

ESTUDO DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA SEM FIO UTILIZANDO O MÉTODO DO ACOPLAMENTO INDUTIVO RESSONANTE

Ítala Liz da Conceição Santana Silva¹; Jorge Palma Conceição²; Luiz Fernando Taboada Gomes Amaral³

¹Bolsista; PD&I – Centro de Competência: Sistemas Elétricos SENAI CIMATEC; itala.silva@fbter.org.br

²Bolsista; IES– Centro de Competência: Sistemas Elétricos SENAI CIMATEC; jorge.conceicao@fbter.org.br

³Mestre em Engenharia Elétrica; Centro Universitário – SENAI CIMATEC; luiz.amaral@fieb.org.br

RESUMO

Com o avanço da tecnologia, os dispositivos eletrônicos têm cada vez mais mobilidade. Além disso, possuem maior performance e as baterias ainda necessitam de conexão física com a fonte de energia para que possam ser recarregadas, causando incômodo aos seus usuários. Ainda, possui limitações como redução da mobilidade, flexibilidade e autonomia dos mesmos. Devido a isso, estudos relacionados a transferência de energia sem fio se intensificaram nos últimos anos. Entretanto, essa tecnologia ainda é considerada uma solução ineficiente para carregamento de equipamentos devido a sua baixa eficiência e alcance, bem como ausência de técnicas de controle. Baseado em resultados de estudos, intensificou-se o uso do método de acoplamento indutivo ressonante para transferência de energia sem fio para cargas de baixa potência voltadas a diversas áreas e aplicações, como por exemplo na área médica e de uso militar.

PALAVRAS-CHAVE: acoplamento indutivo ressonante, transferência de energia sem fio, cargas de baixa potência, eficiência.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos relacionados a transferência de energia sem fio (Wireless Power Transfer – WPT) foram desenvolvidos por Nikola Tesla no final do século XIX. Nesse estudo ele conseguiu alimentar tubos de vácuo num ambiente fechado¹.

O uso de campos magnéticos é a base para os principais métodos de transferência de energia sem fio, que pode ser classificada como de campos próximos (*near field*) ou de campos distantes (*far field*), que diferem entre si pelo alcance da transmissão e a forma de propagação do sinal. O método de transferência *near field* utiliza a indução de campos variantes no tempo para transportar a energia, podendo ser feita através de acoplamento capacitivo ou indutivo. Enquanto a transmissão via *far field* é feita por irradiação de ondas eletromagnéticas, sendo as formas mais comuns via micro-ondas, óptica e laser². As transmissões *far field* necessitam de ausência de obstáculos no percurso e possui altos níveis de radiação eletromagnética, sendo pouco utilizada. O método de transmissão mais utilizado atualmente é do acoplamento indutivo ressonante, principal objeto de estudo desse projeto.

Com este projeto, busca-se estudar e aperfeiçoar técnicas relacionadas a transferência de energia sem fio aplicadas a mobilidade elétrica, além de capacitar pessoas para atender a futuras demandas do mercado. Como resultado, planeja-se construir uma bancada de testes de pequeno porte para transferência de energia sem fio utilizando o método do acoplamento indutivo ressonante a curtas distâncias para cargas de baixa potência.

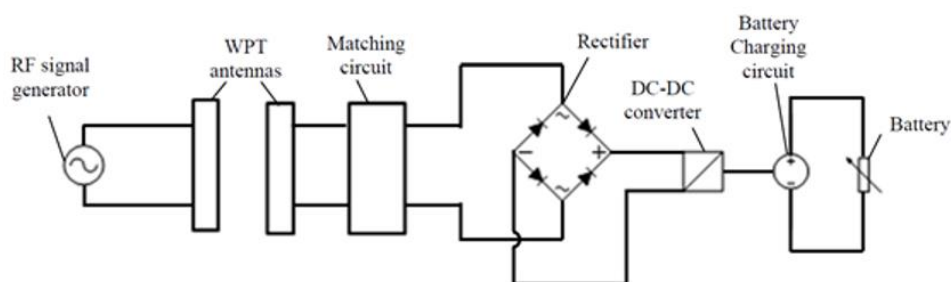
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A WPT pode ser aplicada em diversas áreas. Na indústria, pode ser usada na alimentação de sensores e atuadores. Na distribuição de energia, alimentando áreas remotas e de difícil acesso como em mineração. Ainda, pode carregar sistemas eletrônicos militares que necessitem suportar bruscas variações no ambiente. Na área médica, pode atuar na alimentação de implantes e sensores biomédicos. Na indústria automobilística, o aumento dos gases do efeito estufa e questões ecológicas motivam o desenvolvimento de carros híbridos e elétricos que fazem uso de baterias. Apesar de promissora, a necessidade de baterias é um ponto negativo, resultando em estudos de técnicas de recarga para aumentar a autonomia das mesmas².

