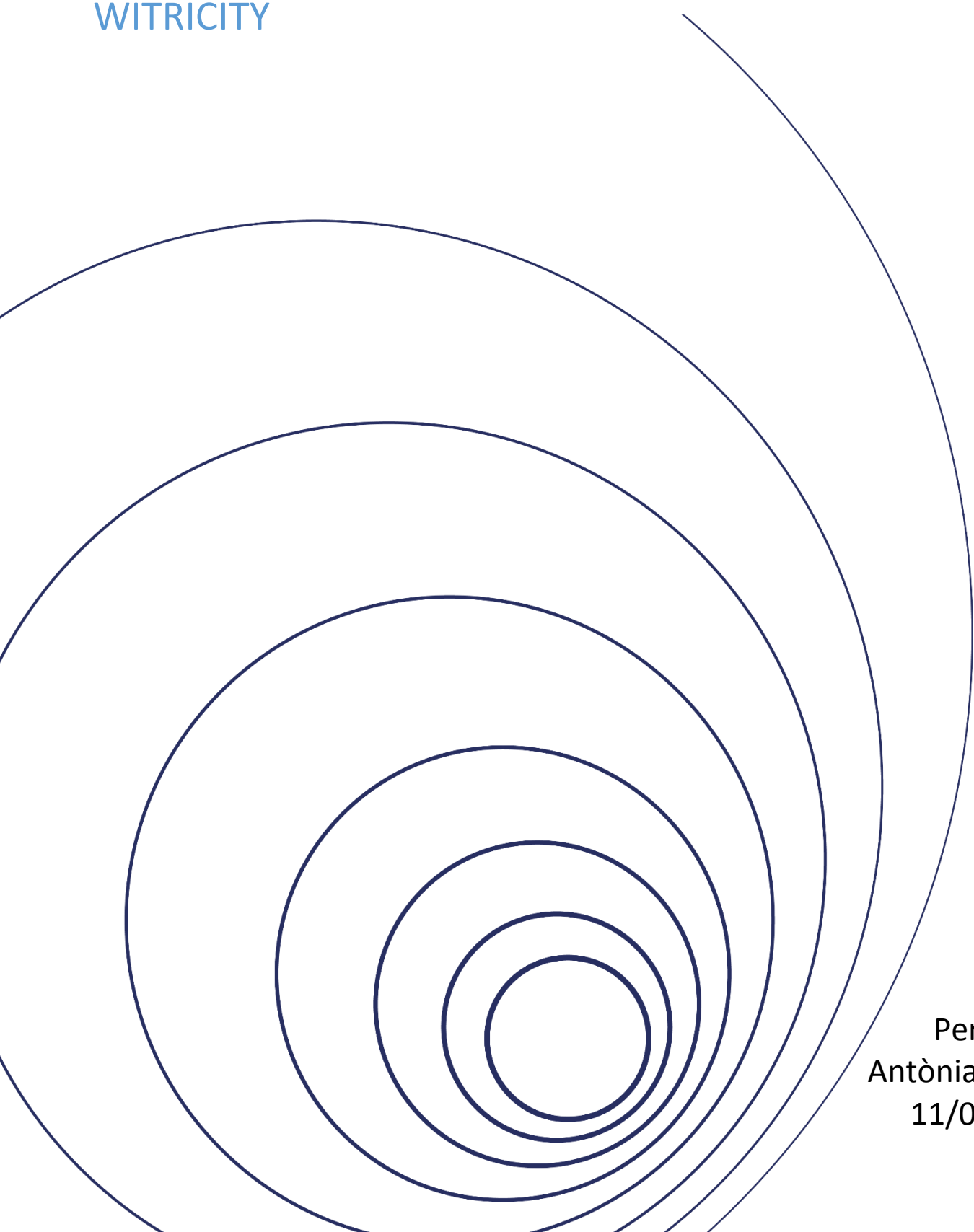


TRANSMISSIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA SENSE FILS

WITRICITY

A decorative graphic consisting of several concentric circles of varying diameters, centered in the lower-left quadrant of the page. The circles are drawn with thin, dark blue lines and extend towards the right and bottom edges of the page.

Pere Prats
Antònia Vicens
11/01/2016

Contingut

1. INTRODUCCIÓ	3
2. ELECTRICITAT	4
2.1. DEFINICIÓ	4
2.2. IMPORTÀNCIA DE L'ELECTRICITAT	4
3. ELECTROMAGNETISME	6
3.1. MAGNETISME	6
3.2. ELECTROMAGNETISME	7
3.3. LLEIS	7
3.4. BOBINES	10
4. NIKOLA TESLA	12
4.1. BIOGRAFIA	12
4.2. DESCOBRIMENTS	15
4.3. EL CORRENT ALTERN	15
4.4. LA BOBINA DE TESLA	17
5. TRANSMISSIÓ INALÀMBRICA D'ENERGIA	20
5.1. INTRODUCCIÓ	20
5.2. INDUCCIÓ ELECTROMAGNÈTICA	20
5.3. RESSONÀNCIA	21
5.4. FUNCIONAMENT	22
5.5. DESCOBRIMENT	24
5.6. EFICIÈNCIA	25
5.7. SEGURETAT	25
6. COMERCIALIZACIÓ	26
6.1. PRODUCTES	26
6.2. APLICACIONS	27
7. EMPRESES	30
7.1. PRINCIPALS COMERCIANTS	30
7.2. WITRICITY	31
7.3. WATTUP	31
7.4. UBEAM	32
8. PROCEDIMENT	34
8.1. HIPOTESI DEL TREBALL I IDEES PRINCIPAL	34
8.2. INVESTIGACIÓ I RECERCA DE COMPONENTS	36
8.3. CREACIÓ DE NOUS CIRCUITS	37
8.4. PRIMERA VISITA A LA UPC NORD	39

8.5.	SEGONA VISITA A LA UPC NORD	42
8.6.	CÀRREGA DE TELÈFONS MÒBILS	48
8.7.	ENTREVISTA	49
9.	CONCLUSIÓ	51
9.1.	POSSIBLE FUNCIONAMENT EN UNA CASA.....	51
9.2.	AVANTATGES I INCONVENIENTS	52
9.3.	CONCLUSIÓ FINAL	53
10.	BIBLIOGRAFIA	55
10.1.	BIBLIOGRAFIA	55
10.2.	WEBGRAFIA	55
11.	ANNEX.....	61
11.1.	ENTREVISTA	61
11.2.	FULLS DE DADES.....	63

1. INTRODUCCIÓ

Sempre m'ha interessat la tecnologia i sempre he intentat estar al corrent de les innovacions d'aquesta indústria, és per això que volia que el meu Treball de Recerca tingués relació amb la tecnologia.

Després de molt de temps buscant un tema adequat sobre el qual poder fer un treball i després de descartar-ne alguns, vaig veure una notícia sobre uns enginyers que havien estat capaços de transmetre energia sense necessitat de fils. Vaig pensar que el tema era molt interessant i, després de seguir buscant informació i diferents demostracions de tota mena, vaig decidir-me a seguir endavant amb aquesta idea i vaig plantejar la següent pregunta:

La transmissió d'energia sense fils es podrà implementar en les nostres vides en un futur proper?

Vaig considerar que aquest treball hauria de tenir una part pràctica per a demostrar-ne el funcionament i obtenir una resposta a la pregunta formulada anteriorment.

He classificat el meu treball en diverses parts per tal d'explicar tota la informació de manera clara, concisa i ordenada:

Primer de tot, tenim una petita introducció sobre les principals lleis físiques que s'apliquen en aquesta tecnologia, relacionades amb l'electricitat, el magnetisme i l'electromagnetisme. Entendre les seves bases ens ajudarà a poder comprendre el seu funcionament i la seva sortida en el mercat. També repassarem una mica d'història sobre els pioners d'aquest sistema, tant en l'antiguitat com a la època moderna.

En segon lloc, parlaré del funcionament d'aquesta tecnologia, juntament amb el seu estat actual en la indústria. Tractaré temes com els tipus de transmissió sense fils, l'eficiència, la seguretat i les possibles aplicacions, entre d'altres.

En tercer lloc, explicaré la part pràctica del meu Treball de Recerca: el disseny i construcció d'un circuit. L'objectiu que em vaig marcar era aconseguir transmetre energia elèctrica sense fils per poder encendre a una distància curta un díode LED, fer girar un motor i fins i tot, carregar el mòbil.

Finalment, hi haurà una conclusió on, basant-me en tota la informació que he explicat al llarg del treball, comentaré la possible viabilitat d'aquest sistema.

Per últim, m'agradaria aclarir que sóc conscient que la paraula "Inalàmbrica" és incorrecte en català però, per tal de fer aquest treball més fluid i comprensible, en la major part dels casos he substituït el concepte de "transmissió sense fils" per "inalàmbric" o per "witricitat".

2. ELECTRICITAT

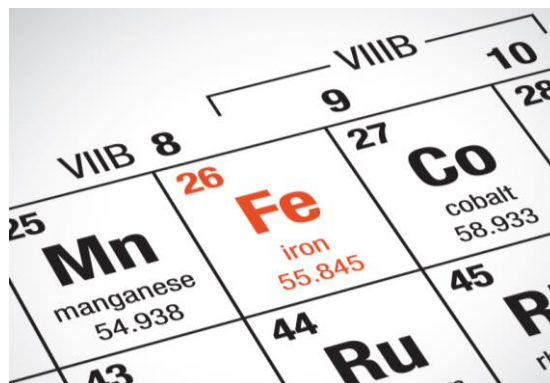
2.1. DEFINICIÓ

L'electricitat és la propietat física que correspon al moviment de càrregues elèctriques. Aquesta es pot manifestar de forma natural, com és ara en forma de tempestes elèctriques i llamps, o de forma artificial, mitjançant la creació d'energia elèctrica.

Aquesta energia és la que produeix el corrent elèctric mitjançant el moviment d'electrons a través d'un conductor. La connexió de components electrònics en un circuit tancat per on flueix l'electricitat que els permet funcionar s'anomena circuit elèctric.

L'energia elèctrica dota als humans d'una font d'energia fàcil de generar, emmagatzemar i transportar, fet que l'ha convertit en la primera opció energètica. S'utilitza per il·luminar, proporcionar calor, moure objectes i carregar dispositius, entre d'altres.

L'electricitat prové de les càrregues elèctriques dels àtoms. Les estructures moleculars presenten un nombre determinat d'electrons (de càrrega elèctrica negativa) i de protons (de càrrega elèctrica positiva). Cada element químic té el mateix nombre d'electrons i de protons, per tant, la matèria es mostra generalment neutra. Tots els àtoms de la taula periòdica tenen el seu nombre específic, indicat en aquesta.



		VIII B	10
		8	9
25	26	27	28
Mn manganese 54.938	Fe iron 55.845	Co cobalt 58.933	
43	44	45	
	Ru	Rh	

EL FERRO TÉ 26 PROTONS I 26 ELECTRONS

Un àtom pot tenir una càrrega elèctrica si es trenca aquest equilibri mitjançant addició o subtracció de protons o electrons. Si en un àtom hi ha més protons que electrons se'n diu ió positiu o catió, i si és a la inversa s'anomena ió negatiu o anió.

2.2. IMPORTÀNCIA DE L'ELECTRICITAT

Actualment es dona molta importància a l'energia elèctrica i és la nostra principal forma energètica: està present tant a les indústries com a les cases.

Normalment l'energia elèctrica és una energia secundària, que prové de la transformació d'energies primàries com ho son l'energia tèrmica o la nuclear. És per això que s'utilitzen generadors a diverses centrals energètiques com, per

exemple, la central tèrmica, la hidràulica, la solar o la eòlica, per convertir diferents formes d'energia a energia elèctrica.

La dependència dels humans de l'energia elèctrica ha provocat la presència de milers de conductors elèctrics (cables) que no sempre poden arribar a tots els llocs i que, depèn del territori, la seva abundància es pot convertir en un impacte visual.



CABLES ELÈCTRICS A LA ÍNDIA

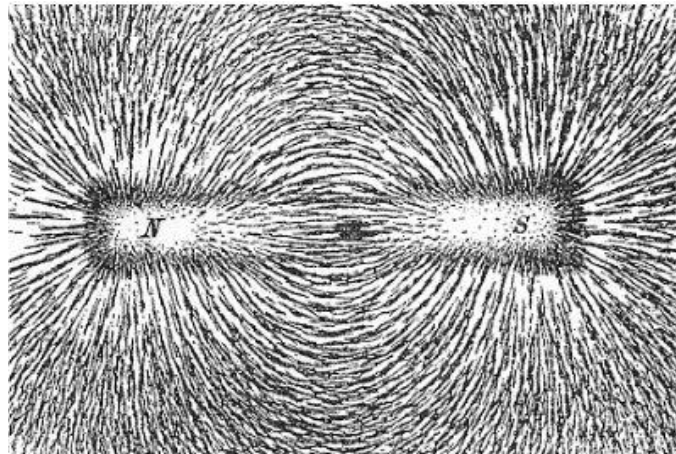
3. ELECTROMAGNETISME

3.1. MAGNETISME

El magnetisme és aquell fenomen físic en el que un objecte produeix forces d'atracció i repulsió entre diversos materials. Aquests objectes s'anomenen imants i poden ser produïts a partir de certs materials amb propietats magnètiques destacades, com el ferro o el níquel. En el passat, es van descobrir aquestes propietats gràcies a un material anomenat magnetita, que es va utilitzar com a imant natural.

La imantació de materials s'utilitza principalment per crear imants i les agulles imantades de les brúixoles, les quals apunten cap al pol nord, ja que la pròpia Terra actua com un gran imant de baixa intensitat.

Els imants generen un camp magnètic al seu voltant que es pot apreciar si s'escampen llimadures de ferro sobre un paper i es col·loca sobre l'imant. Les llimadures dibuixen uns arcs que determinen les línies de força magnètica.



LÍNIES DE FORÇA MAGNÈTICA

Les càrregues elèctriques influeixen en el magnetisme: entre dos cations o dos anions hi haurà una força de repulsió, però entre un catió i un anió hi haurà una força d'atracció. Això és degut a que la força entre dues càrregues només és atractiva si aquestes són de diferent signe. El mòdul d'aquesta mateixa força ve determinada per la llei de Coulomb:

$$F = K \times \frac{Q_1 \times Q_2}{r^2}$$

On Q són els valors de les dues càrregues en Coulombs (C), r és la distància entre càrregues en metres, i K és la constant de proporcionalitat, el valor de la qual depèn del medi on es trobin les càrregues i la seva unitat de mesura és: $N \times m^2 \times C^{-2}$.

Aquesta constant es mesura segons la següent fórmula:

$$K = \frac{1}{4 \times \pi \times \epsilon}$$

On ε representa la permeabilitat en el medi, que és el producte de la permeabilitat relativa del medi (ε_r) i la del buit (ε_0). En cas que les dues càrregues es trobin en l'aire o en el buit, s'utilitza només la permeabilitat del medi en el buit, ja que la relativa esdevé 1.

Per tant, si les dues càrregues es troben en un indret en el que la seva permeabilitat relativa del medi és més gran que la unitat, provoca que la constant K sigui més petita, ja que aquest valor es troba dividint.

Així doncs, si les dues càrregues es troben en el buit o en l'aire, la constant de proporcionalitat esdevé $9 \times 10^9 N$, en el gel $3,1 \times 10^9 N$, en el vidre $2 \times 10^9 N$ i en l'aigua $1,11 \times 10^9 N$.

3.2. ELECTROMAGNETISME

L'electromagnetisme és la part de la física que estudia la relació entre els fenòmens elèctrics i els magnètics. Es considerava que els dos fenòmens no tenien relació fins que, degut a un descobriment inesperat del físic danès Hans Christian Ørsted al 1820, es va observar com l'agulla d'una brúixola variava de direcció quan hi passava corrent elèctric per un conductor pròxim. Es va descobrir que les forces magnètiques procedien de les forces originades entre càrregues elèctriques en moviment.

El corrent que circulava pel conductor provocava un camp magnètic que feia variar la polarització de l'agulla de la brúixola. Aquest camp depèn de la intensitat del corrent i de la forma del conductor: un fil de coure ordinari presenta un camp magnètic molt baix, però si amb aquest es forma, mitjançant unes quantes voltes de fil, una bobina, el camp serà més fort i arribarà més lluny.

3.3. LLEIS

La força que produeix un camp magnètic en una càrrega elèctrica quan aquesta entra dins el camp es pot calcular amb l'anomenada llei de Lorentz:

$$\vec{F} = Q(\vec{v} \times \vec{B})$$

On la Q és el corrent de la càrrega, \vec{v} és el vector de la velocitat d'aquesta i \vec{B} és la intensitat del camp.

Per tal de calcular les característiques d'un camp magnètic generat per un fil s'aplica la Regla de la mà dreta. Aquesta regla consisteix en imaginar que una persona agafa el fil amb la mà dreta aixecant el dit polze segons el sentit del corrent elèctric, de forma que si el fil estigués en posició vertical i el corrent es dirigís cap amunt, el dit del subjecte estaria aixecat cap amunt, en direcció al corrent. Un cop s'ha visualitzat aquesta situació, només s'ha de pensar com estan situats els altres quatre dits de la mà dreta, el camp magnètic circular que es crea dona la volta al fil en la direcció que indiquen els altres dits.



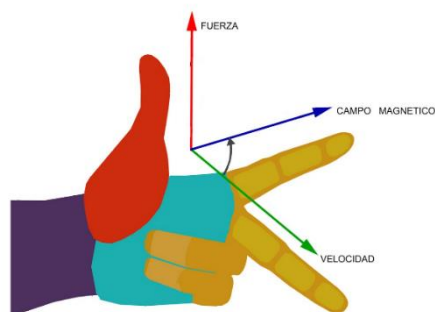
REGLA DE LA MÀ DRETA

En cas de que tinguem una espira, és a dir, un fil enroscat en forma de cercle, el camp magnètic que es produeix passarà pel centre d'aquest i donarà la volta per fora. El nombre d'espores contribueix a la potència del propi camp elèctric que es formarà a la bobina.

La presència del camp elèctric imanta els objectes metàl·lics. Aquest fenomen es pot demostrar fent passar un corrent elèctric per una bobina i acostant dos objectes metàl·lics a aquesta. Degut a la imantació, els dos objectes s'atrauran com si fossin dos imants.

Els camps magnètics realitzen una força sobre les càrregues elèctriques que es troben en aquest. A aquesta se l'anomena força electromagnètica, i es pot calcular amb la Regla de la mà esquerra. Aquesta regla et permet conèixer les direccions de les partícules quan entren en un camp magnètic.

Per tal de comprendre-ho, ens fixem amb una mà esquerra on el seu dit índex està apuntant cap a una direcció determinada. Aquesta serà la direcció del camp magnètic. Si s'aixeca el polze formant 90 graus amb el dit índex, aquest representa la força del camp magnètic. Per últim, el fet de separar el dit anular també a 90 graus ens indica cap a quina direcció es mourà la càrrega, és a dir, la seva velocitat.



REGLA DE LA MÀ ESQUERRA

De la mateixa manera que el corrent elèctric provoca un camp magnètic, un camp magnètic també pot provocar un corrent elèctric. Aquesta va ser la deducció del físic anglès Michael Faraday l'any 1831. Com a conseqüència d'aquesta hipòtesi es va descobrir un fenomen que ha estat la base de tots els estudis sobre la transmissió d'electricitat sense fils: la inducció electromagnètica.

