδήποτε από τους δύο οπλισμούς διά του μέτρου της διαφοράς δυναμικού V_{ab} μεταξύ των οπλισμών: $C=Q/V_{ab}$. Η μονάδα χωρητικότητας ονομάζεται farad (1F) και ισούται με ένα Coulomb/Volt (1C/V). Σε διαγράμματα

κυκλωμάτων ο πυκνωτής παριστάνεται με ένα από τα δύο σύμβολα: $\text{—}| \text{—}$ ή $\text{—}| \text{—}$ (-.

Η χωρητικότητα εξαρτάται από το μέγεθος, το σχήμα και την απόσταση μεταξύ των οπλισμών καθώς και από το μονωτικό υλικό. Η χωρητικότητα δεν εξαρτάται από το φορτίο του πυκνωτή. Είναι ανάλογη προς το εμβαδόν των οπλισμών του πυκνωτή και αντιστρόφως ανάλογη προς την απόσταση ανάμεσα στους οπλισμούς του. Το μονωτικό υλικό επηρεάζει τη χωρητικότητα, γιατί αυτή αυξάνεται εξαιτίας της ανακατανομής των φορτίων μέσα στο υλικό, δηλαδή εξαιτίας της πόλωσης του υλικού.

Η χρήση πυκνωτών είναι ευρεία και χάρη σ' αυτούς υφίστανται πολλές από τις σύγχρονες ηλεκτρονικές κατασκευές. Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα που βελτιώνουν την απόδοση των γραμμών μεταφοράς ισχύος εναλλασσόμενης τάσης (AC) και ως μονάδες αποθήκευσης ενέργειας, για την αποθήκευση πληροφοριών σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Στην περίπτωση δύο πυκνωτών συνδεδεμένων σε σειρά, οι πυκνωτές θα αποκτήσουν το ίδιο φορτίο (υποθέτοντας ότι ήταν αφόρτιστοι πριν να συνδεθούν μεταξύ τους) και οι διαφορές δυναμικού V δεν είναι ίσες, αν δεν είναι ίσες και οι χωρητικότητες C . Η ολική διαφορά δυναμικού στα άκρα του συνδυασμού ισούται με το άθροισμα των επί μέρους διαφορών δυναμικού και η χωρητικότητα δίνεται από τον τύπο $1/C_{ολ}=1/C_1+1/C_2$.

Στην περίπτωση πυκνωτών συνδεδεμένων παράλληλα, η διαφορά δυναμικού V είναι πάντοτε η ίδια και για τους δύο. Τα φορτία Q του καθενός δεν είναι ίσα, αν δεν είναι ίσες και οι χωρητικότητες C . Το ολικό φορτίο του συνδυασμού ισούται με το άθροισμα των επί μέρους φορτίων και η χωρητικότητα δίνεται από τον τύπο $C_{ολ}=C_1+C_2$.

Διηλεκτρικά

Ανάμεσα στους οπλισμούς ενός πυκνωτή υπάρχει ένα μη αγώγιμο υλικό, το οποίο ονομάζεται διηλεκτρικό.

Η χρήση διηλεκτρικού ανάμεσα στους οπλισμούς ενός πυκνωτή προσφέρει λύση στο μηχανικό πρόβλημα της συγκράτησης των μεγάλου μεγέθους οπλισμών ώστε αυτοί να βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους χωρίς αυτοί να εφάπτονται.

Επιπλέον, όλα τα διηλεκτρικά υλικά, τα οποία υποβάλλονται σε αρκετά μεγάλο ηλεκτρικό πεδίο, υφίστανται διηλεκτρική διάσπαση. Η διηλεκτρική διάσπαση δεν είναι παρά μερικός ιονισμός εξαιτίας του οποίου επιτρέπεται η διέλευση του ρεύματος διαμέσου του διηλεκτρικού υλικού, δηλαδή του μονωτή.

Τέλος, η χωρητικότητα του πυκνωτή αυξάνει, όταν υπάρχει διηλεκτρικό υλικό, γιατί ελαττώνεται η διαφορά δυναμικού για δεδομένο φορτίο Q .

Η αρχική χωρητικότητα C_0 δίνεται από τον τύπο $C_0=Q/V_0$.

Η χωρητικότητα C με διηλεκτρικό δίνεται από τον τύπο $C=Q/V$.

Το Q είναι το ίδιο, το V είναι μικρότερο από το V_0 , άρα η C είναι μεγαλύτερη από τη C_0 .

Ο λόγος C/C_0 είναι ο παράγοντας και η E_r που είναι καθαρός αριθμός, μεγαλύτερος της μονάδας και ονομάζεται διηλεκτρική σταθερά ή σχετική επιτρεπτικότητα του υλικού. Εξ ορισμού για το κενό $E_r=1$. ($K=V_0/V$)

Όπως προαναφέρθηκε, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών μειώνεται κατά τον παράγοντα K . Επομένως, το ηλεκτρικό πεδίο E μεταξύ των οπλισμών μειώνεται κατά τον ίδιο παράγοντα K . Έστω E_0 είναι η τιμή του πεδίου για το κενό και E η το ηλεκτρικό πεδίο παρουσία διηλεκτρικού, τότε

