

EFEITOS DA RESSONÂNCIA EM BOBINAS EXCITADAS COM ONDAS SENOIDAIS

Alexandre Alex Silva e Caldas¹, Eduard Montgomery Meira Costa²

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Avenida Antônio Carlos Magalhães, 510 – Santo Antônio. CEP: 48.902-300 Juazeiro, BA.

² Colegiado de Engenharia Elétrica, Campus Juazeiro, Avenida Antônio Carlos Magalhães, 510 – Santo Antônio. CEP: 48.902-300 Juazeiro, BA.

Introdução

Este trabalho apresenta resultados de observações dos efeitos da força eletromotriz senoidal em transformadores com núcleo de ar formados por bobinas planas e anelares. Nos experimentos do trabalho foram colocadas bobinas planas e em anel alternando-se primário e secundário, variando a frequência a fim de se observar picos de ressonância, onde esses transformadores apresentam grandes ganhos de tensão no secundário. Nessas faixas de frequências os conjuntos de bobinas apresentam alto ganho nos níveis de tensão no secundário, mesmo com o número de espiras invertido, ou seja, menos espiras no secundário do que no primário, o que não é previsto na teoria de transformadores ideais (Nilsson & Riedel 2003, Araújo et. al. 2010, Dorf & Svoboda 2003).

Ressonância é a tendência que um sistema tem a oscilar em máximas amplitudes. Isso acontece quando a indutância e capacitância de um transformador são iguais, assim a reatância total será igual a zero e então a impedância do circuito admitirá seu menor valor, puramente resistivo. Pela lei de Ohm é onde a corrente será máxima e o ângulo de fase será zero.

Nas faixas de frequências ressonantes até pequenas forças conseguem obter uma alta amplitude, pois em ressonância o sistema armazena energia. O que explica um alto ganho de amplitude no secundário de todos os circuitos apresentados nessas frequências de ressonância, como visto também em (Costa, 2009,a,b, Costa, 2010, Costa 2009). O ganho do circuito descreve a relação entre as amplitudes das senóides de entrada e saída. O efeito de ressonância ocorre justamente quando as frequências do primário e do secundário assumem mesmo valor (Barlevy, 1999, Kurs, 2007).

Materiais e Métodos

Para os estudos realizados, ora apresentados neste artigo, foram utilizadas seis bobinas planas e anel com número de espiras 10, 12, 15, 20, 30, 40, 50, 200, 500 e 1600, respectivamente. Todas as bobinas foram montadas em uma estrutura de diâmetro de $D = 4.65 \times 10^{-2}$ cm, com fio de cobre esmaltado de diâmetro $d = 2.02 \times 10^{-4}$ cm (32 AWG). Nas bobinas com menos de 200 espiras, as suas alturas eram os próprios diâmetros do fio ($h = d = 2.02 \times 10^{-4}$ cm) e nos casos das bobinas de 200 espiras acima, as alturas foram $h = 5 \times 10^{-4}$ cm. As espiras apresentam suas espiras uniformemente espaçadas na forma espiral do centro para a extremidade, no caso das bobinas planas.

Os experimentos apresentados foram realizados com excitação na bobina primária, sendo ela plana ou anelar, com tensão de pico a pico de 5V senoidal. Nos dados apresentados essa tensão de entrada varia por causa da impedância interna do gerador de sinais utilizado. As frequências fornecidas pelo gerador de sinais variam de 1 kHz a 25 MHz. Assim foram analisadas, quanto à tensão, as respostas do primário e do secundário dos transformadores estudados. Informações de níveis de frequência ressonantes, comportamento das bobinas e mudanças de fase na ressonância serão apresentadas nas seções posteriores.

Resultados e Discussão

A figura 1 mostra um gráfico da frequência (eixo x) pela tensão (eixo y), demonstrando o funcionamento do transformador em frequências que variam de 1 KHz a 25 Mhz, onde se evidencia os picos de ressonância, que são as faixas de frequência onde o secundário apresenta um ganho de tensão muito maior que a relação de transformação do transformador ideal, respeitando o número de espiras.

Figura 1 – Tensões de entrada e saída em função da frequência, dados experimentais de: a) Anel 12 x disco 20, b) disco 20 x anel 12.

