

SISTEMA TRANSMISSOR DE ENERGIA ELÉTRICA SEM FIO

SYSTEM TRANSMITTER POWER WIRELESS

Ramon Eustáquio Nunes Félix¹

Roger França da Silva²

Mário Marcos Brito Horta³

Esdras de Oliveira Eler⁴

RESUMO: O presente trabalho apresenta um estudo sobre a tecnologia de transmissão de energia sem fio, apresentando e discutindo as influências que contribuíram para o desenvolvimento da mesma. Considerando-se a evolução das tecnologias em hardware e softwares, fica evidente a compactação dos aparelhos e também a constante tendência de portabilidade deles. Este trabalho atesta, por meio de um protótipo, a possibilidade da transmissão de energia elétrica sem fio, utilizando uma plataforma que por meio da indução eletromagnética permite que um equipamento seja carregado sem um condutor físico. Pode-se concluir que através dos testes e experimentos, a transferência de energia elétrica sem fio tem uma melhor eficiência quando utilizamos bobinas com diâmetro maior e que esteja o mais próximo possível uma bobina da outra.

Palavras-chave: Tecnologias. Energia elétrica sem fio. Transmissão.

ABSTRACT: This paper presents a study on the technology of transmitting power wirelessly, presenting and discussing the influences that contributed to its development. Considering the evolution of technology in hardware and software, it is evident the compaction of the devices and also the continuing trend of porting them. This study attests by means of a prototype, the possibility of transmission of wireless power, by using a platform by means of electromagnetic induction that allows a device to be loaded without a physical conductor. It can be concluded that by means of tests and experiments, the transfer of wireless power has a better efficiency when using coils with larger diameter and that is closest to the other coil.

KEYWORDS: Technology. Wireless power. Transmission.

¹ Graduando em engenharia elétrica. UNIBH, 2014, MG Email:ramon_nunesfelix@hotmail.com

² Graduando em engenharia elétrica. UNIBH, 2014, MG Email:roger.taxi@ig.com.br;

³ Professor do centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH. Belo Horizonte, MG. Email:mario.horta@prof.unibh.br;

⁴ Coordenador do curso de engenharia elétrica do centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH. Belo Horizonte, MG. Email:esdras.eler@unibh.br

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade está sempre presente em nossa vida. É utilizada em praticamente tudo o que nos cerca; automóveis, aparelhos de celular, TV, computador, eletrodomésticos em geral, para a transmissão das ondas eletromagnéticas que transportam informação a distância (ondas de rádio, TV, telefonia), para a fabricação de produtos industrializados e para iluminação. Um país sem energia elétrica hoje em dia pode ser associado a um país com baixo desenvolvimento.

Pensando em facilitar ainda mais o processo de transmissão de energia elétrica, pesquisadores tentaram desenvolver métodos de transmissão sem fio. A ideia surgiu com Nicola Tesla que propôs teorias de transmissão sem fio de energia no fim dos anos 1800 e começo dos anos 1900. Uma de suas demonstrações energizava remotamente lâmpadas no chão de sua estação de experimentos em Colorado Springs. (TESLA, 2012).

O trabalho de Tesla era impressionante, mas não gerou, imediatamente, métodos práticos de transmissão de energia sem fio. Desde então, os pesquisadores desenvolveram diversas técnicas para transferir eletricidade através de longas distâncias, sem utilizar fios. Algumas técnicas só existem em teoria ou protótipos, mas outras já estão em uso. (TESLA, 2012).

Ao longo da história do desenvolvimento tecnológico depara-se com a necessidade de eliminar a maior quantidade de limitações físicas possíveis, possibilitando uma maior flexibilidade e conseqüentemente uma expansão do campo de atuação dessas tecnologias. Um bom exemplo disso é o caso da internet sem fio, que amplia consideravelmente os usos comerciais e científicos, entre outros, dessa tecnologia de troca de informações, permitindo, por exemplo, o acesso remoto à internet e por locais fisicamente isolados.

Com esse conceito de praticidade aliado a necessidade, chegou-se à ideia de transmissão de energia elétrica independentemente de restrições estruturais e espaciais.

Segundo os estudos, existem alguns problemas que devem ser observados e analisados durante a evolução do projeto devido à complexidade do assunto.

Quais características devem ser consideradas para garantir eficiência em uma transferência de energia através de ondas eletromagnéticas?

No mundo tecnológico é possível fazer quase tudo com um celular sem conectá-lo a uma tomada: mandar e receber mensagens, transferir arquivos, baixar músicas apenas utilizando as redes da operadora. Mas para recarregá-lo será necessário a utilização de um fio.