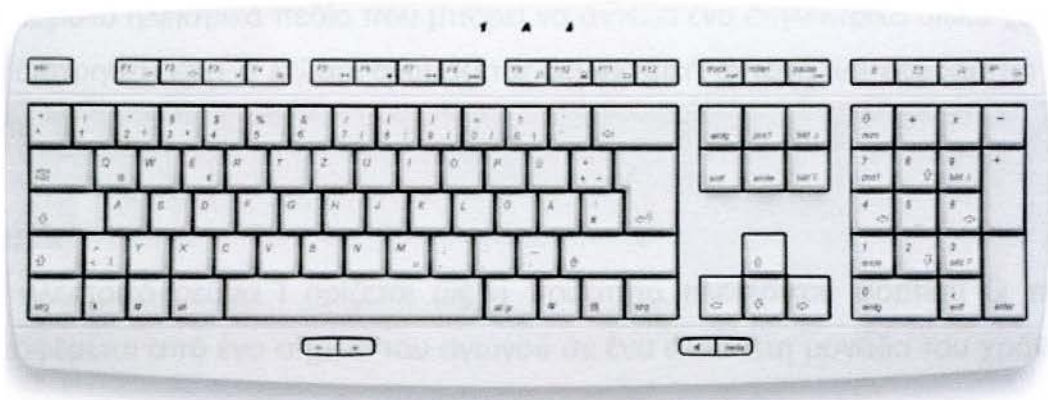
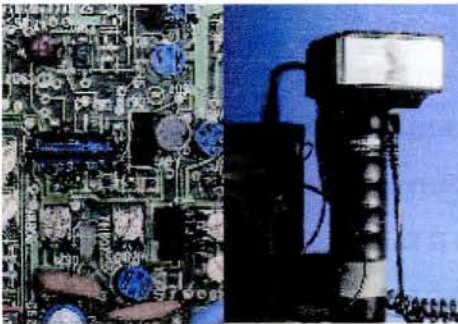
$$E=E_0/K.$$

Το E είναι μικρότερο, όταν υπάρχει διηλεκτρικό, γιατί η «δρώσα» επιφανειακή πυκνότητα φορτίου είναι μικρότερη. Η επιφανειακή πυκνότητα στους οπλισμούς μπορεί να μη μεταβάλλεται, όμως επάγεται αντίθετο φορτίο σε κάθε μία επιφάνεια του διηλεκτρικού. Αυτά τα επαγόμενα επιφανειακά φορτία προέκυψαν από τη μη επανακατανομή του φορτίου μέσα στο διηλεκτρικό υλικό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται πόλωση. Αν το επαγόμενο φορτίο είναι ανάλογο προς το ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο υλικό, τότε το K είναι μία σταθερά χαρακτηριστική του συγκεκριμένου υλικού. Στην περίπτωση που υπάρχουν

πολύ ισχυρά πεδία ή ανισότροπα υλικά, οι σχέσεις γίνονται πολύπλοκες. Τέλος, το K εξαρτάται από τη συχνότητα του E .

Πίνακας 5: Υλικό και ο παράγοντας E_r του υλικού [14],[16]

Υλικό	E_r	Υλικό	E_r
Κενό	1	Πολυβινυλοχλωρίδιο	3,18
Αέρας (1atm)	1,00059	Plexiglas	3,4
Αέρας (100atm)	1,0548	Κεχριμπάρι	2,7
Χαρτί	3,5	Νερό	80,4



Εικόνα 15: Παραδείγματα πυκνωτών [16]

Το πεδίο μεταξύ των πλακών ενός πυκνωτή σχετίζεται με την επιφανειακή πυκνότητα φορτίου. Οπότε το πεδίο για πυκνωτή χωρίς διηλεκτρικό δίνεται από τη σχέση:

$$\epsilon = \sigma / E_0.$$

Το γινόμενο KE_0 λέγεται επιτρεπτότητα του διηλεκτρικού και παριστάνεται με ϵ ,

$$\epsilon = KE_0.$$

Άρα, το πεδίο ϵ μέσα στο διηλεκτρικό δίνεται από τη σχέση

$$\epsilon = \sigma / E.$$

Τα ϵ, E_0 έχουν μονάδες C^2/Nm^2 ή F/m .

$$E_0 = 8,85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$$

Η χωρητικότητα, όταν υπάρχει το διηλεκτρικό δίνεται από τη σχέση

$$\epsilon = KC_0 = KE_0 A / d = \epsilon A / d,$$

όπου A το εμβαδό των οπλισμών (m^2) και d η απόσταση (m) μεταξύ τους.

Η τάση στην οποία εκτίθεται ένας πυκνωτής χρειάζεται προσοχή. Η υπερβολικά μεγάλη τάση μπορεί να διατρύπησει ή και να κάψει ακόμα το διηλεκτρικό υλικό δημιουργώντας αγωγή μεταξύ των αγωγών και να προκληθεί έτσι βραχυκύκλωμα ή και καταστροφή του πυκνωτή.

Το φαινόμενο που καθιστά ένα διηλεκτρικό υλικό σε αγωγή κάτω από ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο λέγεται διηλεκτρική κατάρρευση.

Το μέγιστο ηλεκτρικό πεδίο που μπορεί να αντέξει ένα διηλεκτρικό υλικό χωρίς να διατρηθεί, καίει ή λιώσει ονομάζεται διηλεκτρική αντοχή και εκφράζεται σε V/m .

Ρεύμα

Το ηλεκτρικό ρεύμα I ορίζεται ως η ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου Q που μεταφέρεται από ένα σημείο του αγωγού σε ένα άλλο στη μονάδα του χρόνου t ,

$$I = Q / t.$$

Η ταχύτητα ολίσθησης των φοτισμένων σωματιδίων, η συγκέντρωσή τους και το φορτίο τους επηρεάζουν την πυκνότητα του ρεύματος.

Το ρεύμα είναι μονόμετρο μέγεθος. Η μονάδα ρεύματος είναι το Ampere, το οποίο είναι ίσο με ένα Coulomb ανά δευτερόλεπτο.

Πυκνότητα ρεύματος είναι το ρεύμα ανά μονάδα επιφανείας της διατομής

$$J = I / A.$$

Το ρεύμα ξεκινάει από το θετικό πόλο ενός στοιχείου και φτάνει στον αρνητικό. Ο ρυθμός ροής του φορτίου είναι ίσος σε όλη τη διαδρομή, γιατί το φορτίο διατηρείται σταθερό, αφού δεν μπορεί να συσσωρευθεί στις διατάξεις του κυκλώματος, αλλιώς και οι διαφορές δυναμικού θα άλλαζαν με το χρόνο.

Ο λόγος του μέτρου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου E προς την πυκνότητα ρεύματος J ονομάζεται ειδική αντίσταση ρ ,

$$\rho = E/J.$$

Στα μέταλλα η πυκνότητα ρεύματος J είναι ανάλογη προς το E και έτσι ο λόγος τους είναι σταθερός.

Όσο πιο μεγάλη είναι η ειδική αντίσταση, τόσο πιο ισχυρό πεδίο απαιτείται για να υπάρξει συγκεκριμένη πυκνότητα ρεύματος.