Faraday va descobrir que es generava corrent elèctric en una espira si un imant es movia al seu costat: si acostaves l'imant el corrent era positiu i si l'allunyaves era negatiu. Amb aquest descobriment va poder demostrar que la força electromotriu que s'indueïa en un circuit era directament proporcional a la variació del flux magnètic per unitat de temps, i va crear la fórmula:

$$\varepsilon = N \times \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

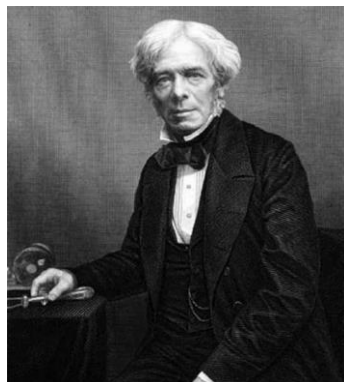
On ε és la força electromotriu induïda (f.e.m.), N és el nombre d'espires i ϕ és el flux magnètic, que és el producte escalar de la intensitat del camp i la superfície ($\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$).

Per determinar el sentit del corrent induït, el físic estonià Heinrich Lenz va modificar la fórmula d'acord amb els seus descobriments que afirmaven que el camp magnètic creat s'oposava a la variació de flux magnètic del corrent que l'ha provocat, creant la Llei de Faraday-Lenz:

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

El fenomen de la inducció electromagnètica s'ha utilitzat per a moltes aplicacions pràctiques, la més destacada és el transformador, que mitjançant la inducció electromagnètica d'energia permet variar el voltatge i la intensitat del corrent. Aquest és un element molt comú en la majoria d'aparells elèctrics d'us diari, com el propi carregador de mòbil.

Segons la llei de Faraday i la de Lenz, si el flux magnètic és variable, la pròpia bobina genera una força electromotriu que s'oposa a la produïda generada pel camp magnètic. És aquesta la causa de que les bobines siguin utilitzades en els circuits de corrent altern.



MICHAEL FARADAY



HEINRICH LENZ

L'any 1851 es va fer un darrer descobriment de l'electromagnetisme, aquest cop pel físic francès León Foucault. L'efecte Foucault dicta que si un material conductor travessa un camp magnètic, en genera un altre de sentit contrari que el repel·leix, fent que el camp resultant sigui més dèbil.

Tot i que aquest fenomen fa que disminueixi l'eficiència de molts aparells, ja que es dissipa l'energia en forma de calor, molts altres s'han construït utilitzant com a base aquest fenomen, ja siguin els forns d'inducció de les indústries, els trens de levitació magnètica i el detector de metalls.

3.4. BOBINES

Una bobina o inductor, és aquell component electrònic que, a causa de l'autoinducció, és capaç d'emmagatzemar energia en forma de camp magnètic. Té una funció semblant a la del condensador, però aquest últim emmagatzema l'energia en forma de camp elèctric.

El valor d'una bobina és la inductància (L) i es mesura en henrys (H) encara que per la mida amb les que són comercialitzades s'utilitzen més els microhenrys (μH).

Un inductor és un grup d'espines d'un cable fet d'un material conductor, normalment de coure. Hi ha diversos tipus de bobina segons la seva forma i el seu ús. Les tres bobines més conegudes són:

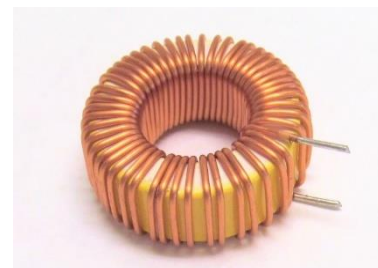
- Bobina cilíndrica: És la bobina que més s'ha utilitzat, la més coneguda i la més simple. Té una forma cilíndrica, com el seu nom indica.
- Bobines planes: Aquestes bobines són semblants a les primeres però tenen la particularitat de ser completament planes. Cada espira dona la volta a l'anterior i per tant és més gran. Aquestes són les utilitzades en les estoretes *inalàmbriques* degut a que ocupen molt poca altura.
- Bobina toroïdal: Aquesta bobina és més diferent a les anteriors ja que el fil conductor està enrotllat sobre si mateix, formant el que seria una espira feta d'espines. Degut a la seva forma, requereix menys voltes i per tant és la millor opció per a aparells electrònic més petits. En canvi, són més difícils de bobinar.



BOBINA CILÍNDRICA



BOBINA PLANA



BOBINA TOROÏDAL

De vegades, aquestes bobines van acompanyades d'un material conductor al nucli que fa variar el valor de la inductància.



BOBINA AMB NUCLI DE FERRITA

Els valors del camp electromagnètic que generen varien segons el tipus de bobina, per tant, calcular els valors de la inductància d'una bobina varia segons el model. La fórmula vàlida en les bobines més comunes és:

$$L = \frac{\mu \times N^2 \times A}{l}$$

On la N correspon al nombre d'espines, la A seria l'àrea de la secció transversal, la l la longitud i la μ es coneix com a permeabilitat magnètica absoluta i és el producte de la permeabilitat magnètica relativa (μ_r), que és una propietat dels materials que actuen com a nucli, i la permeabilitat magnètica en el buit (μ_0), una constant el valor de la qual és $4\pi \times 10^{-7}$.

En el cas de que la bobina no tingui nucli, es considera que la permeabilitat magnètica relativa és la de l'aire i el seu valor és 1.

En canvi, en el cas de la toroïdal, com que la seva forma difereix de les tradicionals, s'utilitzen altres valors per a calcular la seva inductància. La seva fórmula esdevé:

$$L = \frac{\mu \times N^2 \times r^2}{D}$$

On la r correspon al radi mitjà del toroide i D és el seu diàmetre total.

En general, que les espines d'una bobina estiguin desencaixades no influeix molt en el resultat, però una bobina totalment desmuntada pot arribar a fer variar el seu valor. Degut a aquesta complicació a l'hora de construir bobines, s'han creat màquines manuals o elèctriques que permeten enrotllar els fils ràpidament i sense perill de que es desmunti.

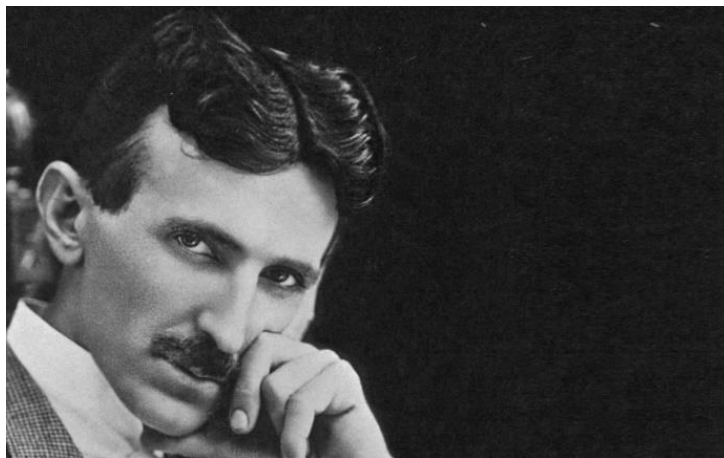
Tant les bobines com els condensadors només poden funcionar correctament en un circuit alimentat amb corrent alterna ja que en el corrent continu, al no haver-hi variació respecte el temps, no es produeix l'autoinducció de cap força electromotriu.

4. NIKOLA TESLA

4.1. BIOGRAFIA

Durant els inicis de l'electricitat, molts enginyers van ajudar a descobrir i implantar aquest fenomen físic a les nostres vides, però va ser Nikola Tesla qui va revolucionar el món. Considerat un dels millors, tot i no obtenir molt reconeixement durant la seva època. Entre els seus invents destaquen el corrent altern i els primers prototips de transmissió *inalàmbrica* d'electricitat.

Nikola Tesla fou un enginyer elèctric d'origen serbi considerat un dels inventors més grans gràcies a les seves nombroses patents relacionades amb l'electricitat i l'electromagnetisme.



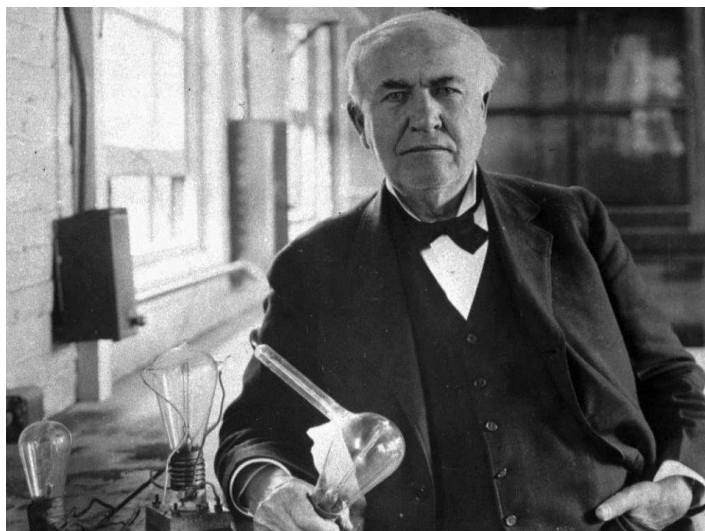
NIKOLA TESLA

Va néixer el 10 de juny de 1856 a Smiljan, actual Croàcia, que en aquell moment formava part de l'imperi Austrohongarès. Era fill d'un sacerdot de la església ortodoxa sèrbia i va ser el quart de cinc germans.

Després d'haver estudiat a Graz i Praga, va començar a treballar en la indústria telefònica de Budapest per, posteriorment, traslladar-se a París per treballar com a enginyer elèctric a la *Continental Edison Company*, una de les companyies de Thomas Alva Edison. Allà va obtenir molt bons resultats.

L'any 1884, Tesla arribà a Nova York amb una carta de recomanació del seu antic cap dirigida a Edison, on hi havia escrit que Tesla tenia uns coneixements sobre el tema comparables al propi Edison. El geni serbi va entrar com a enginyer elèctric al nucli de la companyia elèctrica i va progressar amb molta facilitat: en poc temps ja era considerat una peça clau dins la companyia.

Degut a la seva importància i al seu coneixement, Edison va oferir-li una suma de 50.000 dòlars si aconseguia redissenyar els generadors de corrent continu, amb l'objectiu de millorant-ne el servei. Tesla va aconseguir realitzar la tasca de forma impecable, però Edison no va complir la seva promesa i es va negar a pagar a l'enginyer, argumentant que ell no entenia el sentit de l'humor dels americans.



THOMAS ALVA EDISON

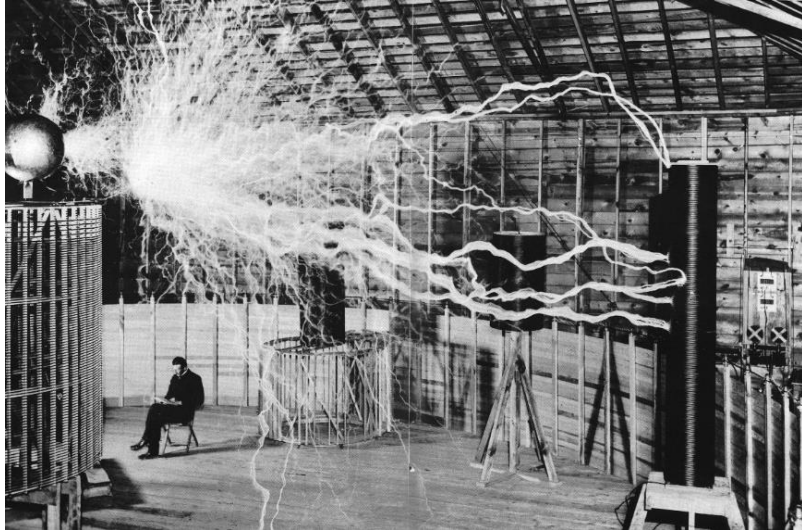
Edison era conscient de les grans aptituds de Tesla en el seu propi camp i l'envejava. Nikola Tesla va renunciar a la seva feina uns dies més tard.

Els dos enginyers diferien en els models elèctrics que defensaven. Edison seguia un model de negoci basat amb corrent continu i ja havia convençut a molts inversors. En canvi, Tesla, defensava el model elèctric basat en el corrent altern, el qual era molt més eficient.

Al 1886 Tesla va fundar el seu propi laboratori, anomenat *Tesla Electric Light & Manufacturing*, però necessitava diners pel seu proper projecte i es va veure obligat a treballar d'obrer durant un any. Al 1888 va construir el primer motor d'inducció alimentat amb corrent altern. Aquell mateix any va començar a treballar amb George Westinghouse, un ric empresari que no estava d'acord amb les idees d'Edison i que va escoltar les primeres teories de Tesla sobre la transmissió *inalàmbrica* d'energia utilitzant el corrent altern.

En aquella època l'electricitat estava sent implementada a les cases i als carrers i va ser un dels pilars de la innovació de la Segona Revolució Industrial, la qual acabava de començar. L'opinió pública era de vital importància tant per Tesla com per Edison, ja que ajudaria al seu model elèctric a ser implementat en el món. Els dos enginyers van tractar de convèncer al poble i als nombrosos inversors que el seu model era l'adequat, Edison, a més a més, intentava convèncer als interessats que el corrent altern era perillós, aplicant descàrregues elèctriques a gossos i gats que manava recollir pel carrer. Aquestes confrontacions amb l'objectiu de popularitzar els models elèctrics va ser coneguda amb el nom de Guerra dels Corrents.

Al 1899 Tesla es va traslladar a un laboratori de Colorado Springs per investigar sobre les ones electromagnètiques i la transmissió de l'energia elèctrica. Allà va aconseguir encendre bombetes fins a 40 kilòmetres de distància. L'objectiu de Tesla era la transmissió d'energia elèctrica mundial de forma gratuïta, utilitzant la energia elèctrica que emmagatzema la ionosfera.



LABORATORI DE NIKOLA TESLA

Anys després va tornar a Nova York per demostrar el seu descobriment de la transmissió *inalàmbrica* d'energia i, amb l'ajuda de J.P. Morgan, un inversor del projecte, Tesla va planejar la construcció de la torre Wardenclyffe a Long Island, anomenada així en honor a James S. Warden, que havia cedit els terrenys. La torre estava dissenyada per a la transmissió telefònica i d'imatges entre Amèrica i Anglaterra, amb la seva teoria d'utilitzar "l'energia de la Terra". La veritable motivació de Tesla envers al seu projecte era, en realitat, utilitzar-la per transmetre energia gratuïta a tot el món.

La torre no es va acabar de construir mai ja que J.P. Morgan es va negar a invertir més en el projecte, argumentant que si era gratis, no seria negoci per ningú. Fins i tot va acusar al Tesla de boig. Finalment, aquesta va ser destruïda durant la Primera Guerra Mundial.

Al 7 de gener de 1943, Nikola Tesla va morir sol, oblidat i en extrema pobresa en una habitació d'hotel de Nova York. L'FBI es va encarregar de requisar totes les seves anotacions i escrits relacionats amb el seus invents. Molts d'aquests van ser silenciats o atribuïts a altres inventors com Marconi, que va copiar les idees de Tesla per fabricar la radio.



TORRE WARDENCLYFFE

Tot i que la idea de Tesla sobre la finalitat de la torre Wardenclyffe era inimaginable en el seu moment, avui en dia una part del seu objectiu s'ha complert, ja que els seus estudis han ajudat a que sigui possible que tot el món estigui comunicat, sigui mitjançant la transmissió telefònica, l'internet o fins i tot a través de formes de transmissió que ara mateix semblen obsoletes però que han servit de molt en un passat bastant recent com són ara el fax o la radio.

4.2. DESCOBRIMENTS

En tota la seva carrera com a inventor, a Tesla se li reconeix una llista de més de set-centes patents, entre els quals hi ha els principis de la transmissió d'energia sense fils.

Les seves investigacions han tingut una repercussió notòria en l'avenç tecnològic dels últims segles. Tesla va millorar molts conceptes de la època per formar versions més avançades, com ara la làmpada fluorescent. També ha servit de base a molts enginyers que s'han inspirat en els seus descobriments, com per exemple, els principis teòrics de la telefonia, el radar, la radio i el control remot.

Entre els enginyers que s'han basat en les idees de Nikola Tesla hi ha l'empresa WiTricity, la qual està fent realitat l'objectiu del serbi de poder transmetre energia elèctrica sense necessitat de conductors.

Entre totes les seves patents en destaquen dues:

4.3. EL CORRENT ALTERN

El corrent altern va ser ideat i defensat per Nikola Tesla. A diferència del corrent continu, en el qual els electrons sempre circulen en el mateix sentit, el flux elèctric del corrent altern varia el seu sentit periòdicament un nombre determinat de vegades per unitat de temps. Aquest valor s'anomena freqüència, i es mesura en hertz.

La fórmula del valor de la tensió d'un circuit de corrent altern, al ser un moviment ondulatori, és la següent:

$$A(t) = A_o \times \sin(2\pi f \times t + \beta)$$

Aquesta depèn del valor del sinus de la velocitat angular (ω) respecte el temps, la fórmula de la qual és 2π entre el període (T), que és el temps que triga el valor de l'ona en tornar al seu moment inicial. Com que la freqüència és igual a la inversa del període (és a dir $1/T$), la velocitat angular (ω) resulta ser $2\pi f$.

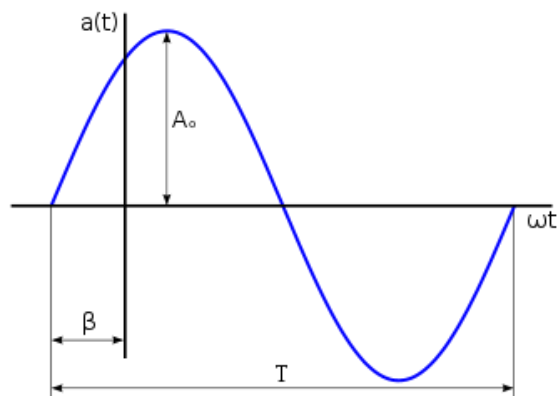
A_o és l'amplitud màxima de l'ona i β és l'angle de fase inicial donat en radians.

La impedància (Z) és la magnitud que relaciona la tensió eficaç i la intensitat de corrent en un circuit de corrent altern. Així doncs:

$$I = \frac{V_{ef}}{Z}$$

La impedància és la magnitud que engloba les resistències elèctriques, els condensadors i les bobines en un circuit de corrent altern. S'expressa amb un nombre complex ($a + bi$), és a dir, la impedància està composta per dues parts, una part real (a) anomenada resistència, i una part imaginària (b) anomenada reactància.

En el cas de les resistències elèctriques en un circuit de corrent altern, només tenen un component real, no tenen part imaginària.



GRÀFICA DE LA TENSÍO EN C.A.

El condensador és un aparell que permet la retenció d'energia electrostàtica i està format per dues plaques metàl·liques conductores separades per una tercera placa no conductora. La seva càrrega (Q) és el resultat del producte entre la capacitat del propi condensador (C) i la tensió entre les dues plaques (V). La capacitat del condensador es mesura en farads (F) en honor a Michael Faraday.