Baseando-se nesta ideia pretende-se desenvolver um sistema sem fio para carregar os celulares, eliminando a utilização de cabos emaranhados, conectores com mal contato e os carregadores de celulares genéricos de má qualidade, que podem causar acidentes.

A ideia é que quando não estiver usando o celular, você coloque-o na cabeceira da cama, ou em cima da mesa e comece a carregar, sem que seja preciso conectar o carregador.

O sistema consiste basicamente em duas bobinas: uma na plataforma de carregamento e a outra no celular, gerando assim a indução de um campo eletromagnético, transformado em energia elétrica.

O nome sem fio é um pouco genérico, pois ainda é preciso usar um cabo para ligar a plataforma de carregamento à rede elétrica, mas o nome vem da ausência de conexão por fios entre a plataforma e o celular.

Esse processo também pode ser utilizado em eletrodomésticos, liquidificadores, batedeiras e eletrônicos como tablets, máquinas fotográficas e outros equipamentos.

O objetivo geral deste trabalho consiste no estudo da transmissão de energia elétrica sem fio, através da indução de um campo magnético da plataforma para o equipamento, considerando as leis de ampère e maxwell e a teoria de campo magnético observado por Charles Proteus. A fim de verificar e dimensionar os estudos serão utilizados cálculos e experiências com um protótipo para quantificar a viabilidade e suas limitações.

Visando alcançar os objetivos desejáveis, iniciaram-se os estudos e testes com objetivo de conseguir transmitir tensão e corrente para um celular. E assim foram traçados alguns objetivos para serem realizados no decorrer do desenvolvimento do projeto:

- Simulações com várias bobinas, com diversos tamanhos, diferentes bitolas e números de voltas;
- Realizar os cálculos de campo magnético, indução magnética, corrente e tensão;
- Testar e medir as eficiências do equipamento;
- Analisar a capacidade de transmissão;
- Verificar possíveis interferências;
- Verificar e calcular a quantidade de bobinas necessárias para se obter valores satisfatórios de tensão, corrente gerada e transmitida.

Este estudo se justifica, no entendimento, independentemente das opções a serem escolhidas para a composição da matriz elétrica. A partir de agora, é certo que a respectiva evolução será realizada com a substituição das hidrelétricas de grandes reservatórios por outras tecnologias, cujas especificidades, mesmo no caso de usinas a fio d'água, suscitam grandes alterações na maneira de operar e planejar o sistema.

Isso é suficiente para criar muita expectativa quanto à necessidade de inovação tecnológica no segmento de geração do setor elétrico brasileiro.

Cada vez mais se deve preocupar com utilização de cabos utilizados pelas indústrias de eletrônicos que quase sempre se tornam inutilizados assim que compra-se um novo equipamento, e os carregadores antigos são descartados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos itens abaixo será dada um breve explicação de como a tecnologia de transmissão de energia sem fio funciona através da indução eletromagnética e ressonância de seus materiais.

2.1 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Na década de 1830, Michael Faraday, físico e químico inglês, descobriu em seus experimentos que um campo magnético poderia gerar uma corrente elétrica. Ele enunciou que uma força eletromotriz é produzida por condutores elétricos em movimento num campo magnético uniforme, ou então por um campo magnético variante no tempo. (HAYT, 1983).

Assim a Lei de Faraday-Lenz é escrita:

$$fem = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Fórmula 1 – Lei de Faraday-Lenz

Fonte: HAYT (1983)

fem = Força Eletromotriz (V)

Φ = Fluxo magnético

t = Tempo

Anos mais tarde, James Clerk Maxwell estudou o experimento de Faraday, e escreveu a sua lei na forma diferencial:

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2)$$

Fórmula 2 – Lei de Faraday na forma diferencial

Fonte: HAYT (1983)

∇ = Operador nabla

E = Campo elétrico

B = Campo magnético

Ou seja, o rotacional do campo elétrico é igual ao oposto da variação do campo magnético no tempo.

Este princípio da indução eletromagnética é utilizado em transformadores elétricos, geradores, motores e máquinas de indução em geral, conforme a figura 1.

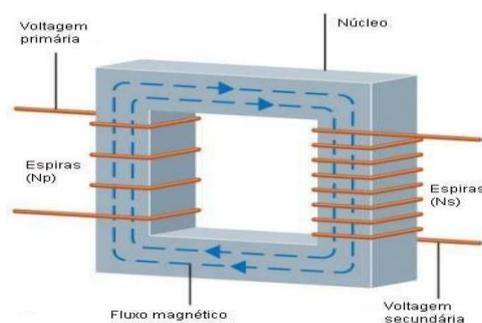


Figura 1 – Transformador elétrico

Fonte: KOSOW, 2005

2.2 RESSONÂNCIA

A ressonância é, por definição, a frequência natural que um corpo ou sistema recebe e/ou transfere energia de forma mais eficiente. Essa frequência é uma característica intrínseca de cada material. Pensa-se em sistemas mais complexos, como por exemplo, um carro, uma ponte ou uma corda de violão, observa-se a apresentação de

muitas frequências naturais de vibração. Caso seja dada energia a um desses sistemas em uma de suas frequências naturais de vibração, eles irão oscilar Intensamente.