Μονάδα της ειδικής αντίστασης ρ στο SI είναι το $1 \Omega \cdot m$ ($\text{Ohm} \cdot m$)

$$[\rho / (\text{A}/\text{m}^2) = \text{Vm}/\text{A}].$$

Ένας αγωγός θα ήταν ιδανικός, αν η ειδική του αντίσταση ήταν μηδέν και ένας μονωτής θα ήταν ιδανικός, αν η ειδική τους αντίσταση ήταν άπειρη.

Οι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, π.χ. τα μέταλλα είθισται να είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας.

Η αναλογία μεταξύ της πυκνότητας ρεύματος J και του ηλεκτρικού πεδίου E σε ένα μεταλλικό αγωγό σε σταθερή θερμοκρασία ονομάζεται νόμος του Ohm και ένα υλικό που υπακούει σ' αυτόν το νόμο, σε ικανοποιητικό βαθμό, ονομάζεται ωμικός αγωγός.

Το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης ονομάζεται ειδική αγωγιμότητα.

Οι καλοί αγωγοί έχουν μεγαλύτερη ειδική αγωγιμότητα απ' ό,τι οι μονωτές.

Η ειδική αντίσταση ενός μετάλλου αυξάνεται σχεδόν πάντα με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η ειδική αντίσταση ενός ημιαγωγού μειώνεται ραγδαία με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Βέβαια, υπάρχει και η περίπτωση η ειδική αντίσταση να μηδενιστεί. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί όταν η θερμοκρασία φτάσει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο. Γιατί, καθώς η θερμοκρασία αρχίζει να ελαττώνεται, παράλληλα ελαττώνεται και η ειδική αντίσταση. Το φαινόμενο αυτό καλείται υπεραγωγιμότητα και πρέπει να αναφερθεί ότι, όταν δημιουργηθεί ρεύμα σε έναν υπεραγωγίμο δακτύλιο, μπορεί να διατηρηθεί για πάντα, χωρίς την παρουσία ηλεκτρικού πεδίου.

Όπως προαναφέρθηκε, αν η πυκνότητα ρεύματος J είναι σταθερή κατά μήκος L ολόκληρου του αγωγού με διατομή A ,

$$\text{τότε } E = \rho J,$$

$$\text{οπότε } I = JA \text{ και η διαφορά δυναμικού } V = EL .$$

Οι σχέσεις αυτές δίνουν:

$$J = I/A$$

$$E = V/L$$

$$\rho = E/J = (V/L)/(I/A) \text{ ή } \rho = VA/LI$$

$$\rho LI = VA \text{ ή } V = \rho LI/A \text{ και}$$

$$V/L = \rho I/A$$

Δηλαδή, αν η ρ είναι σταθερή, τότε το ρεύμα I είναι ανάλογο προς τη διαφορά δυναμικού V .

Ο λόγος της διαφοράς δυναμικού V προς το ρεύμα I ονομάζεται αντίσταση του αγωγού. Αν η ρ είναι σταθερή είναι σταθερή και η R .

Η σχέση $V=IR$ ονομάζεται νόμος του Ohm.

$$R = V/I = (\rho LI/A)/I = \rho LI/AI \text{ ή } R = \rho L/A$$

Από την εξίσωση αυτή φαίνεται ότι η αντίσταση R ενός αγωγού είναι ανάλογη του μήκους του και αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού της διατομής του.

Όταν ασκείται μία σταθερή δύναμη F στα κινούμενα φορτία ενός αγωγού μια σταθερή ροή φορτίου q και γι' αυτό παράγεται ηλεκτρικό πεδίο E .

Η κίνηση των ηλεκτρονίων που αποτελούν φορτισμένα σωματίδια είναι τυχαία. Αν το ηλεκτρικό πεδίο ήταν στο κενό, θα υπήρχε μία συνεχόμενη επιτάχυνση στην κίνησή τους. Όταν, όμως το αγωγίμο υλικό είναι για παράδειγμα μέταλλο, τότε θα υπάρχουν συνεχώς συγκρούσεις μεταξύ των ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Επιπλέον, η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου που ασκείται στα ηλεκτρόνια προσδίδει μία αργή κίνηση ή ολίσθηση προς την κατεύθυνση της δύναμης.

Τέλος, το ηλεκτρικό πεδίο παράγει έργο πάνω στα φορτία αυτά, που, επειδή κινούνται, έχουν κινητική ενέργεια, την οποία μεταφέρουν στο υλικό αυξάνοντας τη μέση ενέργεια ταλάντωσης των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα με συνέπεια την αύξηση θερμοκρασίας του υλικού.

Στα μέταλλα το κινούμενο φορτίο αποτελείται πάντα από ηλεκτρόνια. Σε ένα ημιαγωγίμο υλικό η αγωγιμότητα οφείλεται ή σε ηλεκτρόνια ή σε κίνηση των οπών (κενές πλεγματικές θέσεις), οι οποίες επειδή λείπει το ηλεκτρόνιο δρα

ως θετικό φορτίο. Στο ιονισμένο αέριο (πλάσμα) ή στο ιοντικό διάλυμα το κινούμενο φορτίο αποτελείται και από αρνητικά και από θετικά φορτία.

Ηλεκτρεγερτική Δύναμη (ΗΕΔ, EMF)

Η ηλεκτροστατική δύναμη F_e που ασκείται σε ένα φορτίο q ενός ηλεκτρικού κυκλώματος με σταθερό ρεύμα ωθεί το φορτίο αυτό από το υψηλότερο δυναμικό στο χαμηλότερο.

Όμως παρατηρείται ότι σε κάποιο σημείο του κυκλώματος, υπάρχει μία διάταξη, στην οποία τα θετικά φορτία μετακινούνται από το χαμηλότερο στο υψηλότερο. Τα φορτία μετακινούνται «ανηφορικά» εξαιτίας της ηλεκτρεγερτικής δύναμης. Αν και ο όρος αυτός δεν είναι σωστός, γιατί δεν είναι η δύναμη αυτή που ωθεί τα φορτία να κινηθούν, αλλά η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα φορτίου. Ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} χαρακτηρίζει την πηγή ενός ηλεκτρικού κυκλώματος και ισούται με το πηλίκο της ενέργειας W προς το φορτίο q . Δηλαδή, εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που προσφέρει η πηγή στο κύκλωμα. Μονάδα μέτρησης είναι το 1 J/C, δηλαδή 1V.