L'efecte que té el condensador és el d'avançar la intensitat de la gràfica del circuit en el valor de $\pi/2$ i la d'afegir un element resistent, anomenat capacitància (X_c), el qual està mesurat en ohms i ve donat per la fórmula:

$$X_c = \frac{1}{C \times 2\pi f}$$

La bobina actua de forma contrària al condensador. El valor de la força electromotriu induïda és el producte de la velocitat de variació (V_i) per la autoinducció (L) de la bobina, que ve determinada per les característiques d'aquesta, tant la seva forma com els materials de la qual està construïda. L'autoinducció es mesura en henrys (H) en honor a Joseph Henry.

L'efecte que té la bobina és el d'endarrerir la intensitat de la gràfica del circuit en el valor de $\pi/2$ i la d'afegir un element resistent, anomenat inductància (X_L), el qual està mesurat en ohms i ve donat per la fórmula:

$$X_L = L \times 2\pi f$$

Finalment, la impedància (Z) d'un circuit elèctric alimentat amb corrent altern ve donada per la següent fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Per tal que la intensitat d'un circuit de corrent altern sigui la màxima, la impedància ha de ser mínima, és a dir, el valor de $X_L - X_C$ ha de ser nul. Això té lloc quan $X_L = X_C$. Aquest fenomen s'anomena ressonància i té lloc quan:

$$L \times 2\pi f = \frac{1}{C \times 2\pi f}$$

Més endavant veurem la utilitat d'aquest i la seva relació amb la transmissió d'energia *inalàmbricament*.

Gràcies a aquesta relació es pot aconseguir la fórmula per calcular a quina freqüència ressonen una bobina i un condensador:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L \times C}}$$

I per últim, aïllant aquesta fórmula es pot trobar el condensador específic perquè ressoni amb una bobina a una freqüència específica o a la inversa.

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \times f^2 \times C} \qquad C = \frac{1}{4\pi^2 \times f^2 \times L}$$

Actualment el corrent altern és utilitzat en les nostres llars i el valor de la freqüència és de 50Hz a Europa i de 60 Hz als Estats Units.

4.4. LA BOBINA DE TESLA

La bobina de Tesla és un dels invents més característics del geni serbi, i el seu avanç més significatiu en el seu objectiu de poder transmetre energia a través de l'aire.

Una bobina de Tesla és un transformador ressonant que permet la transmissió d'electricitat en una àrea reduïda després d'haver augmentat el voltatge inicial d'un centenar de volts a diversos milers.



BOBINES DE TESLA

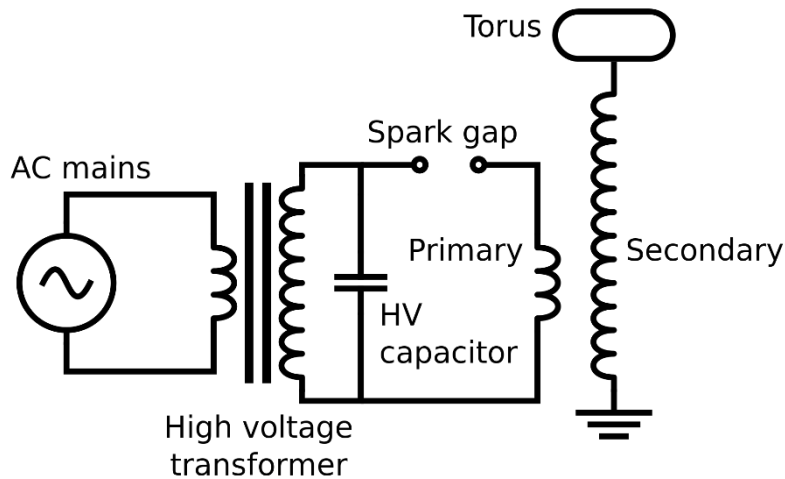
El funcionament de l'aparell consisteix en un circuit que rep energia des d'un subministrament de corrent altern, com és l'endoll convencional de les cases. Seguidament hi ha un transformador que augmenta el voltatge inicial, de 230 volts als països europeus, a xifres superiors al miler de volts. Aquest s'anomena transformador d'alta tensió.

Un cop el corrent ja és el necessari, arriba a un condensador, la funció del qual és la d'emmagatzemar aquesta energia elèctrica fins a carregar-se del tot. Connectat en paral·lel es troba un aparell anomenat *spark gap*, que consta de dos elèctrodes col·locats a una distància molt pròxima per tal de que generin espurnes quan hi passa l'electricitat, trencant la resistència de l'aire. Això serveix d'interruptor intermitent i produeix que es descarregui el condensador i es produeixin forts impulsos de radiofreqüència.

A continuació, el corrent arriba a la bobina primària, un inductor de molt poques espines per la seva mida. Està fet de cables o fils gruixuts de coure que envolten l'anomenada bobina secundària, que forma part d'un altre circuit. Un cop el corrent ha fet el recorregut de la primera part del circuit, torna a la font d'alimentació.

La segona part està formada per la bobina secundària i el toroide, i està connectada a la presa de terra. El circuit està envoltat per la pròpia bobina primària.

La bobina secundària està composta per un cable molt més petit que l'utilitzat en l'anterior bobina, però conté moltes més espines (mentre que la primària en pot tenir unes 20, la secundària supera les 100). Al passar electricitat per la bobina primària es produeix un camp magnètic que s'acobla a la bobina secundària, la qual el torna a transformar en corrent elèctric, gràcies a l'acoblament magnètic que es genera entre elles.



CIRCUIT BOBINA TESLA

Per últim tenim el toroide: un anell d'estructura metàl·lica que actua com un condensador per tal d'aconseguir la ressonància en el segon circuit i a la vegada és el terminal del circuit secundari, juntament amb la presa de terra. Des d'aquest component es produeixen grans espurnes de càrregues elèctriques molt elevades que es poden utilitzar per transmetre energia. El toroide també pot ser substituït per una esfera metàl·lica

Tot i que els raigs procedents del toroide donin la sensació de que poden provocar una descàrrega mortal, la freqüència d'aquestes és molt superior a la del cos humà i, per tant, el nostre sistema nerviós no entra en ressonància amb ell. Malgrat tot, la temperatura produïda per l'efecte Joule pot provocar cremades a la pell i, per tant, els investigadors utilitzen vestits especialitzats o controlen l'experiment dins de la gàbia de Faraday, que està dissenyada per absorbir les descàrregues.

Els models utilitzats per les bobines de Tesla acostumen a mesurar més d'un metre, però hi ha versions reduïdes d'entre deu a vint centímetres. Els components varien: el circuit primari només consta d'una resistència, un transistor i la bobina primària; mentre que el circuit secundari utilitza la bobina secundària i una esfera recoberta de material conductor.

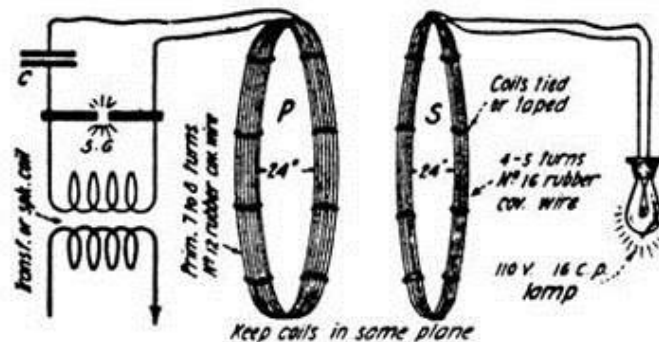
Tot i que va ocasionar una gran revolució en el seu moment i les expectacions de Tesla amb el seu invent eren molt elevades, actualment no hi ha cap ús de les bobines de Tesla més enllà de ser elements educatius a les universitats o elements de espectacle, a causa de la impressió visual que generen les espurnes. Tot i això, és un element molt popular entre els enginyers elèctrics, els quals les construeixen com a hobbies. La seva estètica i espectacularitat l'han convertit en un recurs molt utilitzat en pel·lícules de ciència ficció i videojocs.

5. TRANSMISSIÓ INALÀMBRICA D'ENERGIA

5.1. INTRODUCCIÓ

La transmissió d'energia sense fils és tota aquella forma de transportar energia elèctrica d'un punt a un altre sense el requeriment de conductors elèctrics, mitjançant l'ús de l'energia electromagnètica, ja sigui en forma de camps magnètics, ones de radio, microones o altres.

Aquest fenomen no és del tot desconegut. Ja fa més d'un segle va ser investigat per Nikola Tesla i, una part dels seus descobriments han servit de base als enginyers actuals per investigar la transmissió d'energia *inalàmbrica*, de la forma en què es coneix actualment.



ESBOSSOS DE TESLA SOBRE LA TRANSMISSIÓ D'ENERGIA SENSE FILS

Per tal d'entendre el procés que fa que aquest fenomen sigui possible cal entendre dos conceptes: la inducció electromagnètica i la ressonància.

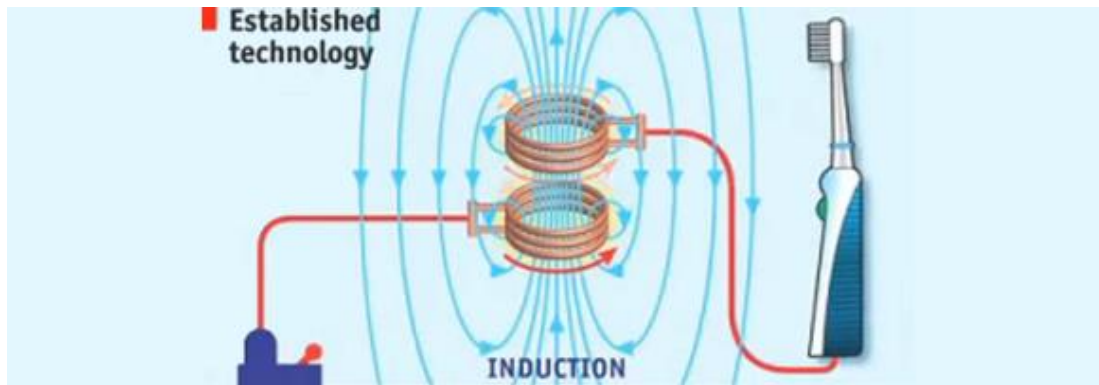
5.2. INDUCCIÓ ELECTROMAGNÈTICA

Com s'ha explicat abans al circular corrent elèctric per un conductor, es crea un camp electromagnètic al voltant d'aquest. En cas que el conductor sigui una bobina, és a dir, en cas que el cable de coure utilitzat s'enrotlli formant espines, el camp magnètic que es generarà serà més potent.

Si es crea una nova bobina de característiques similars i s'apropa a la bobina anterior, rebrà les ones del camp magnètic i el corrent elèctric circularà a través d'aquesta, és a dir, s'haurà induït energia a través de dues bobines. La bobina emissora l'anomenarem bobina primària, i la receptora, bobina secundària.

El que fa que aquest fet es produeixi és l'acoblament magnètic entre les dues bobines, ja que la bobina secundària també genera un camp magnètic cap a la bobina primària.

L'inconvenient que això comporta és que l'acoblament magnètic que es forma no és prou potent com per abastar una gran àrea, això comporta que les dues bobines exigeixin estar gairebé en contacte per tal que es pugui transmetre l'energia.

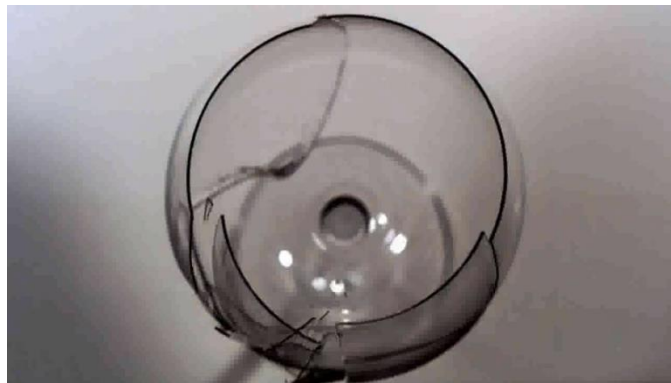


CÀRREGA INDUCTIVA

5.3. RESSONÀNCIA

La ressonància és un fenomen físic que té lloc entre dos elements quan tenen la mateixa freqüència. Això permet que la transferència d'energia entre dos sistemes sigui òptima i màxima.

La ressonància no és només un fenomen dels components elèctrics. Un exemple n'és el fet de que una cantant d'òpera pugui trencar una copa de vidre amb la seva veu, perquè el seu timbre acústic té una freqüència que entra amb ressonància amb la copa i fa que aquesta vibri fins al punt en que es trenca.



EXEMPLE DE RESSONÀNCIA ACÚSTICA

Ja he exposat que per tal que un circuit elèctric entri en ressonància es necessita que la impedància capacitiva i inductiva siguin iguals. Però aquest mateix concepte també funciona entre dues bobines que pertanyen a circuits elèctrics diferents, ja que si els dos circuits han entrat en ressonància, la potència de l'acoblament augmenta i ja no és necessari acostar la bobina a pocs centímetres per tal que es pugui transmetre energia, ja que l'acoblament magnètic és més potent.

Els enginyers que van dur a terme aquests experiments van aconseguir il·luminar una bombeta a dos metres de distància. Actualment s'està investigant com poder seguir augmentant l'amplitud de l'onada i ja s'ha arribat a transmetre energia fins a cinc metres de distància.

5.4. FUNCIONAMENT

Així doncs, el funcionament de la transmissió d'energia elèctrica sense fils és bastant simple: si es connecta una bobina primària a una font d'alimentació crea un camp magnètic que passa a la bobina secundària. Aquesta el torna a convertir en corrent elèctric. Aquest procés només funciona amb corrent altern o gràcies a un oscil·lador pel corrent continu.

El fet que l'abastament es produeixi radialment permet poder connectar més d'un receptor per a cada emissor, el que comporta que una sola bobina primària pugui transmetre electricitat a diverses bobines secundàries, connectades a diversos aparells elèctrics com el mòbil, la làmpada, el portàtil i la televisió; sempre i quan els circuits siguin ressonants.

A més a més, s'ha demostrat que es poden col·locar diferents elements entre les dues bobines sense que es deixi de transmetre energia. Ja sigui un full de paper, fusta o éssers vius. El camp magnètic que es crea té la capacitat d'evadir els materials magnètics que podrien contrarestar aquest camp, sempre i quan aquests siguin d'una mida reduïda. Així doncs, el corrent arriba al receptor sense cap dificultat.



LA TRANSMISSIÓ D'ENERGIA NO ES VEU AFECTADA PER LA PRESENCIA D'ALTRES OBJECTES

Tots els aparells són susceptibles de funcionar o carregar-se mitjançant aquesta forma de transmissió d'energia. No obstant, cada dispositiu necessita una quantitat diferent de volts, ampers i watts.

La majoria de dispositius elèctrics necessiten un transformador per poder funcionar sense que s'espatllin, ja que la tensió elèctrica domèstica és de 230 V i n'hi ha que en requereixen menys. Com el cas dels telèfons mòbils, que en el cable del carregador hi ha integrat un transformador a 5 V.

Hi ha diverses maneres de transmetre energia sense utilitzar cables, segons el seu abastament:

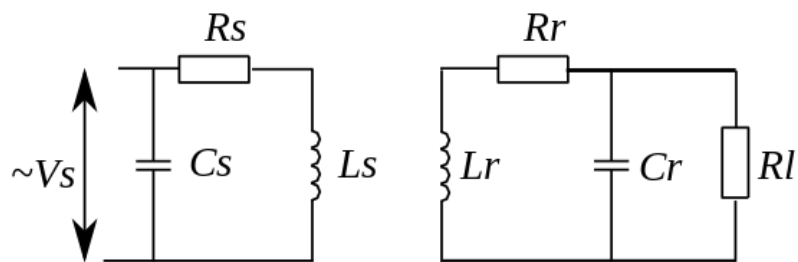
El més limitat és l'acoblament inductiu electromagnètic, el qual permet passar energia elèctrica entre dues bobines. Aquesta forma de transmissió d'energia s'utilitza principalment en fonts d'energia de baixa freqüència, ja que amb poca

potència es pot aconseguir un alt rendiment. S'utilitza en els carregadors de màquines d'afaitar, raspalls de dents i telèfons fixos. També s'utilitza en els transformadors de corrent, aparells que són capaços d'augmentar o disminuir el voltatge d'un circuit de corrent altern.

Degut al seu baix abastament, en la majoria d'aparells, la bobina secundària és col·locada a dins mateix de la primària, que coincideix amb el moment en el qual l'aparell es connecta a la base del carregador. En aquest moment les dues bobines estan gairebé en contacte.

El següent és l'acoblament capacitiu, també s'utilitza per distàncies molt curtes. Les antenes utilitzades són els elèctrodes, els quals s'utilitzen per exemple en els condensadors.

En tercer lloc, tenim l'acoblament ressonant, que és el que s'està implementant actualment per a mitjana escala. Com ja he explicat, aquest permet enviar energia entre dos bobines connectades en dos circuits ressonants, formats per dos condensadors. Per tal que sigui possible, s'utilitza el corrent altern i en el segon circuit, si és necessari, es connecta un rectificador per tal que el corrent passi a ser continu, com és ara l'ús d'un pont de díodes i un altre condensador.



ESQUEMA BÀSIC DEL CIRCUIT DE LA TRANSMISSIÓ RESSONANT D'ENERGIA ELÈCTRICA

A part dels citats anteriorment, n'hi ha d'altres que no s'utilitzen per transmetre energia elèctrica, com és ara l'acoblament magnetodinàmic, que permet traspasar energia cinètica mitjançant l'ús d'imants. Una de les seves aplicacions és la de, mitjançant un imant connectat a un motor, fer-ne girar un altre connectat a un segon imant: al fer girar el primer motor amb l'imant, el segon segueix la trajectòria del primer ja que estan acoblats magnèticament. S'utilitza en diversos experiments on és necessari barrejar un fluid tancat hermèticament, i no es pot connectar un motor.

Les últimes tecnologies que permeten la transmissió d'energia són utilitzades per llargues distàncies i, per tant, requereixen una potència molt elevada. Estem parlant de les microones i les ones de llum, que s'estan desenvolupant per alimentar aèrospaci, satèl·lits o estacions espacials. El mínim contacte amb aquestes ones pot arribar a provocar lesions severes en el cos humà, com ara cremades greus, pèrdua de vista i inclòs la mort.

En aquest Treball de Recerca he treballat amb l'acoblament inductiu i l'acoblament ressonant.

El tipus de transmissió d'energia també es pot classificar segons si és radiativa o no-radiativa. La primera correspon a les distàncies llargues. Els camps magnètics d'aquestes es propaguen en forma d'ona electromagnètica. Alguns exemples serien les microones, les ones de ràdio o les ones de llum.

La segona, en canvi, correspon a distàncies curtes i depèn de la mida i forma de les antenes. L'energia no surt de l'emissor si no es detecta un receptor a prop. En aquest grup estarien les transmissions properes com la inductiva, la ressonant, la capacitiva i la magnètica.

5.5. DESCOBRIMENT

L'any 2007, un equip d'investigadors del MIT, l'Institut Tecnològic de Massachusetts, liderats pel professor Marin Soljačić van publicar a la revista *Science* els seus resultats en el camp de la transmissió *inalàmbrica* d'energia amb una repercussió mediàtica dins el sector de l'enginyeria electrònica. L'equip format per sis enginyers va aconseguir il·luminar una bombeta de 60 W de forma *inalàmbrica* mitjançant dues bobines de coure de 30 cm de radi separades 2 metres mitjançant l'acoblament ressonant.