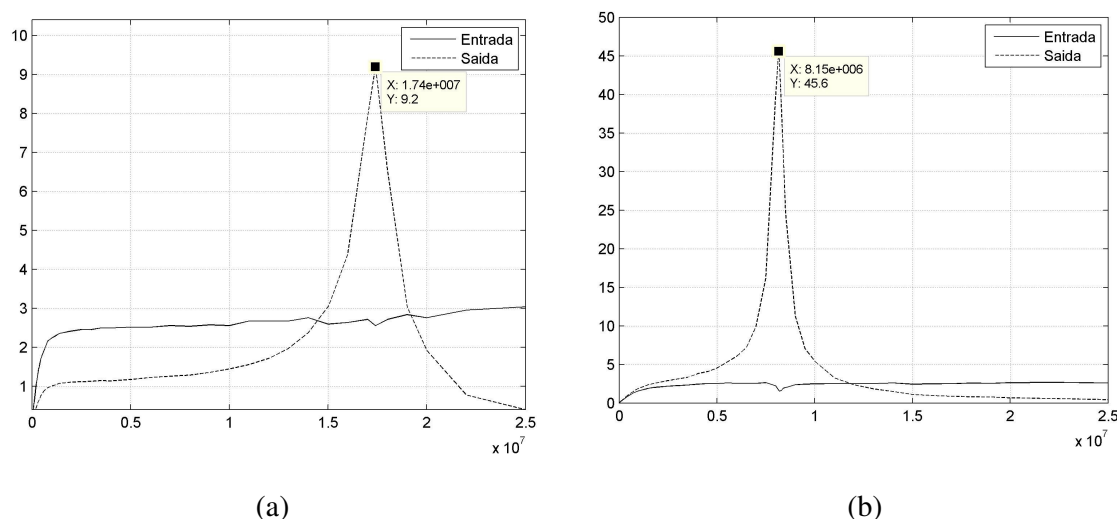


Tabela 1: Relações de frequência de ressonância, tensões do primário e secundário e comparação entre relação de transformação esperada e encontrada.

Relação - Bobinas	Frequência de Ressonância	Tensão do Primário	Tensão do Secundário	Relação Esperada	Relação Encontrada
a12xd20	17,4 MHz	2,56 V	9,2 V	1,67	3,6
d20xa12	8,15 MHz	1,68 V	45,6 V	0,6	27,14

Na coluna de relação de espiras a letra relaciona o tipo da bobina, anel ou disco, e o número relaciona a quantidade de espiras.

Experimentalmente é comprovado que sempre que um transformador se encontra em níveis de ressonância o gráfico apresenta uma queda no valor da tensão do primário, mostrando que sempre que um transformador apresenta ganhos além dos esperados no secundário, isto é também acompanhado de uma queda na amplitude da tensão de saída do secundário, como se pode ver em (Costa, 2009,a,b, Costa, 2010, Costa 2009).

Conclusões

O conceito de ressonância que ocorre em qualquer circuito que possua ao menos um indutor e um capacitor, sendo estes a causa de oscilações da energia armazenada de uma forma para outra. Uma das principais características é que na frequência de ressonância ocorre um ponto de amplitude máxima, quando os valores de capacitância ou indutância são iguais em módulo. Assim o transformador apresenta um ganho expressivo no secundário do transformador quando a impedância se encontra puramente resistiva, contrariando relações do transformador ideal presente atualmente.

Este estudo é importante para mostrar o comportamento de transformadores com bobinas planas e anelares em amplas faixas de frequência. Podendo esse estudo ser utilizado para trabalhos futuros com novas configurações da bobina de Tesla, utilizando bobinas em série em níveis de ressonância objetivando um ganho expressivo com menor porte que o normal de uma bobina de tesla (Costa, 2010, Denicolai, 2001, Babic & Akyel, 2006, Akyel et. al. 2002).

Referências

1. NILSSON, J. W., RIEDEL, S. A. "Circuitos elétricos". 6ª edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2003.
2. ARAUJO, G. de A., VASCONCELOS JUNIOR, C. A. V., Costa, E. M. M., "Desenvolvimento de um Transformador Experimental para Estudos em Eletromagnetismo", *Diálogos & Ciência*, 163-176, 2010.
3. DORF, R. C. e SVOBODA, J. A. "Introdução aos Circuitos Elétricos", 5ª Edição. Editora LTC, Rio de Janeiro 2003.
4. COSTA, E. M. M., "Resonance between planar coils vs ring coils excited by square waves," *Progress In Electromagnetic Research B*, Vol. 18, 59-81, September 2009.
5. COSTA, E. M. M., "Resonance On Transformers Excited By Square Waves And Explanation Of The High Voltage On Tesla Transformer." *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol. 18, 205-224, 2009.
6. COSTA, E. M. M., "Planar Transformers Excited By Square Waves" *Progress In Electromagnetics Research, PIER 100*, 55-68, 2010
7. COSTA, E. M. M., "A basic analysis about induced EMF of planar coils to ring coils," *Progress In Electromagnetic Research B*, Vol. 17, 85-100, August 2009.
8. COSTA, E. M. M., "Responses in transformers built with planar coils inner ring coils excited by square waves," *Progress In Electromagnetic Research B*, Vol. 18, 43-58, September 2009.
9. BARLEVY, A. S. e RAHMAT – SAMII, Y. "On The Electrical And Numerical Properties Of High Q Resonances In Frequency Selective Urfaces." *Progress In Electromagnetics Research, PIER 22*, 1–27, 1999.
10. KURS, A. et al. "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances". *Science Express*. Vol. 317. no. 5834, pp. 83 – 86, 7 June 2007.
11. COSTA, E. M. M. "Resonance on Coils Excited by SquareWaves: Explaining Tesla Transformer". *Ieee Transactions On Magnetics*, Vol. 46, No. 5, May 2010.
12. DENICOLAI, M., "Tesla transformer for experimentation and research." Licentiate Thesis, Helsink University of Technology, May 2001.
13. BABIC, S. I. e AKYEL, C. "New Analytic-Numerical Solutions for the Mutual Inductance of Two Coaxial Circular Coils With Rectangular Cross Section in Air". *Ieee Transactions On Magnetics*, Vol. 42, No. 6, June 2006.
14. AKYEL, C, BABIC, S. I. e KINCIC S. "New and Fast Procedures for Calculating the Mutual Inductance of Coaxial Circular Coils (Circular Coil–Disk Coil)". *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 38, No. 5, September 2002.