Παραδείγματα πηγής ΗΕΔ είναι οι μπαταρίες και οι γεννήτριες.

Ποσοτικά η ΗΕΔ είναι ίση με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο αγωγών της, οι οποίοι καλούνται ακροδέκτες και συμβολίζονται με + (υψηλό δυναμικό) και - (χαμηλό δυναμικό) αντίστοιχα

$$\mathcal{E} = V_{ab} = IR.$$

Ο λόγος που παρατηρείται η ΗΕΔ ποικίλει και εξαρτάται από την ίδια την πηγή. Για παράδειγμα, στις γεννήτριες πλην της Van de Graaff, εμφανίζεται εξαιτίας των δυνάμεων του μαγνητικού πεδίου στα κινούμενα φορτία. Στη Van de Graaff η δύναμη που ασκείται είναι μηχανική και προέρχεται από κάποιον κινούμενο ιμάντα ή τροχό. Στην περίπτωση των μπαταριών προκύπτει από τις χημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε διάχυση και στη μεταβολή της συγκέντρωσης των ηλεκτρολυτών.

Ιδανική πηγή δεν υπάρχει. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φορτία καθώς μετακινούνται διαμέσου των υλικών της πηγής συναντούν αντίσταση. Η αντίσταση αυτή είναι ωμική, ονομάζεται εσωτερική αντίσταση και συμβολίζεται με r .

Αν η r είναι σταθερή, τότε ισχύει $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$.

Το Ir είναι η πτώση δυναμικού κατά μήκος της εσωτερικής αντίστασης r και η V_{ab} είναι η πολική τάση, η οποία είναι μικρότερη από την ΗΕΔ κατά Ir .

Το ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα δίνεται από τη σχέση

$$I = V/r$$

$$V = \mathcal{E} - Ir \rightarrow$$

$$I = (\mathcal{E} - Ir)/R \text{ ή } IR = \mathcal{E} - Ir \text{ ή } IR + Ir = \mathcal{E} \text{ ή } I(R+r) = \mathcal{E} \text{ ή } I = \mathcal{E}/(R+r)$$

για κάθε πηγή με εσωτερική αντίσταση

Δηλαδή, το ρεύμα I ισούται με την ΗΕΔ \mathcal{E} προς το άθροισμα όλων των αντιστάσεων του κυκλώματος.

Στην περίπτωση που για κάποιο λόγο το ρεύμα I ισούται με την ΗΕΔ \mathcal{E} προς μόνο την εσωτερική αντίσταση r , τότε λέγεται ότι υπάρχει βραχυκύκλωμα.

Η εσωτερική αντίσταση παίζει σημαντικό ρόλο στην ποσότητα ρεύματος και την ισχύ μιας μπαταρίας και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Όσο μειώνεται η θερμοκρασία τόσο αυξάνει η εσωτερική αντίσταση και κατά συνέπεια η πηγή τροφοδοτεί με λιγότερο ρεύμα το κύκλωμα.

Ισχύς P είναι ο ρυθμός μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που μεταφέρεται διαμέσου του φορτίου που παράγει η πηγή σε κάποιο στοιχείο του κυκλώματος (αντιστάτης, μπαταρία, κ.λ.π.).

Η ενέργεια αυτή καταναλώνεται στο στοιχείο του κυκλώματος αυξάνοντας την εσωτερική (θερμοδυναμική) ενέργεια του στοιχείου, γιατί τα φορτία καθώς κινούνται συγκρούονται με τα άτομα του στοιχείου και τους μεταφέρουν την ενέργειά τους.

Κάθε στοιχείο έχει μία μέγιστη ισχύ που μπορεί να καταναλώσει, στην οποία μπορεί να φτάσει χωρίς να υπερθερμανθεί ή να καταστραφεί.

Κάποια στοιχεία, όπως οι αντιστάτες, χρησιμοποιούνται και ως πηγές θερμότητας π.χ. εστία κουζίνας, ή και ακόμα ως πηγές φωτός π.χ. το νήμα βολφραμίου στις λάμπες πυρακτώσεως.

Η διηλεκτρική διάσπαση των μονωτών που προαναφέρθηκε λειτουργεί ως εξής: το ηλεκτρόνιο στην περίπτωση που το ηλεκτρικό πεδίο στο υλικό είναι ισχυρό κερδίζει τέτοια ενέργεια με τις συγκρούσεις, ώστε καταφέρνει ακόμα και να εκδιώξει τα ηλεκτρόνια που υπάρχουν στα άτομα γύρω από το υλικό και αυτά με τη σειρά τους να εκδιώξουν και άλλα με συνέπεια τη δημιουργία χιονοστιβάδας ρεύματος.

Δυναμική γραμμή λέγεται η γραμμή εκείνη σε κάθε σημείο της οποίας το διάνυσμα της έντασης του πεδίου είναι εφαπτόμενο σε αυτή. Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου δεν τέμνονται και είναι πάντοτε κλειστές.

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου δείχνει πόσο ισχυρό ή ασθενές είναι το πεδίο. Ομογενές είναι το πεδίο εκείνο στο οποίο η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ίδια σε όλα τα σημεία του.

Τα μαγνητικά πεδία μπορούν να απεικονιστούν σε χάρτες πεδίου, χρησιμοποιώντας τις γραμμές μαγνητικού πεδίου. **Η μαγνητική ροή** είναι το γινόμενο του εμβαδού μιας επιφάνειας επί τη συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου που είναι κάθετη στην επιφάνεια. Η ολική μαγνητική ροή που διαπερνά οποιαδήποτε κλειστή επιφάνεια είναι πάντοτε ίση με μηδέν.