EQUIP D'INVESTIGACIÓ DE WITRICITY

Tot i que l'eficiència del conjunt era del 50%, l'experiment va esdevenir un èxit i va marcar el començament d'un nou focus d'investigació que s'ha estat desenvolupant fins avui en dia, quan es comença a estendre a nivell comercial.

L'equip liderat per Soljačić va ser qui va crear el terme amb el que ara es coneix aquest nou fenomen, *Witricity*, que prové de les paraules en anglès *Wireless* i *Electricity*. Amb aquest mateix nom es coneix també l'empresa que van formar els enginyers per seguir investigant el tema i ja hi ha unes quantes companyies que han col·laborat amb WiTricity per crear nous productes comercials o han proposat altres models basats en altres formes de transmissió.

Eric Giler, director executiu de l'empresa, va fer una conferència per la plataforma TED a Oxford, on va poder demostrar-ne el funcionament, encenent un televisor

i carregant telèfons mòbils. També va demostrar la seguretat del sistema al passar entre les dues bobines repetidament.

5.6. EFICIÈNCIA

El principal inconvenient d'aquesta transmissió és la seva baixa eficiència i la facilitat que decaigui el voltatge en funció de la distància en la que es troba. Fins i tot els aparells que utilitzen la inducció i necessiten que el dispositiu estigui quasi en contacte amb l'emissor tenen una eficiència del 95% i, a mesura que augmenta la distància entre bobines, aquesta decau.

Una gran quantitat d'energia es pot perdre en el procés, ja que el corrent magnètic es dispersa radialment.

5.7. SEGURETAT

Un dels impediments que més afecten als nous descobriments és el nivell de seguretat que comporten i si són perillosos per a l'esser humà, o el propi planeta. La transmissió d'energia sense fils no té aquest problema ja que utilitza camps magnètics que són inofensius per la Terra i per a les formes de vida, ja que no compartim la mateixa freqüència. Aquestes ones magnètiques són les mateixes que s'utilitzen per les tecnologies Wi-Fi.

6. COMERCIALITZACIÓ

6.1. PRODUCTES

Actualment al mercat hi ha dos tipus de productes que permeten la transmissió *inalàmbrica* d'energia elèctrica: els que utilitzen la inducció electromagnètica i els que utilitzen la ressonància.

Aquests primers són més coneguts ja que fa més temps que s'estan comercialitzant a nivell no-industrial. Els aparells més comuns són els carregadors de mòbils per inductància. Tenen l'aspecte d'una estoreta i permeten carregar el telèfon o altres aparells si estan gairebé en contacte. L'estoreta es connecta a la xarxa elèctrica i el dispositiu electrònic que tingui incorporat una bobina receptora, com els nous models de telèfons mòbils, es carrega al situar-lo sobre aquesta.

També hi ha un altre model ressonant però no abasta una gran àrea. L'aparell és col·locat sota la taula i permet carregar més d'un dispositiu en una zona delimitada.



TRANSMISSIÓ D'ENERGIA MITJANÇANT ACOBLAMENT RESSONANT

Malgrat tot, actualment no hi ha productes que permetin la transmissió d'energia *inalàmbrica* a una major distància, tanmateix l'empresa WiTricity està comercialitzant a un preu molt elevat, d'uns 995 dòlars, el que anomenen una demostració de la *witricitat*.

El kit està compost per tres elements: un emissor, un repetidor i un parell de receptors. Segons l'empresa, l'objectiu del producte és només el de conèixer el funcionament del concepte ja que no es pot utilitzar per carregar cap aparell electrònic. L'electricitat que arriba al receptor va destinada a il·luminar les llums d'aquest per demostrar que, efectivament, el corrent elèctric es transmet correctament. Aquest mateix dispositiu és el que utilitza l'empresa per a demostrar el concepte en exposicions.

Tot i que actualment no hi ha cap producte viable al mercat que utilitzi l'acoblament ressonant i que permeti carregar els nostres aparells electrònics a una distància superior a uns 20 centímetres, el salt d'aquesta nova tecnologia al

sector comercial arribarà en el pròxim any, ja que diverses marques de cotxes, com és ara l'empresa Toyota, han estat fent proves amb l'empresa WiTricity per tal d'implementar els carregadors *inalàmbrics* per ressonància en els seus vehicles elèctrics, amb molt bons resultats, ja que permet evitar l'ús de cables per carregar la bateria dels automòbils elèctrics.

L'aparell consta d'una placa situada al terra que permetrà transferir energia elèctrica si un cotxe es posiciona sobre aquest. La bobina receptora és col·locada a la part del darrera del cotxe, on s'emmagatzema l'energia.

WiTricity no només ha col·laborat amb Toyota; moltes empreses han arribat a un acord amb aquesta companyia i d'altres de la mateixa indústria per incorporar aquesta tecnologia als seus productes.

La pròpia WiTricity està treballant amb una empresa mèdica per a poder crear un dispositiu d'assistència de ventricle dret. Segons Katie Hall, directiva de WiTricity: "La idea d'eliminar els fils ens permetrà redissenyar coses de formes que mai havíem pensat, farà que els nostres dispositius i tot amb el que interactuem sigui molt més eficient, més pràctic, i fins i tot sorgirà alguna funcionalitat nova".

6.2. APLICACIONS

La possibilitat de poder transmetre energia sense la necessitat d'un conductor origina un nombre bastant elevat de possibles aplicacions, no només en el àmbit de la recerca científica, sinó també en el quotidià.

Actualment, l'aplicació més estesa d'aquesta tecnologia és la càrrega de dispositius. Tal i com s'ha exposat anteriorment, les estoretetes d'inductància ja s'estan comercialitzant i els carregadors ressonants de cotxes elèctrics constitueixen una forma viable i més còmoda, per tant no trigarem a veure'ls en el mercat.

A part d'aquestes aplicacions, la pròpia empresa WiTricity té una sèrie d'altres projectes ambiciosos:

En el àmbit domèstic, va ser demostrat que aquesta tecnologia és suficientment potent com per mantenir encès un televisor. A mesura que es desenvolupin els productes i s'aconsegueix que siguin més eficient, és possible que els puguem veure instal·lats en diverses cases o fins i tot oficines per tal d'eliminar els nombrosos cables o poder situar els aparells elèctrics lluny de la paret.



DEMOSTRACIÓ DE WITRICITY A OXFORD

També es podria utilitzar per carregar altres elements electrònics com portàtils, tauletes, telèfons mòbils, comandaments, teclats i ratolins *inalàmbrics* i, fins i tot, per encendre llums.

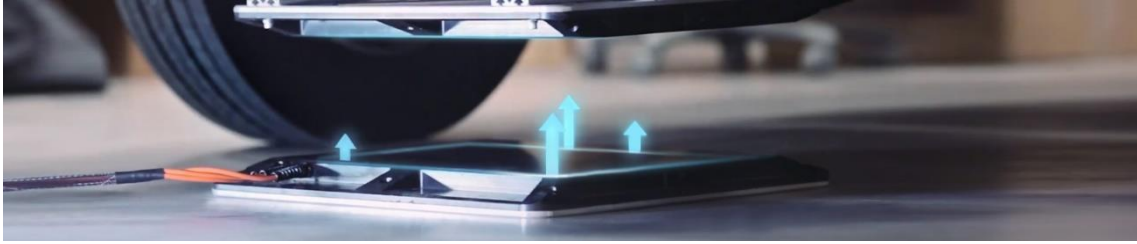
En l'àmbit mèdic es pretén utilitzar-la per poder carregar aparells mèdics implantats en els pacients com ara els marcapassos, dispositius d'assistència ventricular o implants coclears. Això seria possible ja que aquesta transmissió no presenta problemes en el cos humà i no requeriria una intervenció cada poc temps per canviar la pila.

També es pot utilitzar per diferents teràpies implantables (neuroestimulació, estimulació elèctrica) i per carregar aparells sense necessitat d'haver d'esterilitzar al treure les bateries i a més es podrien tancar hermèticament molts dispositius.

A nivell industrial, es pot utilitzar per al funcionament de diverses maquinaries, com per exemple diferents robots, la maquinaria de muntatge i envasament. D'aquesta manera, s'eliminarien gran parts dels cables d'una fàbrica.

Les grans ciutats que aposten per un model tecnològic anomenat "smart cities" també pretenen utilitzar la *witricitat* per a poder carregar tots els sensors que es requereixen, això facilitaria la seva càrrega ja que no s'hauria de canviar la pila manualment i es podria desenvolupar millor aquesta nova tecnologia.

En la indústria automobilística també s'utilitzarà, tant en carregadors ressonants per a cotxes elèctrics com per poder carregar els dispositius mòbils i portàtils dins el propi cotxe.



PROTOTIU DE CARREGADOR RESSONANT PER A AUTOMÒBILS

En la recerca científica també s'està començant a utilitzar aquesta tecnologia en les seves investigacions. El mateix sistema del marcapassos es pot utilitzar amb animals de laboratori amb l'objectiu de poder estudiar-los sense haver de parar la investigació per a canviar les bateries. També es pretén estudiar l'alimentació de satèl·lits *inalàmbriament*, però encara no s'ha posat en pràctica.

Per últim, com a la majoria d'invents, es preveuen aplicacions d'ús militar, com ara carregar "drones" i altres vehicles militars o altres aparells com transmissors pels soldats o altres dispositius de visió que requereixin carregar-se.

7. EMPRESES

7.1. PRINCIPALS COMERCIANTS

Al ser un invent relativament recent, la indústria que s'ha format es troba en ple desenvolupament i no s'acaba de posar d'acord en quin mètode utilitzar. Moltes empreses han començat a desenvolupar el seu propi model utilitzant els dos principals tipus de transmissió d'energia per poder esbrinar quina dóna més rendiment.

Davant d'aquesta batalla tecnològica s'han alçat dues empreses amb dos models completament diferents:

Wireless Power Consortium és una d'aquestes empreses i ha desenvolupat l'estàndard Qi. Aquest prové de la paraula xinesa per a "energia". El seu sistema està basat en la càrrega inductiva mitjançant estoretes, el que obliga al dispositiu a estar en un lloc específic per carregar-se. Aquest sistema requereix treballar a freqüències molt altes.

Actualment és el model líder en estoretes d'inductància i diverses companyies de telèfons mòbils d'última generació estan implementant la tecnologia en els seus productes. També hi ha hagut acords amb empreses com Ikea, per poder implementar la càrrega inductiva en els seus mobles.

A més a més, hi ha plans per implementar la seva tecnologia en restaurants, hotels, aeroports, automòbils i oficines, entre altres.

AirFuel Alliance, sorgida de la unió de dues empreses anomenades "Power Matters Alliance" (PMA) i Alliance for Wireless Power (A4WP), ens dóna un model diferent al de Qi. El sistema que utilitza AirFuel Alliance es basa en Rezence, creat per A4WP i que utilitza la ressonància enlloc de la inductància. Per tant, és capaç de carregar més d'un dispositiu en una àrea sense necessitat que el receptor estigui quiet. Això també és un inconvenient, ja que l'eficiència disminueix considerablement.

Independentment del mètode emprat, els aparells elèctrics funcionen amb els dos sistemes.



ESTORETES D'INDUCTÀNCIA

Aquestes dues empreses són les actuals líders, però n'hi ha d'altres que utilitzen tecnologies similars com ara Anker amb la seva tecnologia "PowerIQ" i Aukey amb la seva tecnologia "AIPower". Aquestes empreses eren conegudes per vendre bateries externes USB i amb la comercialització de les estoretes inductives ara han dirigit la seva producció cap a la *witricitat*.

Per tal de millorar l'eficiència dels productes, les empreses segueixen investigant sobre la freqüència, el nombre i la mida de les bobines necessàries per evitar la pèrdua d'energia.

7.2. WITRICITY

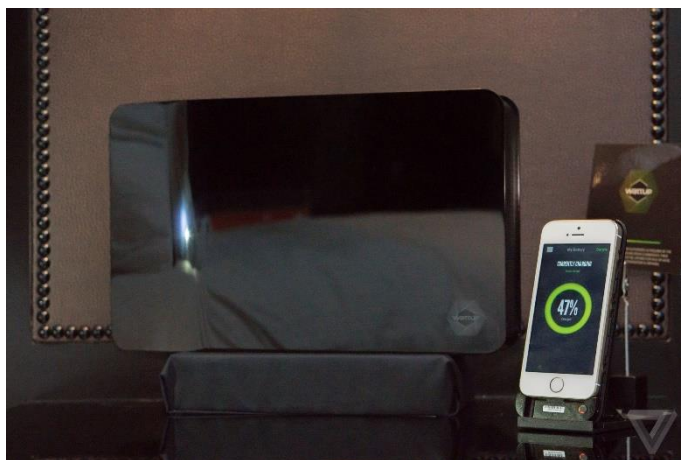
Es podria dir que WiTricity és la causant de que la transmissió d'energia *inalàmbrica* s'estigui comercialitzant. La pròpia empresa va sorgir després dels bons resultats que van aconseguir l'equip d'investigació del MIT.

Segons el fundador de l'empresa, el professor Marin Soljačić, la idea li va venir a la ment després de despertar-se de nit al sentir que el seu telèfon s'estava quedant sense bateria, després d'haver-se oblidat de carregar-lo. Era ja el sisè cop aquell més que es despertava per aquell motiu. Després d'imaginar com de genial seria si el mòbil es pogués carregar sol sense la necessitat de recorre a un cable, va adonar-se que, amb la suficient investigació, aquella tasca no era del tot impossible.

Tanmateix, tot sembla apuntar que, de moment, el seu principal sector de treball serà l'industrial, no el domèstic.

7.3. WATTUP

"Energous" és una altra companyia que està treballant en aquest sector de la indústria i està desenvolupant una tecnologia que han anomenat WattUp, capaç de carregar la bateria de tota mena d'aparells electrònics que necessitin menys de 10 W, com ara els telèfons mòbils, les càmeres, les tauletes, els ratolins i teclats inalàmbrics, sensors, joguines teledirigides, entre d'altres.



TRANSMISSOR DE WATTUP

L'empresa afirma que el seu funcionament és similar al de la senyal Wi-Fi: el transmissor o "Power Router", amb moltes antenes incorporades, envia una

senyal de radiofreqüència amb ones d'entre 5,7 i 5,8 GHz. Aquestes arriben al receptor WattUp, el qual transforma la senyal en corrent continua. El sistema utilitza el Bluetooth per escanejar si hi ha receptors disponibles.

Aquest sistema difereix de la càrrega inductiva que utilitzen les estoretes *inalàmbrics* i permet un abastament superior. També difereix de la tecnologia emprada a WiTricity, la ressonància.

Asseguren que el producte pot carregar fins a 12 aparells en un radi de 4,5 metres, aproximadament, i que el dispositiu receptor pot estar en moviment sense que interfereixi en la càrrega. Els receptors contenen múltiples antenes en miniatura per a recollir les microones d'energia.

En el cas dels telèfons mòbils i tauletes, s'utilitzaran carcasses amb el receptor incorporat per tal de carregar la bateria. El funcionament del transmissor i les diferents dades dels receptors podrà ser controlat des d'una aplicació de mòbil.



IL·LUSTRACIÓ SOBRE LA UTILITAT QUOTIDIANA DE WATTUP

La pròpia empresa expressa que aquesta tecnologia només és viable per a objectes *inalàmbrics*, i que l'eficiència és el principal inconvenient que tenen totes les companyies d'aquest sector. En el cas d'aquest producte, el temps en carregar un aparell electrònic és el doble que si es carrega mitjançant un cable.

S'estima que el preu del transistor rondarà pels 300 dòlars i el de la carcassa receptora entre 75 i 125 dòlars.

L'empresa afirma que el seu model pot competir contra les altres empreses que utilitzant sistemes diferents i que estan preparats per comercialitzar el seu producte entre l'any 2016 i el 2017.

7.4. UBEAM

“uBeam” és una empresa que està treballant en una forma totalment diferent de transmetre energia. Utilitza les ones d'ultrasons com a medi de transmissió. El sistema detecta receptors en la sala i, si existeixen, fa vibrar l'aire i aquest capta l'energia que es produeix, convertint-la en electricitat per carregar el dispositiu desitjat. Segons l'empresa, l'aire vibra tan ràpid que una persona no ho pot apreciar i, per tant, no causa molèsties als consumidors.

Aquest mètode permet abastar una àrea molt més elevada ja que pot recórrer una gran distància a través de l'aire. Però el principal inconvenient és que necessita una línia de visió clara i que si es detecta un objecte que bloqueja la connexió, l'aparell deixa de funcionar. Per tant, aquesta transmissió d'energia no pot traspasar parets, fusta, paper ni teixits orgànics.

Segons Meredith Perry, la directora executiva d'"uBeam", les ones sonores que genera el dispositiu no poden ser escoltades per humans ni per cap altre mamífer i no fa malbé els teixits orgànics ni causa malalties. Encara que l'exposició de la persona al sistema sigui prolongada

Això és perquè les ones sonores utilitzades operen molt per sobre de les ones que l'oïda humana pot identificar. Altres animals amb més sensibilitat als sorolls com els gossos o fins i tot els ratpenats tampoc serien capaços de percebre les ones. Els dofins serien els únics mamífers que es veurien afectats, però no hi ha cap intenció d'utilitzar aquesta tecnologia sota l'aigua.



DEMOSTRACIÓ DE LA TECNOLOGIA DESENVOLUPADA PER UBEAM

"uBeam" utilitza les mateixes ones d'ultrasons que es fan servir en la medicina per a obtenir fotografies del fetus durant un embaràs.

Després d'una investigació que es publicarà a principis de 2016, els treballadors d'uBeam van demostrar que aquestes ones no perjudiquen al teixit, utilitzant porcs per als experiments. Van veure que el teixit no mostrava cap lesió, tot i tractar-se d'una exposició prolongada.

8. PROCEDIMENT

8.1. HIPOTESI DEL TREBALL I IDEES PRINCIPAL

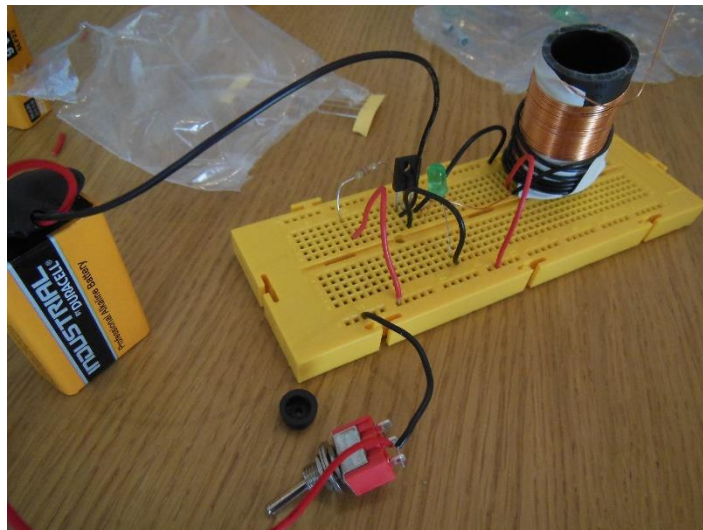
Després de definir el meu treball vaig començar a investigar sobre el tema: primer de tot, vaig trobar diferents vídeos on es parlava del fenomen i s'explicava com construir el circuit. Aquests han resultat diferir bastant dels resultats finals que he obtingut ja que no treballaven amb corrent altern, sinó que utilitzaven transistors, que també poden funcionar com a oscil·ladors.

