



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΑΡΙΘ. ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ :1269

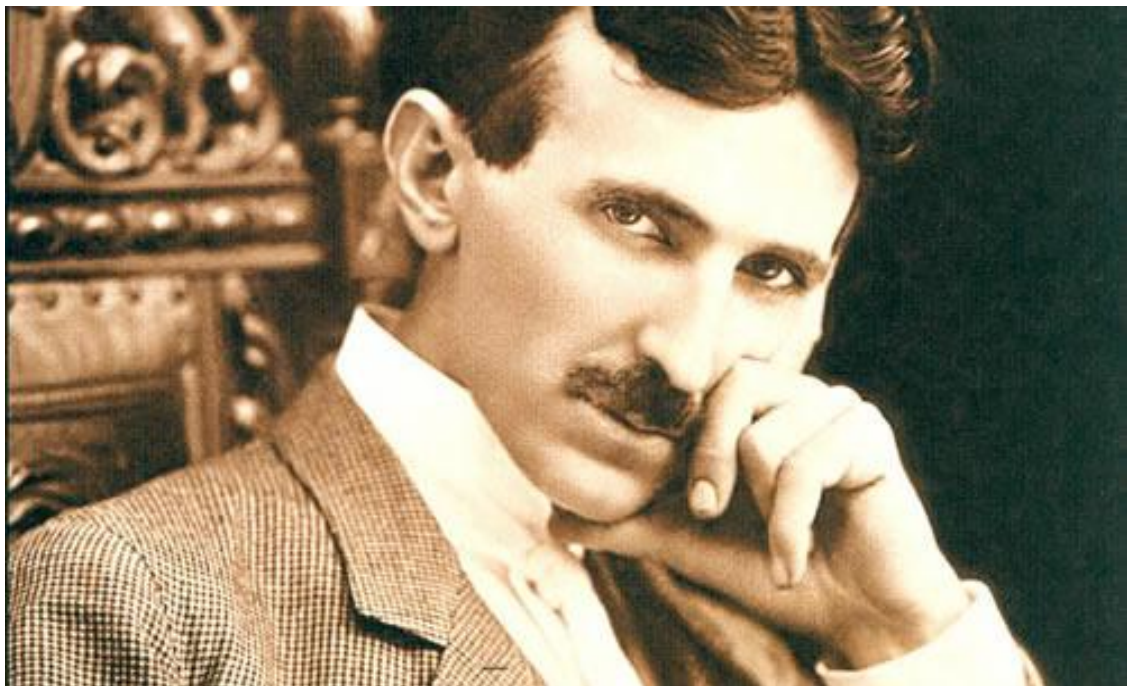
ΜΠΑΜΠΑΝΙΚΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 19/4/2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα έκανε την εμφάνιση του στους επιστημονικούς κύκλους, ο άνθρωπος ο οποίος εισήγαγε τις περισσότερες εφευρέσεις στις οποίες βασίζεται σήμερα ο σύγχρονος πολιτισμός, ο Νικόλα Τέσλα. Μια από τις πιο σημαντικές εφευρέσεις του η οποία θα αναλυθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία, είναι η ασύρματη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, η μεταφορά δηλαδή του ηλεκτρισμού χωρίς την ανάγκη φυσικών μέσων (καλώδια , αγωγούς) αλλά μέσω του αέρα και πιο συγκριμένα του μαγνητικού πεδίου .



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα και ο σκοπός του πειράματος όπου θα πραγματοποιηθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι η μεταφορά ενέργειας από μια πηγή σε μια πομπή χωρίς καμία φυσική επαφή μεταξύ των δυο . Με λίγα λόγια χωρίς καλώδια . Η επιφοίτηση αυτού του ιδέας έχει τις ρίζες της στα πρώτα χρόνια τις ηλεκτρομαγνητικής έρευνας η όπια παρουσιάστηκε από τα πειράματα επαγωγής του *Faraday* και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του *Hertz*. Παρόλα αυτά η πιο αξιοσημείωτη έρευνα έγινε από τον *Nikola Tesla*. Ο *Tesla* προσπάθησε να επίτευξη την παγκοσμία διανομή ενέργειας χάρις τον πύργο *Wardenclyffe* , αν και τα αποτελέσματα αυτού του εγχειρήματος ακόμη και σήμερα είναι ασαφή .

Υπάρχουν πολλά ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα τα όποια μπορούν να μεταφέρουν ασύρματη ενέργεια από ένα πηνίο σε ένα άλλο. Η βέλτιστη μέθοδος εξαρτάται από δύο μεταβλητές.

- Το μέγεθος της συσκευής
- Το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην συχνότητα του ταλαντωτή,

έχουμε τρεις περίπτωσης μεταφοράς ενεργείας

- μικρής εμβελείας
- μεσαίας εμβελείας
- μεγάλης εμβελείας.

Η μεταφορά μικρής εμβελείας έχει χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια και επιτυγχάνετε εύκολα χάρις την χρήση της επαγωγής, όπως στο παράδειγμα του μετασχηματιστή. Μεγάλες ποσότητες ενεργείας μπορούν να μεταφερθούν χωρίς επαφή, αλλά τα πηνία πρέπει να είναι σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους , ώστε το δευτερεύον πηνίο να απορρόφα μεγάλο μέρος της μαγνητικής ροής του πρωτεύοντος. Όταν η απόσταση των δυο πηνίων μεγαλώνει η αποδοτικότητα μειώνετε αναλογικά.

Στο project θα κατασκευάσουμε ένα σύστημα προορισμένο για μεταφορά μέσης ενεργείας, το οποίο θα μεταφέρει ενέργεια μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου μεταξύ των δυο πηνίων. Αυτή η μέθοδος έχει αρκετά πλεονεκτήματα :

- Το κοντινό πεδίο δεν είναι κατευθυνόμενο, οπότε δεν χρειάζεται κάποιος μηχανισμός εντοπισμού από την πηγή στην συσκευή,
- Η πηγή και η συσκευή μπορεί να απομακρυνθούν αρκετές φορές όσο το μέγεθος τους, μεταφέροντας αποδοτική ενέργεια σε αντίθεση με τον μετασχηματιστή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 1. Ιστορική ανάδρομη	7
1.1 Νικόλα Τέσλα	9
1.1.2 Κολοράντο Σπρινγκς	10
1.1.3 Η Συσκευή Ελεύθερης Ενέργειας του Τέσλα	12
1.2 Ο Ασύρματος Ηλεκτρισμός Σήμερα	16
Κεφάλαιο 2. θεωρία συντονισμού	19
2.1 Εμπειδηση	20
2.2 Γενική περιγραφή Συστημάτων Επαγωγικής Μεταφοράς Ισχύος (IPTs).....	23
Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας	25
3.1 Ασύρματη φόρτιση ηλεκτροκινήτων οχημάτων.....	25
3.1.2 Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο	25
3.1.3 Το σύγχρονο ηλεκτρικό αυτοκίνητο.....	26
3.1.4 Η μπαταρία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου	27
3.1.5 Διεθνείς κανονισμοί και προδιαγραφές φόρτισης	30
3.1.6 Σχεδιασμός ασύρματη μεταφοράς ενέργειας ηλεκτρικού αυτοκινήτου...	31
3.1.7 Πλεονεκτήματα επαγωγικής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων	32
3.1.8 Η Ασύρματη μεταφορά ενεργείας είναι αόρατη.....	32
3.1.9 Φόρτιση μέσω μαζικής μεταφοράς.....	33
3.1.10 Φόρτιση σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους	34
3.1.11 Εξοικονόμηση χρημάτων και προστασία περιβάλλοντος	35

3.2 Ασύρματη φόρτιση οικιακών συσκευών.....	35
3.2.1 Κινητά τηλεφωνά.....	36
3.2.2 Φορητοί υπολογιστές	37
3.2.3 Θεωρητική διάταξη φόρτισης οικιακών συσκευών	39
3.2.4 Το μέλλον της ασύρματης μεταφοράς	39
Κεφάλαιο 4. Ανθρωπινή ακτινοβολία	41
4.1 Ανθρωπινά επίπεδα ασφάλειας	41
4.2 Θέρμανση ιστού	42
4.3 Τόνωση νευρικού και μυϊκού συστήματος.....	43
4.4 Ηλεκτρομαγνητικές προσομοιώσεις	45
4.5 Ανθρώπινα μοντέλα	45
Κεφάλαιο 5. Πείραμα	49
5.1 Βασική ιδέα	49
5.2 Φεριτης	49
5.3 Κύκλωμα.....	51
5.4 Ηλεκτρονικά στοιχεία	52
5.5 Αποτελέσματα	56
Κεφάλαιο 6. Επίλογος	58
Βιβλιογραφία.....	59

Εισαγωγή

Η ασύρματη μεταφορά ενέργειας ήταν πάντα ένα αντικείμενο ερευνάς για πάνω από έναν αιώνα. Η ανάγκη να απεξαρτηθούμε από την υλική υπόσταση της μεταφοράς ενέργειας μέσω φυσικών μέσων (καλώδια), οδήγησε σε διάφορες καινοτόμες εφαρμογές , άλλα μόλις την τελευταία δεκαετία η ερευνά έχει επικεντρωθεί πλήρως στην μεταφορά ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα μέσω της μαγνητικής σύζευξης, στο παρακάτω κεφάλαιο θα εμβαθύνουμε την ερευνά μας στην ιστορία πίσω από την τεχνολογία και της προσωπικότητες που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην σημερινή επίτευξη αυτού του εγχειρήματος.

Κεφάλαιο 1 Ιστορική ανάδρομη.

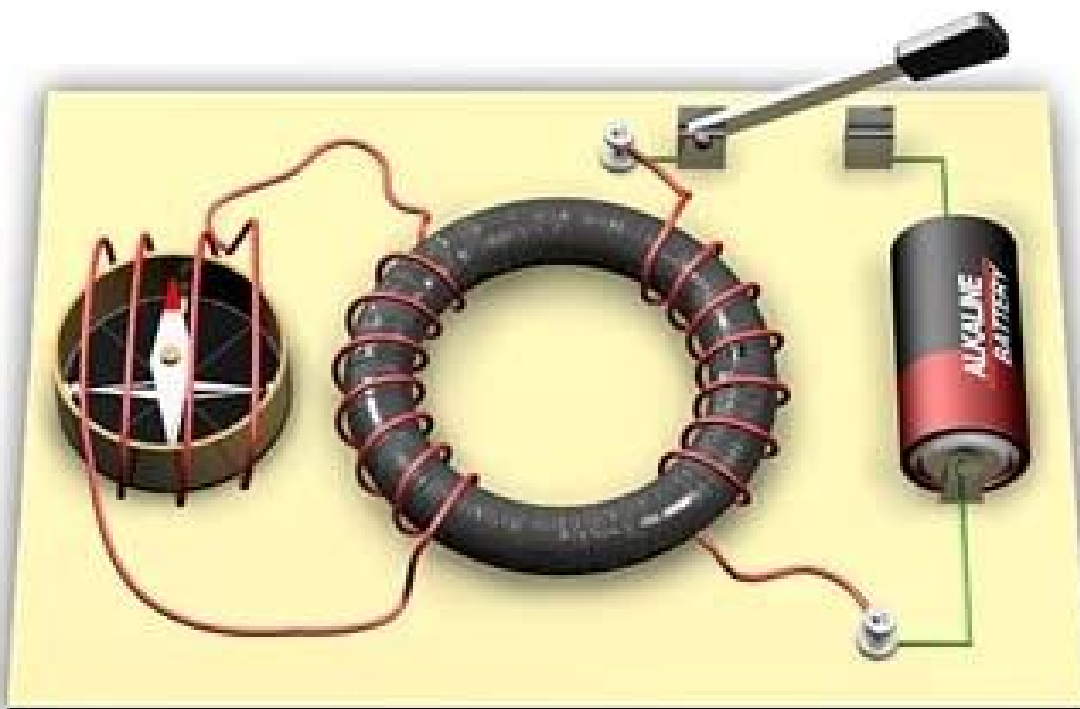
Έως το 1820 ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός θεωρούνταν δύο διαφορετικές κατηγορίες φαινομένων. Η άποψη αυτή αμφισβητήθηκε μετά την ανακάλυψη του ηλεκτρομαγνητισμού από το Δανό φυσικό H.C. Oersted (Ερστεντ, 1777-1851). Ο Oersted παρατήρησε ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί απόκλιση της μαγνητικής βελόνας. Αυτό το φαινόμενο επιβεβαίωσε την πεποίθησή του για την ενότητα των φυσικών δυνάμεων, πεποίθηση που είχε αντλήσει από τη γερμανική φιλοσοφία της φύσης. Η ιδέα περί ενότητας της φύσης ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής στις αρχές του 19ου αι. και προερχόταν από ένα γερμανικό φιλοσοφικό ρεύμα, τη λεγόμενη naturphilosophie (φιλοσοφία της φύσης). Υπό την επίδραση αυτού του ρεύματος πολλοί επιστήμονες επιχείρησαν να ανακαλύψουν τις συνδέσεις διαφορετικών φαινομένων και να διατυπώσουν ενοποιητικές θεωρίες. Αυτή η τάση ήταν ιδιαίτερα έντονη στη διερεύνηση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Oersted, η απόκλιση της μαγνητικής βελόνας, όταν τοποθετούνταν πάνω από το ρευματοφόρο αγωγό, και η απόκλισή της όταν τοποθετούνταν κάτω από το ρευματοφόρο αγωγό, είχαν αντίθετη φορά.

Με αφορμή την ανακάλυψη του Oersted ξεκίνησαν και άλλες έρευνες, που είχαν στόχο να βρουν παρόμοια ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Το 1820 στο Παρίσι ο A.M. Ampere (Αμπέρ, 1775-1836) έδειξε ότι, εάν ένα ηλεκτρικό ρεύμα διαπερνούσε ένα πηνίο από σύρμα, το πηνίο δρούσε σαν να ήταν μαγνήτης. Ο Ampere υποστήριξε ότι ο μαγνητισμός θα μπορούσε να αναχθεί στον ηλεκτρισμό. Αφού ένα ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες, θα μπορούσε κανείς να υποθέσει ότι ένας μαγνήτης αποτελείται από πολλά στοιχειώδη μοριακά ρεύματα, δηλαδή μικροσκοπικά φορτία, τα οποία διαγράφουν κλειστές κυκλικές τροχιές. Επίσης, ο Ampere διατύπωσε μια σχέση για τη δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο ρευμάτων.

Την επόμενη χρονιά, το 1821, ο M. Faraday (1791-1867), με αφετηρία την ανακάλυψη του Oersted άρχισε να μελετά τις πρόσφατες εξελίξεις στον ηλεκτρομαγνητισμό. Ο Faraday δεν περιορίστηκε στη μελέτη των αποτελεσμάτων που είχαν ήδη προκύψει, αλλά έκανε και δικά του πειράματα, που οδήγησαν, το Σεπτέμβριο του 1821, στην ανακάλυψη του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής περιστροφής. Οι παρατηρήσεις του Faraday έδειχναν ότι ένα ρευματοφόρο καλώδιο ασκεί δυνάμεις κυκλικού χαρακτήρα σ' ένα μαγνήτη που βρίσκεται υπό την επίδρασή του. Δηλαδή, ο μαγνήτης τείνει να περιστραφεί γύρω από το καλώδιο. Θεωρώντας ότι πρέπει να ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή ότι η δύναμη που ασκείται από ένα μαγνήτη σ' ένα καλώδιο είναι επίσης κυκλική, κατασκεύασε μια διάταξη, στην οποία ένα ρευματοφόρο καλώδιο περιστρεφόταν γύρω από ένα σταθερό μαγνήτη.

Δέκα χρόνια αργότερα, το 1831, ο Faraday ανακάλυψε ένα άλλο φαινόμενο, την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Στην πειραματική διάταξη που σχεδίασε, δύο σύρματα είναι τυλιγμένα γύρω από ένα σιδερένιο δακτύλιο σε διαμετρικά αντίθετες θέσεις. Το ένα σύρμα (πρωτεύον) συνδέεται, μέσω ενός διακόπτη, με μια μπαταρία. Κοντά στο άλλο (δευτερεύον) είναι τοποθετημένη μια μαγνητική βελόνα. Ο Faraday

παρατήρησε ότι το κλείσιμο του διακόπτη και η διόδος ηλεκτρικού ρεύματος στο ένα σύρμα συνοδεύταν από τη στιγμιαία εμφάνιση ρεύματος στο άλλο σύρμα, όπως φαινόταν από τη στιγμιαία κίνηση της βελόνας. Το ίδιο συνέβαινε και με το άνοιγμα του διακόπτη και τη διακοπή του ρεύματος στο πρώτο σύρμα. Πάνω στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η λειτουργία των μετασχηματιστών.



Εικόνα (1) Το πείραμα της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday

Το έργο του Faraday συνεχίστηκε από τον J.C. Maxwell (1831-1879). Στην εργασία του για το πεδίο «On physical lines of force» [Περί των φυσικών δυναμικών γραμμών, 1861-62] επιχείρησε μια μηχανιστική ερμηνεία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, βάσει ενός μηχανικού μοντέλου του αιθέρα. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό ο αιθέρας ήταν ένα ρευστό, το οποίο αποτελούνταν από περιστρεφόμενους στροβίλους. Η περιστροφή γειτονικών στροβίλων με την ίδια φορά ήταν δυνατή, διότι μεταξύ τους παρεμβάλλονταν σφαιρικά σωματίδια, που λειτουργούσαν ως ενδιάμεσοι τροχοί κίνησης. Η περιστροφή των στροβίλων αντιστοιχούσε στην ύπαρξη ενός μαγνητικού πεδίου, του οποίου η ένταση εξαρτιόταν από τη γωνιακή ταχύτητα των στροβίλων. Εάν το μαγνητικό πεδίο ήταν ανομοιογενές, δηλαδή εάν οι γειτονικοί στροβίλοι είχαν διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες, αυτό θα προσέδιδε στους ενδιάμεσους τροχούς κίνησης μια μεταφορική κίνηση, δηλαδή θα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού ρεύματος.

Η σύνθεση του Maxwell οδήγησε στην πρόβλεψη ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταδίδονται στον αιθέρα με την ταχύτητα του φωτός. Το 1888 ο Γερμανός φυσικός Heinrich Hertz (Χερτς, 1857-1894) ανακαλύπτει πειραματικά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και επιβεβαιώνει με αυτό τον τρόπο τη θεωρία του Maxwell. Τα πειράματα του Hertz συνετέλεσαν στην εδραίωση της έννοιας του πεδίου. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι η ανακάλυψη του είχε τεράστια τεχνολογική σημασία, γιατί οδήγησε στην κατασκευή του ασύρματου τηλεγράφου και στην ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών.