O uso da tecnologia de transferência de potência sem fio possui diversas vantagens, como a transmissão em ambientes que são impossibilitados de utilizar cabos, inexistência de cortes no fornecimento devido a falhas na rede, eliminação de riscos por choques elétricos e possibilidade de conectar diversos receptores a um único transmissor. Entretanto, possui como desvantagem a necessidade de adequação dos equipamentos existentes, possíveis consequências do efeito da radiação eletromagnética a longo prazo, baixa eficiência - quando comparada a outras formas de transmissão de energia e alto custo de implantação. No projeto do sistema WPT devem ser analisados diversos fatores como potência e corrente de carga, tempo de resposta, estabilidade e influência de harmônicos. Com isso, a utilização da WPT em larga escala possui inúmeros desafios como melhoria da eficiência, diminuição do custo e, conseqüentemente, sua padronização³.

Como mencionado, o acoplamento indutivo ressonante é o mais utilizado para WPT. Ele utiliza frequências de operação de até dezenas de MHz. No acoplamento indutivo, o transmissor e o receptor estão em meios de permeabilidade magnética muito baixa, tornando o acoplamento fraco e a transferência de energia inviável para as frequências tradicionais. Além disso, o campo magnético se dispersa facilmente em todas as direções pelo meio, sendo um desperdício fazer a transferência desta forma. Ao utilizar o acoplamento ressonante, o transmissor e o receptor operam na frequência de ressonância, reduzindo significativamente as perdas. Devido a essa frequência, a fonte deve ser AC (para gerar um campo magnético variante e de frequência ajustável), devendo haver também um circuito de amplificação. Para a transmissão, haverá um circuito de compensação e por fim, um circuito retificador que alimentará a carga. A Figura 1 mostra o diagrama do sistema a ser desenvolvido no projeto:

Figura 1 – Esquema de Acoplamento Indutivo Ressonante



O diagrama de compensação utiliza circuitos LC para aumentar a eficiência, reduzindo perdas por influência dos harmônicos e por interferência eletromagnética. Seus circuitos variam de acordo com a condição de operação. Em altas frequências, a corrente sofre perdas decorrentes do efeito *Skin*, para reduzir essas perdas, recomenda-se o uso de fios *Litz*, ocos ou de maior seção transversal. Como o campo magnético não é direcional, não se faz necessário o uso de nenhum dispositivo para orientá-lo, no entanto, ainda que baixas, sempre haverá perdas por dispersão.

Outros fatores importantes devem ser considerados como o fator de qualidade (Q) e fator de acoplamento (k). O fator de qualidade garante uma ressonância “ótima” para altas frequências, já o valor de “k” está diretamente ligado a distância e posição das bobinas. Quanto maior o número de linhas de campo magnético maior será o coeficiente de acoplamento entre as mesmas. Entretanto, como o acoplamento não é perfeito, se faz necessário o uso de capacitores para compensar as perdas indutivas. O tipo de conexão dos capacitores (série ou paralelo) dependerá da fonte e das características da carga⁴.

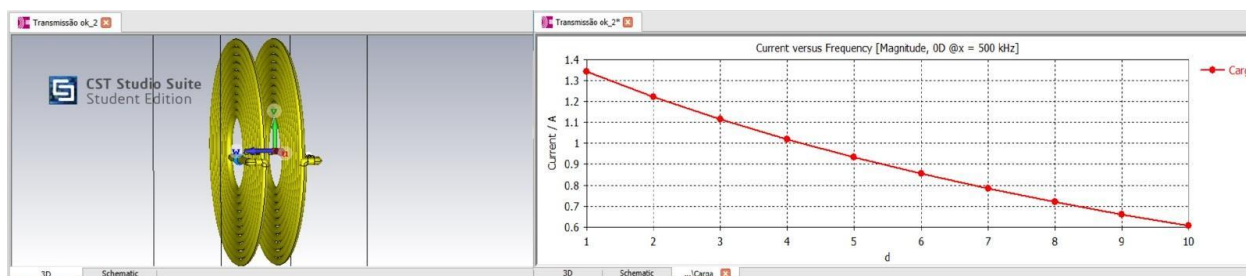
Para maximizar a transferência de potência, deve-se haver um casamento de impedâncias. Logo, os maiores valores de transferência acontecem na frequência de ressonância. Na elaboração de um sistema experimental, o casamento de impedância é um fator extremamente importante para garantir uma eficiência global adequada para o sistema. De acordo com a pesquisa desenvolvida, a antena mais utilizada nos modelos de transferência de energia sem fio por modos ressonantes é a antena tipo quadrada ou espiral, pois apresenta uma baixa resistência de radiação.