Després, vaig pensar en construir, a part del circuit, una petita bobina de Tesla. Aquesta no requeria corrents elevades i podia funcionar amb corrent continu. Molts dels components característics de la bobina, com el transformador, el condensador o l'*spark gap* es substituïen per una resistència i un transistor.

Els models de circuits que vaig trobar eren molt simplificats això provocava que el seu abastament fos molt limitat. Tant amb el circuit de les dues bobines, com amb el de la de Tesla, l'abastament era de 2-3 cm i el receptor consistia en un díode LED. Com que els circuits no estaven amb ressonància (ja que ni tenien condensadors ni funcionaven amb corrent altern), no es podria considerar acoblament ressonant sinó inductiu.

Malgrat tot, vaig considerar que per començar a construir era suficient i vaig anar a Diotronic, una botiga d'electrònica de Barcelona, amb una llista de diferents components que podrien funcionar a l'hora de fer el circuit.

El model de la bobina de Tesla estava format per una pila de 9 volts que enviava el corrent positiu a un interruptor, el qual distribuïa el corrent en paral·lel a la bobina primària i a una resistència de 22k Ω . Aquestes estaven endollades a un transistor 2n2222a, a la pota del col·lector i de la base respectivament. Des de l'emissor es dirigia el corrent cap a la pila de nou.

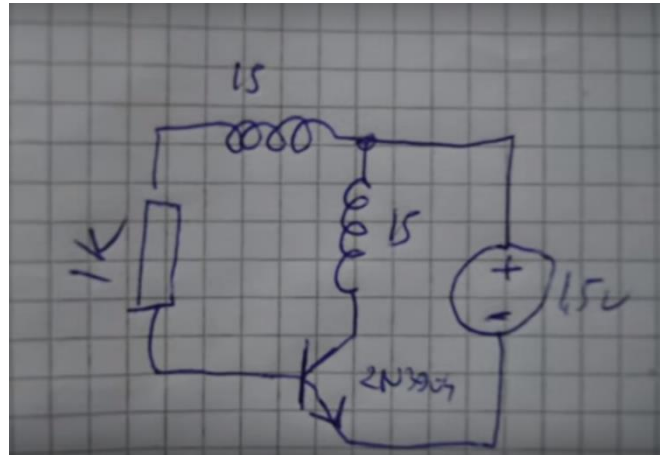


CONSTRUCCIÓ D'UNA PETITA BOBINA DE TESLA

Per altra banda, el circuit de la transmissió d'energia entre dues bobines requeria una pila AA com a generador. La part positiva d'aquesta anava connectada a la

bobina primària, que era de 30 voltes però tenia una extensió a la meitat de les voltes. El radi de la bobina variava segons el model però jo vaig utilitzar un radi de 1,5 cm.

Una de les potes de la bobina primària es connectava a la base d'un transistor 2n2222 i l'altre anava connectada al col·lector. Finalment l'emissor del component es connectava al negatiu de la pila.



ESQUEMA DE L'EMISSOR DEL CIRCUIT DE LES DUES BOBINES

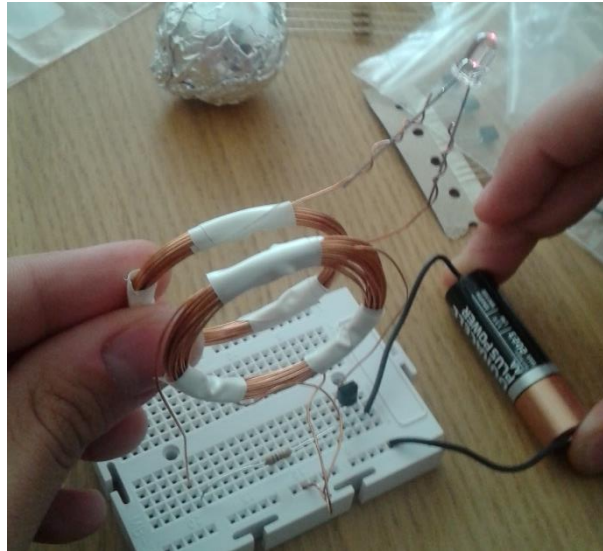
Després d'intentar muntar els circuits sense gaire èxit, vaig anar a parlar amb la tutora del meu treball perquè m'orientés. Entre petites correccions i ajudes vaig veure els meus errors i vaig poder refer el circuit aconseguint que el díode LED s'il·luminés per un instant dos cops aquella mateixa tarda. També vaig dedicar-me a investigar més sobre l'empresa WiTricity i el procés que havien seguit.

Més tard vaig buscar informació específica sobre els components de la Bobina de Tesla i sobre les lleis de l'electromagnetisme i, gràcies a això, vaig comprendre el funcionament de les bobines i el camp magnètic. Vaig utilitzar una de les bobines creades i la vaig endollar directament a una caixa per a dues piles AA (de 1,5 V cadascuna). El camp magnètic que es va crear va poder demostrar les investigacions de Ørsted, ja que vaig ser capaç d'imantar objectes metàl·lics propers.



IMANTACIÓ AL APLICAR CORRENT A UNA BOBINA

Seguidament vaig anar a Onda Radio, una altra botiga d'electrònica de Barcelona. Allà vaig comprar nous components prenent com a guia altres models que havia trobat, que també utilitzaven corrent continu. Aquella mateixa tarda, després de construir el nou model, vaig poder encendre el díode LED a 3 cm de distància. Un dels meus objectius inicials s'havia complert; només calia millorar la distància d'abastament.



PRIMER MODEL DE TRANSMISSIÓ D'ENERGIA ENTRE DUES BOBINES

El circuit que va funcionar va ser el que utilitzava una resistència de $1k \Omega$ i un transistor 2n3904.

Dies després vaig tornar a parlar amb la meva tutora per mostrar-li els resultats i determinar els següents passos: vaig desestimar l'opció de construir la bobina de Tesla ja que la versió reduïda no donava suficient energia i construir una bobina de Tesla autèntica tenia una dificultat massa elevada com per ser un objectiu secundari, i no volia enfocar tot el meu treball en això.

Així doncs, inicialment, els objectius que vam determinar van ser el d'encendre un díode LED a major distància, carregar un mòbil i encendre una bombeta, encara que finalment aquest darrer va canviar.

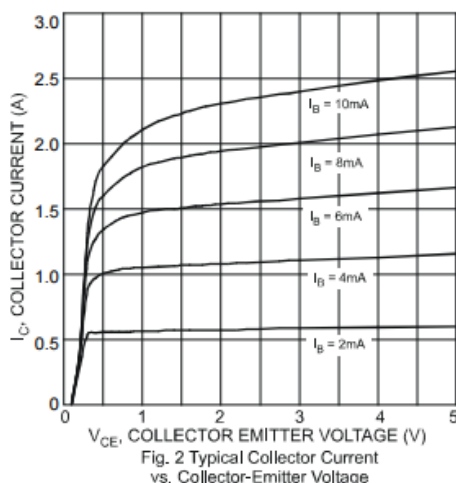
8.2. INVESTIGACIÓ I RECERCA DE COMPONENTS

A l'estiu em vaig dedicar a la recerca d'informació i en pensar com enfocar el treball: de la part teòrica vaig fer un esbós d'índex i vaig llegir i recopilar tota la informació útil que vaig poder de cada apartat. També vaig entendre tot el funcionament dels circuits ressonants i els seus avantatges.

De la pràctica vaig pensar en els transistors que necessitaria i a principis de setembre, després de tornar a parlar amb l'Antònia, vaig començar a buscar-ne un que pogués aguantar la intensitat necessària per poder carregar el mòbil. També vaig recopilar totes les bombetes de casa per mirar les seves característiques.

Amb tot això vaig trobar dos transistors possibles que podrien funcionar amb el circuit, el 2sc1222 i el 2DD2098R. Dels dos vaig considerar que el més còmode d'utilitzar era el primer, però segons les seves característiques els dos podrien funcionar.

Per saber si un transistor pot funcionar en un circuit s'ha de mirar les seves característiques en un full de dades. En el meu cas, buscava un transistor que la seva intensitat de sortida sigui de 1 A aplicant-li un voltatge de 3 volts. En el propi full et diu quina ha de ser la tensió que ha d'arribar a la base del transistor.



GRÀFICA DE L'INTENSITAT DE CORRENT DE SORTIDA GENERADA PER UN TRANSISTOR

Per recomanació de la meua tutora, vaig decidir que tornaria a Onda Radio o a Diotronic per preguntar si el transistor era adequat o si me'n recomanaven un altre.

També vaig investigar les especificacions de les bombetes per saber el voltatge i potència necessaris per encendre-les. Però degut a que necessitaven molta energia vaig buscar noves alternatives més senzilles, com era la de fer girar un motor.

Quan va començar de nou el curs va ser quan vaig començar a passar tota la informació que tenia a net, a mesura que escrivia n'apareixia de nova. Em vaig ajudar dels llibres de text de les assignatures de Tecnologia de 1r de Batxillerat i de Física de 2n de Batxillerat per poder escriure algunes parts.

8.3. CREACIÓ DE NOUS CIRCUITS

Després d'escriure les primeres pàgines vaig desestimar la idea d'utilitzar transistors i vaig idear dos circuits ressonants que, segons la teoria, havien de funcionar. Els circuits que vaig pensar constaven d'una bobina i un condensador en paral·lel en el circuit emissor i una bobina, un condensador i un pont de díodes al circuit receptor. Tant les bobines com els condensadors havien de ser semblants.

Com que necessitava que entressin en ressonància amb 50 Hz, que és el corrent altern que pot generar una font d'alimentació convencional, vaig decidir primer

fabricar la bobina i calcular el condensador necessari amb les fórmules que he explicat anteriorment.

Vaig descobrir que fabricar una bobina sense que se't desfés era molt més complicat del que em semblava en un principi. Vaig utilitzar un pot de sal del diàmetre desitjat i vaig enroscar el fil de coure, posant cinta adhesiva per evitar que es desmuntés.



CONSTRUCCIÓ D'UNA BOBINA

Vaig utilitzar un fil de coure esmaltat d'un mil·límetre que havia comprat a Onda Radio i em va sortir una bobina d'aproximadament 47 espires i 6,5 cm de diàmetre. Vaig calcular els valors de la inductància de la bobina amb les fórmules de la bobina cilíndrica i el resultat va ser de 204,7 μH .

Amb aquesta mateixa bobina vaig tornar a provar l'experiment de Ørsted i vaig comprovar que les dimensions de la bobina sí influeixen en l'abastament del camp magnètic, vaig poder imantar dos objectes metàl·lics a una distància superior.



LES PROPIETATS DE LA BOBINA AFECTEN AL CAMP MAGNÈTIC GENERAT

Després de fer els càlculs del condensador, vaig veure que els resultats eren de 50 mF. Em vaig dirigir novament cap a la botiga per comprar-ne però em van dir que els valors que demanava eren massa elevats, i que no es comercialitzaven condensadors tant grans.

Vaig intentar calcular les dimensions d'una bobina perquè pogués entrar en ressonància amb el condensador que tenien disponible i vaig veure que el nombre d'espines era estratosfèric, més de 1000 voltes.

Vaig intentar buscar solucions a aquest dilema i vaig trobar diferents alternatives:

Primer, utilitzar els valors que tenia per poder determinar el diàmetre d'una nova bobina. Al descobrir que aquesta seguia sent impossible de construir, vaig veure que les úniques alternatives que tenia eren utilitzar un nucli de ferrita a la bobina per augmentar la seva impedància o variar la freqüència del circuit.

Ambdues opcions eren difícils d'aconseguir sense material específic i vaig veure que necessitava l'ajuda d'algú que em pogués subministrar aquests components i orientar-me amb el treball.

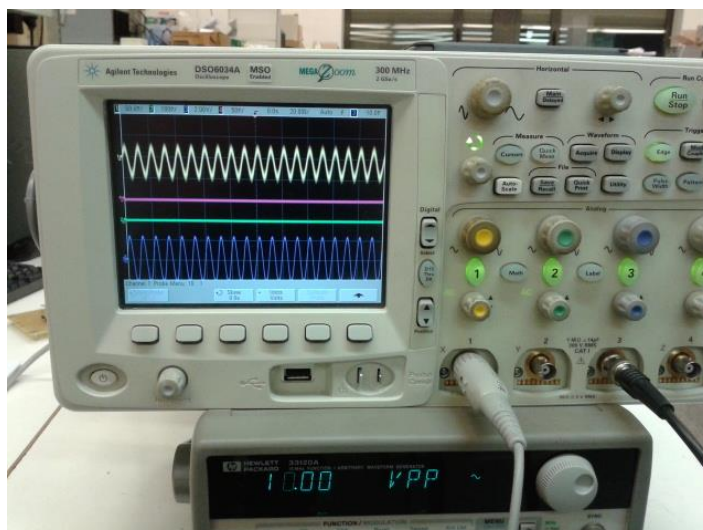
Vaig contactar amb el Ramon Bragós, enginyer i professor de la Universitat Politècnica de Catalunya. En Ramon es va mirar el meu procediment i em va citar a la universitat per ajudar-me.

8.4. PRIMERA VISITA A LA UPC NORD

A la primera trobada amb en Ramon Bragós vaig poder solucionar molts dels dubtes sobre el meu treball.

Primer de tot vam estar parlant sobre l'objectiu d'aquest i em va explicar que hi havia dos enginyers a la UPC que havien estat treballant amb prototips de transmissors d'energia *inalàmbrica* i em va donar el seus contactes perquè pogués concertar una entrevista amb ells.

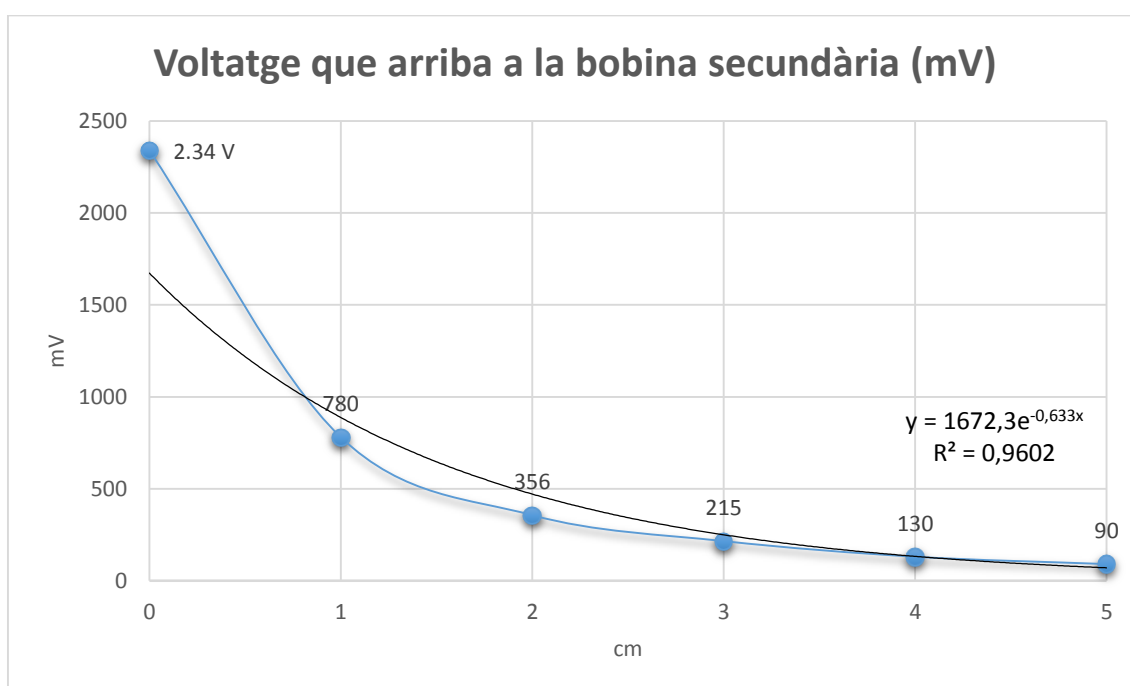
Després de concretar-li els meus objectius del Treball de Recerca, vam començar a mirar amb lupa la part pràctica. El Ramon havia fet una comanda de material i em va proporcionar dues petites bobines planes de 19 μ H i va agafar uns condensadors de 150 nF perquè entressin en ressonància amb les bobines a una freqüència de 100 KHz, modificada amb un aparell que permetia editar el voltatge i la freqüència, mostrar una gràfica on es veien fins a quatre circuits i saber el valor de la intensitat, tot treballant en corrent alterna. Les bobines havien estat dissenyades per operar amb aquesta freqüència segons el fabricant.



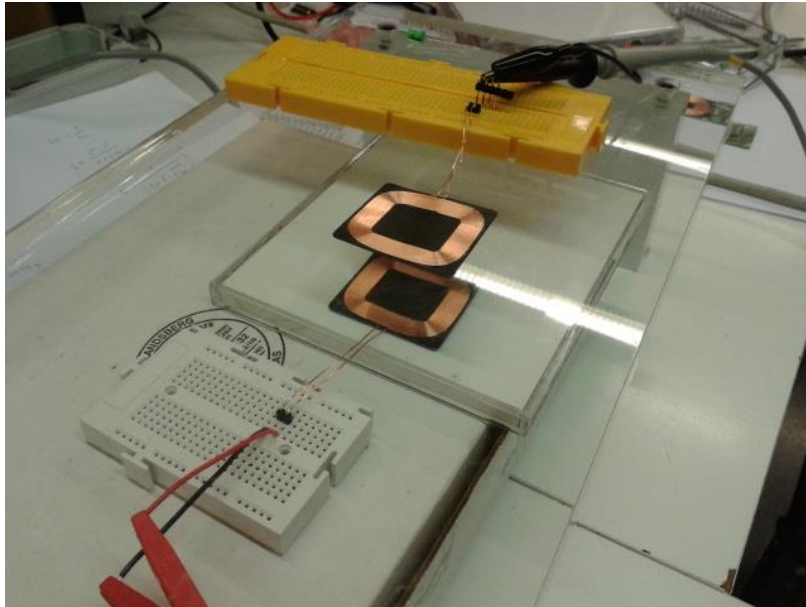
GENERADOR UTILITZAT

Així doncs, en un primer moment, vam posar el voltatge màxim que el generador permetia, 10 V, i vam muntar un circuit basat únicament en la bobina emissora i la receptora, en les quals havíem connectat un aparell de mesura de la màquina perquè poguéssim calcular el voltatge que sortia de la primera bobina i el voltatge que arribava a la segona.

S'ha de dir que la maquinària utilitzada per aquest procés no és una font d'alimentació, per tant, constava de resistències que impediéssin fer arribar els 10 volts a la bobina emissora, així doncs a 100 KHz i a 4,4 V des de la bobina emissora, vam poder calcular el voltatge que arribava en funció als centímetres de separació:



Per mesurar les distàncies vam utilitzar una caixa de cartró i una superfície de vidre de 2 cm de gruix. La distància entre les dues bobines col·locades una sobre la caixa, i l'altre sobre el vidre era de 5 cm. Per apropar les bobines vam utilitzar caixes de CD's d'1 cm de gruix. Per mesurar a 1 cm de distància vam treure el vidre i vam col·locar una caixa de CD's entre les dues bobines, ja que s'ha demostrat que les ones electromagnètiques passen a través de certs objectes.