1.1 Νικόλα Τέσλα

Ο Νικόλα Τέσλα (1856 – 1943) Ο Τέσλα ήταν μια προμηθεϊκή μορφή, που νίκησε έναν πανάρχαιο εχθρό, τη σκοτεινή νύχτα. Εξερεύνησε και κατέκτησε τη Νέα Γη του ηλεκτρισμού. Επιδίωξε να δαμάσει τη φυσική δύναμη του ηλεκτρισμού και να τη θέσει στην υπηρεσία της ανθρωπότητας, φιλοδοξώντας να δημιουργήσει έναν «επίγειο παράδεισο» με δωρεάν ηλεκτρική ενέργεια για όλους. Τα οράματα του Τέσλα ξεπερνούσαν κατά πολύ την «πρωτόγονη» επιστημονική φαντασία της εποχής του. Έκανε δημόσιες φαινοστικές επιδείξεις του εναλλασσόμενου ρεύματος και των συσκευών του, για να αποδείξει στο κοινό την ασφάλεια τους, αντιμετωπίζοντας τις συκοφαντικές επιθέσεις και τις λασπολογίες του Τόμας Έντισον, που είχε ταχθεί υπέρ του συνεχούς ρεύματος.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1890 το μυαλό Τέσλα βασανίζονταν διαρκώς από την αναζήτηση τρόπων αποστολής ενέργειας και μηνυμάτων δια μέσω της γης. Δεν δημοσίευσε ποτέ τις λεπτομέρειες του σχεδίου του, το οποίο κρατούσε κρυφό ακόμη κι από τους βοηθούς του. Τον Φεβρουάριο του 1896 ο Τέσλα πήρε για πρώτη φορά το τρένο για το Κολοράντο Σπρινγκς, όπου αναζητούσε μια απομονωμένη τοποθεσία για να στήσει το νέο του εργαστήριο και να διεξαγάγει μια σειρά από πειράματα ασύρματης μεταφοράς ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της παραμονής του διεξήγαγε μάλιστα κι ένα μικρό πείραμα μεταφοράς ηχητικών σημάτων μέσω του εδάφους. Βασισμένη στις αισιόδοξες δηλώσεις του Τέσλα η κυριακάτικη έκδοση του *World* δημοσίευσε στις 8 Μαρτίου του 1896 την άποψη ότι η περίφημη Ελεύθερη Ενέργεια δεν ήταν μακριά:

«Ο ηλεκτρισμός θα μπορούσε να είναι ελεύθερος, όπως ο αέρας... Έρχεται το τέλος των τηλεγραφικών και τηλεφωνικών εταιρειών... Όλα τα μονοπώλια θα συντριβούν...».



Εικόνα (2) Ο Νικόλα Τέσλα δίπλα σε ένα ένα pancake coil

1.1.2 Κολοράντο Σπρινγκς

Στις αρχές του 1899 ο Τέσλα έστησε έναν εργαστήριο στο Κολοράντο Σπρινγκς και σε υψόμετρο 2.300 μέτρων. Εκεί, για ένα σχεδόν χρόνο (1899-1900), ο εφευρέτης πραγματοποίησε μια σειρά από σημαντικά πειράματα πάνω στην ασύρματη μεταφορά ενέργειας. Ο Τέσλα κατόρθωσε όχι μόνο να δημιουργήσει τεχνητές αστραπές μήκους 40 μέτρων, αλλά και ν' ανάψει λαμπτήρες και να θέσει σε λειτουργία συσκευές σε απόσταση δεκάδων χιλιομέτρων!

Στις 3 Ιουλίου του 1899, κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του στο Κολοράντο Σπρινγκς, ο Σερβοαμερικάνος εφευρέτης ισχυρίστηκε ότι ανακάλυψε μια «ανεξάντλητη πηγή ενέργειας». Προέβλεψε μάλιστα ότι στο μέλλον ο κόσμος θα κατάφερνε να συνδεθεί μ' αυτήν την πηγή αστείρευτης ενέργειας, κι αυτό θα άλλαζε τη μορφή του ανθρώπινου πολιτισμού και θα οδηγούσε στην κατάκτηση του διαστήματος

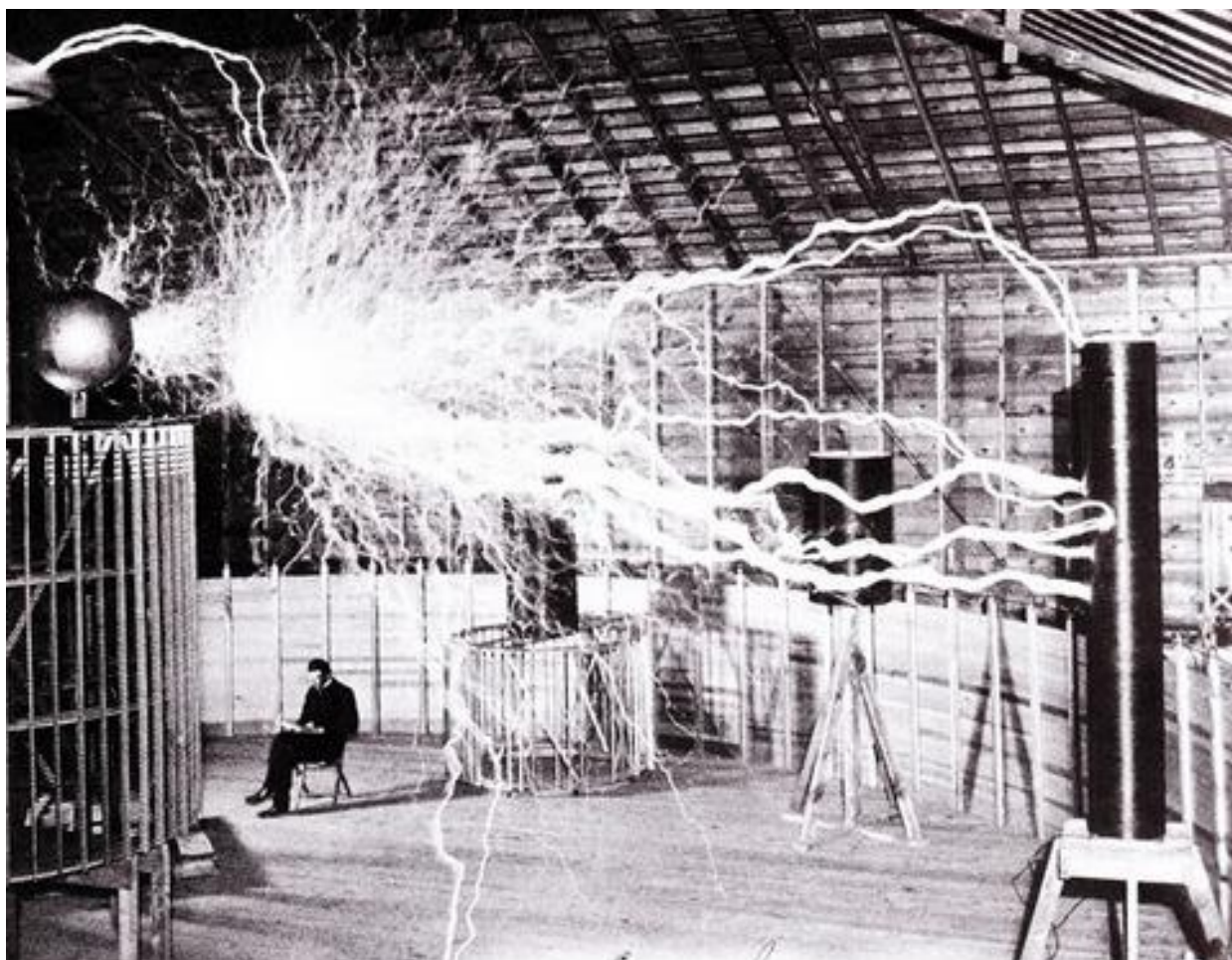
Στο Κολοράντο Σπρινγκς ο Τέσλα ανακάλυψε κάτι που ήδη διαισθανόταν: η Γη ήταν μια τεράστια «ενεργειακή πισίνα», ένας καλός ενεργειακός αγωγός, πράγμα που σήμαινε ότι το παγκόσμιο σύστημα ασύρματης μετάδοσης ενέργειας, που οραματιζόταν, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί. Εκεί ο Τέσλα ανακάλυψε πως «η Γη κυριολεκτικά πάλλεται από ηλεκτρικές δονήσεις» και πως μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως συντονιστικός αγωγός, ως ένα είδος δονούμενου διαπασών που θα μπορούσε να στέλνει δωρεάν ενέργεια σε όλα τα μήκη και τα πλάτη.

Ο Τέσλα οραματιζόταν ένα «Παγκόσμιο Σύστημά» μετάδοσης σημάτων και μεταφοράς ενέργειας, που θα βασίζονταν κυρίως σε τρεις δικές του εφευρέσεις:

- Το μετασχηματιστή Τέσλα (πηνίο Τέσλα).
- Τον ενισχυτικό μεταδότη Τέσλα (ένας μετασχηματιστής, που προσαρμόζεται έτσι ώστε να διεγείρει το έδαφος).
- Και την Ασύρματη Μεταφορά Ενέργειας (μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς καλώδια).

Όταν ο Τέσλα πειραματίστηκε το 1899 στο Κολοράντο Σπρινγκς, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ισχύος 1,5 MW, έκπληκτος διαπίστωσε πως οι παλμοί της ηλεκτρικής ενέργειας, που έστειλε σε όλη την ολόκληρη υδρόγειο, επέστρεψαν με αμείωτη δύναμη! «Αυτό», είπε ο εφευρέτης, «ήταν ένα τόσο απίστευτο αποτέλεσμα που η ανακάλυψή του σχεδόν με ζάλισε». Ο Τέσλα είχε την εντύπωση πως η γη είχε «απαντήσει» στα σήματά του και πως «αντί μιας ηχούς, είχα λάβει ένα στάσιμο ηλεκτρικό κύμα, ένα κύμα που αντανακλάται από μακριά».

Φεύγοντας από το Κολοράντο Σπρινγκς, γεμάτος αισιοδοξία κι ελπίδες, ο Τέσλα έγραφε στο ημερολόγιό του: « υνατότητα ασύρματης μεταφοράς ενέργειας διαμέσου του φυσικού περιβάλλοντος και σε μεγάλες αποστάσεις, θ' δημιουργήσει ανεξάντλητες πηγές πλούτου και δύναμης, θέτοντας ακόμη και την ίδια την ηλιακή ενέργεια στην υπηρεσία του ανθρώπου» (*Colorado Spings Notes 1899-1900*).



Εικόνα (3) Χαρακτηριστική φωτογραφία εποχής, ο Τέσλα κάθεται στο εργαστήριο του ανάμεσα σε μεγάλα ηλεκτρικά τόξα που ανταλλάζουν τα πηνία του.

1.1.3 Η Συσκευή Ελεύθερης Ενέργειας του Τέσλα

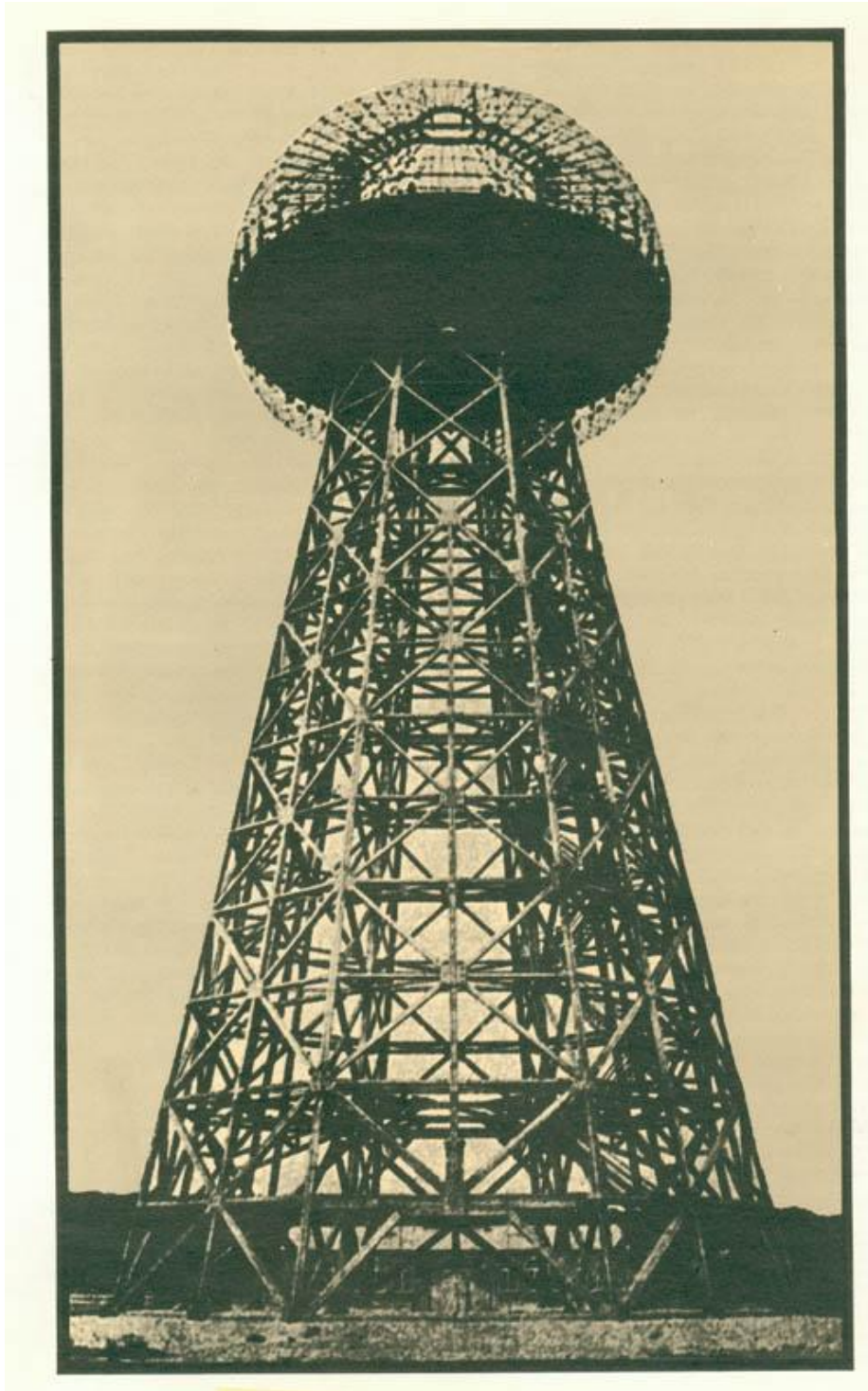
Η ασύρματη μεταφορά ενέργειας ήταν βασικά μια τεχνολογία διανομής ενέργειας, η οποία όμως συνέχιζε να παράγεται με συμβατικό τρόπο, δηλαδή με γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Αλλά ο Τέσλα δεν ήταν ικανοποιημένος με τις υπάρχουσες μορφές ενέργειας, καθώς είχε ήδη γοητευτεί με την ιδέα μιας νέας και ανεκμετάλλευτης πηγής ενέργειας. Το 1892, σε μια από τις πιο διάσημες ομιλίες του, ο Τέσλα δήλωσε στο έκπληκτο ακροατήριο του: « *Προτού περάσουν μερικές γενιές οι μηχανές μας θα μπορούν να λειτουργούν με μια δύναμη που θα αντλείται από οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος... Σε κάθε σημείο του χώρου υπάρχει αυτή η ενέργεια. Είναι αυτή η ενέργεια στατική ή κινητική ; Αν είναι στατική, τότε οι ελπίδες μας είναι μάταιες. Αν είναι κινητική –και γνωρίζουμε ότι είναι– τότε είναι απλώς θέμα χρόνου πότε ο άνθρωπος θα κατορθώσει να συνδέσει τα μηχανήματά του με τα γρανάζια της Φύσης»*

Μια από τις βασικότερες εφευρέσεις του, πάνω στην οποία θα στηριζόταν το Παγκόσμιο Σύστημα του Τέσλα, ήταν και ο Αποδέκτης Ελεύθερης Ενέργειας (Free Energy Receiver), που κατοχυρώθηκε στις 5 Νοεμβρίου του 1901 με την ονομασία Apparatus for the Utilization of Radiant Energy (Αριθμός ευρεσιτεχνίας 685,957). Αυτή η βασική «συσκευή» αποτελούταν κυρίως από μια μεταλλική πλάκα, που λειτουργούσε ως συσσωρευτής της Ελεύθερης Ενέργειας για οικιακή χρήση!

Ο Αποδέκτης Ελεύθερης Ενέργειας έμοιαζε κάπως με τους σημερινούς ηλιακούς συλλέκτες και συγκεκριμένα με τη συμβατική τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Η σημαντικότερη διαφορά του με τα συμβατικά ηλιακά συστήματα έγκειται σ' ένα υπόστρωμα κρυστάλλινης σιλικόνης: μια από τις τελευταίες ίσως χρήσεις της άμορφης σιλικόνης, η οποία υπόσχεται πολλά στην πρόσληψη ενέργειας από τον ήλιο. Βέβαια, οι σημερινές ηλιακές κυψέλες κοστίζουν ακόμη ακριβά, ενώ η «ηλιακή πλάκα» του Τέσλα ήταν μια απλή μεταλλική πλάκα καλυμμένη με μια διάφανη επιστρωση ενός μονωτικού υλικού. Ας δούμε όμως τον τρόπο λειτουργίας αυτής της απλής «συσκευής» του Τέσλα.

Η «ηλιακή πλάκα» του Τέσλα τοποθετείται όσο γίνεται ψηλότερα –σαν να ήταν κεραία– και συνδέεται μ' έναν πυκνωτή που βρίσκεται κοντά στο έδαφος. Η ηλιακή ενέργεια φορτίζει συνεχώς τον πυκνωτή. Κατόπιν η ενέργεια που συσσωρεύεται στον πυκνωτή μετατρέπεται πολύ εύκολα σε ηλεκτρισμό για οικιακή χρήση. Και το εκπληκτικό είναι ότι αυτή η «ηλιακή πλάκα», που όσο μεγαλύτερη επιφάνεια έχει τόσο περισσότερη ενέργεια συσσωρεύει, δε χρειάζεται απαραίτητα το φως του ήλιου, εφόσον μπορεί να παράγει ενέργεια και τη νύχτα! Δε χρειάζεται βέβαια να συμπληρώσουμε ότι κάτι τέτοιο θεωρείται το λιγότερο αδύνατο από τη συμβατική επιστήμη...

Ο Τέσλα πίστευε πως ήταν δυνατή η μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας με ασύρματο τρόπο κι έφτιαξε ολόκληρα σχέδια για ένα παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα. Το όραμα του ήταν ένα παγκόσμιο σύστημα, που ταυτόχρονα θα μετέδιδε ραδιοσήματα και θα μετέφερε με ασύρματο τρόπο ηλεκτρική ενέργεια! Το σχέδιο του ήταν τόσο προχωρημένο και ριζοσπαστικό για την εποχή του, που μόλις δημοσιοποιήθηκε οι πόρτες των επιχειρηματιών της Wall Street έκλεισαν γι' αυτόν. Τα μονοπωλιακά συμφέροντα, ακόμη κι εκείνοι που επένδυσαν εκατομμύρια δολάρια στο σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος, αρνήθηκαν να τον χρηματοδοτήσουν.