(KOSOW, 2005).

Existem vários tipos de ressonância: mecânica, elétrica, magnética, etc. A ressonância magnética é gerada se a frequência de certo campo magnético for igual à frequência de ressonância magnética do corpo, então este corpo começará a vibrar.

3 METODOLOGIA

A proposta de estudo deste trabalho foi pesquisar na literatura artigos científicos sobre o assunto e avaliar aspectos gerais do sistema transmissor de energia elétrica sem fio, identificando os parâmetros determinantes para a melhor qualidade de transmissão.

Assim divide-se o presente trabalho em partes, onde na primeira etapa serão feitas as pesquisas bibliográficas sobre o tema.

Na segunda etapa, serão avaliados os aspectos gerais do modelo do sistema de acoplamento do transmissor sem fio para identificar os parâmetros determinantes na qualidade do acoplamento para a transmissão da energia.

Na terceira etapa trata-se do desenvolvimento do material a ser usado na estrutura necessária para construção do protótipo como: material, forma construtiva, tamanho, componentes elétricos, cálculos e ensaios para posterior montagem definitiva.

E por último serão feitos os testes e medições do sistema transmissor de energia elétrica sem fio, aplicando todos os dados levantados da pesquisa teórica e das experiências em laboratório/campo para se ter um comparativo final da eficiência do sistema.

4 FUNCIONAMENTO

A tecnologia de transmissão de energia elétrica através da indução magnética e sistemas ressonantes, conforme figura 2, funciona de forma bem simples, e necessita ter um aparelho que contenha bobinas emissoras de campo magnético e outro aparelho que tenha bobinas receptoras deste campo.

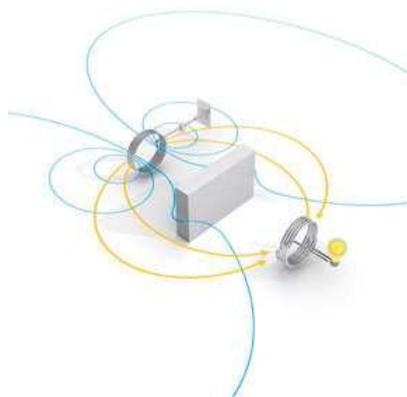


Figura 2 – Exemplificação do funcionamento da tecnologia

Fonte: KOSOW, 2005

As linhas azuis representam o campo magnético e as linhas amarelas representam o fluxo de energia. Uma espira, conectada a uma fonte de corrente alternada, emite o campo magnético, e uma espira receptora “captura” o fluxo e consegue acender uma lâmpada.

O aparelho emissor deve estar conectado a uma fonte de tensão alternada para poder gerar um campo magnético variante. O aparelho receptor, ao sofrer influência deste campo, começa a produzir corrente elétrica através do fenômeno da indução magnética. (KOSOW, 2005).

Sabe-se que a intensidade da corrente elétrica gerada pelo efeito da indução magnética depende do valor do campo magnético, então para transferir uma quantidade maior de energia entre duas bobinas, deve-se aumentar a intensidade do campo magnético. Mas, como o campo magnético se dispersa facilmente em todas as direções pelo ar, seria um desperdício fazer a transferência desta forma. Porém, em novembro de 2006, um grupo de pesquisadores do M.I.T, liderado por Marin Soljacic, demonstrou que a ressonância eletromagnética seria a solução para este problema. Isso se deve ao fato da indução poder acontecer de maneira diferente se os campos eletromagnéticos em volta das bobinas ressoarem na mesma frequência, atuando como um sistema único e acoplado, portanto, aumentando a eficiência da transferência de energia. Ou seja, se a frequência do campo magnético variante for igual à frequência de ressonância do material, então eles atuarão como um sistema só, minimizando as perdas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

A utilização de equipamentos alimentados por indução de campo magnético não acontece em larga escala devido ao fato de haver dispersão do campo magnético em todas as direções no ar, diferente assim dos transformadores de tensão onde existe um núcleo de ferro e o campo magnético gerado na bobina primária percorre todo o núcleo e chega na bobina secundária com eficiência de aproximadamente 96%. (KOSOW, 2005).

No projeto, mapear como se comporta o campo magnético sem o núcleo de ferro é um dos objetivos. Para o estudo do campo magnético foi montado um circuito ressonante conforme o diagrama elétrico da figura 3, com 3 capacitores, 1 resistor, 1 transistor, vários indutores (bobinas) e uma fonte de tensão contínua.