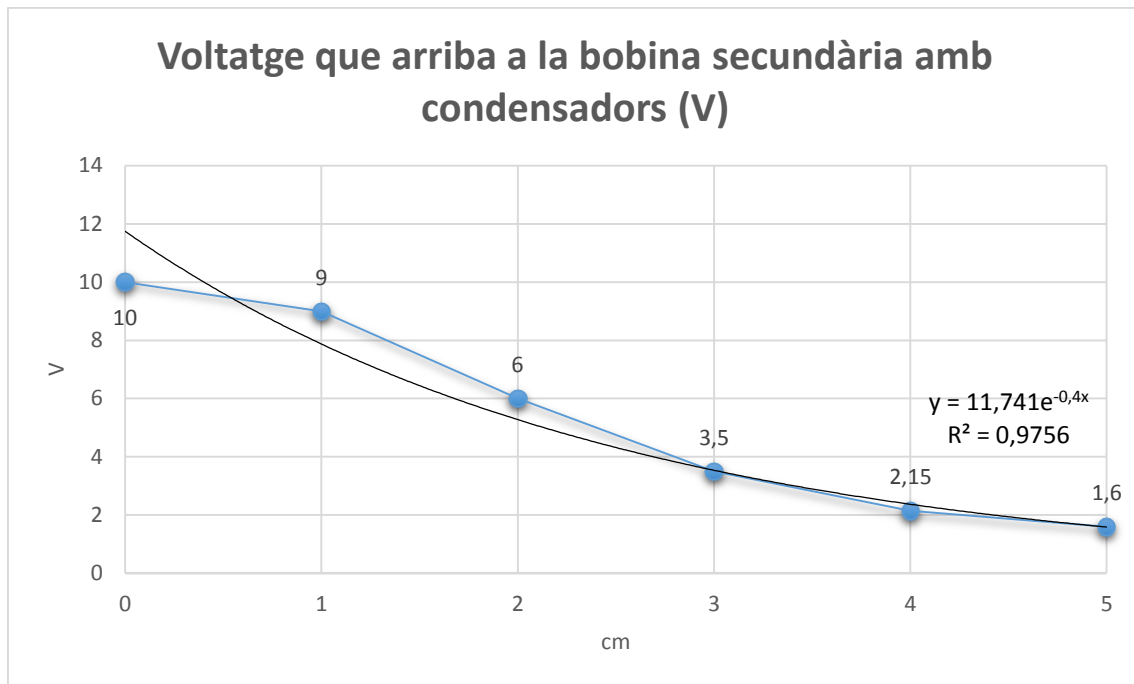


CONSTRUCCIÓ I AVALUACIÓ DEL CIRCUIT

Vam poder observar que utilitzant només les dues bobines arribava una quantitat molt baixa de voltatge.

Vam poder constatar que el voltatge no varia si posaves diferents objectes entre les dues bobines, com és ara el plàstic, paper o teixits humans, sense importar el gruix. L'únic objecte amb el que es presentaven problemes era amb el ferro ja que aquest modifica el camp magnètic i és conductor. Amb altres metalls com el coure i l'alumini això no passa ja que condueixen el corrent però no modifiquen el camp elèctric, sempre que la freqüència no sigui molt elevada: com que estàvem treballant amb 100 KHz, es va produir l'efecte Foucault, que genera un camp magnètic en direcció a la bobina emissora que contraresta l'inicial i disminueix el total de voltatge que arriba. Aquest fenomen no passaria a 50 Hz.

Després d'aquesta pràctica vam provar de connectar condensadors en paral·lel amb les dues bobines. En aquest cas, la resistència de la font d'alimentació es va anular i el voltatge que arribava a la bobina emissora era de 12 volts, més que la quantitat que es generava a la màquina. Els resultats van millorar considerablement:



El voltatge quan les dues bobines es toquen és de 10 volts, però el mesurat a la bobina emissora va passar a ser de 4,4 V. Degut al tipus de generador, els valors no van poder ser mesurats acuradament.

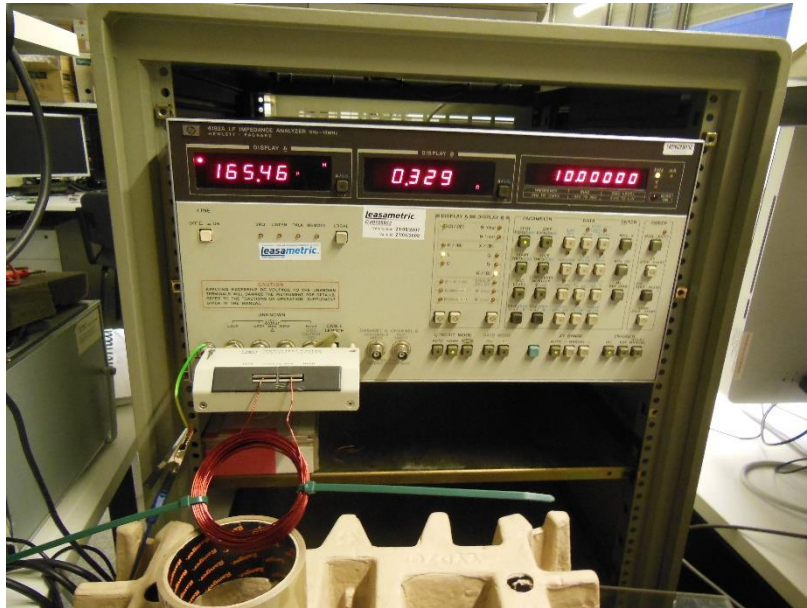
Després dels resultats obtinguts, vaig posar-me com a objectiu utilitzar aquests circuits per a encendre un díode LED, fer girar un motor i, finalment, carregar el telèfon mòbil.

8.5. SEGONA VISITA A LA UPC NORD

En la segona trobada amb el Ramon es vam poder aconseguir la majoria dels objectius pràctics del meu treball.

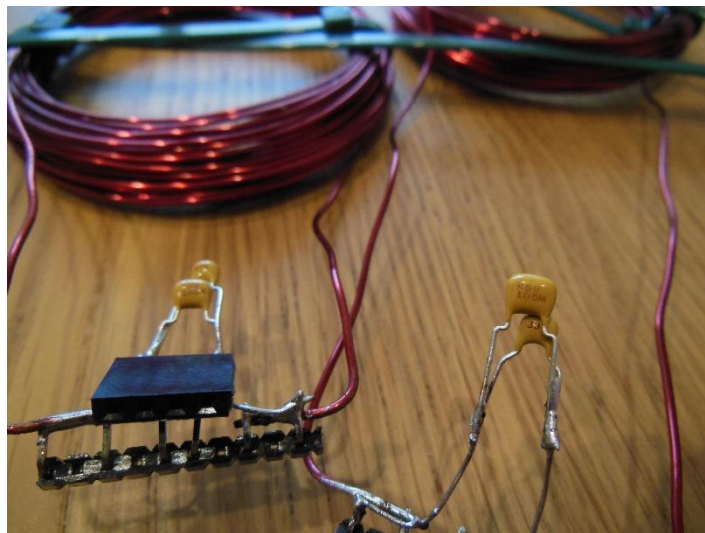
Primer de tot, vam mesurar el valor de les dues bobines de característiques similars que jo havia fet a casa amb fil de coure esmaltat. Construir les bobines de forma correcta em va suposar un esforç superior al que imaginava, ja que havies d'enrotllar el fil amb molt de compte perquè no es desmuntés tot. Degut a això, les bobines que vaig crear no tenen una forma perfectament cilíndrica sinó que semblen més dos cercles, la qual cosa no va suposar cap problema.

Al mesurar-les amb la màquina vam veure que el seu valor no diferia gaire: la que anomenarem primera bobina tenia un valor de 166 μH i la secundària tenia un valor de 187 μH .



MESURA DE LES CARACTERÍSTICA DE LES NOVES BOBINES

Per tal que entressin en ressonància es necessitaven dos condensadors, un de 1,5 nF i un altre de 1,35 nF, per la primera i la segona, respectivament. Per a aconseguir-los vam utilitzar dos condensadors per a cada circuit: per al primer, un condensador de 1 nF adjuntat a un altre de 0,47 nF; per al segon, un altre condensador de 1 nF adjuntat a un de 0,33 nF. D'aquesta manera, la suma de valors donava 1,47 i 1,33 nF respectivament; els valors més pròxims que podíem aconseguir ja que només es fabriquen condensadors de determinats valors.



CONDENSADORS ADJUNTATS A LES BOBINES EN PARALEL

Vam utilitzar condensadors ceràmics. Aquests condensadors tenen un avantatge respecte als condensadors electrolítics: no tenen incorporada cap resistència, això evita generar un valor que no és exacte.

Un cop soldats els condensadors a les bobines que els pertocaven vam adjuntar-hi un Amplificador OPA548. Aquest component elèctric va permetre agafar un

corrent sinusoidal (corrent altern) i augmentar-ne la intensitat de 50 mA a 3 A i de 5 V a 20 V.

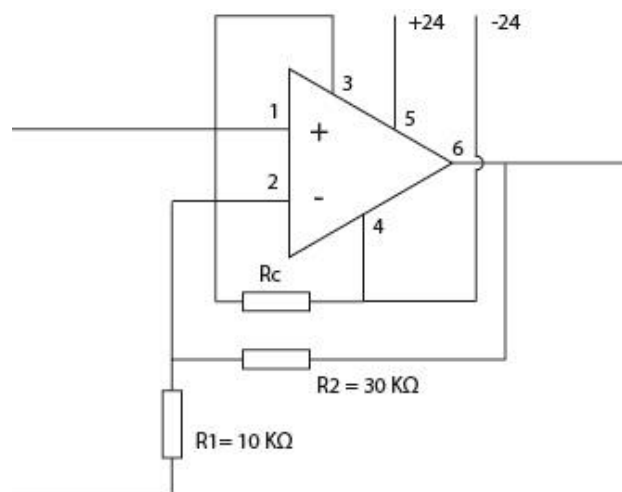
Per tal que l'amplificador pugui funcionar es necessita el propi generador de corrent i una font d'alimentació secundària capaç de donar +24 volts i -24 volts en corrent continua.

El component consta de 7 potes: a la primera de totes hi va connectat la part positiva del generador i a la segona la part negativa d'aquest. A la tercera pota se li ha de connectar la base d'una resistència per regular els volts que cauen en el generador i aquesta anirà cap a la quarta pota, juntament amb el negatiu de la segona font d'alimentació. La cinquena pota correspon al positiu d'aquesta i la sisena pota és la sortida. Per últim, la setena porta és auxiliar i avisa si es supera el corrent màxim. En el nostre experiment no la vam utilitzar.

De la pròpia pota 6 es connecten dues resistències, tal i com es mostra en la imatge, Aquestes indiquen el valor que multiplica el corrent segons la fórmula:

$$Guany = 1 + \frac{R2}{R1} = 1 + \frac{30}{10} = 4$$

Així doncs, la tensió inicial es multiplica per quatre, és per això que podem arribar a 20 V amb 5 V inicials.



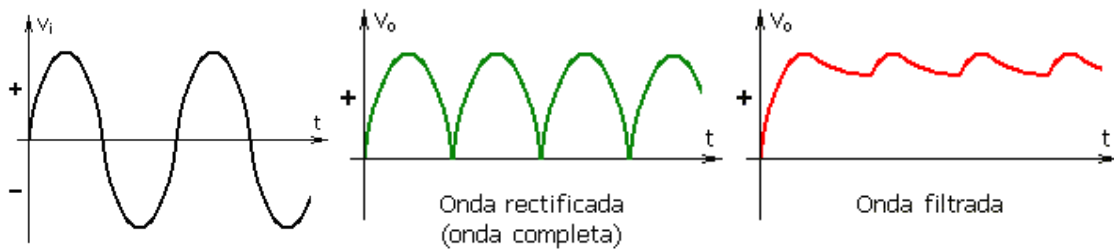
ESQUEMA DEL OPA548

El propi amplificador s'ha d'endollar en una placa anomenada calefactor per evitar que aquest es sobreescalfi.

Un cop adjuntat a la bobina emissora vam fer funcionar el circuit i vam mesurar els valors. Primer de tot, vam mesurar els valors de la bobina receptora sense cap díode LED connectat, només adjuntant-li un rectificador basat en un pont de díodes i un condensador, per poder passar de corrent altern a corrent continu.

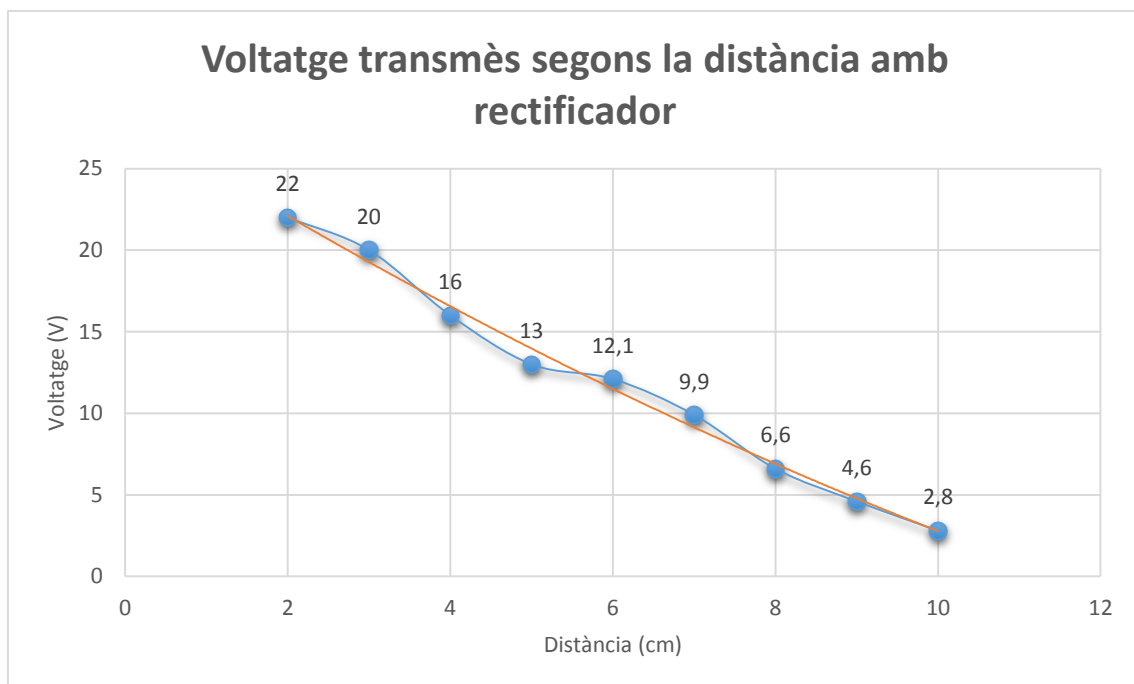
El pont de díodes és un conjunt d'aquests en forma de rombe que només permet passar la tensió positiva, fent que la gràfica sinusoidal variï, substituint els segments negatius per positius. Seguidament, el condensador col·locat en

paral·lel es descarrega quan la tensió decau i el resultat és un corrent gairebé continu.



CONVERSIÓ DE CORRENT ALTERN A CORRENT CONTINU MITJANÇANT UN PONT DE DÍODES I UN CONDENSADOR

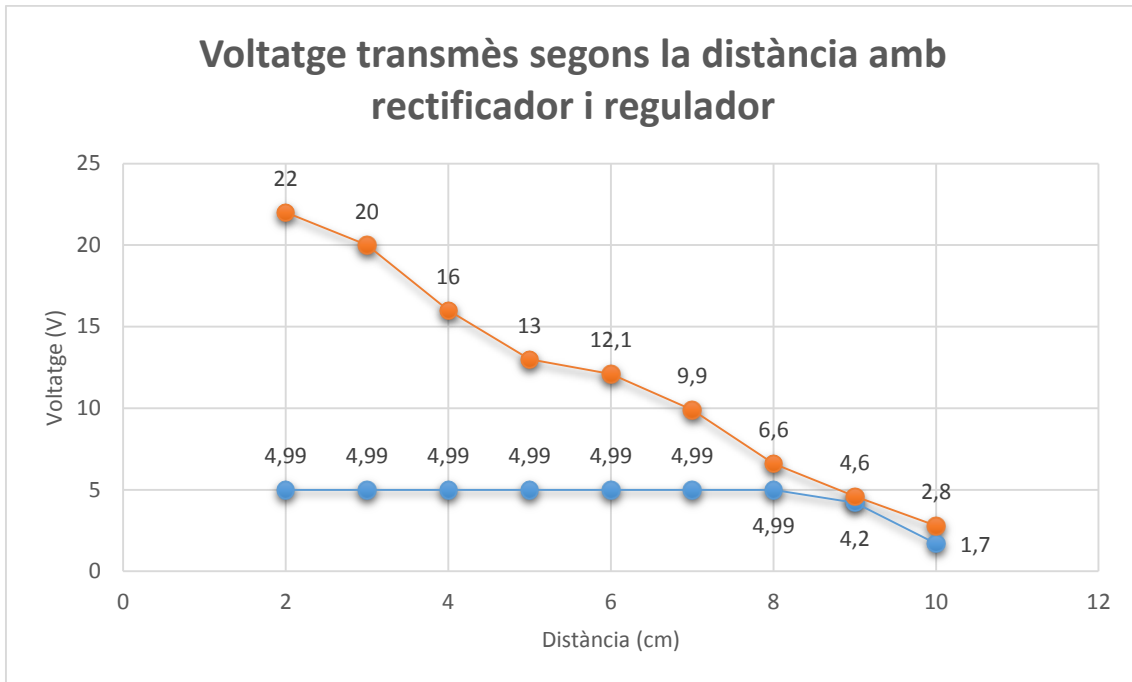
Els resultats que es van obtenir van ser els següents:



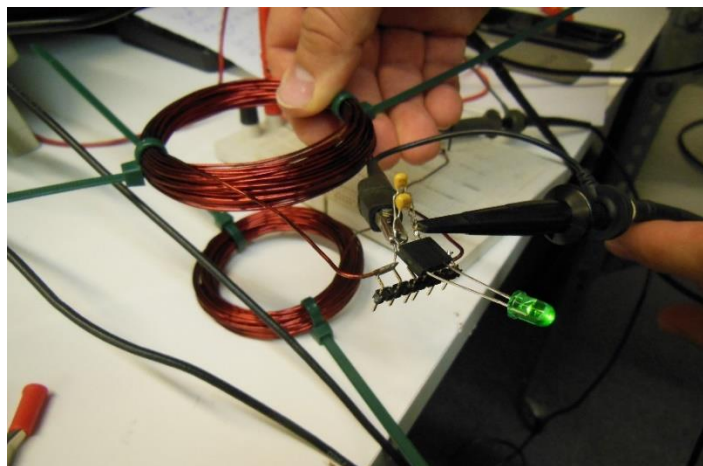
El principal problema d'aquest circuit és que la tensió és molt més elevada com menys distància hi hagi entre bobines. Per poder encendre un díode LED, s'hauria d'estar a una distància determinada ja que si es troba més a prop, aquest es pot fondre, al rebre tanta tensió; i si es troba massa lluny, no rep suficient energia i no s'encén.