Εικόνα (4) Ο πύργος Wardenclyffe του Τεσλα

Όταν ο Τζον Πίερποντ Μόργκαν, που αρχικά χρηματοδότησε με 150.000 δολάρια (λαμβάνοντας βεβαίως το 51% των κερδών από τις μελλοντικές πατέντες του Τέσλα πάνω στις ραδιοεπικοινωνίες) το σχέδιο του εφευρέτη στο Γουόρντεκλιφ του Λονγκ Άιλαντ, πληροφορήθηκε πως ο στόχος του Τέσλα ήταν η ασύρματη μεταφορά ενέργειας ρώτησε τον εφευρέτη: «Και ποιος θα πουλάει την ενέργεια στους

αποδέκτες της;» «Κανείς», απάντησε με ειλικρίνεια ο Τέσλα, «ο καθένας θα μπορεί να τη λαμβάνει καρφώνοντας μια ράβδο στο έδαφος ή τοποθετώντας μια κεραία στη στέγη του σπιτιού του. Σκεφθείτε το: δεν θα υπάρχουν καλώδια, αερόπλοια θα πετούν χρησιμοποιώντας την εκπεμπόμενη ενέργεια...» «Αρκετά», τον διέκοψε «Σας ευχαριστώ πολύ κύριε Τέσλα. Θα σας στείλω την απάντηση μου». Η απάντηση, και τα χρήματα, δεν ήρθαν ποτέ. Μέχρι το τέλος της ζωής του ο Τέσλα περίμενε μian απάντηση...

THE CURRENT WAR
THE TALE OF AN EARLY TECH RIVALRY

DC
DIRECT CURRENT

The flow consistently in one direction only. The applications at the time utilize low voltages and is not as efficient for long distance transmission. It does not pass through.

Battery Powered Devices, Fuel and Solar Cells, Light Emitting Diodes

"TESLA'S IDEAS ARE BRILLIANT, BUT THEY ARE OTTBERLY IMPRACTICAL."
- THOMAS EDISON

AC
ALTERNATING CURRENT

Electric charge periodically reverses direction and is transferred to customers by a transformer that can increase or decrease voltage. It is the most efficient way to transmit power.

Gas Motors, Radio Signals, Appliances

"IF EDISON HAD A NEEDLE TO FIND IN A HAYSTACK, HE WOULD PROCEED AT ONCE... UNTIL HE FOUND THE OBJECT OF HIS SEARCH. I WAS A SILENT WITNESS OF SUCH EFFICIENCY, KNOWING THAT A LITTLE THEORY AND CALCULATION WOULD HAVE SAVED HIM 99 PERCENT OF HIS LABOR."
- NIKOLA TESLA

THOMAS EDISON VS. NIKOLA TESLA

They would have never found the germs in a lab if not for each other beyond the of the century inventor Nikola Tesla and Thomas Edison. They worked together—and hated each other. Let's compare their life, achievements, and overlooked battles.

LATE BLOOMER
Thomas Edison, the prodigy of the family, didn't start to work until he was almost 4 years old.

FALLING OUT
Edison invented the first practical incandescent light bulb in 1879, but he didn't patent it until 1882. Tesla, on the other hand, was a prodigy who started working at age 12. He was so smart that he was able to design a motor that ran on AC power before Edison had even invented his light bulb.

EDISON FRIES AN ELEPHANT
In 1888, Edison tried to prove that AC was dangerous by electrocuting an elephant. He was so confident that AC was so dangerous that he even electrocuted a man named William Westinghouse. Tesla, on the other hand, was so smart that he was able to design a motor that ran on AC power before Edison had even invented his light bulb.

WAR OF CURRENTS: ELECTRICAL TRANSMISSION IDEAS
DC (Edison's Choice) vs. AC (Tesla's Choice)

NOTABLE INVENTIONS
Edison: Light bulb, phonograph, motion picture camera, electric battery, alkaline storage battery, and many other devices.
Tesla: Alternating current and polyphase electrical engineering, AC motor, and wireless telegraphy.

STATISTICS
- NUMBER OF US PATENTS: 1,093 (Edison) vs. 308 (Tesla)
- NUMBER OF NOBEL PRIZES WON: 0 (Edison) vs. 1 (Tesla)
- NUMBER OF ELEPHANTS ELECTROCUTED: 1 (Edison) vs. 0 (Tesla)

DEATH
Edison died in 1931 at the age of 84. Tesla died in 1943 at the age of 86.

WAR OF CURRENTS OFFICIALLY SETTLED
In 1891, the Edison Westinghouse AC system was chosen to power the city of London. This was a major victory for AC over DC.

NOBEL PRIZE CONTROVERSY
In 1931, the Nobel Prize was awarded to Edison and Tesla. However, Tesla's name was not included in the list of winners. This was a major controversy.

A COLLABORATION BETWEEN GOOD AND COLUMS FIVE

Εικόνα (5) Ο πολυσυζητημένος πόλεμος των ρευμάτων μεταξύ Edison (DC) και Tesla (AC)

1.2 Ο Ασύρματος Ηλεκτρισμός Σήμερα

Τα πειράματα και τα οράματα του Τέσλα για την ασύρματη μεταφορά ενέργειας έχουν βρει, ευτυχώς, στην εποχή μας πολλούς συνεχιστές. Το Νοέμβριο του 2006 ο Αμερικανός Φυσικός Μάριν Σόλιατσιτς (Marin Soljatic), βοηθός καθηγητή στο MIT, και η ομάδα των συνεργατών του στο MIT, υποστηρίζουν ότι η ασύρματη μεταφορά ενέργειας είναι κάτι το εφικτό και ότι σύντομα θα μπορούμε να φορτίσουμε το κινητό μας ή το φορητό υπολογιστή μας χωρίς να χρειαζόμαστε συνδέσεις καλωδίων. Ο καθηγητής Μάριν Σόλιατσιτς ισχυρίζεται πως έχει ανακαλύψει ένα νέο τρόπο μεταφοράς της ενέργειας, που θα επηρεάζει μόνο τις συσκευές που θα φορτίζονται και όχι το περιβάλλον τους. Προτείνει αντί για την παραδοσιακή ακτινοβολία, την χρήση μέρους του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που δεν εκπέμπει ακτινοβολία. Ο Αμερικανός Φυσικός αναφέρει ότι οι ηλεκτρονικές συσκευές μπορούν να ρυθμιστούν στη συχνότητα του πεδίου και να δράσουν ως «δεξαμενές της ενέργειας» που εκπέμπει η πηγή. Μ' αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η διαρροή ενέργειας, εξασφαλίζοντας έναν αποτελεσματικό και ασφαλέστατο τρόπο ασύρματης μεταφοράς της ενέργειας

Η διάταξη που περιγράφει βασίζεται στο φαινόμενο του «συντονισμού», κατά το οποίο ένα αντικείμενο ταλαντώνεται όταν δεχθεί ενέργεια μιας συγκεκριμένης συχνότητας. Ο ίδιος λέει ότι «η ερευνητική ομάδα έχει υπολογίσει ότι μια συσκευή στο μέγεθος ενός φορητού υπολογιστή, θα μπορούσε να φορτιστεί σε απόσταση μερικών μέτρων από την πηγή. Τοποθετώντας μια πηγή λοιπόν σε κάθε δωμάτιο του σπιτιού σας θα μπορούσατε να είστε ενεργειακά καλυμμένοι στο χώρο του σπιτιού σας».

Στο συγκεκριμένο σύστημα, αντί της χρησιμοποίησης των ακουστικών δονήσεων, οι επιστήμονες αξιοποιούν το συντονισμό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι συνηθισμένες κεραίες που μεταδίδουν ραδιοκύματα δεν θα ήταν κατάλληλες για την αποδοτική μεταφορά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας καθώς τη διαχέουν προς όλες τις κατευθύνσεις, αντί να την εστιάζουν σε ένα συγκεκριμένο σημείο

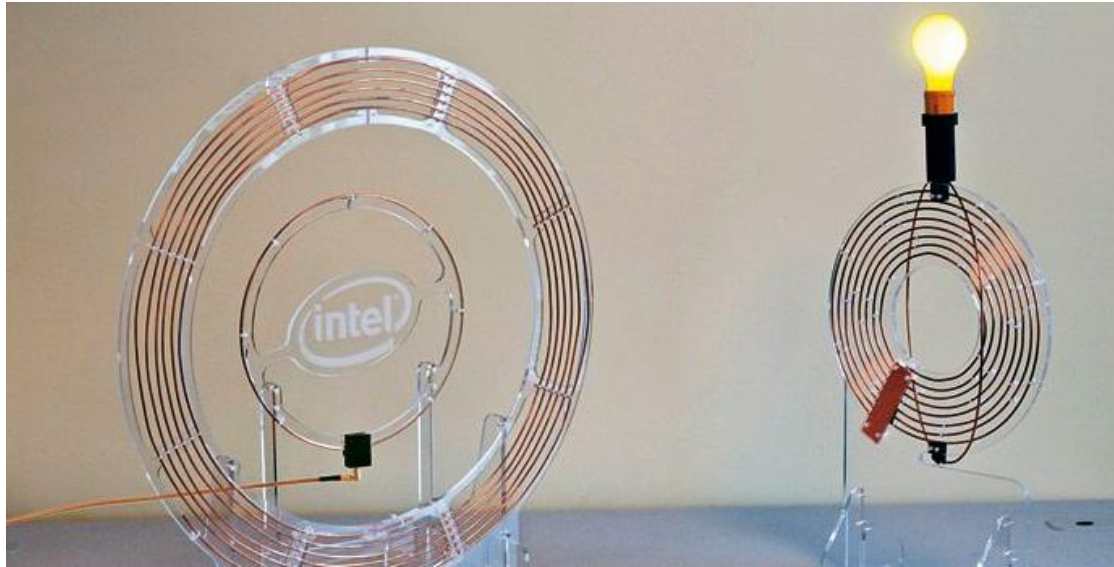
Προκειμένου να υπερβούν αυτό το εμπόδιο, οι ερευνητές του MIT μελέτησαν μια ειδική κατηγορία αντικειμένων τα οποία είναι «μη-ακτινοβόλα» και διαθέτουν «μακρόβιο συντονισμό». Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να εκπέμπουν πίδακες ενέργειας, μήκους τριών έως πέντε μέτρων οι οποίοι θα μπορούσαν να τροφοδοτούν ασύρματα ηλεκτρικές συσκευές. Για παράδειγμα, μια κεραία από χαλκό, κατάλληλα σχεδιασμένη ώστε να διαθέτει «μακρόβιο συντονισμό», θα μπορούσε να τροφοδοτεί με ενέργεια μια κοντινή συσκευή που διαθέτει επίσης μια κεραία που ταλαντώνεται στην ίδια συχνότητα. Στην ερευνητική ομάδα του MIT συμμετέχουν και οι Έλληνες ερευνητές Αριστείδης Καράλης και Τζον Γιανόπουλος.



Εικόνα (6) Η ερευνητική ομάδα του MIT κάθεται ανάμεσα στο πεδίο μεταφοράς ενέργειας



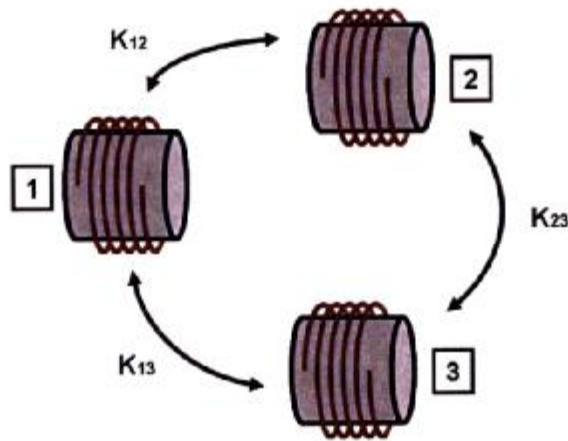
Εικόνα (7) Το πείραμα της Intel το 2008 στο IDF βασισμένο στο πείραμα του MIT αλλά με διαφορετική διάταξη πηνίων (Pancake coil)



Εικόνα (8) Πειραματική διάταξη pancake coil της Intel

Κεφάλαιο 2. Θεωρία συντονισμού.

Η θεωρία συντονισμού είναι μια μέθοδος ανάλυσης της συμπεριφοράς των αλληλεπιδρώντων πηνίων, όπως για παράδειγμα το σχήμα χ. η κατάσταση του κάθε πηνίου ορίζεται από την απολυτή τιμή, η οποία προσαρμόζεται ώστε το τετράγωνο της απολυτής τιμής να είναι ισοδύναμο με την συνολική ενεργεία του. Η ενεργεία η οποία διαρρέεται μεταξύ τους ,διαρρέεται με παρόμοιο τρόπο με το οποίο κινούνται τα σωματίδια μέσα σε ένα κβαντικό πηγάδι.



Εικόνα (10) Διάταξη συντονισμένων πηνίων

Ας υποθέσουμε ότι το $a_n(t)$ εκπροσωπεί την απολυτή τιμή του πηνίου (nth)

Όποτε το ολοκλήρωμα του $a_n(t)$ σε συνάρτηση του χρόνου θα είναι :

$$\frac{d}{dt} a_n(t) = -i \sum_m K_{nm} a_m(t) + F_n(t)$$

Όπου το $F_n(t)$ είναι μια εξωτερική δύναμη η οποία ασκείται σε κάθε πηνίο, το K_{nm} περιέχει την συχνότητα συντονισμού, η οποία έχει την μορφή $K_{nm} = \omega_n - i\Gamma_n$.

Η (βιβλιογραφία) απόδοση, (η), της μεταφοράς ενέργειας από κάποια πηγή σε μια δευτερεύουσα συσκευή έχει υπολογιστεί ως :

$$\eta = \frac{(\Gamma_W/\Gamma_D)\kappa^2/(\Gamma_S\Gamma_D)}{[1 + \Gamma_W/\Gamma_D]\kappa^2/(\Gamma_S\Gamma_D) + [1 + \Gamma_W/\Gamma_D]^2}$$

Όπου κ είναι ο βαθμός συντονισμού, Γ_S είναι ο φυσικός βαθμός εντροπίας της πηγής (λόγο ωμικών απωλειών, ακτινοβολίας , κτλ) , Γ_D ο φυσικός βαθμός εντροπίας της συσκευής και τέλος Γ_W προσθέεται στον βαθμό εντροπίας της συσκευής λόγο φορτίου , (στην προκειμένη περίπτωση η συσκευή που τροφοδοτείται ασύρματα) και τα δυο πηνία θα πρέπει να έχουν την ίδια συχνότητα συντονισμού. Η απόδοση της μεταφοράς ενέργειας βελτιστοποιείται όταν :

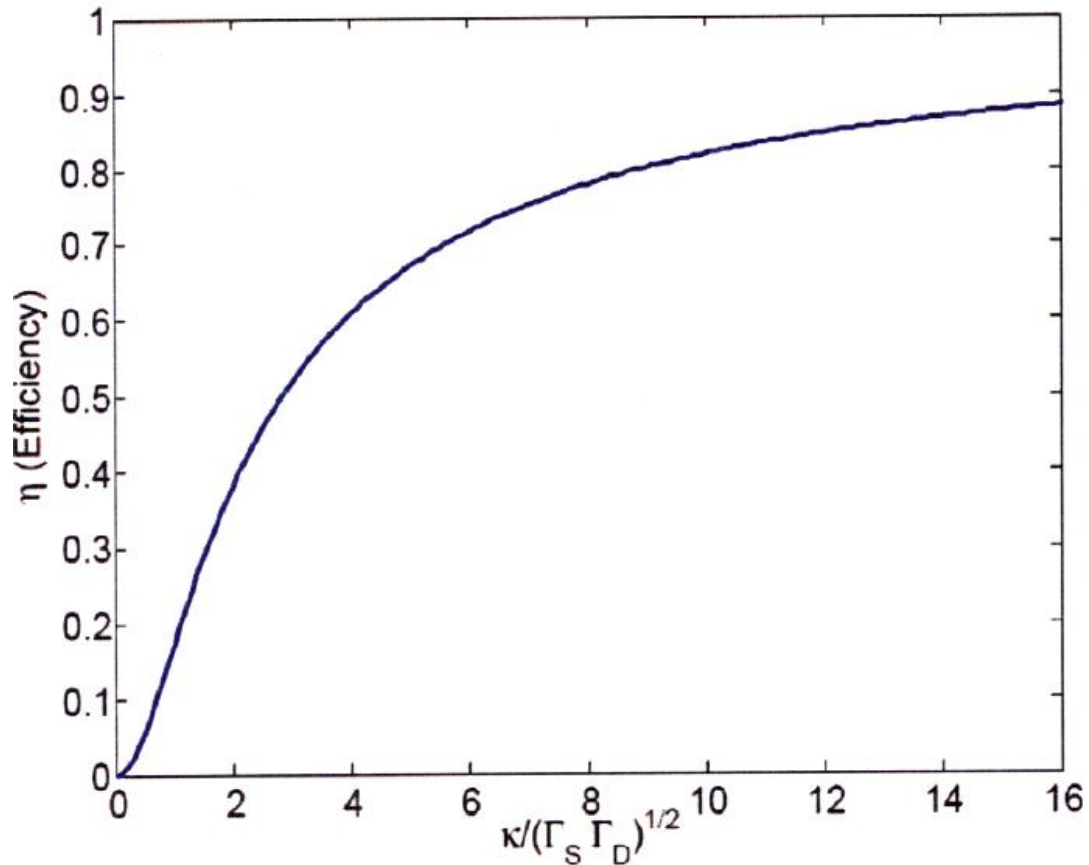
$$\Gamma_W = \Gamma_D \sqrt{1 + \kappa^2/(\Gamma_S\Gamma_D)}$$

Η βελτιστοποίηση είναι μια λειτουργεί μόνο για την παράμετρο συντονισμού G .

Όπου G είναι ο λόγος του ρυθμού μεταβολής της ενέργειας που μεταφέρεται ως προς τον ρυθμό μεταβολής της ενέργειας όπου διαχέεται, στο διάγραμμα () φαίνεται ότι η απόδοση είναι αρκετά υψηλή (μεγαλύτερη από 50%) όταν το G είναι μεγαλύτερο από το 1.

2.1 Εμπέδηση

Η θεωρία συντονισμού είναι πολύ γενική, παρόλο αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απλούστερο να αναλύσουμε το κύκλωμα χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό εμπέδησης, η οποία είναι μια ηλεκτροτεχνική θεωρία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το φαινόμενο της επαγωγής, η θεωρία εμπέδησης λειτουργεί με τον παρακάτω τρόπο, ας υποθέσουμε ότι για το κύκλωμα στην εικόνα (11) θέλουμε να υπολογίσουμε την εμπέδηση την οποία θα δώσουμε στον απαγωγέα $L1$.