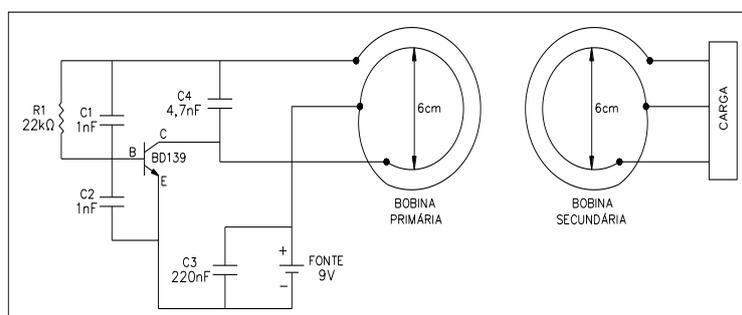


Figura 3 – Diagrama Elétrico

Fonte: Autores, 2014

O circuito LC desenvolvido é um oscilador Hartley, e por isso a frequência depende da bobina e de um capacitor.

Funcionamento: Esse circuito consiste em um indutor, um capacitor e a corrente elétrica alternada. A corrente irá alternar entre eles em uma determinada frequência angular.

O resistor na base do transistor faz a polarização, e o capacitor C1 faz a realimentação (Parte do sinal da saída para a entrada).

Quando o circuito é alimentado (ligado), o transistor é energizado pela base próximo a saturação, e assim passa a conduzir corrente. A corrente que circula da fonte até o coletor, é liberada para a bobina B1.

Já a corrente em B1 é induzida até a metade da bobina, e assim essa corrente é aplicada novamente para a base do transistor através do capacitor C1.

Como mostra a figura 4 e 5, esse circuito gera uma frequência de 2,8MHz na bobina do circuito primário, e na bobina do circuito secundário em uma distância mínima entre 0 e 1 cm a frequência capturada por ela será de 2,7MHz, concluindo que a uma distância mínima já existe uma perda de campo magnético.

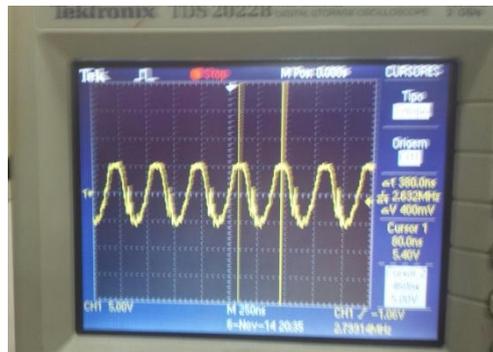


Figura 4 – Osciloscópio medindo frequência da bobina do circuito primário

Fonte: Autores, 2014

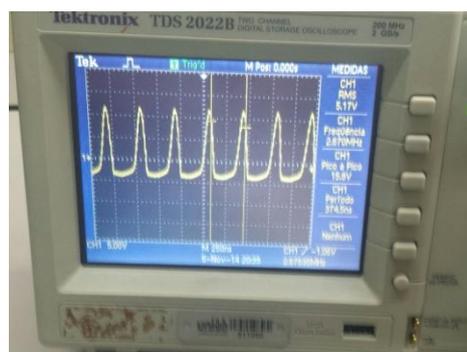


Figura 5 – Osciloscópio medindo frequência da bobina do circuito secundário

Fonte: Autores, 2014

Durante os testes foram realizados diversas medições variando a tensão na entrada da bobina primária e a distância da bobina secundária.

No primário foi utilizado duas bobinas para se ter uma base, uma com diâmetro do fio de 6mm e outra de 0,62mm, alimentadas com uma fonte variando de 0 a 9V.

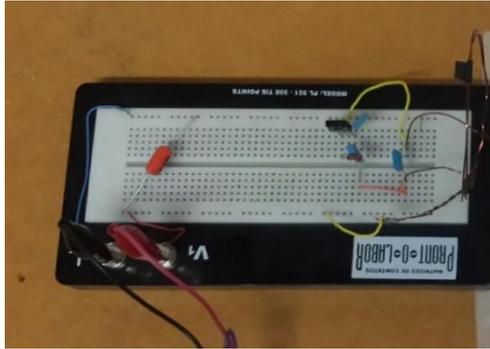


Figura 6 – Circuito elétrico montado no protoboard

Fonte: *Autores, 2014*

No secundário foi utilizado várias bobinas conforme figura 7, a fim de chegar-se ao melhor indutor, ou seja, verificando assim qual a bitola e tamanho do fio, quantas voltas terá essa bobina para melhor eficiência, qual distância para melhor rendimento e qual a melhor tensão para transmissão.