Η Μαγνητική ροή Φ_B εκφράζει τον ολικό αριθμό των δυναμικών γραμμών που περνάνε από μία επιφάνεια A και είναι μονόμετρο μέγεθος.

$$\Phi_B = B \cdot dA = B \cos \phi dA = B dA$$

Η μονάδα στο S.I. είναι το Weber $1Wb = 1T \cdot m^2$.

Η ΗΕΔ και οι αντιστάσεις σε ένα κύκλωμα ήταν σταθερές, δηλαδή ανεξάρτητες του χρόνου κατά συνέπεια και το ρεύμα και η ισχύς.

Έστω ένας πυκνωτής με συσσωρευτή με σταθερή ΗΕΔ και μηδενική εσωτερική αντίσταση, ο οποίος είναι αφόρτιστος στην αρχή. Αν κάποιος κλείσει το διακόπτη του, τότε αρχίζει να ρέει ρεύμα στο βρόχο. Το ρεύμα ξεκινάει την ίδια στιγμή σε κάθε σημείο του κυκλώματος και έχει την ίδια τιμή σε αυτά. Μετά από λίγο χρόνο ο πυκνωτής φορτίζεται πλήρως και το ρεύμα μηδενίζεται.

«Το πηνίο είναι ένα από τα κύρια εξαρτήματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Πρόκειται για ένα συρμάτινο τύλιγμα που έχει την ιδιότητα να αναπτύσσει μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του, όταν διαρρέεται από ρεύμα. Το πηνίο χρησιμοποιείται στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές του ηλεκτρομαγνητισμού εκμεταλλευόμενο την ιδιότητα του να μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μαγνητική και το αντίθετο. Το πηνίο χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που εκμεταλλεύονται το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής λόγω της ιδιότητάς του να αναπτύσσει εντονότερη μαγνητική ροή στο εσωτερικό του σε σχέση με έναν απλό βρόχο. Το πηνίο λόγω σχήματος περιλαμβάνει πολλούς βρόχους σε σειρά με αποτέλεσμα η μαγνητική ροή στο εσωτερικό του να είναι πολλαπλή σε σχέση με έναν απλό βρόχο [60]».

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Η γη ασκεί μία δύναμη πάνω σε καθετί που βρίσκεται στον πλανήτη, αλλά και κοντά σε αυτόν. Η δύναμη αυτή ονομάζεται μαγνητική.

Μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται και από άλλα σώματα, όπως τους μαγνήτες και δημιουργούν γύρω τους μαγνητικά πεδία και έτσι ό,τι βρίσκεται σε αυτά τα πεδία έλκεται από το σώμα που ασκεί τη δύναμη.

Τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται και από κινούμενα φορτία ή από το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει ένα αγωγό και κατ' επέκταση ασκούν δύναμη και σε άλλα φορτία ή αγωγούς με ρεύμα που βρίσκονται κοντά τους.

Το μαγνητικό πεδίο είναι διανυσματικό πεδίο και συμβολίζεται με B και η μαγνητική δύναμη F είναι πάντα κάθετη στο B και στην ταχύτητα u του σωματίου στο οποίο ασκείται η F .

Μονάδα μέτρησης του μαγνητικού πεδίου είναι το 1T (Tesla).

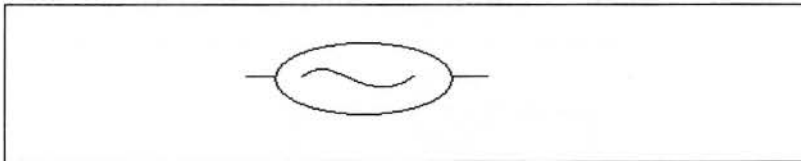
Ένα μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ομογενές, όταν σε κάθε σημείο του έχει σταθερό μέτρο και κατεύθυνση.

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ (AC) ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ L-C

Πηνίο που περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα (ω) σε μαγνητικό πεδίο αναπτύσσει ΗΕΔ η οποία μεταβάλλεται ημιτονοειδώς. Αυτό είναι ένας εναλλάκτης, δηλαδή μία γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος. Η συχνότητα (f) του εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί και κυμαίνεται από λίγα Hertz (Hz) έως εκατομμύρια.

Στην Ελλάδα η συχνότητα του οικιακού ηλεκτρικού ρεύματος είναι 50Hz η οποία αντιστοιχεί σε γωνιακή συχνότητα $\omega=2\pi f=2\pi \text{rad} \cdot 50\text{s}^{-1}=314\text{rad/s}$.

Η πηγή εναλλασσόμενης τάσης συμβολίζεται με



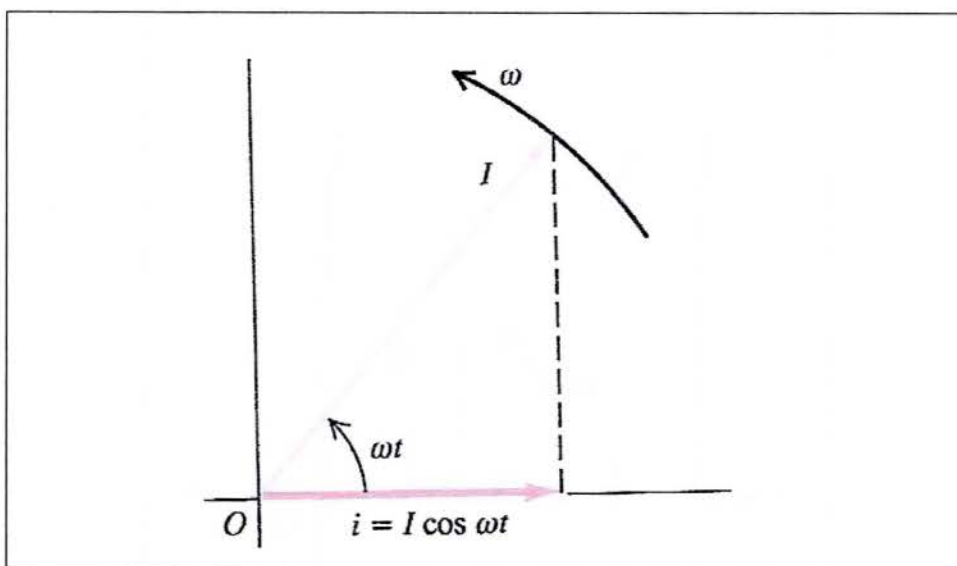
Η ημιτονοειδής τάση (γιατί η διαφορά δυναμικού μεταβάλλεται ημιτονοειδώς) u δίνεται από τον τύπο: $u=V\cos\omega t$, όπου V η μέγιστη διαφορά δυναμικού.