Διάγραμμα (1) Διάγραμμα απόδοσης (η) ως προς την παράμετρο συντονισμού (G)

(διάγραμμα Andre Kurs)

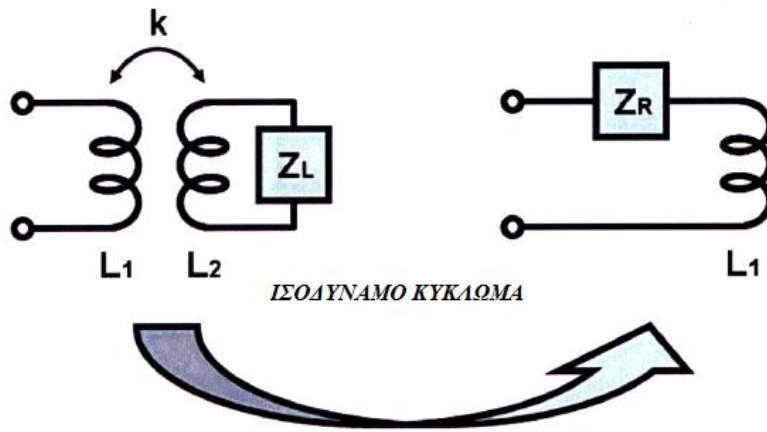
θα αναλύσουμε το κύκλωμα υποθέτοντας ότι το L_1 τροφοδοτείται από μια ημιτονοειδές πηγή, με πλάτος, I και συχνότητα ω , η επαγόμενη EMF V_2 , στο L_2 ισούται με το $i\omega M I$, όπου M η κοινή εμπέδηση και δίνεται από την σχέση

$$M = k\sqrt{L_1 L_2},$$

Το ρεύμα το οποίο διαρρέεται από το L_2 δίνεται από την σχέση $I_2 = V_2 / Z_T$, όπου Z_T είναι η συνολική εμπέδηση του L_1 και Z_L , και δίνεται από το $Z_T = i\omega L_2 + Z_T$. Το EMF όπου επάγεται πίσω στο L_1 από το I_2 δίνεται από την σχέση $V_1 =$

$i\omega M I_2$, αυτή η τάση προσθέεται στην τάση επαγωγής του L_1 , και με αυτό τον τρόπο συμπεριφέρεται σαν σειρά εμπέδησης ίσο με το V_1 / I_1 όποτε το κύκλωμα μπορεί να μεταμορφωθεί σε ένα ισοδύναμο κύκλωμα όπως παρουσιάζεται στο σχήμα(11). Η σχέση της εμπέδησης είναι :

$$Z_R = \frac{\omega^2 M^2}{Z_T} = k^2 \frac{\omega L_1 \omega L_2}{Z_T}$$



Εικόνα (11) Μετασχηματισμός σε ισοδύναμο κύκλωμα

2.2 Γενική περιγραφή Συστημάτων Επαγωγικής Μεταφοράς Ισχύος (IPTSSs)

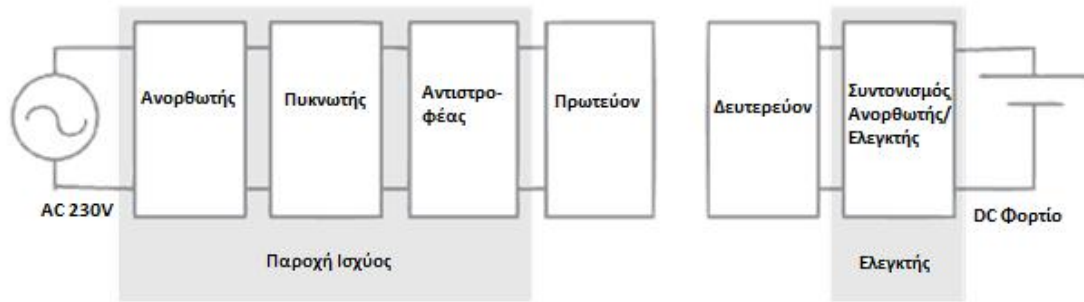
Η λειτουργία των Συστημάτων Επαγωγικής Μεταφοράς Ισχύος (Inductive Power Transfer Systems– IPTSSs) βασίζεται στην μαγνητική σύζευξη δυο πηνίων, και η δυνατότητα μεταφοράς ισχύος καθορίζεται από την μεταξύ τους πεπλεγμένη μαγνητική ροή.

Τα Συστήματα Επαγωγικής Μεταφοράς Ισχύος (IPTSSs) χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τα ισχυρά συζευγμένα (συντελεστής σύζευξης $k > 0,6$) και τα ασθενώς συζευγμένα (συντελεστής σύζευξης $k < 0,6$).

Τα ισχυρά συζευγμένα IPTSSs έχουν πολύ καλή μαγνητική σύζευξη μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος και παρουσιάζουν μικρή ροή σκέδασης. Τα συστήματα αυτά μελετώνται και περιγράφονται με τις γνωστές αρχές των μετασχηματιστών ισχύος κάθε τύπου.

Τα ασθενώς συζευγμένα IPTSSs, αντίθετα, παρουσιάζουν λιγότερο καλή μαγνητική σύζευξη πρωτεύοντος – δευτερεύοντος και μεγάλου βαθμού σκέδαση. Λόγω, κυρίως, φυσικών περιορισμών, το πρωτεόν σε τέτοια συστήματα διαχωρίζεται από το δευτερέον με μεγάλα διάκενα αέρα, με αποτέλεσμα η μελέτη και περιγραφή τους με τις σχέσεις που διέπουν τους κλασσικούς μετασχηματιστές να μην είναι ακριβής. Αυτό καθιστά μονόδρομο την περιγραφή τέτοιων συστημάτων με βάση τη λειτουργία του μετασχηματιστή με διάκενο αέρα σε συνεργασία με τεχνικές πεπερασμένης ανάλυσης στοιχείων (finite element analysis) για μια πιο ακριβή προσέγγιση. Το μεγάλο διάκενο αέρα προκαλεί μικρής τιμής επαγωγή μαγνήτισης και μεγάλης τιμής επαγωγές σκέδασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλου ρεύματος μαγνήτισης που αυξάνει τις απώλειες χαλκού στο πρωτεόν. Επιπλέον, η τάση εξόδου ενός IPTS είναι εξαρτώμενη από το φορτίο και άρα μη σταθερή. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται στην πράξη με τροποποίηση της σχεδίασης τόσο του συστήματος όσο και των μονάδων ελέγχου ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοση του IPTS.

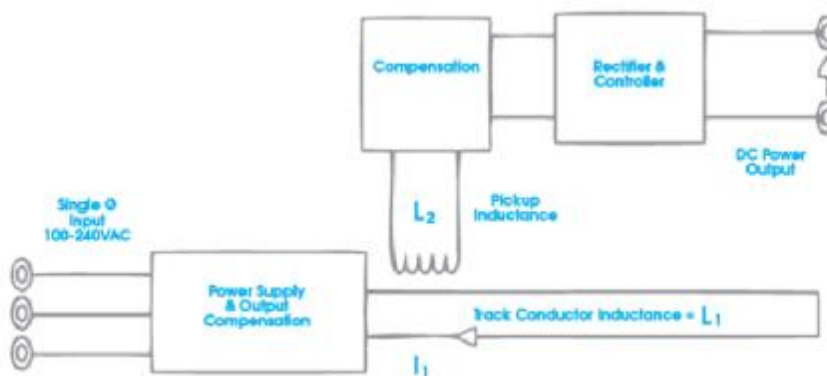
Για την μεγιστοποίηση της μεταφερόμενης ισχύος τα IPTSSs σχεδιάζονται να λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες και σε συνθήκες συντονισμού. Συνεπώς, πέραν του μετασχηματιστή μεγάλου διακένου αέρα, τα συστήματα αυτά έχουν ως απαραίτητο στοιχείο έναν μετατροπέα AC – AC για την επίτευξη της λειτουργίας στις απαιτούμενες συχνότητες που είναι μεγαλύτερες από τη συχνότητα δικτύου.



Εικόνα (12) Μονοφασικό διάγραμμα βαθμίδων συστήματος επαγωγικής μεταφοράς ισχύος

Οι βασικές βαθμίδες μιας σύγχρονης διάταξης επαγωγικής μεταφοράς ισχύος παρουσιάζονται στο Σχήμα 12 και στο Σχήμα 13. Συνοπτικά οι βαθμίδες αυτές είναι: ένας ανορθωτής της μονοφασικής παροχής τάσης, ένας αντιστροφείας υψηλής διακοπτικής συχνότητας, τα πλαίσια των τυλιγμάτων του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τα οποία θα λειτουργήσουν ως συζευγμένα πηνία, κύκλωμα συντονισμού του δευτερεύοντος, ένας ανορθωτής της εναλλασσόμενης τάσης που δημιουργείται στο δευτερεύον και ένας ελεγκτής.

Συστήματα IPT ασθενούς σύζευξης χρησιμοποιούνται εν γένει σε εφαρμογές όπου είναι απαραίτητη η μετάδοση ισχύος σε κινούμενο – ως προς το πρωτεύον – δευτερεύον μέλος και σε εφαρμογές όπου είναι απαραίτητη η γαλβανική απομόνωση πρωτεύοντος – δευτερεύοντος. Μερικές σχετικές εφαρμογές είναι: η επαγωγική φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ρομποτικές εφαρμογές, κυλιόμενοι μετασχηματιστές, υποβρύχια μεταφορά ισχύος, και μεταφορά ισχύος σε υγρά περιβάλλοντα.



Εικόνα (13) Διάγραμμα βαθμίδων ασύρματου επαγωγικού φορτιστή της εταιρίας Halo

Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας.

3.1 Ασύρματη φόρτιση ηλεκτροκινήτων οχημάτων



Εικόνα (14) Ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο της εταιρίας Volvo

3.1.2 Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Το πρώτο αυτοκινούμενο όχημα που κατασκευάστηκε ήταν ηλεκτρικό, το 1838, σχεδόν πενήντα χρόνια πριν δημιουργηθεί το πρώτο αυτοκινούμενο με μηχανή εσωτερικής καύσης. Όμως, τα πρώτα ηλεκτροκίνητα οχήματα είχαν τεράστιες και ελάχιστα αποδοτικές μπαταρίες, με αποτέλεσμα η μαζική παραγωγή αυτοκινήτων με μηχανές εσωτερικής καύσης, ειδικά μετά το 1913, να τα επισκιάσει. Ηλεκτρικά οχήματα συνέχισαν να υπάρχουν βεβαίως, αλλά κυρίως για εξειδικευμένες χρήσεις. Στην εικόνα 15 απεικονίζεται ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο της εταιρίας Detroit Electric, (μοντέλο 1919) ενώ βρίσκεται σε σταθμό φόρτισης της εποχής κατά τη διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας του.

Σήμερα, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο αναζητεί τη μεγάλη επιστροφή. Διεκδικεί σημαντικό κομμάτι της αγοράς αυτοκινήτου με αυξανόμενες πωλήσεις καθώς παρουσιάζεται μια στροφή των καταναλωτών προς οικολογικά μέσα μεταφοράς και δεδομένου ότι τόσο οι αποδόσεις του όσο και το κόστος του πλησιάζουν ολόένα τα αντίστοιχα των σύγχρονων βενζινοκινήτων οχημάτων.



Εικόνα (15). Ηλεκτρικό αυτοκίνητο της Detroit Electric (1919) κατά τη φόρτιση σε σταθμό φόρτισης. Πηγή: U.S. Library of Congress

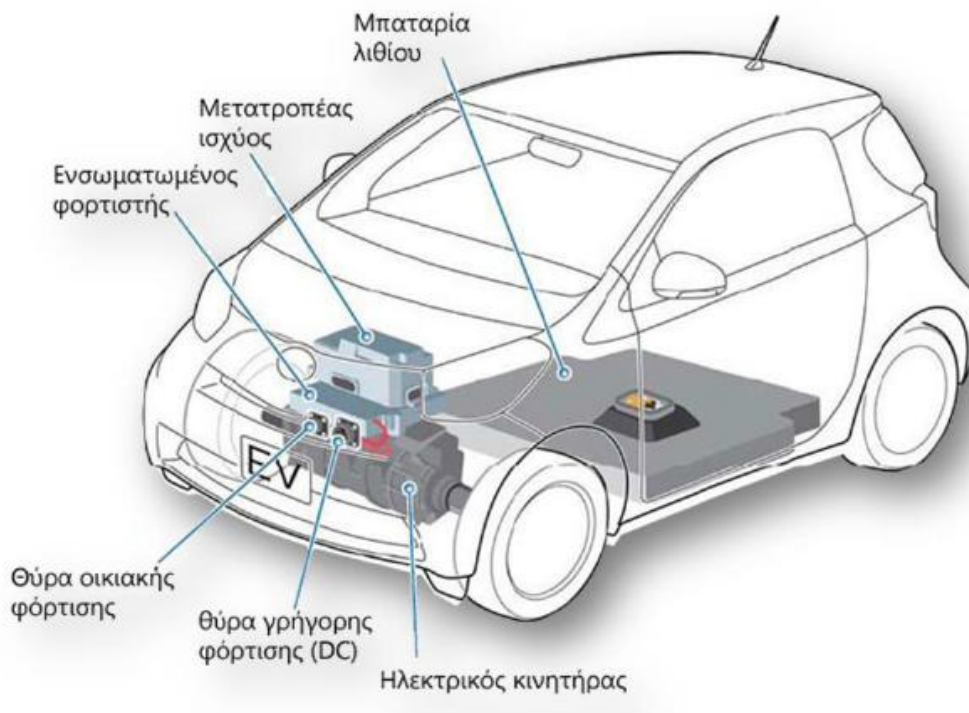
Ήδη, μεγάλες ευρωπαϊκές χώρες, οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Ιαπωνία αναπτύσσουν προγράμματα για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στους δρόμους. Η σημαντική βελτίωση στην ποιότητα των μπαταριών, τα νέα υλικά, η μεγαλύτερη αυτονομία και κυρίως η τάση της βιομηχανίας να ρίξει στην αγορά νέες καινοτομίες, συναντιούνται με το αίτημα προστασίας του περιβάλλοντος.

3.1.3 Το σύγχρονο ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Το σύστημα κίνησης ενός σύγχρονου ηλεκτρικού αυτοκινήτου αποτελείται από τον κινητήρα, το μετατροπέα ισχύος (ελεγκτή), την πηγή ενέργειας (μπαταρία) και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

Στην εικόνα 16 απεικονίζεται η διάταξη των ανωτέρω υποσυστημάτων στο ηλεκτρικό αυτοκίνητο.

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλεκτρικά οχήματα είναι κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC), ασύγχρονοι κινητήρες και κινητήρες μονίμων μαγνητών



Εικόνα (16) Σύστημα κίνησης ηλεκτρικού αυτοκινήτου

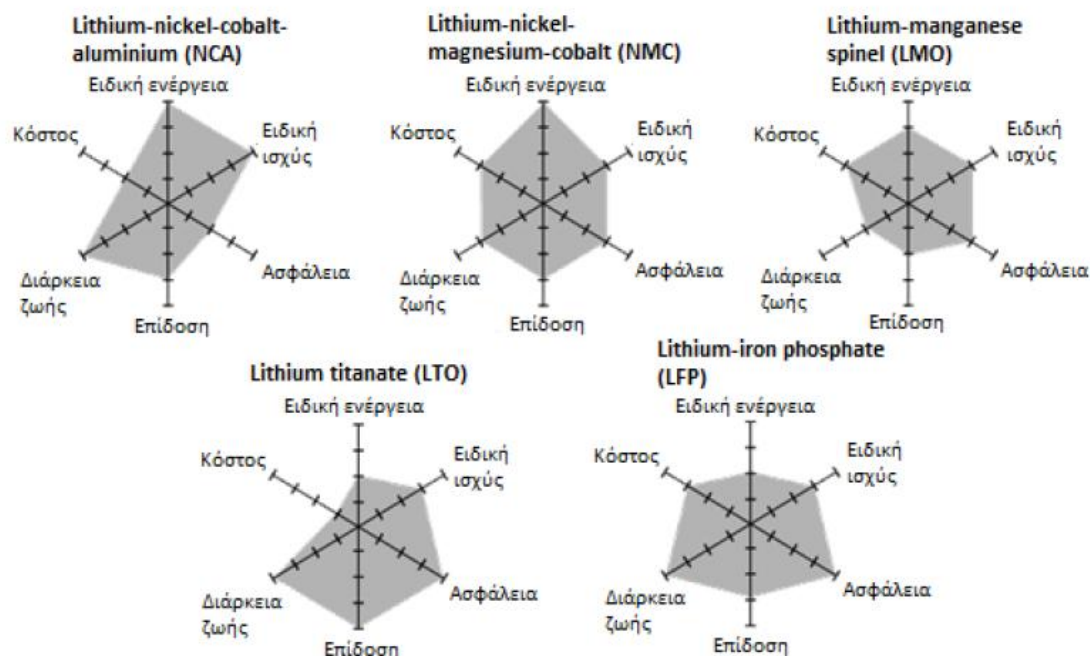
3.1.4 Η μπαταρία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Μέχρι στιγμής κυκλοφορούν στην αγορά οχήματα ενσύρματης φόρτισης (μέσω καλωδίου), τόσο βραδείας φόρτισης όσο και ταχείας φόρτισης. Οι χωρητικότητες των συσσωρευτών των σύγχρονων εμπορικών μοντέλων κυμαίνονται από 16 kWh έως 56 kWh. Από τις χωρητικότητες αυτές και τις αναφερόμενες αυτοδυναμίες προσδιορίζονται οι αντίστοιχες απαιτήσεις ισχύος των φορτιστών. Επομένως με ένα σύστημα παροχής ισχύος 4 kW ένα σύγχρονο ηλεκτρικό αυτοκίνητο μπορεί να φορτιστεί πλήρως σε 4 με 14 ώρες. 42

Η μπαταρία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το στοιχείο το οποίο αυξάνει το κόστος της τελικής διάθεσης του στην αγορά. Οι απαιτήσεις για μεγάλη πυκνότητα ενέργειας και μεγάλη πυκνότητα ισχύος είναι και τα κύρια χαρακτηριστικά σχεδιασμού των συσσωρευτών αυτών. Η πυκνότητα ενέργειας (kWh) προδιαγράφει τον όγκο και το βάρος της μπαταρίας και καθορίζει την πυκνότητα ισχύος (kW) που θα αποδίδει.

Στην αγορά είναι διαθέσιμοι διάφοροι τύποι μπαταριών (Lead Acid, NiCd, NiMH, LiPo, LiFePO₄, NaS, Zn-air) αλλά οι επικρατέστερες λόγω απόδοσης και ως προς τη δυνατότητα μελλοντικής ανάπτυξης είναι οι μπαταρίες ιόντων λιθίου. Στην εικόνα 17 παρουσιάζεται μια σύγκριση των διαφόρων τύπων μπαταριών ιόντων λιθίου ως προς

τα εξής χαρακτηριστικά τους: την ειδική ενέργεια (ενέργεια ανά μονάδα μάζας), την ειδική ισχύ, την ασφάλεια, την επίδοση, την διάρκεια ζωής και το κόστος.