Figura 7 – Vários indutores (bobinas) de diversos tamanhos e diâmetros

Fonte: *Autores, 2014*

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para demonstrar os resultados deste estudo, segue as seguintes condições:

- Circuito elétrico montado na placa protoboard conforme figura 6.
- Instrumento para aferição das grandezas: Alicete amperímetro – Marca: Minipa – Modelo: ET 3200A – O mesmo possui precisão de duas casas decimais (0,00).
- Tensão de alimentação: +- 9,0V.
- Diâmetro do fio da bobina primária: 6mm e 0,62mm.
- Diâmetro da bobina primária: 60mm/2 voltas
- Diâmetro do fio da bobina secundária: 0,62mm.
- Diâmetro da bobina secundária: 60mm/ 20 voltas

Conforme parâmetros citados acima fez-se um comparativo entre uma bobina primária com um fio mais grosso e outra com um fio mais fino, mantendo a tensão da fonte constante e a bobina secundária igual para as duas condições, conforme as figuras 8 e 9.

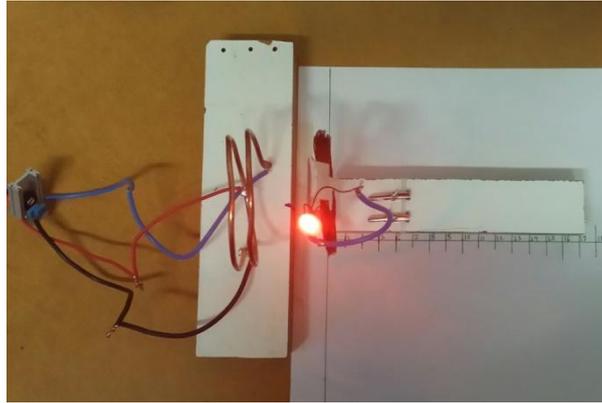


Figura 8 – Diâmetro do fio da bobina primária 6mm

Fonte: *Autores, 2014*

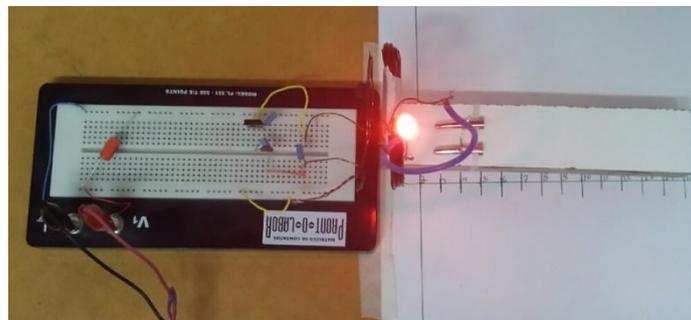


Figura 9 – Diâmetro do fio da bobina primária 0,62mm

Fonte: *Autores, 2014*

Assim foram realizadas algumas medições, aumentando gradativamente a distância de 0 a 9 cm e mantendo a tensão constante em 9V, para os dois tipos de bobina primária, com diâmetro de 6 mm e 0,62 mm, conforme mostram as tabelas 1 e 2.

| Medições realizadas | |
|---------------------|---------------|
| Distância (cm) | Corrente (mA) |
| 0 | 25,80 |
| 1 | 18,90 |
| 2 | 9,30 |
| 3 | 6,58 |
| 4 | 4,70 |
| 5 | 3,32 |
| 6 | 2,32 |
| 7 | 1,56 |
| 8 | 0,03 |
| 9 | 0,00 |

Tabela 1 – Medições realizadas com diâmetro da bobina primária (6mm)

Fonte: *Autores, 2014*

| Medições realizadas | |
|---------------------|---------------|
| Distância (cm) | Corrente (mA) |
| 0 | 14,56 |
| 1 | 11,53 |
| 2 | 9,67 |
| 3 | 6,38 |
| 4 | 4,22 |
| 5 | 2,96 |
| 6 | 2,13 |
| 7 | 1,54 |
| 8 | 0,97 |
| 9 | 0,00 |

Tabela 2 – Medições realizadas com diâmetro da bobina primária (0,62mm)

Fonte: Autores, 2014

Verifica-se então conforme os gráficos 1 e 2, que a medida que afasta-se a bobina secundária da bobina primária, aumentando assim sua distância, a intensidade da corrente elétrica vai diminuindo, ou seja, quanto maior é a distância, menor será o aproveitamento e a eficiência.

Por exemplo, no gráfico 1, para uma distância de 0 cm temos uma corrente de 25,80mA, e uma distância 8 cm temos 0,03mA.