Το ημιτονοειδές ρεύμα i δίνεται από τον τύπο:

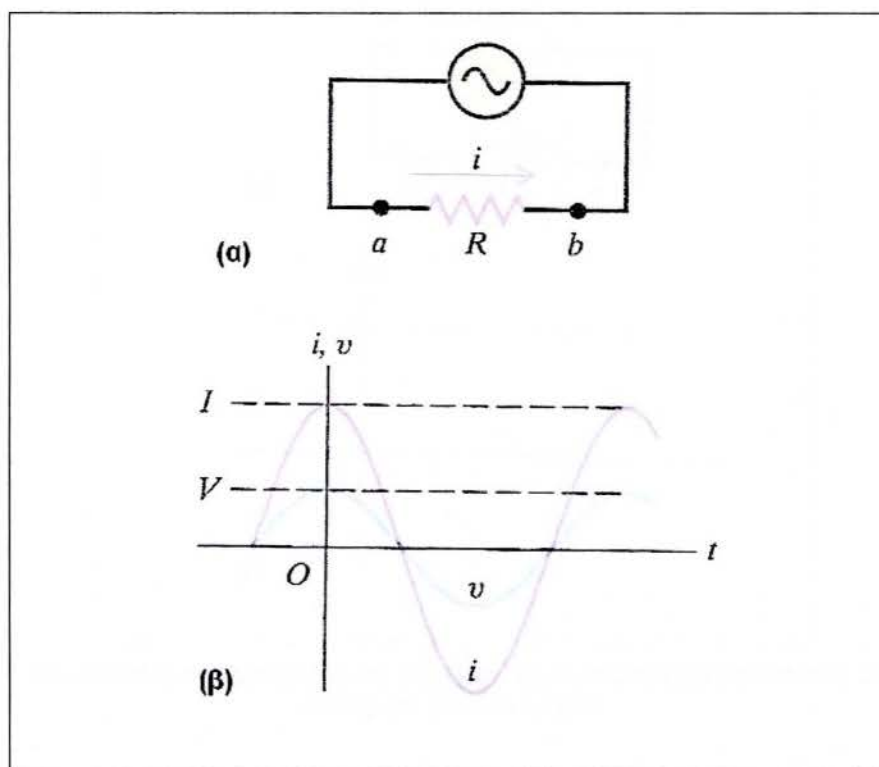
$$i=I\cos\omega t,$$

όπου I μέγιστο ρεύμα ή πλάτος ρεύματος.

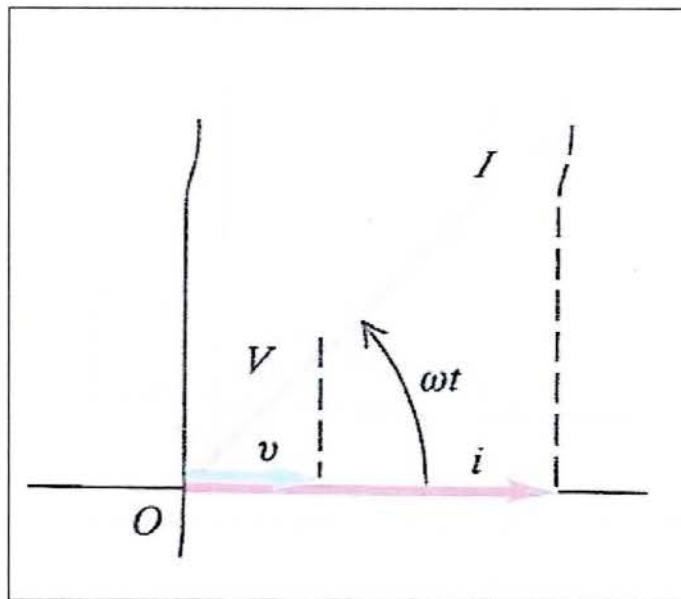
Η γραφική παράσταση γίνεται με διαγράμματα περιστρεφόμενων διανυσμάτων φάσης, τα οποία εκφράζουν γεωμετρικές οντότητες μάλλον, παρά φυσικές όπως π.χ. η ταχύτητα και το ηλεκτρικό πεδίο.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα περιστρεφόμενου διανύσματος φάσης. Η προβολή του περιστρεφόμενου διανύσματος στον οριζόντιο άξονα παριστάνει το στιγμιαίο ρεύμα. Η σχέση τάσης-ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα για ένα αντιστάτη δίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση του I και του v ως προς το χρόνο. Φαίνεται ότι το I και το v είναι σε φάση και έχουν την ίδια συχνότητα. Δηλαδή το ημιτονοειδές ρεύμα και η ημιτονοειδής τάση περιστρέφονται παράλληλα κάθε στιγμή.

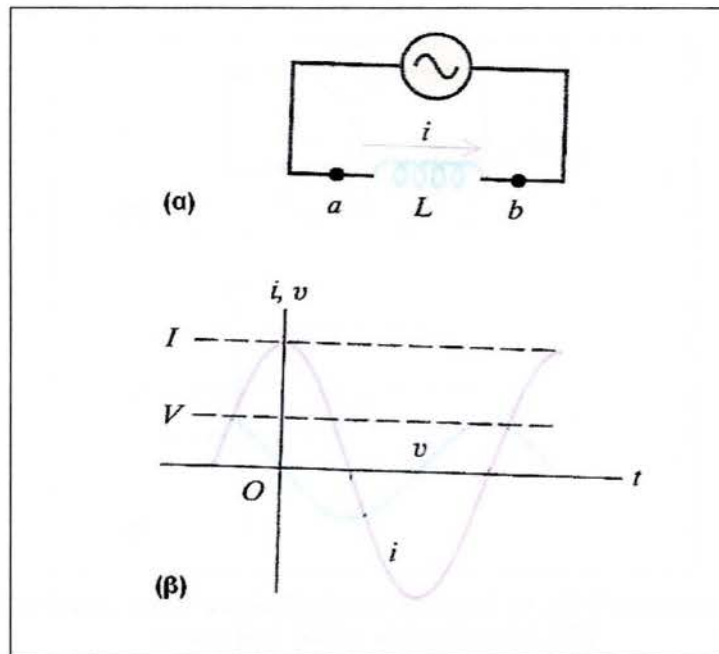


Σχήμα 8: (α) Αντίσταση R συνδεδεμένη σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]