3. METODOLOGIA

Para estudo e desenvolvimento da bancada com sistema WPT é recomendada a utilização de um software de simulação eletromagnética com bobinas de diferentes parâmetros e geometrias. Desta forma, o software escolhido para utilização é o CST *Studio Suite*. Dentre suas características, algumas se destacam e atendem aos requisitos do projeto, como: permitir a modelagem da bobina de acordo com os parâmetros inseridos e modificar esses dados para análise. Além disso, o software traz a possibilidade de inserir equações algébricas e utilizar parâmetros como variáveis. É possível também realizar testes tanto em bobinas de geometrias convencionais como impressas em PCB. O software ainda permite a configuração do meio no qual a bobina se encontra, bem como de seus respectivos parâmetros. Com o objetivo de entender o funcionamento do sistema WPT indutivo na prática, estudou-se diversos modelos e resultados apresentados em artigos científicos pesquisados. Com base nos mesmos, tentou-se criar modelos semelhantes no software.

Primeiramente foi feita a montagem das bobinas, utilizando uma MACRO (modelo disponível no software) e ajustou-se os parâmetros conforme as necessidades do exemplo. Posteriormente, foram parametrizadas as variáveis do sistema, como distância, variando de 1 a 10 mm, frequência de trabalho de 500 kHz e também a configuração das propriedades do meio (ϵ_r). A corrente de 1 A foi utilizada para alimentar a bobina de transmissão, bem como os devidos ajustes de borda dos campos elétrico e magnético. Por fim, a simulação foi executada e os resultados exibidos na Figura 2.

Figura 2 - Exemplo de Transmissão WPT e Resultados obtidos I (A) x d (mm)



A análise dos resultados foi feita tomando como base a teoria do WPT previamente estudada. Foi possível verificar coerência nos resultados encontrados, como por exemplo, a eficiência do sistema. Por definição, a eficiência é uma relação da potência de saída sobre a potência de entrada. Em algumas transmissões simuladas, obteve-se o valor da eficiência em torno de 11%. Este resultado pode ser comparado ao de [6]. Além disso, em outras literaturas estudadas a porcentagem foi de aproximadamente 12% para a mesma distância analisada, sem a utilização de circuitos de compensação.

Além da variação da distância entre as bobinas, é de interesse testar a resposta do sistema com a variação de outros parâmetros, como a frequência de trabalho, por exemplo. Para esse projeto, trabalha-se com frequências na faixa de 100 kHz a 15 MHz. Além desta, outras variáveis relacionadas aos parâmetros físicos da bobina serão testadas, como o número de voltas e geometria. Também, serão variados outros parâmetros físicos como raio do condutor, espaçamento entre as espiras e comprimento do fio. Os parâmetros supracitados interferem diretamente nos valores da autoindutância, que apresenta grande importância neste projeto. Com o intuito de melhorar a eficiência e tornar o sistema viável, a próxima etapa do projeto consiste na introdução de circuitos de compensação. Posteriormente, serão vinculados ao sistema o circuito oscilador de alta frequência bem como o circuito conversor, problema desafiador para a Eletrônica de Potência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto em questão foi dividido em etapas. Na primeira etapa foi feito o levantamento do estado da arte para embasar o desenvolvimento da bancada. Feito isso, aprofundou-se os estudos relacionados ao link indutivo e as geometrias de bobina mais utilizadas, número de voltas mais eficaz, melhor material, dentre outros. A próxima etapa consiste no projeto do circuito de compensação e posteriormente dos demais componentes conforme descrito Figura 1. Ao fim do período definido no cronograma, espera-se obter uma bancada de testes eficiente para transferência de energia sem fio de cargas de baixa potência.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ SOUZA, Wanberton Gabriel. **Análise experimental da transmissão de energia sem fios por modos ressonantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- ² TOLEDO, Paula Muruel. **Concepção de um sistema ressonante para transmissão de energia sem fio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- ³ OREKAN, Taofeek; ZHANG, Peng; SHIH, Cyuansi. Analysis, design, and maximum power efficiency tracking for undersea wireless power transfer. **IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, v. 6, n. 2, p. 843-854, 2017.
- ⁴ BANA, Viktor. **Maritization of Coupled Coil in Seawater for Wireless Power Transfer**. ((No. SPAWAR/SCP-TR-2026). Space and Naval Warfare Systems Center Pacific San Diego Ca, 2013.
- ⁵ MOTTA, Tiago da Silva. **Transmissão de energia sem fio: método de acoplamento indutivo ressonante**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- ⁶ AGUIAR, João Filipe Vieira. **Transferência de Energia sem fios para carregamento de baterias**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Eletrônica Industrial e Computadores)-Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2013.