E no gráfico 2, para uma distância de 0 cm temos uma corrente de 14,56mA, e uma distância 8 cm temos 0,97mA.

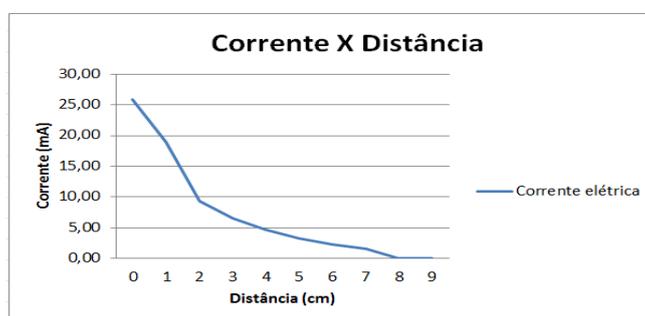


Gráfico 1 – Diâmetro da Bobina Primária (6mm)

Fonte: Autores, 2014

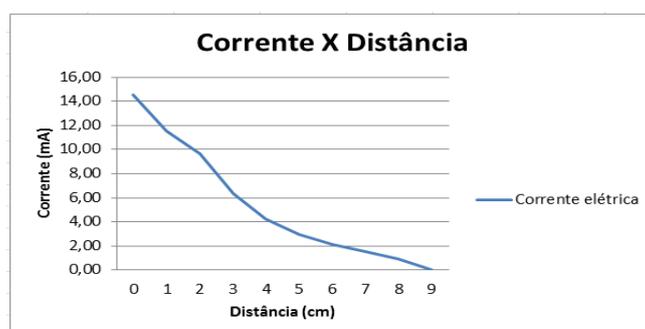


Gráfico 2 – Diâmetro da Bobina Secundária (0,62mm)

Fonte: Autores, 2014

Também é possível perceber que utilizando uma bobina primária com um diâmetro do fio maior, teremos valores de intensidade da corrente elétrica superiores se comparada com um fio de diâmetro menor.

Por exemplo, na tabela 1 para diâmetro da bobina primária 6mm a uma distância de 0 cm, temos 25,80mA, e já na tabela 2 para diâmetro da bobina primária 0,62mm a uma distância de 0 cm, temos 14,56mA.

Como resultado dos testes realizados, verifica-se que para uma melhor eficiência de transmissão de energia elétrica sem fio é necessário que a bobina primária tenha um fio de diâmetro maior que a do secundário, mas que elas tenham o mesmo tamanho e estejam o mais próximo possível e alinhado.

Isso porque a distância deve ser limitada, pois quanto maior é a distância, maior terá que ser a tensão de alimentação, e uma tensão elevada aumenta o campo magnético, mas pode afetar outros componentes e equipamentos do ambiente.

7 CÁLCULOS

- Cálculo do campo magnético no interior da bobina:

Quando uma corrente elétrica percorre um fio condutor, gera em torno desse fio de forma radial um campo magnético que não pode ser observado ao olho nu. Esse campo percorre o condutor no mesmo sentido da corrente. Uma forma mais simples de tentar entender esse campo seria a capa plástica de um fio encapado, que observando a regra da mão direita esse campo se desloca e pode ser somado a outros campos magnéticos no mesmo sentido.

Esse campo é representado pela letra B, e pode ser calculado conforme a fórmula 3.

| | |
|--|---|
| $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L}$ $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2 \cdot 67,2 \times 10^{-3}}{37,69 \times 10^{-3}}$ $B = \frac{168,90 \times 10^{-9}}{37,69 \times 10^{-3}}$ $B = 4,48 \times 10^{-6} \text{ T} = 4,48 \mu\text{T}$ | $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A (constante)}$ $N = N^\circ \text{ espiras}$ $I = \text{Corrente (A)}$ $I = 67,2 \times 10^{-3} \text{ A (Valor medido)}$ Comprimento da Bobina 6cm $L = 2 \cdot \pi \cdot R$ $L = 2 \cdot \pi \cdot 3,2 \text{ voltas}$ $L = 37,69 \times 10^{-3}$ |
|--|---|

Fórmula 3 – Cálculo do campo magnético

Fonte: Autores, 2014

- Fluxo de campo magnético:

É a quantidade de campo magnético dispersado pela corrente elétrica que percorre o condutor devido sua área de superfície e a frequência que isso ocorre.