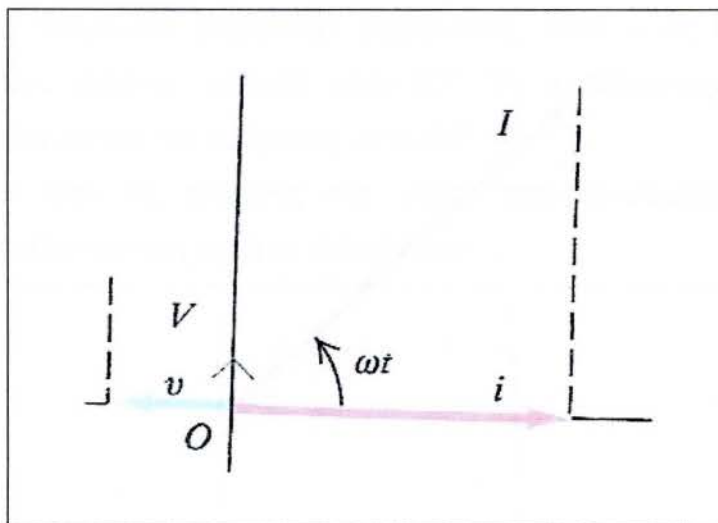


Διάγραμμα 2: Διάγραμμα περιστρεφόμενων διανυσμάτων φάσης· η τάση και το ρεύμα είναι σε φάση.

Η σχέση τάσης-ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα για ιδανικό πηνίο με αυτεπαγωγή και μηδενική ωμική αντίσταση δίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση.



Σχήμα 9: (α) Πηνίο L συνδεδεμένο σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]

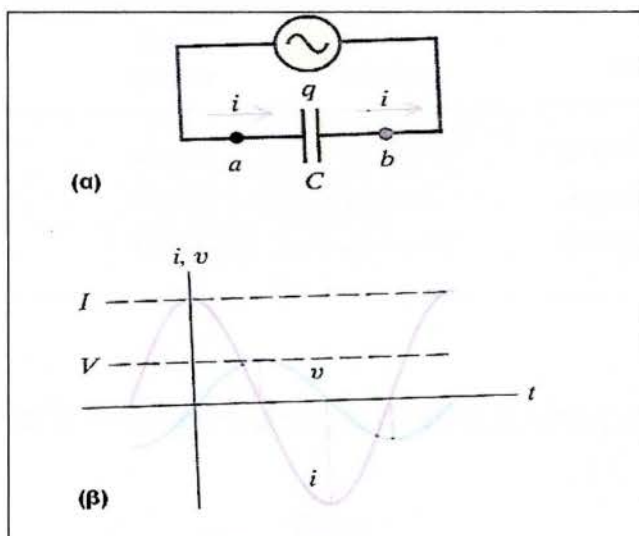


Διάγραμμα 3: Διάγραμμα περιστρεφόμενων διανυσμάτων φάσης' η τάση προηγείται του ρεύματος κατά 90° .

Η τάση και το ρεύμα είναι εκτός φάσης, δηλαδή δεν πηγαίνουν παράλληλα. Η διαφορά τους είναι κατά το ένα τέταρτο του κύκλου, που σημαίνει κατά 90° .

Το περιστρεφόμενο διάνυσμα φάσης της τάσης προηγείται του ρεύματος κατά 90° .

Η σχέση τάσης – ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα για πυκνωτή με χωρητικότητα C δίνεται από την παρακάτω Cf :

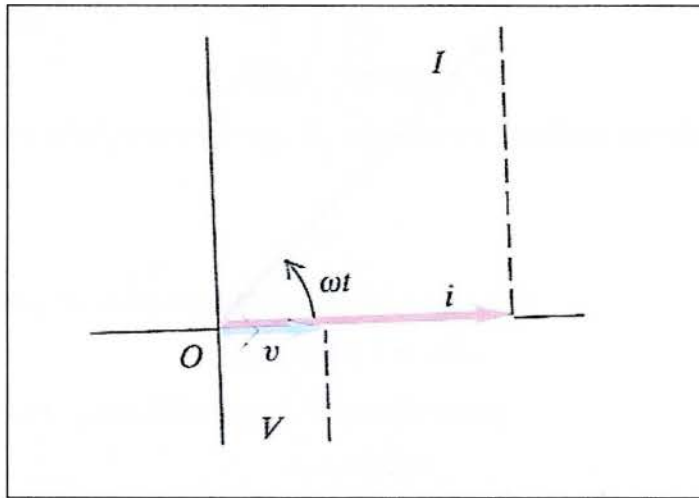


Σχήμα 10: (α) Πυκνωτής C συνδεδεμένος σε πηγή ac. (β) Γραφικές παραστάσεις στιγμιαίας τάσης και ρεύματος [16]

Ο πυκνωτής σε κάθε χρονική στιγμή φορτίζεται και εκφορτίζεται. Ίση ποσότητα ρεύματος απομακρύνεται από τον ένα οπλισμό του πυκνωτή και κινείται προς τον άλλο οπλισμό και έτσι διαρρέεται ο πυκνωτής με ρεύμα.

Η τάση και το ρεύμα δεν πηγαίνουν παράλληλα. Είναι εκτός φάσης κατά ένα τέταρτο του κύκλου, δηλαδή κατά 90° . Το περιστρεφόμενο διάνυσμα τάσης ακολουθεί εκείνο του ρεύματος κατά 90° .

Αυτό φαίνεται από τις κορυφές της τάσης που ακολουθούν αυτές του ρεύματος με καθυστέρηση κατά $\frac{1}{4}$ του κύκλου.