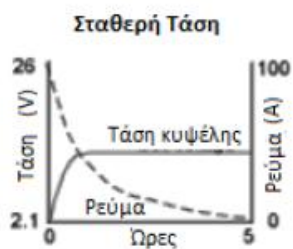


Εικόνα (17) Χαρακτηρισμός τύπων συσσωρευτών ιόντων λιθίου με κριτήρια i. το κόστος ii. την ειδική ενέργεια iii. την ειδική ισχύ iv. την ασφάλεια v. την επίδοση vi. τη διάρκεια ζωής [36]

Το σύστημα φόρτισης των μπαταριών του ηλεκτρικού αυτοκινήτου ελέγχεται από το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (Battery Management System – BMS). Μέσω των δεδομένων του συστήματος διαχείρισης, εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες

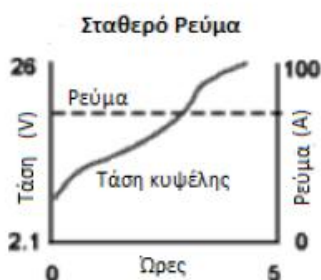
- Συλλέγει τα δεδομένα τάσης, ρεύματος και θερμοκρασίας με αισθητήρες.
- Προσδιορίζει τα επίπεδα φόρτισης (State of Charge – SoC)
- Καθορίζει τη μέθοδο φόρτισης της μπαταρίας
- Διασφαλίζει βέλτιστη φόρτιση μπαταρίας φροντίζοντας για την ισορροπημένη φόρτιση όλων των στοιχείων της μπαταρίας
- Αποτρέπει την υπερφόρτιση ή την υπερεκφόρτιση της μπαταρίας

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι φόρτισης μπαταριών. Οι πιο βασικές είναι αυτές που παρουσιάζονται στον Πίνακα



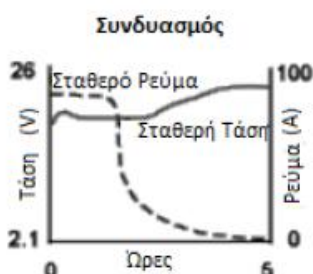
Φόρτιση σταθερής τάσης

Ο κύκλος φόρτισης ξεκινά με μεταβλητής τιμής ρεύμα έως ότου η τάση να φτάσει ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Τότε, μεταβαίνει σε φόρτιση σταθερής τάσης.[58]



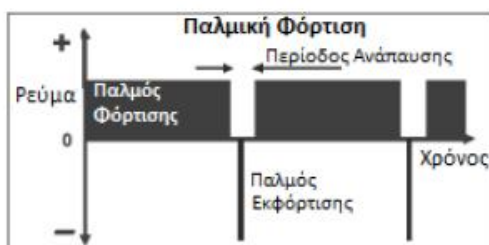
Φόρτιση σταθερού ρεύματος

Ο κύκλος φόρτισης γίνεται με σταθερό ρεύμα ανεξαρτήτως της τιμής της τάσης.[58]



Συνδυαστική φόρτιση

Ο κύκλος φόρτισης ξεκινά με σταθερό ρεύμα μεγάλης τιμής έως ότου η τάση να φτάσει ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Τότε, μεταβαίνει σε φόρτιση με έλεγχο σταθερής τάσης.[58]



Παλμική φόρτιση

Η φόρτιση πραγματοποιείται με τροφοδότηση της μπαταρίας με σταθερού πλάτους και μεταβλητού εύρους παλμούς ρεύματος. Το εύρος των παλμών ελέγχεται για την επίτευξη της επιθυμητής μέσης τιμής του ρεύματος φόρτισης.[59]

Τυχαία φόρτιση (Random Charging)

Η τυχαία φόρτιση προκύπτει από τις ιδιαίτερες συνθήκες διαθεσιμότητας της τροφοδοτούμενης ενέργειας που συναντώνται συνήθως στα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα. Για παράδειγμα, ο φορτιστής πρέπει να μπορεί να τροφοδοτήσει την μπαταρία κατά την τυχαία στιγμή πέδησης, με τη μεγάλη στιγμιαία ισχύ που γεννιάται από την πέδηση. Για τις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται «έξυπνοι» φορτιστές οι οποίοι με χρήση μικροεπεξεργαστών αξιολογούν τις εκάστοτε συνθήκες και υιοθετούν την κατάλληλη μέθοδο φόρτισης.[59]

3.1.5 Διεθνείς κανονισμοί και προδιαγραφές φόρτισης

Τα συστήματα φόρτισης των συσσωρευτών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχουν εξελιχθεί χρονικά παράλληλα αλλά ανεξάρτητα από τις κατασκευάστριες εταιρίες. Η εξάπλωση της χρήσης τους κάνει επιτακτική την ανάγκη συμφωνίας για διεθνείς κανονισμούς που να προδιαγράφουν την κατασκευή και κυρίως τις προδιαγραφές λειτουργίας των φορτιστών. Στην Αμερική οι κατασκευαστές τείνουν να συμφωνήσουν στις ακόλουθες προδιαγραφές φόρτισης :

- AC L1: 120V, 1Φ. Ρεύμα: 12/16 A, Ισχύς: 1,44/1,92 kW.
- AC L2: 240V, 1Φ. Ρεύμα ≤ 80 A, Ισχύς $\leq 19,2$ kW.
- AC L3: προς ορισμό (3Φ)
- DC L1: 200 – 450V. Ρεύμα ≤ 80 A, Ισχύς $\leq 19,2$ kW.
- DC L2: 200 – 450V. Ρεύμα ≤ 200 A, Ισχύς ≤ 90 kW.
- DC L3: προς ορισμό.

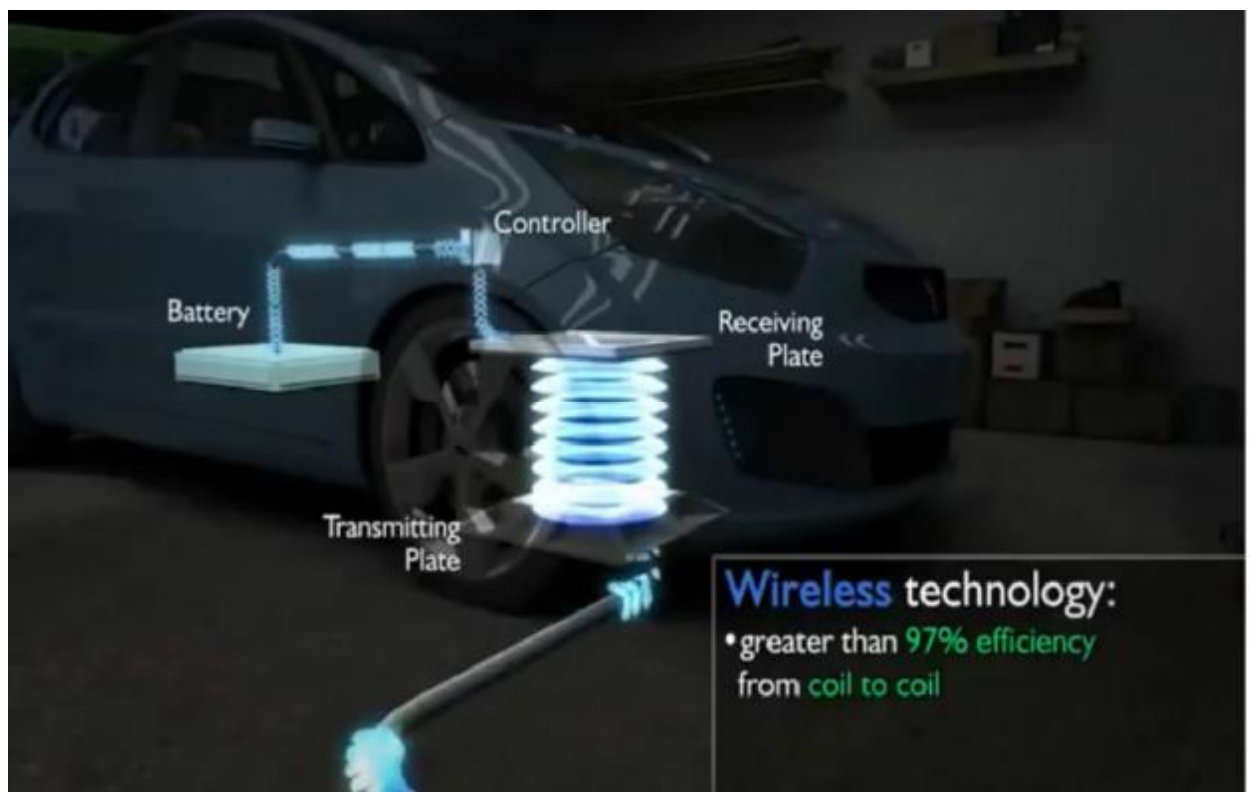
Στην Ευρώπη βρίσκονται σε εξέλιξη προσπάθειες να καταλήξουν σε συμφωνία και έκδοση των κανονισμών αυτών



Εικόνα (18) Ενσύρματος φορτιστής ηλεκτρικού οχήματος της Hon

3.1.6 Σχεδιασμός ασύρματη μεταφοράς ενέργειας

Το βασικό διάγραμμα το οποίο απεικονίζει την ασύρματη μεταφορά ενέργειας φαίνεται στην εικόνα 19 . Ο πομπός και ο δέκτης χρησιμοποιούνται για την αποστολή και παραλαβή της ενέργειας, μια πηγή τροφοδοτεί τον πομπό, ο οποίος τοποθετείται στο έδαφος κάτω από το όχημα, καθώς ο δέκτης τοποθετείται στο κάτω μέρος του οχήματος. Ο πομπός λοιπόν μεταδίδει ενέργεια μέσω του μαγνητικού πεδίου και ο δέκτης μετατρέπει το εναλλασσόμενο αυτό ρεύμα σε συνεχές και φορτίζει την μπαταριά



Εικόνα (19) Εξομοίωση ασύρματης μεταφοράς ενέργειας, ο πομπός τοποθετείται στο πάτωμα με α στο γκαράζ, και το όχημα φορτίζεται αυτόματα κατά την διάρκεια της στάθμευσης

3.1.7 Πλεονεκτήματα επαγωγικής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει σήμερα η βιομηχανία ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων είναι το ζήτημα της φόρτισης, η ασύρματη μεταφορά ενέργειας είναι μια λύση σε αυτό το πρόβλημα.

Αυτό το σύστημα θα επιτρέψει την διάδοση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων διότι μετατρέπει στον μηχανισμό φόρτισης να γίνει πιο προσιτός. Έξυπνα αισθητήρια συστήματα τοποθετούνται στο ηλεκτροκίνητο όχημα για να αναλύουν συνεχώς τα επίπεδα φορτίου της μπαταρίας και καθιστούν την διαδικασία φόρτισης αυτοματοποιημένη. Γενικά κάποιος θα μπορούσε άπλα να σύνδεση την τροφοδοσία του αυτοκινήτου στην παροχή του σπιτιού του, άλλα αυτό δεν είναι αναγκαίο εάν η ασύρματη μεταφορά ενέργειας εφαρμοστεί. Η τεχνολογία της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας απαιτεί 3 κυρίως χαρακτηριστικά :

- υψηλή αποδοτικότητα
- μεγάλη απόσταση πομπού και δέκτη
- μεγάλα ποσά ενέργειας

Ο ηλεκτρομαγνητικός συντονισμός πηνίων είναι η μοναδική τεχνολογία που πληρεί αυτές της προϋποθέσεις, σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε την ανάγκη και την χρησιμότητα της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας για την εφαρμογή της στα ηλεκτροκίνητα οχήματα.

3.1.8 Η Ασύρματη μεταφορά ενέργειας είναι αόρατη

Η βασική αρχή της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας είναι το γεγονός ότι είναι αόρατη, ο απαραίτητος εξοπλισμός είναι θαμμένος μέσα στο έδαφος κάτω από τον δρόμο ενώ ο εξοπλισμός του δεκτή κάτω από το αυτοκίνητο, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εγκατάσταση συστήματος φόρτισης σε πάρκα και αρχαιολογικούς χώρους, όπου οι πολίτες μπορούν να αφήνουν τα οχήματα τους να φορτίζουν πλήρως όσο επισκέπτονται τους χώρους αυτούς ενώ δεν υπάρχει αισθητική επιβάρυνση στα αξιοθέατα.

3.1.9 Φόρτιση μέσω μαζικής μεταφοράς

Ένας τομέας ο οποίος θα επωφεληθεί σε τεράστιο βαθμό από την αναφερόμενη τεχνολογία, είναι τα μέσα μαζικής μεταφοράς, όπου στα όποια οι ρύποι που διανέμουν στην ατμόσφαιρα είναι πολύ πιο βλαβεροί αναλογικά με την εξυπηρετήσει την όποια προσφέρουν, σε αυτήν την περίπτωση μονάδες φόρτισης ασύρματης μεταφοράς ενέργειας, θα μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε στάση του λεωφορείου. Με αυτό τον τρόπο ο χρόνος στάθμευσης οποίος θα χρειαστεί για να ανέβουν η να κατέβουν οι επιβάτες, θα είναι αρκετός ώστε να φορτίσει η μπαταρία και να μπορέσει να κινηθεί το λεωφορείο μέχρι την επομένη στάση, όπου και εκεί αντίστοιχα θα επαναληφτεί ο ίδιος κύκλος.



Εικόνα (20) Ασύρματη φόρτιση λεωφορείου κατά την διάρκεια στάσης.

3.1.10 Φόρτιση σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει η είναι τι γίνεται κατά την διάρκεια των ταξιδιών, η Tesla motor's μια από της πιο σημαντικές εταιρές ηλεκτροκινήτων οχημάτων, υπόσχεται με 100 % φορτισμένη μπαταρία χρόνο ζωής 200 χλμ, μέχρι να είναι απαραίτητο να επαναφόρτιση, σε αυτήν την περίπτωση μεγάλες μονάδες ασύρματης μεταφοράς ενέργειας μπορούν να τοποθετηθούν σε κομβικά σημεία στους μεγάλους αυτοκινητόδρομους , όπου πομποί θα υπάρχουν στην αριστερή λωρίδα του δρόμου, αισθητήρες μέσα στο όχημα θα ειδοποιούν τον οδηγό ότι πλησιάζει σε μονάδα φόρτισης έτσι ώστε ο οδηγός θα μπορεί απλά να οδηγήσει από πάνω και να λάβει την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται για να συνεχίσει το ταξίδι του. επίσης η αναμονή σε δρόμο με μεγάλο κυκλοφοριακό πρόβλημα, θα μπορέσει να απόδοση ακόμα μεγαλύτερα επίπεδα φόρτισης καθώς το όχημα θα μπορεί να μένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην μονάδα ασύρματης ενέργειας

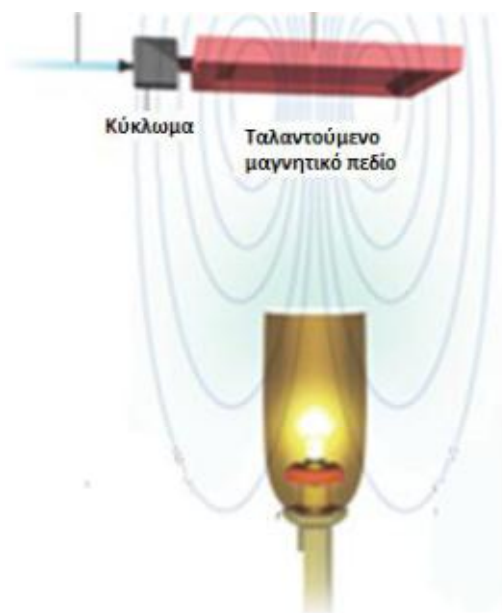


Εικόνα (21) Ασύρματη φόρτιση οχήματος κατά την κίνηση σε αυτοκινητόδρομο , οδηγός κινείται κατά μήκος τον μπόμπων και απορρόφα το αναγκαίο φορτίο

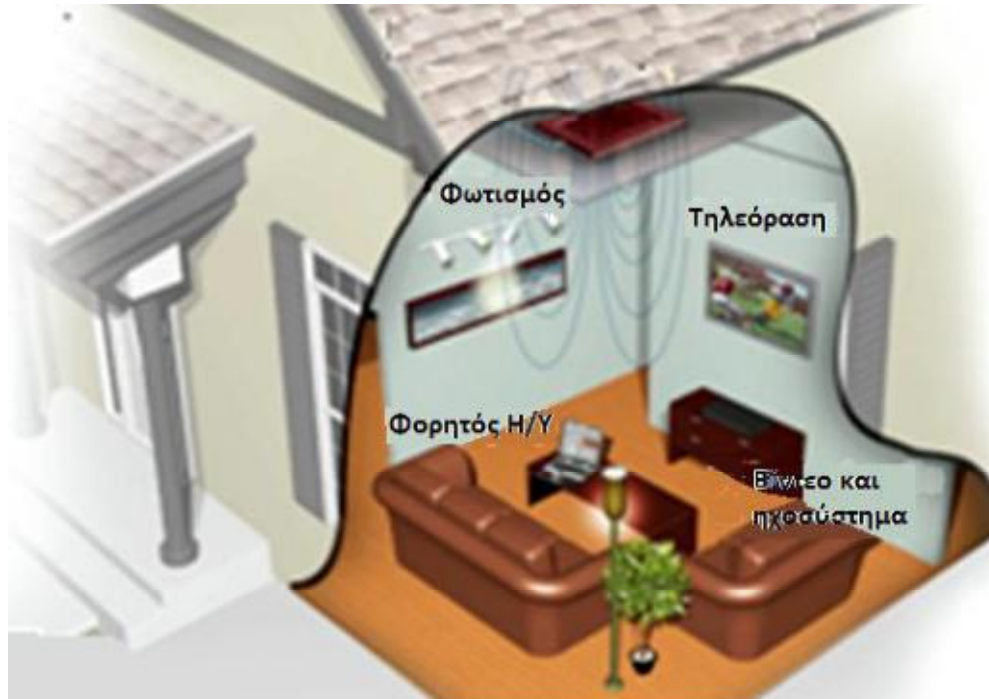
3.1.11 Εξοικονόμηση χρημάτων και προστασία περιβάλλοντος

Είναι αυτονόητο πλέον ότι εάν εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία σε παγκόσμια κλίμακα θα είναι μια μεγάλη ανάσα για το πορτοφόλι μας καθώς και για τον πλανήτη, αφού δεν θα χρειάζεται πλέον να σκεφτούμε τα έξοδα στα καύσιμα, εάν θέλει κάποιος για παράδειγμα να πραγματοποιήσει κάποιο ταξίδι το περιβάλλον θα επωφεληθεί καθώς τα επίπεδα ρύπων, θα μειωθούν σε σημαντικό βαθμό.

Κεφάλαιο 3.2 Ασύρματη φόρτιση οικιακών συσκευών.