Esse fluxo pode ser calculado conforme a fórmula 4.

| | |
|--|--|
| $\Psi_B = \int B \cdot A = B \cdot A$ $\Psi_{B1} = 4,48 \times 10^{-6} \cdot 28,27 \times 10^{-6} = 126,64 \times 10^{-12} \text{ Wb}$ $\Psi_{B2} = 4,48 \times 10^{-6} \cdot 1,20 \times 10^{-6} = 5,41 \times 10^{-12} \text{ Wb}$ | $\text{Área} = \pi \cdot R^2$ $A1 = \emptyset 6 \text{ mm}$ $A1 = \pi \cdot (3 \times 10^{-3})^2 = 28,27 \times 10^{-6}$ $A2 = \emptyset 0,62 \text{ mm}$ $A1 = \pi \cdot (0,31 \times 10^{-3})^2 = 1,20 \times 10^{-6}$ |
|--|--|

Fórmula 4 – Cálculo do fluxo do campo magnético

Fonte: *Autores, 2014*

- Indutância da Bobina:

É a capacidade que um indutor ou a bobina tem de transmitir campo magnético e corrente elétrica. Assim se temos mais espiras na bobina, teremos mais campo magnético. A indutância pode ser calculada conforme a fórmula 5.

| |
|---|
| $L = N \cdot \frac{\Psi_B}{I}$ $L1 = \frac{2 \cdot 126,64 \times 10^{-12}}{67,2 \times 10^{-3}} = 3,76 \times 10^{-9} \text{ H} = 3,76 \text{ nH}$ $L2 = \frac{2 \cdot 5,41 \times 10^{-12}}{67,2 \times 10^{-3}} = 161,01 \times 10^{-12} \text{ H} = 161,01 \text{ pH}$ |
|---|

Fórmula 5 – Cálculo da Indutância da bobina

Fonte: *Autores, 2014*

- Energia Magnética:

É a equivalente ao ímã, e em eletrônica seria a força que esse campo magnético produz. A carga elétrica tem capacidade de atrair ou rejeitar objetos.

A Energia magnética pode ser calculada conforme a fórmula 6.

| |
|--|
| $V_S = \frac{L \cdot I^2}{2}$ $V_{S1} = \frac{3,76 \times 10^{-9} \cdot (67,3 \times 10^{-3})^2}{2} = 8,48 \times 10^{-12}$ $V_{S2} = \frac{161,01 \times 10^{-12} \cdot (67,3 \times 10^{-3})^2}{2} = 363,54 \times 10^{-15}$ |
|--|

Fórmula 6 – Cálculo da energia magnética

Fonte: *Autores, 2014*

Desta forma, os cálculos acima revelam e comprovam que de fato o campo magnético gerado e dispersado por um fio condutor (bobina) com área de superfície maior, será mais intenso em comparação com o fio mais fino (área de superfície menor), embora a corrente e a tensão seja a mesma nos dois experimentos.

Então para uma maior eficiência é desejável o uso do condutor de maior superfície, ou usa-se uma maior quantidade de fio mais fino, fazendo com que o emissor seja mais robusto prejudicando a estética do equipamento.

8 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Inúmeras vantagens podem ser alcançadas pelo uso de tal tecnologia, entre elas destacam-se a recarga de vários aparelhos simultaneamente, pois afinal, com o campo magnético, torna-se fácil colocar vários dispositivos sendo carregados, bastando para isso obter a base sustentadora do objeto; maior mobilidade causada pela não utilização dos fios condutores; a tecnologia pode ser embutida em mobílias, feita mesmo entre obstáculos; elimina os riscos de choques elétricos.

Mas como nada está livre de limitações pode-se destacar algumas desvantagens como, por exemplo, os aparelhos devem estar alocados em cima da plataforma devido às limitações da indução magnética; a distância entre os aparelhos e a plataforma tem de ser de apenas poucos centímetros; alto custo se comparado com os carregadores convencionais; causa pequenas interferências na área automotiva, pelo fato de operar em frequências de rádio e, em certas frequências, pode trazer efeitos colaterais para pessoas e animais, motivo da criação do padrão IEEE C95.1-2005. (IEEEC95, 2005).

9 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Para demonstrar de forma prática os estudos e pesquisas realizados durante este projeto, foi desenvolvido um protótipo para carregar um aparelho celular sem a utilização de um carregador físico convencional.

O tamanho do protótipo depende da tensão e da distância que o aparelho fica da plataforma de carregamento, impactando diretamente no tamanho da bobina que se utilizou tendo em vista não ser muito grande, nem muito grossa, para atender estética do protótipo.

O diagrama elétrico mostrado na figura 3 foi montado em uma placa de cobre, conectada a bobina primária com fio de diâmetro 6 mm, com um diâmetro interno de 6 cm com 2 voltas, ligada a um fonte de tensão contínua de 9V, e colocada dentro de uma plataforma de madeira conforme mostra a figura 10.



Figura 10 – Plataforma do protótipo com a bobina primária

Fonte: *Autores, 2014*

Na bobina secundária foi utilizado um fio de diâmetro 0,62 mm, com um diâmetro interno de 6 cm com 20 voltas, ligada a bateria de um celular, conforme mostra a figura 11.