Per això vam utilitzar un component anomenat LM7805, que regula el corrent a una tensió límit. En el cas d'aquest component, s'ha de connectar en paral·lel amb dos condensadors, el primer de 100 μF i el segon de 1 μF . Això feia que es regulés la tensió a 5 V.

Després de connectar-lo i mesurar de nou, els resultats van ser els següents:

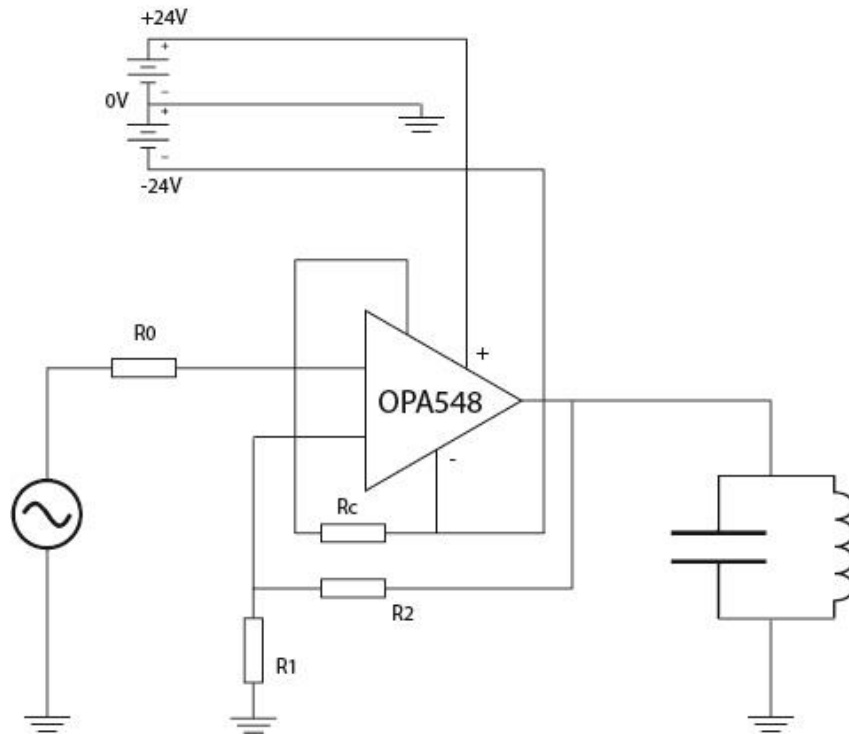


Al connectar el díode LED vam observar que aquest s'il·luminava fins a una distància màxima de 9 cm amb el rectificador i fins a una distància de 13 cm sense aquest, ja que una part de la tensió queia en el pont de díodes.

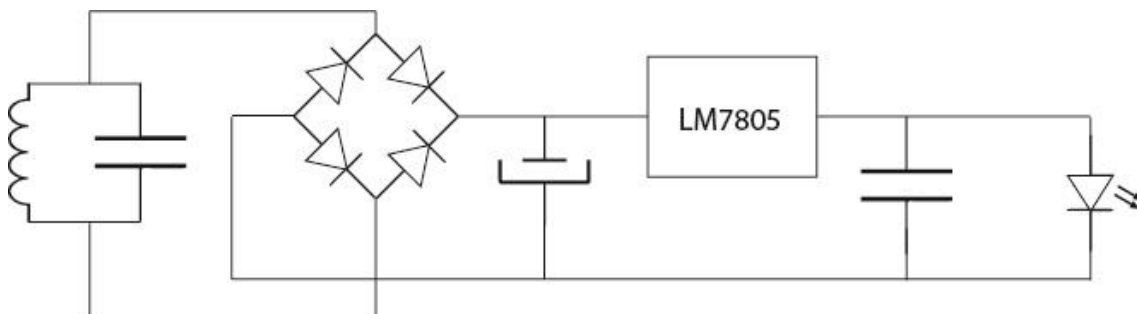


EL DÍODE LED S'ENCEN FINS A 13 CM

Aquest va ser el circuit emprat per a encendre el díode LED a distància:



CIRCUIT EMISSOR



CIRCUIT RECEPTOR

El circuit superior correspon al circuit emissor i l'inferior correspon al receptor, amb el rectificador, el regulador i el díode LED verd.

Vam utilitzar el mateix circuit per a fer girar un motor de 12 volts, però vam intercanviar el receptor, amb el regulador i el rectificador, per el propi motor adjuntat a un pont de díodes. Vam aconseguir que el motor girés fins que es trobava a una distància de 3 centímetres de la bobina primària. Si s'hagués utilitzat un motor que requerís menys voltatge hagués sigut capaç de girar en una distància màxima major.

8.6. CÀRREGA DE TELÈFONS MÒBILS

Per poder carregar el telèfon mòbil *inalàmbricament* vaig mirar les especificacions de la bateria d'aquest per saber quin corrent elèctric havia de rebre l'aparell. Un telèfon mòbil acostuma a operar amb un voltatge superior a 3,8 V i amb una intensitat de 1000 mA.



ESPECIFICACIONS DEL TELÈFON MÒBIL

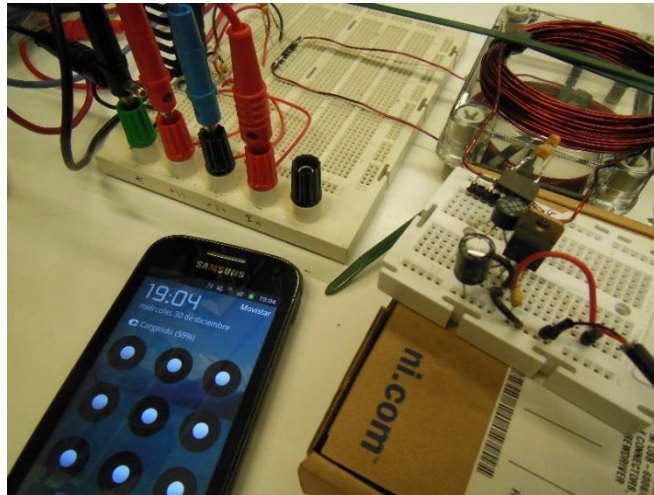
Per aconseguir que el circuit generés un corrent de 1 A només era necessari que la font d'alimentació el pogués generar, ja que el circuit podia acceptar una intensitat de fins a 3 A.

En la tercera quedada al laboratori de la Universitat Politècnica de Catalunya amb el Ramon vam utilitzar un adaptador USB de telèfon mòbil per a poder aconseguir els cables positiu i negatiu del carregador.

Vam utilitzar novament el generador que donava un corrent altern de 5 volts a 10 KHz, amplificat per l'OPA548. Com que el corrent necessari era similar a l'utilitzat per encendre el díode LED, es va fer servir el mateix circuit receptor amb el regulador que limitava el voltatge a 5 V per evitar que el telèfon es fes malbé.

Per últim, connectant l'adaptador de telèfon mòbil es va poder carregar el telèfon a una distància similar a la del díode LED.

El mateix circuit receptor es podria utilitzar amb aparells que necessitin un corrent similar i tinguin la opció d'endollar-se a la corrent mitjançant un USB, com és el cas d'una càmera de fotos, una bateria externa o fins i tot una estoreta d'inductància.



CÀRREGA DEL TELÈFON MÒBIL INALÀMBRICAMENT

8.7. ENTREVISTA

El Ramon Bragós em va parlar sobre els projectes de dos companys seus de la Universitat Politècnica de Catalunya: Juan Ramos, que havia utilitzat aquest fenomen per carregar equips biomèdics implantats en rates, col·locant les bobines emissores al terra de la gàbia; i Eduard Alarcón, que està treballant en els càlculs de la alimentació entre satèl·lits mitjançant la transmissió d'energia *inalàmbrica*.

Finalment, per temes de disponibilitat, només va poder fer l'entrevista en Juan Ramos, així que vaig tornar a la UPC per a preguntar-li més coses sobre el sistema d'alimentació inductiva dels implants per a experimentació amb animals.

En Juan Ramos és un professor titulat en enginyeria electrònica que treballa en el grup de recerca d'instrumentació electrònica i biomèdica de la UPC com a dissenyador d'instrumentació biomèdica i havia treballat en un projecte conjunt amb un grup de recerca de la UAB.

Els objectius del treball eren els de poder utilitzar uns implants mèdics de llarga durada per a experimentació amb animals, ja que les piles no duraven prou temps. La idea que va tenir l'equip tècnic va ser la d'utilitzar la transmissió d'energia elèctrica mitjançant ressonància.



BASE DE LA GÀBIA AMB BOBINES INCORPORADES

Es van utilitzar cinc plaques on a cadascuna hi havia tres bobines ressonants en sèrie. Aquestes transferien l'energia cap a l'implant. S'utilitzava una freqüència de ressonància de 100 KHz.

L'experiment va esdevenir un èxit i una de les quatre rates es va estar nou mesos sense cap intervenció quirúrgica ni cap lesió derivada. Juan assegura que podrien haver fet durar l'experiment molt de temps més i que aquest no va continuar degut a problemes de salut de la rata, no relacionats amb aquest experiment.

El principal inconvenient que troba sobre aquesta tecnologia és la baixa eficiència que té, però també comparteix que hi ha avantatges importants.

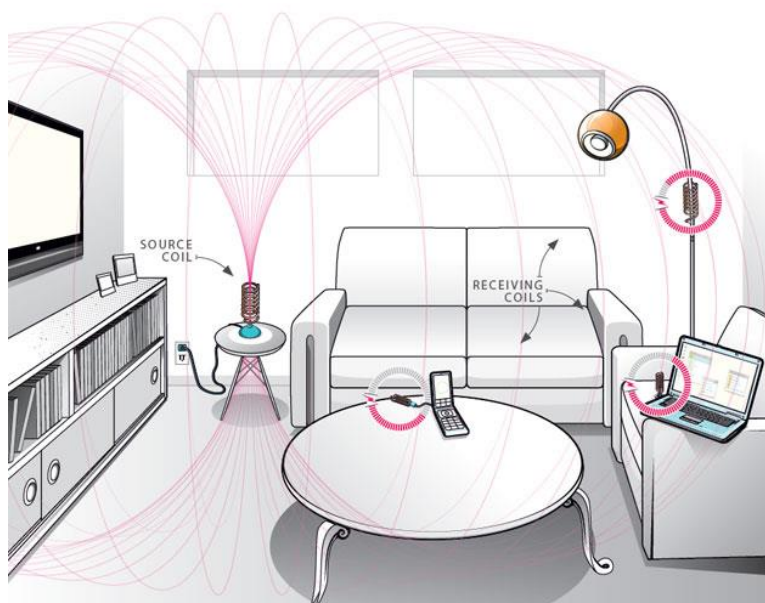
L'enginyer va donar la seva opinió sobre el futur d'aquesta tecnologia: segons ell, no té molta utilitat a nivell domèstic però en medicina pot arribar a ser molt útil i ja s'estan dissenyant marcapassos i implants coclears compatibles amb aquesta tecnologia.

9. CONCLUSIÓ

9.1. POSSIBLE FUNCIONAMENT EN UNA CASA

Després de tot el que he après de la *Witricitat*, crec que seria possible que un aparell funcionés com un *router* i que englobés diferents dispositius electrònics en una àrea reduïda, com és ara una sala. Amb un mateix aparell emissor connectat a la corrent elèctrica es podria mantenir encès el televisor, el DVD i, bàsicament, tots els aparells electrònics, fins i tot làmpades.

Perquè això sigui possible s'haurien de regular tots els aparells de manera que tots poguessin acceptar un corrent de les mateixes característiques i instal·lar-hi una bobina receptora per captar el camp electromagnètic.



IL·LUSTRACIÓ SOBRE L'APLIACIÓ EN ÚS DOMÈSTIC

Un inconvenient bastant important seria la pèrdua d'energia, no tan sols pel corrent que no arriba a la bobina receptora, sinó per la manca d'un possible interruptor que esculli quines bobines no necessiten aquesta energia.

Per exemple, si s'utilitza el sistema per mantenir engegat un televisor, gasta la mateixa energia que utilitzar-lo per mantenir-lo apagat, ja que aquesta es transmet a l'aire. Amb un cable, si no s'engaga el televisor no es gasta la mateixa energia que si està encès. En canvi, amb els possibles futurs *routers* de *witricitat*, al no poder detectar si un aparell dels que es troben en el seu radi d'abastament està encès, l'energia es difondrà igualment i, al no trobar cap receptor, aquesta es perdria. A més, el màxim rendiment no s'aconseguiria fins que no s'utilitzessin tots els aparells alhora, ja que no s'estaria aprofitant tota l'energia.

Una possible forma de solucionar-lo seria instal·lar sensors que detectessin si hi ha algun aparell encès, el que provocaria que el preu d'aquests aparells s'elevés.

9.2. AVANTATGES I INCONVENIENTS

Al llarg del treball hem pogut veure els diferents avantatges i inconvenients de la transmissió d'energia sense fils.

Es considera que el principal avantatge és la capacitat d'arribar a llocs on un cable no hi pot arribar, i transmetre energia durant més temps que una pila. La indústria mèdica sembla ser la més afavorida amb aquest sistema: la possibilitat de carregar marcapassos, bombes d'insulina o implants coclears ajudarà a moltes persones. A més, gràcies a aquesta possibilitat, potser pot sorgir algun nou tractament que ara mateix no es veu possible.

L'altre avantatge de la càrrega ressonant és la gran comoditat que això comporta, tant per aparells grans com cotxes elèctrics com a aparells petits ja siguin comandaments de televisió o altres dispositius que funcionin amb piles.

Si bé és cert que les pròpies estorettes inductives no ajuden a guanyar distància, ja que has de connectar igualment l'estoreta al corrent i deixar el mòbil a sobre, el seu principal avantatge resideix en la comoditat però sobretot per evitar avaries. És més còmode deixar el mòbil en una estoreta que no connectar el cable i desconectar-lo quan es necessiti.

Poca gent pensa en la reducció d'avaries que això comporta ja que una gran part de mòbils espatllats són a causa d'un deteriorament en l'orifici de càrrega: al connectar el carregador de forma repetitiva aquest es desgasta i pot arribar a trencar-se, i és un element massa petit com per poder reparar-lo amb bones condicions. Les estorettes inductives poden permetre eliminar aquest orifici per evitar ruptures, el que també permetria crear mòbils més hermètics, evitant l'entrada de fluids.

També es pot guanyar en independència al no haver de recórrer als cables per carregar-se: es podran col·locar televisors o làmpades al centre d'una sala sense la necessitat d'haver d'utilitzar i amagar un cable més llarg.

Per contra, el principal problema d'aquesta tècnica és la seva baixa eficiència: tot el que es pot guanyar amb comoditat es perd amb energia i temps. Com s'ha exposat, carregar un telèfon mòbil amb qualsevol dels productes ressonants del mercat costa el doble de temps que si es carregués amb un fil.

A més, part d'aquesta energia perduda es transforma en calor. No s'ha previst cap efecte pels humans però a la llarga sí que es pot notar un augment de temperatura a la sala on l'aparell estaria funcionant.

Per altra banda, moltes empreses han desistit d'utilitzar la tecnologia Wi-Fi per evitar complicacions, les impressores *inalàmbriques* poden fallar i el *router*, de vegades, pot fer decaure la senyal, sense parlar de l'eficiència perduda respecte a tenir un cable connectat a l'ordinador, que assegura que la informació arribarà.

Si les pròpies empreses recorren al cable per tenir un internet segur, que faran amb l'electricitat? Que manté encesos tots els aparells electrònics de tota l'oficina. Hi ha empreses que no es voldran permetre un risc innecessari. Malgrat

els avantatges en la comoditat que pot tenir aquesta tecnologia, sembla ser que no trobarà el seu lloc a les oficines.

Un altre inconvenient notable és la salut de les persones; encara que totes les empreses han assegurat i, fins i tot, demostrat que aquesta tecnologia no malmet els teixits orgànics, hi ha persones ultrasensibles que ja es queixen que les ones de Wi-Fi els molesten, per tant, la càrrega *inalàmbrica* no seria una excepció per aquestes persones.

L'ús mèdic també presenta els seus propis inconvenients ja que, encara que els marcapassos *inalàmbrics* puguin permetre al pacient no recorre a operacions per qüestions d'alimentació, el propi aparell necessita una actualització periòdica, un nou model, una revisió de software... Per tant no eliminarà les operacions, tan sols reduirà el nombre.

9.3. CONCLUSIÓ FINAL

Després d'haver fet aquest treball, comparteixo la meva opinió amb els enginyers amb els quals he parlat: de moment, l'electricitat *inalàmbrica* no pot substituir l'electricitat mitjançant fils en una casa. No és viable utilitzar aquest sistema per a encendre televisors ni altres aparells electrònics fixes de grans dimensions ja que requereixen molta energia i al no ser portàtils, el benefici obtingut amb la *witricitat* no és suficient i no compensa la inversió.

Per altra banda, considero que aquesta tecnologia sí que pot ser utilitzada en aparells *inalàmbrics* més petits com ordinadors portàtils, telèfons mòbils o comandaments a distància. Un *router* que transmeti electricitat radialment, permetria treballar amb el portàtil sense preocupar-se de la bateria a qualsevol lloc de l'habitació, el que suposaria més comoditat i independència de moviments.

Per tant considero que sí que pot tenir una utilitat a nivell domèstic.

L'altra alternativa és la de crear coves on deixar tots els aparells que continguin piles. Aquestes inclourien condensadors en el seu interior, el que permetria que es poguessin carregar sense necessitat de canviar-les: si un aparell electrònic com un cotxe teledirigit o un comandament de videoconsola es queda sense bateria, només es necessitaria col·locar-lo dins del cove per carregar les seves piles, això podria fins i tot eliminar la possibilitat de canviar les noves piles.



COVE DE CÀRREGA RESSONANT

Això permetria eliminar tots els problemes que hi ha actualment amb tot el reciclatge de piles i la seva contaminació al degradar-se.

En els nous mobles amb carregador que s'estan desenvolupant també hi trobo una gran comoditat: ajudaria a eliminar els possibles cables d'una taula i no caldria connectat i desconnectar el mòbil i el portàtil cada cop que es volguessin transportar. Aquests sistemes ja els estan posant en pràctica en algunes cafeteries importants per a poder carregar els teus dispositius portàtils a la pròpia taula o barra de bar.

En una realitat on les bateries dels mòbils duren menys d'un dia, el fet que es carreguessin simplement caminant, anant a una cafeteria o estant assegut al sofà de casa donaria molta llibertat. El mateix passaria amb tots els altres aparells. És possible que en un futur la gent mai no es preocupi d'anar a la gasolinera o connectar els aparells a la xarxa elèctrica, fins i tot és possible que en un futur no existeixin els endolls, potser tant sols perquè els aparells fixes segueixin funcionant.

Després d'aquest treball he pogut adonar-me de la importància de l'electricitat a les nostres vides i la forma en la qual ens adaptem a ella enlloc de ser nosaltres que la dominem. Tot i que ara mateix sembli una idea impossible, és probable que d'aquí uns anys disminueixin la quantitat d'estructures elèctriques i es pugui millorar l'eficiència d'aquesta transmissió.