Εικόνα (22) Διάταξη ασύρματης τροφοδοσίας λαμπτήρα της εταιρίας WiTricity



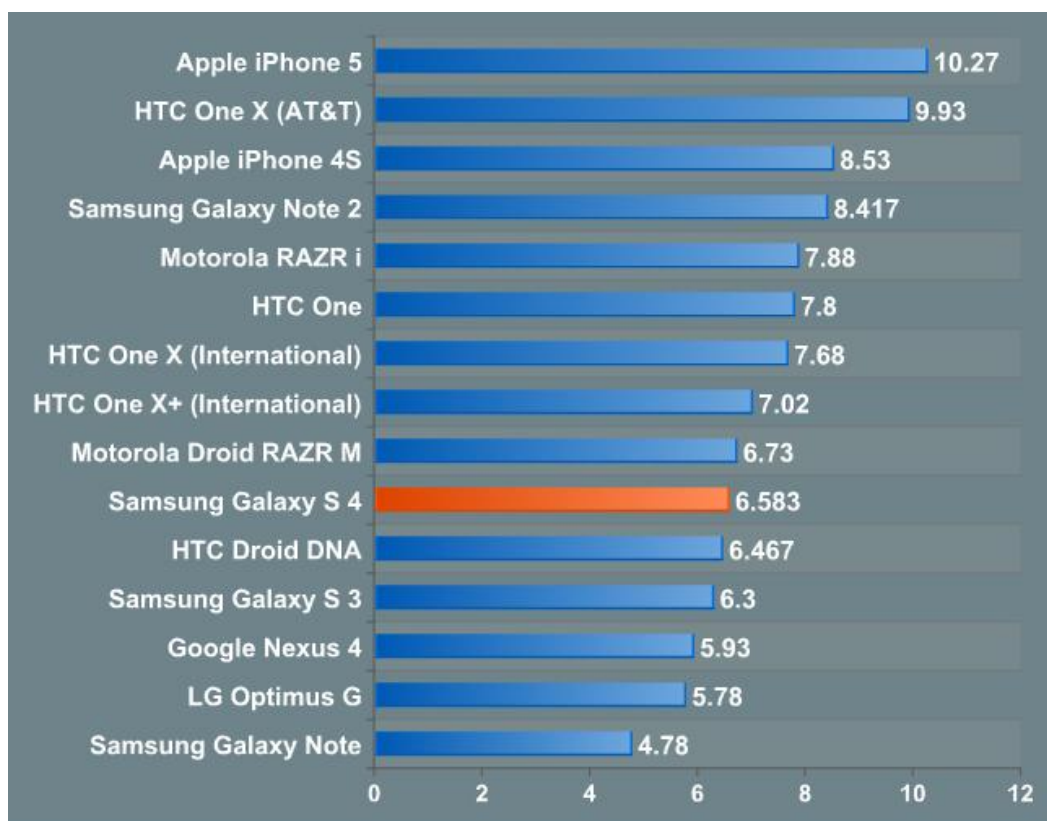
Εικόνα (23) Πρόταση για ασύρματη τροφοδοσία όλων των ηλεκτρικών συσκευών μιας οικίας από την εταιρία WiTricity

3.2.1 Κινητά τηλεφωνά

Κάθε σχεδόν 2 χρόνια τα κινητά τηλεφωνά και ιδικά τα Smartphones αναβαθμίζουν της συσκευές στους, όσον αφορά το λογισμικό τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την εξωτερική εμφάνιση. Αυτές οι αλλαγές απαιτούν αναβάθμιση στην απαιτούμενη ενεργεία, στα περιφερικά και ως αποτέλεσμα όλο και νέοι ανταπτορες είναι αναγκαίοι, αφήνοντας πίσω τους ήδη υπάρχοντες μετατρέποντας τους σε άχρηστα πλέον ηλεκτρονικά εξαρτήματα.

Ένα κινητό τηλεφωνο χρησιμοποιεί κατά το πλείστον μπαταρίες Li+/Polymer, των όποιον η ενεργειακή τους πυκνότητα βρίσκεται σε κορεσμό εδώ και πολλά χρόνια και προσπάθεια αναβάθμισης στον συγκεκριμένο τύπο μπαταριάς δεν μπορεί να ανταπεξέλθει με την ραγδαία εξέλιξη και απαίτηση για ενεργεία, έχοντας ως αποτέλεσμα ένα τυπικό smartphone να χάνει εντελώς το φορτίο του μέσα σε 24 ώρες σε αντίθεση με της 48 και 72 ώρες όπου χρειάζονταν κινητά τηλεφωνά της περασμένης δεκαετίας.

Οι μπαταρίες επίσης θα πρέπει να έχουν σχετικά μικρό μέγεθος για να ανταπεξέλθουν στην αυξημένη ζήτηση για ποιο μοντέρνα και κομψά κινητά τηλεφώνά, όποτε ποιο μικρό μέγεθος σημαίνει μικρότερος κύκλος ζωής και ανάγκη για ακόμα ποιο συχνή φόρτιση. Άλλα τα προαναφέροντας μας μετατρέπουν το κινητό τηλέφωνο ως ένα πολύ καλό υποψήφιο για την ασύρματη μεταφορά ενέργειας

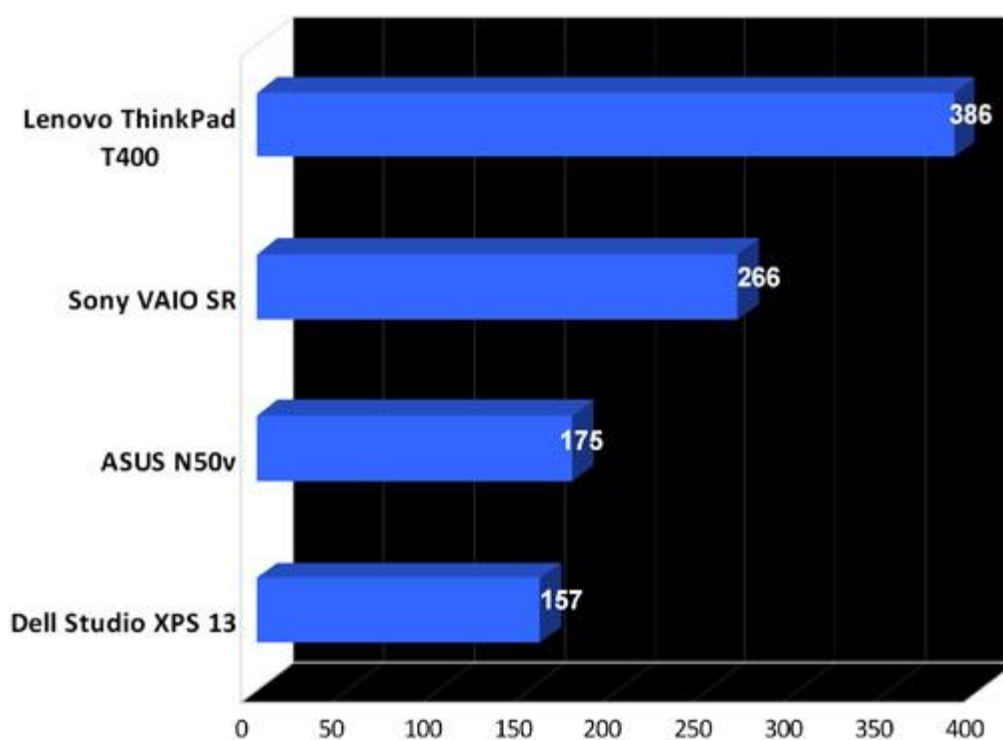


Εικόνα (24) Διάρκεια ζωής σε ώρες ορισμένων κινητών νέας γενιάς κατά την διάρκεια χρήσης διαδικτύου

3.2.2 Φορητοί υπολογιστές

Οι φορητοί υπολογιστές ήταν μια επανάσταση όταν πρωτοεμφανίστηκαν στην αγορά διότι παρουσίαζαν ακριβώς το ίδιο θέμα που παρουσιάζεται σε αυτή την πτυχιακή, την απεξάρτηση από τα καλώδια, όπου ο καθένας θα χρησιμοποιούσε το φορητό υπολογιστή χωρίς να είναι απαραίτητα καθηλωμένος σε ένα γραφείο, το πρόβλημα το οποίο έγινε γνωστό, ήταν για ακόμη μια φορά η μπαταρία η οποία

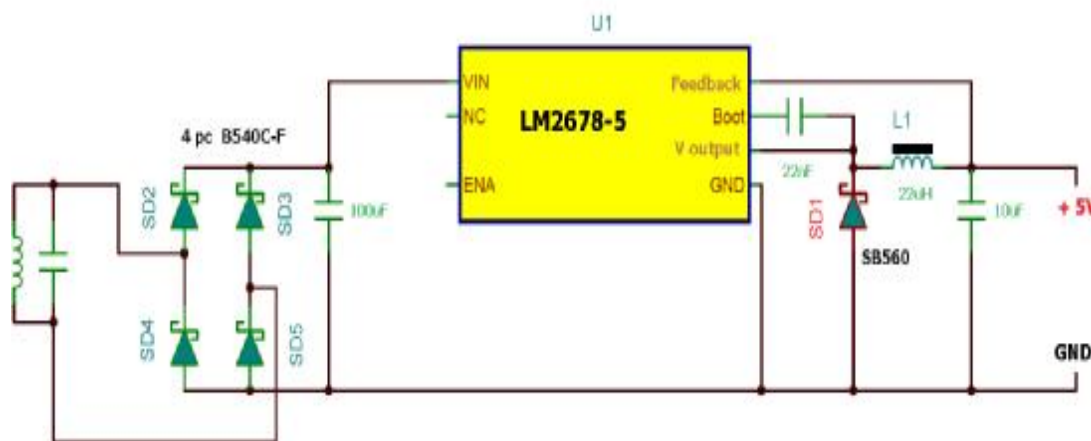
ανάλογα με τα προγράμματα που έτρεχε ο υπολογιστής έδινε διάρκεια ζωής 4-5 ώρες ενώ σε υπολογιστές όπου η μπαταρία είχε φτάσει πλέον στον κορεσμό της η διάρκεια ζωής δεν ξεπερνούσε τα 20 λεπτά και σε πολλές ο υπολογιστής δεν λειτουργούσε εάν δεν υπήρχε τροφοδοσία από την πρίζα, καθιστώντας τον τότε φορητό υπολογιστή σε έναν πλέον σταθερό αναγκάζοντας τον καταναλωτή να προβεί σε αγορά νέας μπαταρίας κάτι το οποίο ήταν μη οικονομικό, οπός γίνεται λοιπόν κατανοητό οι φορητοί υπολογιστές θα μπορούσαν να επωφεληθούν σε σημαντικό βαθμό από την αναφερόμενη τεχνολογία .



Εικόνα (25) Διάρκεια ζωής μπαταρίας φορητού υπολογιστή διαφορών εταιριών

3.2.3 Θεωρητική διάταξη φόρτισης οικιακών συσκευών

Ένας πολύ απλός και αποτελεσματικός τρόπος λειτουργίας είναι να τοποθετηθεί η συσκευή του πομπού η οποία θα τροφοδοτείτε από την πηγή σε κάποιο χώρο στην οικία όπου θα έχει την καλύτερη εμβέλεια, το ταβάνι η κάποιο υψωμένο σημείο θα ήταν μια καλή επιλογή, στην συνέχεια θα πρέπει να γίνει μια διάταξη όσον αφορά τον δεκτή, διότι το σύστημα τροφοδοτείται από εναλλασσόμενο ρεύμα και σχεδόν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν με συνεχές, όποτε ένας μετατροπέας AC-DC όπως για παράδειγμα το κύκλωμα στο σχήμα () θα υλοποιούσε το ζήτημα.



Εικόνα (26) Εξομοίωση διάταξης μετατροπής AC σε DC για ασύρματη φόρτιση μπαταρίας.

3.3.4 Το μέλλον της ασύρματης μεταφοράς

Η ασύρματη φόρτιση ηλεκτρικών συσκευών, δεν σημαίνει ότι πρέπει να περιοριστεί μέσα στην οικία μόνο, καθώς η τεχνολογία αυτή θα αναπτύσσεται και θα εξελίσσεται θα μπορούν να τοποθετηθούν πομποί, σε κομβικά σημεία μέσα στην πόλη (πλατιές, πανεπιστήμια, μουσεία, σταθμοί μετρό) όπως συμβαίνει και σε μερικές περιπτώσεις για τα λεγόμενα hot spots που προσφέρουν ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο, καθιστώντας έτσι την ασύρματη μεταφορά ενέργειας μια καθημερινότητα έτσι ώστε να μην χρειαστεί να συνδέσουμε το κινητό μας τηλέφωνο ξανά στην πρίζα.



Εικόνα (27) Διάταξη ασύρματης μεταφοράς ενέργειας σε οικιακές συσκευές.

Κεφάλαιο 4. Ανθρωπινή ακτινοβολία

4.1 Ανθρωπινά επίπεδα ασφάλειας

Ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει από την μεταφορά ενεργείας υψηλής εμβελείας, είναι εάν είναι ασφαλές για τον άνθρωπο ? η μεταφορά ενεργείας μέσω αέρα είναι λογικό να κάνει πόλους να αναρωτιούνται εάν υπόκεινται σε επίπεδα υψηλής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε ποια είναι τα ανθρωπινά όρια ακτινοβολίας και αν αυτή η τεχνολογία μπορεί να δράσει μέσα σε αυτά τα όρια δίχως να φέρει σε κίνδυνο τον οργανισμό

Τα όρια ασφάλειας του ανθρώπου στον ηλεκτρομαγνητισμό, εξαρτώνται από της υπάρχουσες αναλύσεις των επιστημονικών στοιχείων των επιπτώσεων του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στην ανθρωπινή υγεία. Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO – World Health Organization) αναμένεται να δημοσιεύσει τα επικίνδυνα επίπεδα αυτά στο κοντινό μέλλον, έως τότε τα όρια της ανθρωπίνης ακτινοβολίας συντάσσονται από το ινστιτούτο των ηλεκτρονικών και ηλεκτρολόγων μηχανικών (IEE –Institute of Electrical and Electronic Engineers) και την Διεθνή Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες, (ICNIRP- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) οι κυρίως έρευνες των οργανισμών αυτών ανέφεραν τα εξής :

“ Ο κυρίως σκοπός της έρευνας είναι να καθιερωθεί μια αρχή για την οριοθέτηση των ορίων της EMF (ηλεκτρομαγνητικό πεδίο) η οποία θα παρέχει προστασία εναντία στις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, μια δυσμενής επίπτωση θα μπορούσε να προκαλέσει μια ανιχνεύσιμη βλάβη στην υγεία του ατόμου ή τον απόγονο του, μια βιολογική επίδραση από την άλλη δεν θα προκαλούσε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία “ [ICNRP]

“ Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να καθιερωθούν τα όρια έκθεσης, για την προστασία σε αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία του ανθρώπου, όσον αφορά την έκθεση του σε RF (ραδιοσυχνότητες) , ηλεκτρολογικά , μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία, μέσα στο πεδίο συχνοτήτων μεταξύ 3kHz – 300 GHz” [IEEE]

Στις πιο πρόσφατες έρευνες της επιστημονικής τους έκθεσης, και η IEE και η ICNIRP έχουν καταλήξει ότι δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία να υποδεικνύουν ότι η ανθρωπινή έκθεση σε πεδία ηλεκτρομαγνητικών ραδιοσυχνοτήτων, θα προκαλέσει καρκίνο, αλλά υπάρχει αποδείξει ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικές ραδιοσυχνότητες μπορούν να αυξήσουν την θερμοκρασία του

σώματος ή του ιστού του δέρματος και θα μπορούσε να δημιουργήσει τόνωση στο νευρικό και μυϊκό σύστημα. Και οι δυο οργανισμοί προτείνουν να περιοριστή η ανθρωπινή έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κάτω από τα όρια τα οποία μπορούν να προκαλέσουν τα συμπτώματα που αναφερθήκαν παραπάνω, στην περίπτωση της αύξησης της θερμοκρασίας του ιστού, οι IEE και ICNIRP συνιστούν να μειωθεί ο βαθμός απορρόφησης (SAR) μετρό απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής δύναμης όπου απορροφάτε από τον άνθρωπο και μετατρέπεται σε θερμότητα στην περίπτωση της τόνωσης του νευρικού και μυϊκού συστήματος, προτείνουν να μειωθεί το εσωτερικό μαγνητικό πεδίο.

4.2 Θέρμανση ιστού

Στην περίπτωση της θέρμανσης ιστού ή την γενική αύξηση στην θερμοκρασία του σώματος, η IEE και η ICNIRP έχουν καταλήξει ότι ακόμα και ο πιο ευαίσθητος ανθρωπινός ιστός δεν επηρεάζεται αρνητικά, όταν τα ολικά επίπεδα SAR είναι κάτω από 4 W/kg, τα οποία μπορούν να αποδώσουν μέγιστη αύξηση θερμοκρασίας 1°C σε φυσιολογικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Παρόλο αυτά κανένας από τους δυο οργανισμούς δεν συμβουλεύει να τεθούν τα όρια SAR στα 4 W/kg αλλά σε

0.4 W/kg για το εργασιακό περιβάλλον και στα 0.8 W/kg για τον γενικό πληθυσμό.

Να υπογραμμιστεί ότι το όριο του 0.8 W/kg, αναφέρεται στην περίπτωση όπου ολόκληρο το σώμα του ανθρώπου βρίσκεται μέσα στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, ενώ σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει κατάλληλη ένδυση, είναι πιθανό η θερμοκρασία ορισμένων μερών του σώματος να αυξηθούν περισσότερο από 1 °C, ακόμα και αν το μέσο πεδίο δεν υπερβαίνει τα όρια SAR του ανθρώπου.

Σε γενικές περιπτώσεις τα όρια αυτά είναι μεγαλύτερα, επειδή η αύξηση θερμοκρασίας από τοπικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να διαχέεται από ψυχρότερες περιοχές του σώματος και από του μηχανισμούς ψύξης που συνδέονται με την ροή του αίματος. Όποτε τα τοπικά επίπεδα SAR όπου επιλέγονται είναι χαμηλά ώστε να αποφευχθούν υπερβολικές θερμοκρασιακές βαθμίδες πάνω από το όριο, αλλά αρκετά μεγάλα ώστε να αντιστοιχεί ορθά με την πραγματική αύξηση της θερμοκρασίας σε όλο το σώμα, Οι IEEE και ICNIRP προτείνουν ένα τοπικό γενικό πληθυσμιακό επίπεδο SAR σε 4 W/kg για τα άκρα και 2 W/kg για το κεφάλι και τον κορμό, σε 10 g ιστού. Να αναφερθεί ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχει μια πιο αυστηρή χρήση στα 1.6 W/kg μέσο ορό για κάθε 1 g ιστού.