Figura 11 – Aparelho celular conectado a bobina secundária

Fonte: *Autores, 2014*

Assim, quando é ligada a plataforma na fonte de 9 V, conforme a figura 12, foi possível demonstrar a indução eletromagnética entre as bobinas, ocasionando assim o carregamento da bateria do aparelho celular sem a utilização de fio.

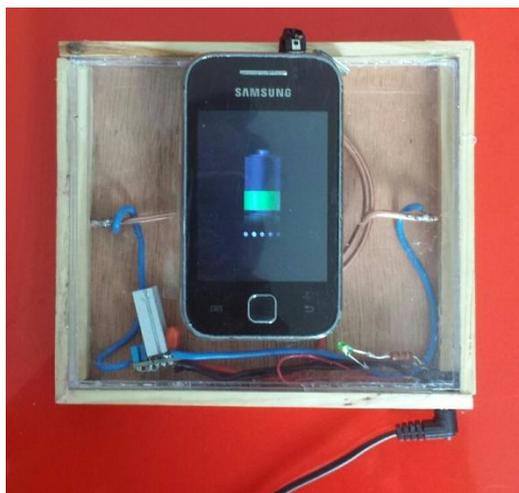


Figura 12 – Protótipo em funcionamento

Fonte: *Autores, 2014*

Para a montagem do circuito elétrico do protótipo foram utilizados os componentes relacionados na tabela 3, com seu respectivo custo.

| Lista de Material X Custos | | | |
|----------------------------|------------|---------|------------------|
| Descrição | Quantidade | Custo | Custo Total |
| Resistor 22kΩ | 1 | R\$0,70 | R\$0,70 |
| Capacitor 1nF | 2 | R\$1,80 | R\$ 3,60 |
| Capacitor 220nF | 1 | R\$1,80 | R\$1,80 |
| Capacitor 4,7nF | 1 | R\$1,80 | R\$1,80 |
| Transistor BD139 | 1 | R\$2,30 | R\$ 2,30 |
| Fio de bobina 6mm | 1 m | R\$2,80 | R\$2,80 |
| Fio de bobina 0,62mm | 10 g | R\$1,50 | R\$1,50 |
| Placa de cobre 8x8cm | 1 | R\$6,00 | R\$6,00 |
| Led vermelho | 1 | R\$1,00 | R\$1,00 |
| Total | | | R\$ 21,00 |

Tabela 3 – Relação de materiais e custos para montagem do protótipo.

Fonte: *Eletrônica Santa Efigênia, 2014*

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, fica demonstrado que é possível a transferência de energia elétrica sem fio, a qual esta fundamentada no princípio da indução eletromagnética, aliadas a ressonância eletromagnética, o resultado foi satisfatório, pois foi possível demonstrar a transmissão de energia observando o campo eletromagnético e a corrente do sistema.

Mas essa tecnologia possui ainda algumas desvantagens, como por exemplo, não ser tão eficiente para longas distâncias, tornando-a aplicável em situações bem restritas.

Essa eficiência durante os testes demonstrou 38% de transmissão de energia e 62% de perdas, devido a dispersão do campo magnético em várias direções e um tempo maior para se carregar a bateria do celular em comparação a utilização do carregador convencional.

No futuro poderá ser utilizado também em carregadores de celulares nos automóveis, tornando mais prático o carregamento das baterias do mesmo e outros eletrônicos em geral.

Outras aplicações poderão ser criadas, por exemplo na medicina e também na área de segurança.

Na segurança será possível, por exemplo, um micro chip implantado no corpo ou abaixo da pele que poderão ficar desligados o tempo todo, mas quando energizado com um campo magnético enviará informações do seu portador para um receptor (RFID).

Também na medicina será possível carregar baterias através de indução magnética de válvulas elétricas (marca passo) e outras dentro do corpo humano sem precisar de uma nova cirurgia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 550p.

HAYT, William H. Jr. **Eletromagnetismo**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1983.

KOSOW, Irving L. **Máquinas elétricas e transformadores**. 15.ed. São Paulo: Globo, 2005. xxi, 667p.

NIKOLA Tesla. Disponível em:

<<http://www.exatas.com/fisica/tesla.html#energia>> acessado dia 10 setembro 2014.

STEINMETZ, Charles P. **Theory and calculation of transient electric phenomena and oscillations**. 3.ed. New York: Mcgraw-hill Book Company, 1920.

TESLA, Nikola. **Minhas invenções - A autobiografia de Nikola Tesla**. Editora Unesp, 2012.

[IEEEC95]: **IEEE C95.1-2005: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz**.