Διάγραμμα 4: διάγραμμα περιστρεφόμενων διανυσμάτων φάσης' η φάση καθυστερεί κατά 90° ως προς το ρεύμα.

Πίνακας 6: Στοιχεία κυκλώματος με εναλλασσόμενο ρεύμα [16]

Στοιχεία κυκλώματος με εναλλασσόμενο ρεύμα			
Στοιχείο κυκλώματος	Σχέση πλατών	Φυσικό μέγεθος	Φάση της v
Αντιστάτης	$V = IR$	R	Σε φάση με το i
Πηνίο	$V = IX_L$	$X_L = \omega L$	Προηγείται του i κατά 90°
Πυκνωτής	$V = IX_C$	$X_C = 1/\omega C$	Υστερεί του i κατά 90°

Σύνθετη αντίσταση Z ενός κυκλώματος LRC είναι ο λόγος της τάσης προς το ρεύμα

$$Z = V/I$$

ή ο λόγος του πλάτους της τάσης προς το πλάτος του ρεύματος.

X_L είναι η επαγωγική άεργη αντίσταση ενός πηνίου και ορίζεται ως

$$X_L = \omega L$$

όπου ω είναι η γωνιακή συχνότητα και

L είναι η αυτεπαγωγή.

Σε μερικές εφαρμογές κυκλωμάτων (π.χ. τροφοδοτικά, φίλτρα ραδιοφωνικών παρεμβολών) χρησιμοποιούνται πηνία γιατί εμποδίζουν τη διέλευση των υψηλών συχνοτήτων, ενώ παράλληλα επιτρέπουν τη διέλευση των χαμηλότερων συχνοτήτων ή DC.

Η μονάδα μέτρησης της X_L είναι το Ohm, επειδή η X_L είναι ο λόγος της τάσης προς το ρεύμα,

$$X_L = V/I \quad (\text{πίνακας 6}).$$

Βάσει των 2 αυτών εξισώσεων της X_L μπορεί να βρεθεί η αυτεπαγωγή L .

$$X_L = \omega L$$

$$X_L = V/I$$

Από τους τύπους αυτούς συνεπάγεται ότι

$$\omega L = V/I \quad \text{ή} \quad L = V/I\omega$$

και επειδή $\omega = 2\pi f$, η αυτεπαγωγή L εκφράζεται ως

$$L = V/2\pi f I$$

Αυτεπαγωγή είναι το φυσικό φαινόμενο όπου ένα αγώγιμο σώμα αντιδρά σε οποιαδήποτε μεταβολή της ροής του ρεύματος που περνάει από μέσα του.

Αυτεπαγωγή (Self-Induction) λέγεται το φαινόμενο εμφάνισης ΗΕΔ σε κάποιο κύκλωμα, λόγω μεταβολής της έντασης I του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.




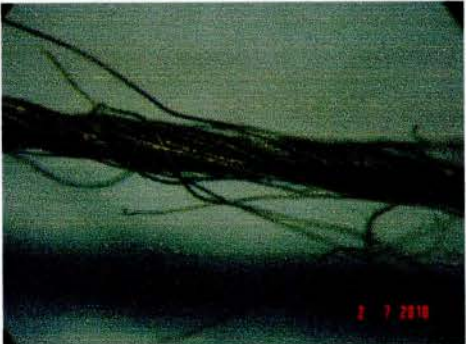
Η μονάδα Decibel (dB)

Το decibel (dB) είναι υποδιαίρεση του Bel. Το Bel είναι λογαριθμική μονάδα μέτρησης του λόγου της ισχύος (P_2) ή της τάσης (V_2) ή του ρεύματος (I_2) εξόδου προς την αντίστοιχη ισχύ (P_1) ή τάση (V_1) ή ρεύμα (I_1) εισόδου.

Δηλαδή είναι μονάδα σύγκρισης μεγεθών. Το dB είναι λογαριθμική μονάδα και μπορεί εύκολα κάποιος να καταλάβει τη σύγκριση των μεγεθών που επιθυμεί.

$$\text{dBισχύος} = 10 \log(P_2 / P_1)$$

Το dBm δείχνει ότι η μονάδα αναφοράς είναι το mW.

ΝΗΜΑ – Tex	ΟΠΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ	
<p>ΝΗΜΑ 1</p> <p>44 Tex</p>		
<p>ΝΗΜΑ 2</p> <p>75 Tex</p>		
<p>ΝΗΜΑ 4</p> <p>50/2 Tex</p> <p>ΔΙΚΛΩΝΟ</p>		
<p>ΝΗΜΑ Α</p> <p>50 Tex</p>		

Sites για επίσκεψη:

1. <http://www.youtube.com/watch?v=mWfmoUXvHLM> [2011]
2. <http://www.youtube.com/watch?v=KqAd67X4SdM> [2011]
3. <http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=OFsm4Blj3u4> [2011]
4. http://www.google.gr/imgres?imgurl=http://www.sciencedaily.com/video/s/images/2006/15151-1.jpg&imgrefurl=http://www.sciencedaily.com/releases/2011/04/110413121008.htm&usq=Pp6tOR6XTN7ExKv2gKXKE36L-Vg=&h=205&w=250&sz=18&hl=el&start=170&zoom=1&tbnid=LUZwM4pLywEdPM:&tbnh=91&tbnw=111&ei=VgNzTumLFISO4gTD_vypDQ&prev=/search%3Fq%3Dhow%2Belectronic%2Btextile%2Bis%2Bmade%26start%3D160%26hl%3Del%26sa%3DN%26tbn%3Disch%26prmd%3Divns&itbs=1 [2011]
5. <http://web.media.mit.edu/~emme/e-sewing/create.html> [2011]
6. <http://www.youtube.com/watch?v=t23iXhEiQUc&feature=related> [2011]
7. <http://www.real.gr/DefaultArthro.aspx?page=arthro&id=85249&catID=22> [2011]
8. <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=404553> [2011]
9. <http://www.encyclopedia.com/video/cfXzwh3KadE-electromagnetic-spectrum.aspx> [2011]
10. <http://generalnanollc.com/research.aspx> [2011]