	SAR [W/kg]	SAR [W/kg] (Κεφάλι , Κορμός)	SAR [W/kg] (Άκρα)	Induced E [V/m] (Ολόκληρος ιστός)	Induced J [mA/m ²] (Κεντρικό νευρικό σύστημα)
FCC	0.08	1.6 (1 g)	4 (10 g)	--	--
ICNIRP 2010	0.08	2.0 (10 g)	4 (10 g)	$1.35 \times 10^{-4} f$ (f in Hz)	--
ICNIRP 1998	0.08	2.0 (10 g)	4 (10 g)	--	$f/500$ (f in Hz)

Εικόνα (28) Προτεινόμενα επίπεδα SAR , σε επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο (σε ολόκληρο τον ιστό) και επαγόμενο ρεύμα (στο κεντρικό νευρικό σύστημα) [επίπεδα από FCC και ICNIRP)

4.3 Τόνωση νευρικού και μυϊκού συστήματος

Στην περίπτωση της νευρικής και μυϊκής τόνωσης, και οι δυο οργανισμοί έχουν καθορίσει τα επίπεδα του πεδίου που τονώνουν πολύ σε πολύ μικρό βαθμό και πολύ σύντομο χρονικό διάστημα το κεντρικό νευρικό σύστημα, όπως για παράδειγμα η παράγωγη οπτικών φωτοψίων στην όραση, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μικρό-διαταραχές στην όραση, όπως για παράδειγμα τρέμουλο της οπτικής κοιλότητας, παρόλο που οι δυο οργανισμοί (IEEE, ICNIRP) γνωρίζουν ότι αυτές οι επίδρασης δεν σχετίζονται με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, έχουν καταλήξει προς το παρόν να θέσουν τα όρια του πεδίου σε πολύ συντηρητικά επίπεδα, με την προϋπόθεση να αυξηθούν τα όρια καθώς νέα αποτελέσματα από έρευνες διαθέτονται.

Τα όρια του εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου για τον γενικό πληθυσμό, όπου διαθέτονται από την ICNIRP είναι λίγο χαμηλότερα από αυτά της IEEE. Η ICNIRP

προτείνει ένα εσωτερικό λεκτικό πεδίο στα $11.35 \times 10^{-4} \cdot f \text{ V/m}$, όπου f είναι η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε Hertz. Η IEEE προτείνει τα όρια του εσωτερικού λεκτικού πεδίου να είναι από $2.1 \times 10^{-4} \cdot f \text{ V/m}$ μέχρι $6.3 \times 10^{-4} \cdot f \text{ V/m}$,

Ανάλογα με ποιο μέρος του σώματος εκτίθεται.

Να σημειωθεί ότι και οι δυο οργανισμοί, γνωρίζουν ότι θα είναι δύσκολο να καθιερωθούν βασικοί περιορισμοί, διότι απαιτούν είτε εξελιγμένες τεχνικές μετρήσεις είτε υπολογιστικές δυνατότητες,

“ Λόγω της δυσκολίας να καθοριστεί αν η έκθεση είναι σύμφωνη με τους βασικούς περιορισμούς και τα παράγωγα όρια (μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα) για την προστασία από τις δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία όπου σχετίζονται με την θέρμανση του σώματος παρέχονται από κάτω για την ευκολία στην εκτίμηση της έκθεσης αυτής “

[IEE]

“ Λόγο του ότι το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, εκ τούτου από την πρακτική της έρευνας παρέχονται τα όρια της έκθεσης”

[ICNIRP]

Παράδοξος παρότι οι δυο αυτή οργανισμοί δεν συμφωνούν απόλυτα, για το ποια θα πρέπει να είναι τα βασικά όρια, οι δυο αυτές ομάδες χρησιμοποίησαν διαφορετικές μεθόδους μέτρησης και κλίμακας για να αναπτύξουν τα μέσα όρια της ακτινοβολίας.

4.4 Ηλεκτρομαγνητικές προσομοιώσεις

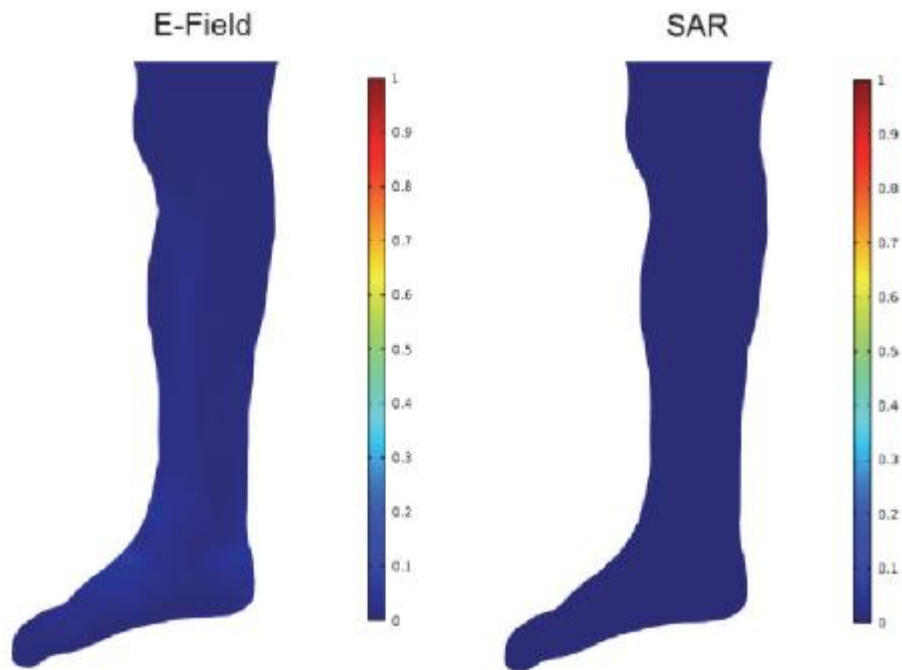
Η WiTricity (η εταιρία η οποία αναπτύχθηκε μετά από το σχετικό πείραμα στο MIT) ανέπτυξε ένα έξυπνο μοντέλο αξιολόγησης των ορίων όπου προτείνονται από την IEEE και την ICNIRP, όπου στις ηλεκτρομαγνητικές εξομοιώσεις όπου πραγματοποίησαν χρησιμοποίησαν την μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων (FEM) στο πεδίο των συχνοτήτων, αν και είναι ποιο συχνό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων στο πεδίο του χρόνου (FDTD) για αυτές της μελέτες, η FEM έχει περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με την άλλη. Εν αρχή σε μια εξομοίωση με βάση την FDTD το μέγιστο χρονικό βήμα πρέπει να επιδεχθεί βάσει την συνθήκη Courant–Friedrichs–Lewy , που σημαίνει ότι ο αριθμός των χρονικών βημάτων που απαιτούνται για μια FDTD εξομοίωση βρίσκονται στο ελεύθερο πεδίο της κυματομορφής του φωτός (1,200 m για 250 kHz λειτουργική συχνότητα) προς το μέγεθος του υπολογιστικού κελίου (~1 cm στην συγκεκριμένη μελέτη), οι χαμηλές συχνότητες όπου χρησιμοποιούνται στην ασύρματη μεταφορά ενεργείας χρειάζονται σε χρονοβόρες εξομοιώσεις. Ενώ στην FEM οι εξομοιώσεις πραγματοποιούνται κατευθείαν στο πεδίο συχνοτήτων, και δεν χρειάζονται να πολλαπλασιαστούν στο πεδίο του χρόνου. Δεύτερον στην FDTD εξομοίωση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν στοιχειά όγκου με βάσει τα μοντέλα του ανθρωπίνου σώματος. Τα ορθογώνια στοιχειά όγκου μπορεί να μην ευθυγραμμιστούν με την καμπυλότητα των διαφορών σημείων του ανθρωπίνου ιστού, η πραγματικές εξομοιώσεις θα έπρεπε τότε να χρησιμοποιήσουν κλίμακες αναπαραστάσεις των ορίων του ανθρωπίνου ιστού. Το οποίο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την θεσπιση μεγάλων ανακριβιών στα όρια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, μια προσέγγιση για να παρακαμφθούν αυτά τα προβλήματα είναι να παραλυθεί το ανώτερο 1% των τιμών του πεδίου πριν την εκτέλεση την θεσπίσεων διαφορών μέσω τιμών, αλλά η διαδικασία αυτή είναι τελείως ανεξέλικτη και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές ανακριβείς, για την εξομοίωση FEM το πλέγμα μπορεί να οδηγηθεί στα όρια μεταξύ των διαφορών ιστών, εξαλείφοντας τα παραπάνω προβλήματα.

4.5 Ανθρώπινα μοντέλα

Για να δημιουργηθούν ακριβή ανατομικά μοντέλα των πεπερασμένων στοιχείων του ανθρωπίνου σώματος, η WiTricity χρησιμοποίησε τα εικονικές δέσμες στοιχείων, όπου αποτελούνται από υψηλής ανάλυσης CAD μοντέλα τα οποία ανακτήθηκαν από στοιχεία μαγνητικής τομογραφίας, στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ένα πλέγμα στοιχείων όγκου από το σύνολο των δεδομένων, και δημιούργησαν το πλέγμα πεπερασμένος στοιχείων (FEM) από το δίκτυο των στοιχείων αυτών, οι ηλεκτρομαγνήτες ιδιότητες των ιστών αποτελούσαν (μυών , ιστών , δέρματος, κτλ)

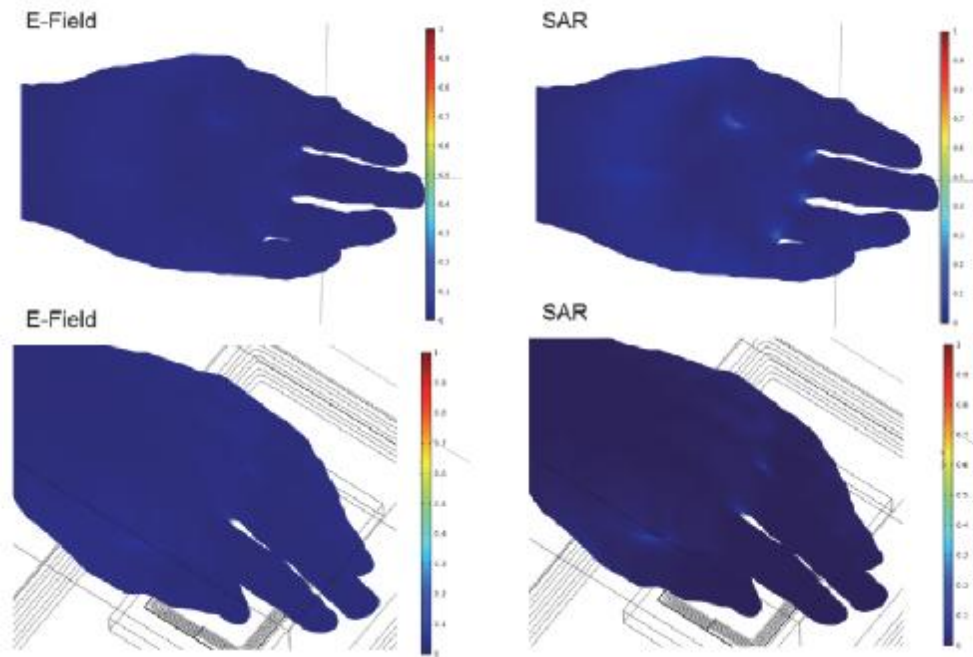
Ένα παράδειγμα της διαδικασίας εξομοίωσης των ανθρωπινών σωμάτων, θεωρούμε ένα άτομο το οποίο στέκεται δίπλα σε ένα όχημα το οποίο φορτίζεται ασύρματα. Η εξομοίωση πραγματοποιήθηκε σε λειτουργικό σύστημα στα 145 kHz και μεταφέροντας 3.3 kW στο φορτίο, σε αυτή την περίπτωση το πόδι κοντά στο όχημα (σε απόσταση 65 εκατοστά από το ασύρματο σύστημα μεταφοράς) θα βιώσει τα υψηλότερα επίπεδα πεδίου και θα είναι το σχετικό μέρος του σώματος όπου θα αναλύσουμε σε αυτή την εξομοίωση. Το σχήμα () δείχνει το αποτέλεσμα της FEM σε αυτή την περίπτωση. Το υπολογισμένο ηλεκτρικό πεδίο στο πόδι φαίνεται στα αριστερά ενώ το υπολογιζόμενο όριο SAR δεξιά. Και στις δυο περιπτώσεις οι τιμές οι οποίες αναγράφονται είναι ανάλογες των ποιο αυστηρά επίπεδα περιορισμού (ICNIRP για το ηλεκτρικό πεδίο και FCC για το SAR). Και οι δυο μετρήσεις είναι κάτω από τα βασικά επίπεδα περιορισμού. Το μεγαλύτερο ηλεκτρικό πεδίο είναι -19dB ενώ η ανώτερη τιμή του SAR είναι -35dB κάτω από τα επίπεδα αυτά. Όποτε το υψηλό μαγνητικό πεδίο του οχήματος όπου φορτίζει ασύρματα είναι απόλυτος ασφαλές, μιας και τα επίπεδα SAR και το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο για ανθρώπους που στέκονται ακριβώς δίπλα είναι επίσης πολύ κάτω από τα επίπεδα περιορισμού.

Ένα δεύτερο παράδειγμα είναι ένα κινητό τηλέφωνο το οποίο φορτίζεται ασύρματα, σε αυτή την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί στα 6.78 MHz και το κινητό δέχεται 5 W από το ασύρματο σύστημα, στην εικόνα () βλέπουμε το κινητό το οποίο βρίσκεται σε ένα ταμπλό, με ένα χέρι τοποθετημένο από επάνω, την στιγμή που το κινητό φορτίζει ασύρματα. Τα πεδία που δημιουργούνται είναι μεγαλύτερα από την παλάμη, η εικόνα παρουσιάζει το υπολογιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο και το ανώτερο επίπεδο SAR για το συγκεκριμένο αυτό μέρος του σώματος. Γενικά όσο συχνότητα του λειτουργικού συστήματος αυξάνεται, τα επίπεδα SAR αυξάνονται επίσης ενώ το ηλεκτρικό πεδίο μικρότερο αναλογικά. Αυτό είναι απόδειξη στην εικόνα () όπου το ανώτερο ηλεκτρικό πεδίο είναι -20dB σε σχέση με τα όρια περιορισμού, ενώ τα επίπεδα SAR είναι ποιο κοντά σε αυτά τα όρια, το ίδιο πείραμα πραγματοποιήθηκε σε λειτουργικό σύστημα 250 kHz και τα αποτελέσματα είναι τα αντίθετα από αυτά της εικόνας () το ηλεκτρικό πεδίο είναι ποιο κοντά στα όρια ενώ τα επίπεδα SAR είναι πολύ χαμηλότερα, να υπογραμμιστεί ότι αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι ένα σύστημα



Εικόνα (29) Υπολογιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο (αριστερά) και βαθμός απορρόφησης (δεξιά) για ένα πόδι δίπλα σε ένα ασύρματο φωτιζόμενο όχημα στα 3.3 kW. Οι τιμές είναι πολύ χαμηλότερες από τα ποιο συντηρητικά επίπεδα περιορισμό (ICNIRP ηλεκτρικό πεδίο και FCC SAR).

υψηλού συντονισμού για ένα κινητό τηλέφωνο, είναι απόλυτος ασφαλές, μιας και τα επίπεδα SAR και τα επίπεδα του εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου για ανθρώπους όπου Κρατίνε κινητά ενώ φορτίζουν ασύρματα, είναι πολύ χαμηλότερα από τα όρια περιορισμού, επόμενος απόλυτος ασφαλές.



Εικόνα (30) Υπολογιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο (αριστερα) και βαθμος αποροφισης (δεξια) σε ένα χερι το ποιο βρισκεται πανω από ένα κινητό το όποιο φορτίζεται ασύρματα στα 5W

Τα επίπεδα είναι χαμηλότερα από τα επίπεδα περιορισμού (ICNIRP ηλεκτρικό πεδίο και FCC SAR)

Κεφάλαιο 5. Το πείραμα

5.1 Βασική ιδέα

Η βασική ιδέα του πειράματος ήταν να δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο βασισμένο πάνω στην ερευνά την οποία εξήγαγε το MIT, έτσι ώστε να παρατηρηθούν τα φαινόμενα τα οποία παρουσιάζονται στην παρούσα πτυχιακή, τα αποτελέσματα του πειράματος δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά διότι η απόσταση η οποία επετεύχθητε δεν ξεπερνούσε αρχικά τα 2cm κάτι το οποίο ξεπεράστηκε ύστερα από την εισαγωγή φερριτη στο εσωτερικό του πρωτεύοντες πηνίου κάτι το οποίο διπλασίασε την απόσταση και την απόδοση της φωτεινής ροής του λαμπτήρα LED,

5.2 Φερρίτης

Ο φερρίτης είναι στερεά φάση καθαρού σιδήρου ή στερεό διάλυμα με βασικό συστατικό τον σίδηρο που κρυσταλλώνεται στο χωροκεντρομένο κυβικό σύστημα. Ο φερρίτης είναι η κύρια φάση στους κοινούς χάλυβες και τους χυτοσιδήρους.

Οι ιδιότητες του φερρίτη είναι σχεδόν ίδιες με τις ιδιότητες του καθαρού σιδήρου. Είναι όλκιμος και η εφελκυστική του αντοχή ανέρχεται σε περίπου 280 MPa. Η σκληρότητά του κυμαίνεται από 80 έως 100 HB (Brinell). Είναι επίσης ισχυρά μαγνητικός και μπορεί να αποκτήσει μόνιμη μαγνήτιση (σιδηρομαγνητικός) για θερμοκρασία χαμηλότερη από 770°C (θερμοκρασία Curie).

Ο φερρίτης ή α -Fe είναι σταθερός σε θερμοκρασία έως και 910°C. Η μέγιστη περιεκτικότητά του σε άνθρακα ανέρχεται σε 0,021% κ.β. στους 723°C και μειώνεται σε 0,006% κ.β. σε θερμοκρασία δωματίου. Σε θερμοκρασίες από 910 έως 1390°C, ο χωροκεντρομένος κυβικός φερρίτης μετασχηματίζεται σε εδροκεντρωμένο κυβικό ωστενίτη (γ -Fe), που είναι πιο σκληρός και λιγότερο μαγνητικός (παραμαγνητικός). Σε θερμοκρασία ανώτερη από 1390°C έως το σημείο τήξης του σιδήρου (1539°C), ο ωστενίτης μετασχηματίζεται σε χωροκεντρωμένο κυβικό φερρίτη, που αποκαλείται δ -Fe για να ξεχωρίζει από τον φερρίτη των χαμηλών θερμοκρασιών. Η μέγιστη περιεκτικότητα του δ -Fe σε άνθρακα φτάνει το 0,09% στους 1493°C.