A mesura que s'investiguen aquestes tecnologies ens movem cap a un futur més còmode i sobretot més pràctic.

Vull agrair a Ramon Bragós, enginyer de telecomunicacions de l'UPC, la seva ajuda en aquest Treball de Recerca.

També a la mateixa universitat UPC per a tot el material i espais prestats i a Juan Ramos per a l'entrevista que em va concedir.

10. BIBLIOGRAFIA

10.1. BIBLIOGRAFIA

ESCORIHUELA, JESÚS; GONZÁLEZ, RAFAEL; MURGUI, MANEL; VINAGRE, JOAN JOSEP. *Tecnología Industrial I Batxillerat*. Barcelona: Edebé, 2006.

ISBN: 978-84-236-9207-1

MERCAD, JOAN M.; SERRA, SALVADOR; ARMENGOL, MONTSERRAT. *Física Batxillerat 2*. Madrid: McGraw-Hill, 2009

ISBN: 978-84-481-7002-8

10.2. WEBGRAFIA

Les següents pàgines web estan classificades segons la seva consulta principal. Altres pàgines webs aquí citades en un grup poden haver estat utilitzades en un altre apartat.

ELECTRICITAT

DEFINICION.DE. *Electricidad*.

<<http://definicion.de/electricidad/>> |Desembre 2015|

WIKIPEDIA. *Electricidad*.

<<https://es.wikipedia.org/wiki/Electricidad>>|Desembre 2015|

MAGNETISME

ENDESAEDUCA. *Magnetismo*.

<http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/magnetismo> |Agost 2015|

ELECTROMAGNETISME

ENDESAEDUCA. *Electromagnetismo*.

<http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/iv.-electromagnetismo> |Agost 2015|

ENDESAEDUCA. *Ley de Faraday-Lenz*.

<http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/ley-de-lenz> |Agost 2015|

BOBINA

ELECTRONICA – ELECTRONICS. Cálculo de la inductancia de una bobina simple con núcleo de aire.

<http://electronica-electronics.com/Tecnica/Calculo_inductancia.html> |Juny 2015|

YOUTUBE. *Aprendamos Electrónica Juntos - Cap 3 - La Bobina Teoría Circuito Resonante Tanque LC - Parte6*, Maig 2014.

<<https://www.youtube.com/watch?v=BNYhjgyB5ow>> |Novembre 2015|

YOUTUBE. *Espiras y bobinas*, Juliol 2014.

<<https://www.youtube.com/watch?v=5bK7k8mCYs8>> |Novembre 2015|

UNICROM. *Bobina o inductor*.

<http://unicrom.com/Tut_bobina.asp> |Novembre 2015|

VIQUIPÈDIA. *Inductor*.

<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Inductor>> |Novembre 2015|

WIKIPEDIA. *Inductancia*.

<<https://es.wikipedia.org/wiki/Inductancia>> |Novembre 2015|

EHOW. *¿Qué es una bobina toroidal?*

<http://www.ehowenespanol.com/bobina-toroidal-sobre_125254/>
|Novembre2015|

TESLA

WIKIPEDIA. *Nikola Tesla*.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla> |Setembre 2015|

YOUTUBE. *La verdad sobre la energía eléctrica - Nikola Tesla un hombre silenciado por el capitalismo*, Juliol 2012.

<<https://www.youtube.com/watch?v=HMWnNGnG-wU>> |Setembre 2015|

MÉNDEZ, DANIEL. ABC. *Expediente Nikola Tesla: ¿Por qué cayó en el olvido el mayor inventor del siglo XX?*, Abril 2012.

<<http://www.abc.es/20120423/ciencia/abci-expediente-nikola-tesla-cayo-201204231005.html>> |Setembre 2015|

POZAS, PEDRO. EL PROYECTO MATRIZ. *Nikola Tesla*, Novembre 2009.

<<http://elproyectomatriz.wordpress.com/2009/11/30/nikola-tesla/>> |Setembre 2015|

FACTORIA HISTORICA. *Nikola Tesla*, Gener 2009.

<<http://factoriahistorica.wordpress.com/2012/01/09/nikola-tesla/>> |Setembre 2015|

WIKIPEDIA. *Wardenclyffe Tower*.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wardenclyffe_Tower> |Setembre 2015|

BOBINA TESLA

EHOW. *¿Cómo funciona una bobina de Tesla?*.

<http://www.ehowenespanol.com/funciona-bobina-tesla-como_10768/>

|Octubre 2015|

DICKERSON, KELLY. LIVESCIENCE. *Wireless Electricity? How the Tesla Coil Works*, Juliol 2014.

<<http://www.livescience.com/46745-how-tesla-coil-works.html>> |Octubre 2015|

TRANSMISSIÓ D'ENERGIA INALÀMBRICA

DOMINGO, GERMÁN; DOMINGO, PACO. EL ORIGEN DEL HOMBRE. *Transmisión Inalámbrica de Energía Eléctrica*.

<<http://www.elorigendelhombre.com/transmision%20inalambrica.html>> |Agost

2015|

TESLABLOG. *Tesla y la Witricidad - Primera parte*, Juliol 2012.

<<http://teslablog.iaa.es/tesla-y-la-witricidad-primera-parte>> |Agost 2015|

WIKIPEDIA. *Wireless power*.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_power> |Agost 2015|

EL RINCÓN DE LA CIÈNCIA Y LA TECNOLOGIA. *El proyecto de Tesla hecho realidad: la electricidad inalámbrica ya está aquí*, Març 2014.

<<http://elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.com.es/2014/03/el-proyecto-de-tesla-hecho-realidad-la.html>> |Setembre 2015|

NEOTEO. WiTricity: *La venganza de Nikola Tesla*.

<<http://www.neoteo.com/witricity-la-venganza-de-nikola-tesla/>> |Setembre 2015|

WITRICITY I DESCOBRIMENT

GLASS, NICK; PONSFORD, MATTHEW. CNN. *La electricidad inalámbrica ya es una realidad*, Abril 2014.

<<http://cnnespanol.cnn.com/2014/04/22/la-electricidad-inalambrica-ya-es-una-realidad/>> |Agost 2015|

VILLATORO, FRANCISCO R.. LA CIÈNCIA DE MULA FRANCIS. *Francis en #rosavientos: Las ideas de Nikola Tesla hoy en día*, Gener 2015.

<<http://francis.naukas.com/2015/01/11/francis-en-rosavientos-los-ideas-de-nikola-tesla-hoy-en-dia/>> |Agost 2015|

HADLEY, FRANKLIN. MIT, *Goodbye wires!*. Juny 2007.

<<http://news.mit.edu/2007/wireless-0607>> |Setembre 2015|

MÉE, FRANCK. DIGITALVERSUS. *Wireless recharging with WiTricity*, Abril 2010.

<<http://www.digitalversus.com/gaming-and-more/wireless-recharging-with-witricity-n13559.html>> |Setembre 2015|

WITRICITY. *WiTricity – The Basics*.
<<http://witricity.com/technology/witricity-the-basics/>> |Setembre 2015|

WITRICITY. *FAQ*.
<<http://witricity.com/technology/witricity-faqs/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Prodigy™ Demo System FAQ*.
<http://www.witricity.com/assets/Prodigy_FAQ_final.pdf> |Desembre 2015|

EMPRESAS

PASTOR, JAVIER. XATAKA. *La carga inalámbrica en smartphones: así funciona y estos son los estándares*, Maig 2015
<<http://www.xataka.com/moviles/la-carga-inalambrica-en-smartphones-asi-funciona-y-estos-son-los-estandares>> |Agost 2015|

REGUEIRA, MIGUEL. XOMBIT. *La electricidad inalámbrica: su pasado, su titubeante presente y su prometedor futuro*.
<<http://xombit.com/2015/01/electricidad-inalambrica-analisis-futuro>> |Agost 2015| - Gener 2015

AIRFUEL. *Airfuel alliance*.
<<http://airfuel.org/>> |Desembre 2015|

REZENCE. *Meet Rezence*.
<<http://www.rezence.com/technology/meet-rezence>> |Desembre 2015|

AUKEY. *Qualcomm Quick Charge*.
<<http://www.aukey.com/aipower>> |Desembre 2015|

ANKER. *Poweriq*.
<<http://www.ianker.com/poweriq>> |Desembre 2015|

QI. *Uses of Qi*.
<<http://www.wirelesspowerconsortium.com/markets/>> |Desembre 2015|

ENERGOUS. *Product overview*.
<<http://www.energous.com/overview/>>
<<http://www.energous.com/product-overview/>> |Desembre 2015|

UBEBAM. *Imagine your world. Untethered*.
<<http://ubeam.com/>> |Desembre 2015|

METZ, RACHEL. MIT. *Wireless Power from Across the Room*, Maig 2014.
<<http://www.technologyreview.com/news/527456/wireless-power-from-across-the-room/>> |Desembre 2015|

CONSTINE, JOSH. TECHCRUNCH. *uBeam Finally Reveals The Secret Of How Its Wireless Charging Phone Case Works Safely*, Octubre 2015.
<<http://techcrunch.com/2015/10/08/how-ubeam-works/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Bloomberg: Welcome to the World of Wireless Charging*.
<<http://witricity.com/news/bloomberg-welcome-to-the-world-of-wireless-charging/>> |Desembre 2015|

APLICACIONES

WITRICITY. *Consumer Electronics*.
<<http://witricity.com/applications/consumer-electronics/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Medical*.
<<http://witricity.com/applications/medical/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Industrial*.
<<http://witricity.com/applications/industrial/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Military*.
<<http://witricity.com/applications/military/>> |Desembre 2015|

WITRICITY. *Automotive*.
< <http://witricity.com/applications/automotive/>> |Desembre 2015|

VÍDEOS DELS CIRCUITS

YOUTUBE. *Cómo Hacer una Bobina de tesla (Muy fácil de hacer)*, Gener 2015.
<https://www.youtube.com/watch?v=PyMK_UGIGlw> |Juliol 2015|

YOUTUBE. *Bobina Tesla facil de hacer*, Gener 2015.
<<https://www.youtube.com/watch?v=oz3pV49Hqcc>> |Juliol 2015|

YOUTUBE. *Electricidad Inalámbrica: un Experimento Sencillo.*, Novembre 2014.
<<https://www.youtube.com/watch?v=rYzFEgwg6RY>> |Juliol 2015|

YOUTUBE. *Wireless Electricity Transmission Circuit*, Gener 2015.
<https://www.youtube.com/watch?v=77Qw_bExsJk> |Juliol 2015|

YOUTUBE. *Wireless electricity transmission circuit*, Gener 2015.
<<https://www.youtube.com/watch?v=-7DgPmkg-74>> |Juliol 2015|

DOCUMENTALS

YOUTUBE. *How Wireless Energy Transfer Works*, Febrer 2012.
<<https://www.youtube.com/watch?v=-Wf7aadxBkE>> |Agost 2015|

WITRICITY. YOUTUBE. *Prodigy--Your Gateway to Wireless Power from WiTricity*, Setembre 2012.
<<https://www.youtube.com/watch?v=L4UOLPZXQBI>> |Agost 2015|

ERIC GILER. TED. *A demo of wireless electricity*, Juliol 2009.
<http://www.ted.com/talks/eric_giler_demos_wireless_electricity> |Agost 2015|

YOUTUBE. *Resonancia de una copa en cámara lenta*, Maig 2012.
<<https://www.youtube.com/watch?v=ULLOAGWla7M>> |Octubre 2015|

TOYOTA. YOUTUBE. *Toyota Wireless Parking Charge Demo*, Febrer 2014.
<https://www.youtube.com/watch?v=a9_mpd1Alfk4> |Desembre 2015|

POWER BY PROXI. YOUTUBE. *The Future of Wireless Power with PowerbyProxi*, Març 2013.
<<https://www.youtube.com/watch?v=RWDBPFQQJno>> |Desembre 2015|

TECHCRUNCH. YOUTUBE. *Energous WattUp Power Transmitter*, Juliol 2015
<<https://www.youtube.com/watch?v=7AFJeaYojhU>> |Desembre 2015|

11. ANNEX

11.1. ENTREVISTA

Entrevista a Juan Ramos, professor titulat en enginyeria electrònica que treballa en el grup de recerca d'instrumentació electrònica i biomèdica de la UPC com a dissenyador d'instrumentació biomèdica. Ha treballat en el sistema d'alimentació inductiva dels implants per a experimentació amb animals:

1. Qui ets i en què et dediques professionalment?

El meu nom és Juan Ramos, sóc professor titular d'universitat al departament d'enginyeria electrònica i treballo al grup d'instrumentació electrònica i biomèdica de la UPC, al grup de recerca. La meua àrea de treball és el disseny de instrumentació biomèdica per estudis amb animals i amb humans. Un dels treballs de recerca que vam fer consistia en un implant inductiu per a l'estudi a llarg termini amb rates. Aquest es va desenvolupar dins d'un projecte de recerca finançat pel ministeri d'indústria, economia i competitivitat.

2. Quina carrera vas estudiar?

Vaig estudiar enginyeria de telecomunicacions

3. Parla'm sobre el projecte del sistema d'alimentació inductiva dels implants, en que consisteix?

L'implant havia d'estar dins l'animal i havia de tenir una duració de més d'un any, llavors vam veure que alimentat amb bateries no tenia prou autonomia. Per tant, van decidir desenvolupar un sistema que alimentés aquest implant de forma continua des de fora de l'animal sense un contacte directe. Vam analitzar les diferents alternatives que hi havia i vam veure que la transmissió d'energia *inalàmbrica* era la que s'adaptava més a les necessitats que teníem nosaltres. Vam desenvolupar una espècie de matalàs format per diverses plaques on en cadascuna hi havia 3 bobines, es poden connectar les plaques en sèrie i es pot fer tant gran com es vulgui, depenent de les dimensions de la gàbia, la qual es posava a sobre. Les bobines de les plaques estaven col·locades de forma alternada per assegurar-se que abastava tota la gàbia, l'animal estava situat a una distància de 2-3 cm de les bobines. L'encapsulat de les bobines havia estat imprès amb una impressora 3D.

4. Vau utilitzar només rates? Es va pensar a utilitzar un altre animal?

Es va començar a treballar amb rates perquè aquesta recerca la vam fer amb un grup de recerca de la UAB del departament de psicologia de l'esport i ells treballaven amb un model animal que era amb rates. Abans de fer l'implant i provar-lo amb rates el vam provar amb un test in-vitro, es va posar l'implant dins una solució d'agar-agar, que té unes propietats elèctriques semblants al teixit biològic de l'animal, i vam fer proves d'alimentació de l'implant i de funcionament.

5. Com estava muntat el circuit? Com funcionava?

El circuit era ressonant i a cada placa hi havia tres bobines col·locades en sèrie amb una capacitat de ressonància de transmissió de l'energia de 100 KHz, i amb les altres plaques estaven connectades en paral·lel.

6. El propi circuit tenia alguna utilitat secundària a part de carregar la bateria de l'implant?

No, en aquell cas el vam utilitzar per carregar la bateria, la transmissió de les dades les fèiem amb un petit transmissor de radiofreqüència col·locat en l'implant per treballar en una freqüència de 433 MHz.

Amb un altre projecte que estem treballant ara es pot identificar la posició de la rata ja que cada bobina és un transmissor de RFID, enlloc de estar col·locades en paral·lel, cada bobina és un transmissor. Llavors es pot identificar la posició de la rata dins la gàbia a partir de l'espira que detecta la posició de l'animal.

7. Vau obtenir millors resultats que si ho haguéssiu fet amb un altre mètode?

Els resultats van millorar ja que es va poder registrar durant tot el temps de l'experiment, una de les rates va estar nou mesos amb l'implant, la van haver de sacrificar però per altres motius, l'implant podria haver funcionat més temps.

L'implant pot durar tot el temps, fins que falli degut als problemes de fiabilitat de l'electrònica, però no té limitacions de duració des del punt de vista de l'alimentació.

8. Pots nombrar alguns beneficis respecte a fer-ho amb un altre mètode? I inconvenients?

En quant a beneficis és el fet que, respecte als sistemes que ja existeixen al mercat (que ja hi ha implants d'aquests), és que els altres implants porten una bateria que quan es descarrega s'ha de substituir. En aquest cas en l'implant no s'ha de substituir i per tant pot durar tot l'experiment i reutilitzar.

L'inconvenient que vam trobar és que, al ser un prototipus i no teníem accés a la tecnologia miniaturització era una mica més gran del normal, les dimensions de l'implant eren de 4,2 x 2 cm. Un altre problema que vam tenir va ser el tema de l'encapsulat de l'implant perquè no hi entri líquid i sigui biocompatible.

9. Creus que aquest projecte o un de similar es podrà utilitzar aviat en éssers humans?

Hi ha alguna proposta de projecte per temes d'alimentació per marcapassos, alimentació de bombes d'insulina implantades. També s'estan fent servir, i ja existeix, un prototip semblant en els implants coclears, pròtesis auditives que van implantades dins de la còclea i porten una bobina al cap i mitjançant uns imants s'enganxa el processat per on s'alimenta *inalàmbricament*.

10. Es necessari que la bobina transmeti energia de forma continua?

No és necessari, en el cas de l'implant, ja que al implant es trobava un ultracapacitor que emmagatzemava electricitat, l'implant es carregava durant trenta minuts i durava unes dues o tres hores. Passa el mateix amb l'implant coclear, però depèn del seu ús.

11. Que opines de la transmissió *inalàmbrica* d'energia elèctrica per a l'ús domèstic?

Personalment li trobo una utilitat limitada, serveix per carregar el mòbil a la tauleta de nit i potser per carregar altres dispositius portàtils. Per alimentar televisors no li veig la utilitat ja que per aconseguir alimentar, per exemple, en el propi implant es necessita un camp molt gran per poder transmetre molta energia, des del punt de vista energètic no és viable, ja que malbarates molta energia per poder alimentar l'implant i si fas un sistema ressonant, la quantitat d'energia que pots transmetre és molt baixa ja que el camp decau molt ràpidament quan t'allunyes, té un abast limitat.

12. Tens algun nou projecte en un futur que tingui relació amb aquest fenomen?

Tenim l'altre projecte, que t'he comentat abans, és el de fer servir les bobines per poder identificar la posició de l'animal dins la gàbia. Ja que en aquest cas, la bobina, a part de transmetre energia, es comunica a través d'un protocol RFID.

11.2. FULLS DE DADES

ALL TRANSISTOR DATASHEET. 2SC1226.

<http://alltransistors.com/pdfview.php?doc=2sc1226_2sc1226a.pdf&dire=inch ange_semiconductor> |Agost 2015|

TDK. MOUSER ELECTRONICS. 810-WR444030-16F3-G

<<http://eu.mouser.com/ProductDetail/TDK/WR444030-16F3-G/?qs=bk56S6NG2m9bFcVpZtj1Cg%3d%3d>> |Novembre 2015|

TDK. MOUSER ELECTRONICS. 810-WRM48324515F55VG

<<http://www.mouser.mx/ProductDetail/TDK/WRM483245-15F5-5V-G/?qs=aA0jtcnXKtFkHialE9tGNq%3D%3D>> |Novembre 2015|

BURR-BROWN CORPORATION. ALLDATASHEET. OPA548

<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/56780/BURR-BROWN/OPA548.html>> |Novembre 2015|