Η διαλυτότητα του άνθρακα στον φερρίτη είναι πολύ περιορισμένη, γιατί στο χωροκεντρωμένο κρυσταλλικό πλέγμα τα άτομα του άνθρακα καταλαμβάνουν θέσεις

παρεμβολής, δηλ. παρεμβάλλονται ανάμεσα στα διατεταγμένα άτομα του σιδήρου και, εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους τους, προκαλούν έντονες τοπικές τάσεις. Εκτός από άνθρακα, ο φερρίτης μπορεί να περιέχει και μικρές ποσότητες από χρώμιο, νικέλιο, πυρίτιο ή και φώσφορο.

Στους κοινούς ανθρακούχους χάλυβες, ο φερρίτης αποτελεί το κύριο συστατικό. Υπό συνθήκες που πλησιάζουν την θερμοδυναμική ισορροπία (π.χ. ανοπτημένους χάλυβες), όταν η περιεκτικότητα του άνθρακα είναι μικρότερη από 0,76% κ.β. (ευτηκτοειδής σύσταση στο μετασταθές διάγραμμα φάσεων Fe-C), τότε ο φερρίτης σχηματίζει ξεχωριστούς κόκκους (κρυστάλλους) και συνυπάρχει μαζί με τον σεμεντίτη στην πλακοειδή («λαμελοειδή») δομή του περλίτη. Όταν η περιεκτικότητα του άνθρακα είναι ίση ή μεγαλύτερη από 0,76% κ.β., τότε ο φερρίτης υπάρχει μόνο στον περλίτη.

Φερριτική δομή Widmanstätten, όπως παρατηρείται στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Τέτοιες δομές παρατηρούνται σε μετεωρίτες που έχουν ως κύριο συστατικό τον σίδηρο.

Ο φερρίτης υπάρχει επίσης και σε μετασταθείς δομές που προκύπτουν με απότομη ψύξη («βαφή») των χαλύβων. Μία τέτοια δομή είναι και η δομή Widmanstätten (Βιντμανστάτεν) που δημιουργείται όταν ο χάλυβας ψυχθεί απότομα από την θερμοκρασία ωστενιτοποίησης σε θερμοκρασία κατά λίγο χαμηλότερη. Υπό αυτές τις συνθήκες, ο δημιουργείται φερρίτης που έχει μορφή μεγάλων σφηνών που διασταυρώνονται, καθώς αναπτύσσεται κατά μήκος ορισμένων κρυσταλλογραφικών επιπέδων. Ο φερρίτης είναι επίσης το κύριο συστατικό του μετασταθούς μπαινίτη, ο οποίος δημιουργείται όταν ο ρυθμός ψύξης είναι κάπως μεγαλύτερος, ώστε να αποφευχθεί η δομή Widmanstätten. Μαρτενσίτης δεν δημιουργείται όταν η τελική θερμοκρασία ψύξης δεν είναι αρκετά χαμηλή.

Στον μαγνητισμό και γενικά στην λειτουργία των πηνίων ο φερρίτης έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Ο φερρίτης, ως υλικό αυξάνει την αυτεπαγωγή των πηνίων.
2. Τα πηνία χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, για την κατασκευή φίλτρων (πάντα μονωμένα, αλλιώς δεν είναι πηνίο αλλά βραχυκύκλωμα).
3. Με τη βοήθεια φίλτρων μπορείς να μειώσεις κάποιες φορές τον θόρυβο.
4. Ακόμα και ένα απλό καλώδιο (χωρίς σπείρες) έχει αυτεπαγωγή και στην κατασκευή φίλτρων αντιμετωπίζεται ως τμήμα μίας σπείρας με άπειρη ακτίνα.

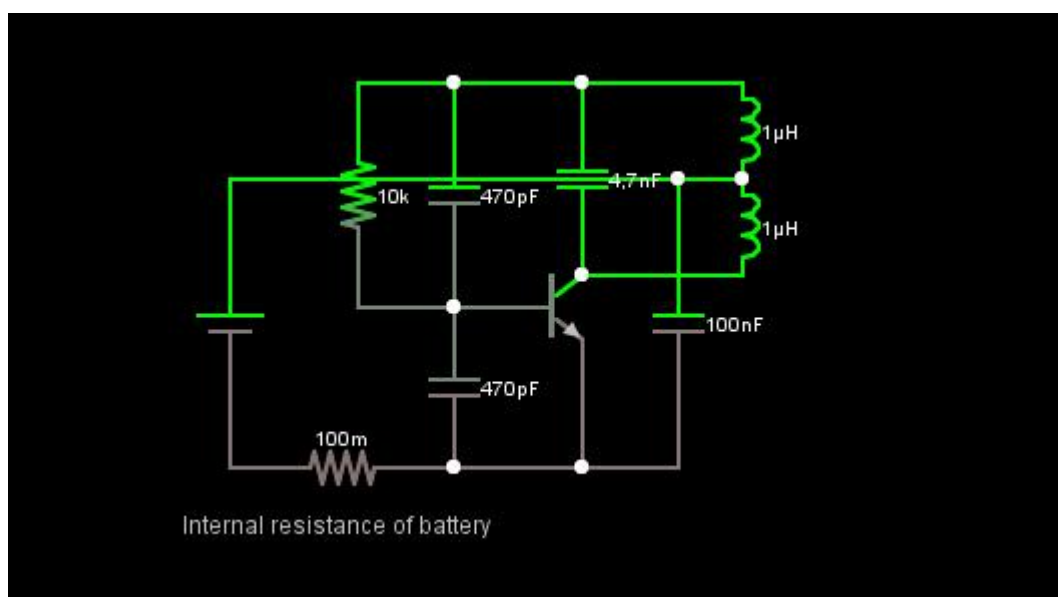
Έτσι, λοιπόν, όταν ένα κομμάτι φερίτη βρεθεί δίπλα σε ένα καλώδιο αυξάνει (πολλαπλασιάζει) την αυτεπαγωγή του καλωδίου. Αν τοποθετηθεί στον άξονα ενός πηνίου, πολλαπλασιάζει την αυτεπαγωγή του πηνίου.

5. Τα καλώδια παρουσιάζουν, επίσης, χωρητικότητα: τόσο μεταξύ των δύο αγωγών ενός κυκλώματος, όσο και μεταξύ κάθε αγωγού και της γείωσης ($V=0$).

6. Οι χωρητικότητες (πυκνωτές) χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων, για την κατασκευή φίλτρων.

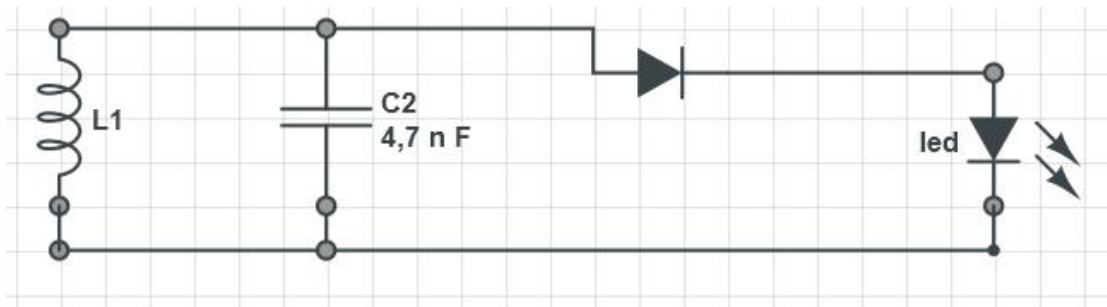
7. Όλα τα παραπάνω φαινόμενα επηρεάζονται άμεσα από τη συχνότητα λειτουργίας.

5.3 Κύκλωμα



Εικόνα (31) Κύκλωμα συντονισμού πομπού

Το κύκλωμα του πειράματος είναι σχετικά απλό, αποτελείται από ένα τρανζίστορ (BD137) και 4 πυκνωτές όπου συνεισφέρουν στην λειτουργία του συντονισμού



Εικόνα (32) Κύκλωμα δεκτής

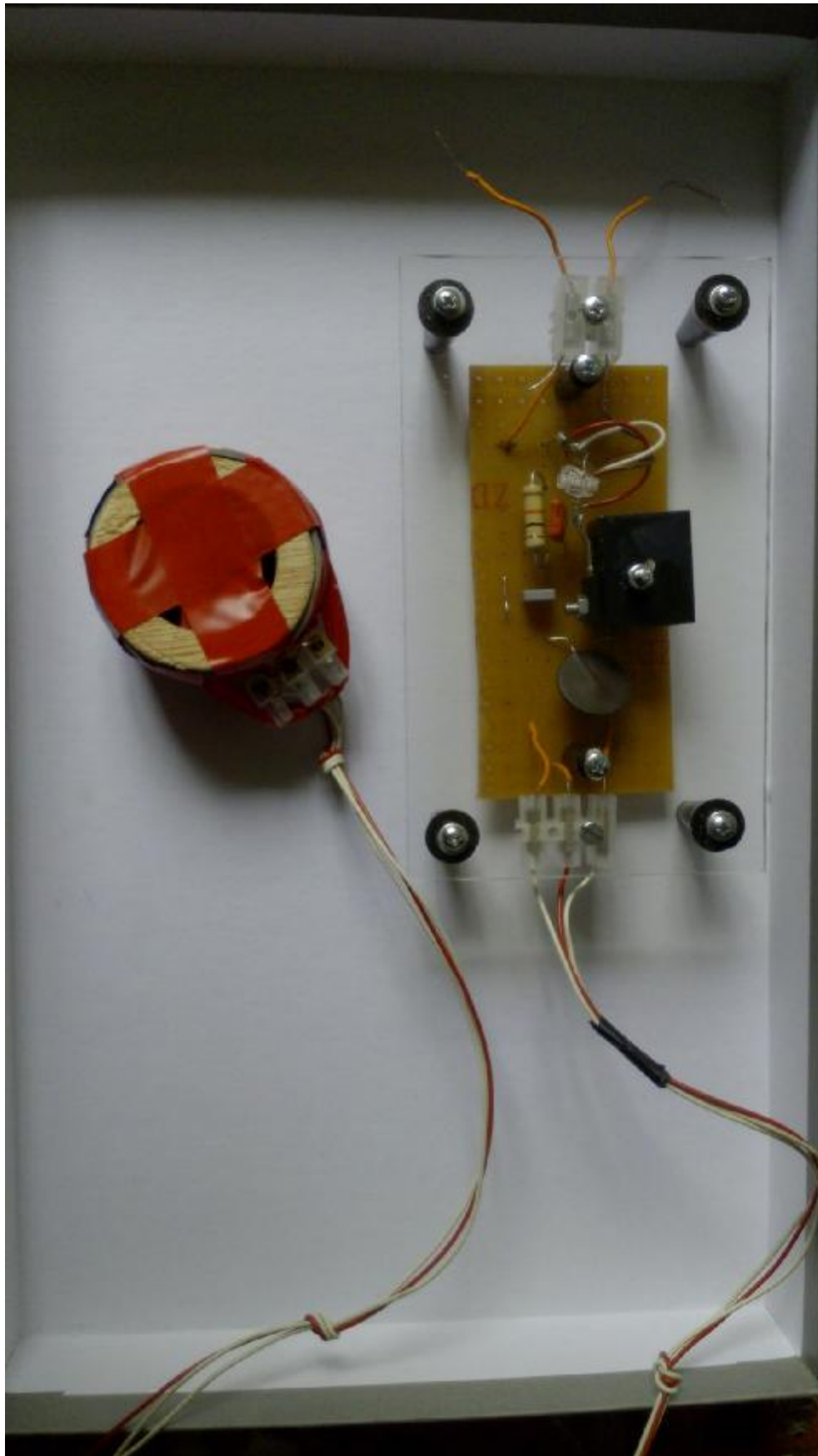


Εικόνα (33) Κύκλωμα συντονισμού

5.4 Ηλεκτρονικά στοιχεία.

VCC	12 DC
C1	4,7 nF (Λευκό led), 1nF (Κόκκινο led)
C2	470 pf
C3	1nF
C4	4,7 nF
R1	22 kΩ
T1	BD137

Για το τύλιγμα του πηνίου στο πρωτεύον χρησιμοποιήθηκε καλώδιο χαλκού 0.3mm και διάμετρο 5cm, το πηνίο στην πραγματικότητα αποτελείται από 2 πηνία με κοινούς ακροδέκτες και φέρει 10 σπείρες (5t +5t). Πρόκειται για παραλλαγή του γνωστού Pancake coil του Τεσλα όπου ο κοινός τους ακροδέκτης συνδέεται στο μεσαίο πόδι του τρανζίστορ



Εικόνα (34) Κύκλωμα πομπού μαζί με τον πρωτεύον πηνίο οπού στο εσωτερικό του έχουν τοποθετηθεί φερριτες .



Εικόνα (35) Πρωτεύων πηνίο με κοινούς ακροδέκτες

Για το δεύτερον χρησιμοποιήθηκαν 2 πηνία το ένα με 10 σπείρες και πυκνωτή 1nF ενώ το άλλο 20 σπείρες με πυκνωτή 4.7 nF ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί πυκνωτές, ήταν διότι αυξάνοντας τον αριθμό σπειρών όπως στο παράδειγμα του δευτέρου πηνίου όπου έχει 20 σπείρες, αλλάζει η συχνότητα συντονισμού. Όποτε για να διορθωθεί αυτό χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερος πυκνωτής.



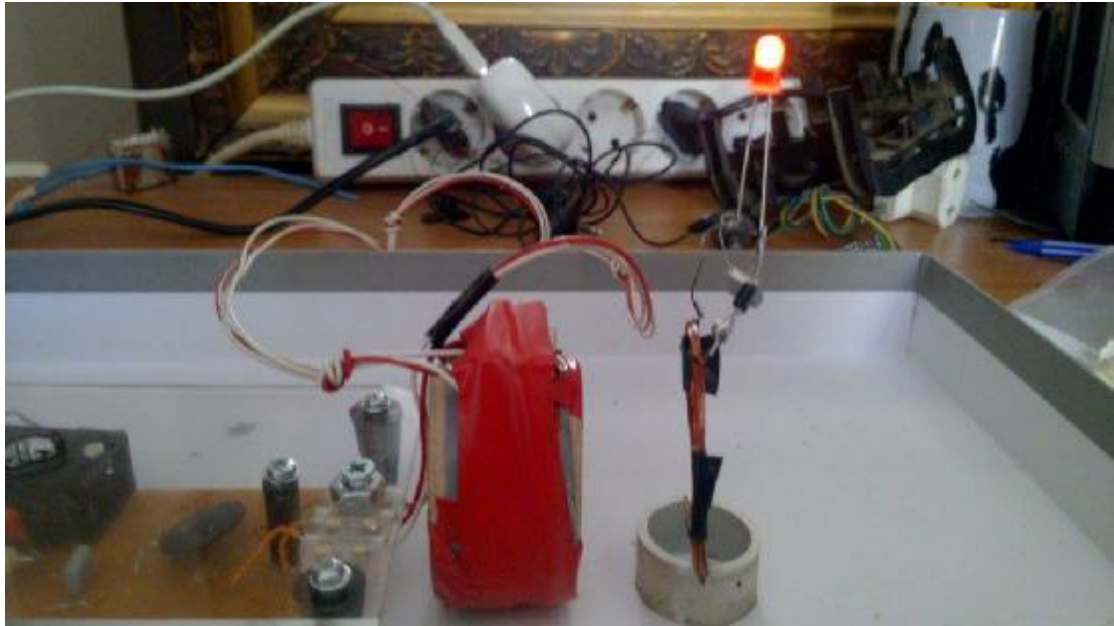
Εικόνα (36) Πηνία δευτερεύοντος

5.5 Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα αποτελέσματα του πειράματος δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά , ύστερα από την εισαγωγή του φερριτη, σαν πυρήνας του πρωτεύοντος πηνίου, η απόσταση η οποία επετεύχθη ήταν 6cm για το κόκκινα Led και 4 cm για το λευκό, για κάποιο λόγο το κόκκινο είχε καλύτερη απόδοση από το λευκό αν και η υστερούσε σε φωτεινή ροη, στην συνέχεια έγινε προσπάθεια εισαγωγής ενός μοτέρ στην έξοδο, αλλά η απόσταση την οποία χρειαζόταν για να λειτουργήσει έφτανε μόλις τα 2 cm



Εικόνα (37) Συντονισμός πηνίων λευκό Led



Εικόνα (38) Συντονισμός πηνίων κόκκινο Led



Εικόνα (39) Ταυτόχρονη λειτουργία των δυο πηνίων

Κεφάλαιο 6. Επίλογος

Έχοντας διανύσει πλέον την πρώτη δεκαετία της νέας χιλιετίας, είναι φανερό ότι η ανθρωπότητα διψάσει για νέες τεχνολογίες και καινοτομίες η οποίες θα κάνουν την ζωή μας πιο εύκολη και πιο άνετη. Για να το καταφέρουμε αυτό χρειαζόμαστε ανθρώπους οι όποιοι θα κάνουν ένα βήμα μπροστά στο να εφαρμόσουν της ιδέες αυτές στην πράξη, αψηφώντας τον βωμό του χρήματος και βάζοντας ως προτεραιότητα τον ίδιο τον άνθρωπο έτσι ώστε να ξεκινήσει μια επιστημονική αναγέννηση η όποια θα είναι ανεξάρτητη από της συντηρητικές επιστημονικές ιδέες των περασμένων αιωνων μια αναγεννηση η όποια θα θέσει υπό αμφισβητήσει ακόμα και τους βασικούς νομούς της φύσης, όπως έκανε πριν από χρόνια και ο Τέσλα, η ασύρματη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι το πρώτο βήμα προς την παγκόσμια ελεύθερη ενεργεία ένα αγαθό το όποιο είναι δικαίωμα όλων μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) André Kurs, et al., “Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances”, *Science*, Vol. 317, 83 - 86, 2007
- 2) "The True Wireless" by Nikola Tesla © 1998-2007 Twenty First Century Books
- 3) N.Tesla apparatus for transmitting electrical energy , US patent number 1.119.732 issued on December 1914
- 4) A. Karalis, J. Joannopoulos, and M. Soljacic, “Efficient wireless nonradiative mid-range energy transfer,” *Annal. Phys.*, vol. 323, no. 1, pp. 34–48, 2008.)
- 5) Understanding Low frequency non-radiative power transfer
A. E. Umenei, Ph.D Senior Research Scientist, June 2011
- 6) Nikola Tesla, Colorado springs notes, Novit. Beograd, Yugoslavia 1978
- 7) Evaluation of Wireless Resonant Power Transfer Systems With Human Electromagnetic Exposure Limits. Andreas Christ, Mark G. Douglas, *Senior Member, IEEE*, John M. Roman, *Member, IEEE*, Emily B. Cooper, *Member, IEEE*, Alanson P. Sample, *Member, IEEE*, Benjamin H. Waters, *Member, IEEE*, Joshua R. Smith, *Member, IEEE*, and Niels Kuster, *Fellow, IEEE*
- 8) <http://voltage.g6.cz/bezdratovy-prenos-energie.php>
- 9) <http://www.vk2zay.net/article/253>
- 10) http://4hv.org/e107_plugins/forum/forum_viewtopic.php?74096

