

Simulação e Geração de Campos Magnéticos Pulsados e aplicação num acelerador de partículas

Beatriz Pereira, Victor Ciro Solano Reynoso

Câmpus de Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia (FEIS), Curso de Engenharia Elétrica

E-mail: biapereira1998@outlook.com

Palavras Chave: Campo magnético pulsado; Simulação Teórica, Acelerador de Partículas.

Introdução

Este trabalho é focado no desenvolvimento de um sistema compacto para produzir um alto pulso de um campo magnético que pode ser utilizado na pesquisa de diferentes áreas como magneto-óptica¹, bioeletrônica, medicina² etc. Para determinar os parâmetros e componentes requeridos de um gerador de pulsos de campo magnético é preciso realizar uma análise teórica sobre o assunto.

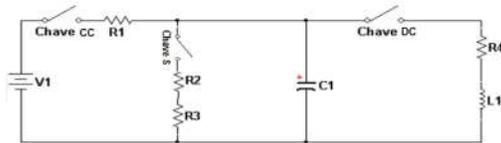
Objetivo

Simular teoricamente a geração do campo magnético pulsado em função dos parâmetros a como indutância, resistência e capacitância. Verificar a geração do campo magnético pulsado numa bobina construída no laboratório e aplicar num acelerador de partículas controlado através de um microcontrolador.

Material e Métodos

Em geral os campos magnéticos pulsados são obtidos via descarga da energia armazenada num capacitor numa bobina.

Figura 1. Circuito de carga e descarga do capacitor



O processo de descarga do capacitor C produz uma equação diferencial de segunda ordem com RLC em série e pode operar em três estados (**sub-amortecido**, **com amortecimento crítico** e **com amortecimento super-crítico**).

Uma solução geral desta equação diferencial é da forma:

$$I(t)_L = \frac{V}{2\omega L} \left(e^{\left(\frac{i\omega - R}{2L}\right)t} - e^{\left(\frac{-i\omega - R}{2L}\right)t} \right) \text{ Onde: } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Dependendo do resultado dos parâmetros utilizados na relação da frequência ω pode-se encontrar uma solução para cada caso:

. Sub amortecido: $I(t)_L = \frac{V}{2\omega L} e^{-\frac{R}{2L}t} \sin(\omega t)$

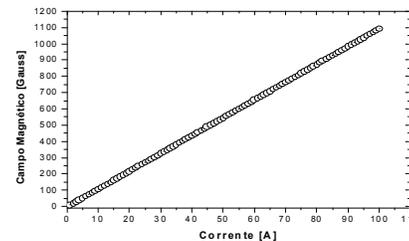
Super amortecido: $I(t)_L = \frac{V}{2\omega L} \left(e^{\left(\frac{\omega - R}{2L}\right)t} - e^{\left(\frac{-\omega - R}{2L}\right)t} \right) = \frac{V}{2\omega L} e^{-\frac{R}{2L}t} (e^{\omega t} - e^{-\omega t})$

Resultados e Discussão

Utilizando o Software Wolfram Mathematica, obteve-se o resultado da simulação para um solenoide de 32 mm de comprimento, 60 espiras desenhado conforme a referencia³. Considerando a indutância $L=32.96 \mu\text{H}$, resistência $R=0.06 \text{ Ohm}$. O gráfico a seguir ilustra a simulação de valores do campo magnético que esta bobina poderia gerar conforme a relação:

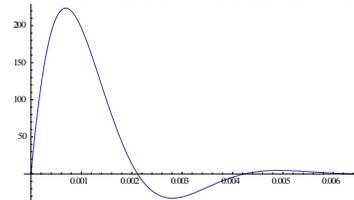
$$B = 10.9563 \times I \text{ Gauss/A.}$$

Figura 2. Relação entre Campo magnético e corrente do solenoide



Comprova-se que o sistema é Sub Amortecido e o pulso comporta-se de acordo com a Figura 3. Produzindo um pico de corrente de 220 Amperes aproximadamente, e produzir um pulso do campo próximo de 2432 Gauss

Figura 3. Sistema Sub Amortecido da solenoide



Conclusões

O tempo de subida do pulso é de 0.5 ms; este primeiro pulso de corrente produz um pulso do campo magnético no intervalo de 2.0 ms. Estes parâmetros são utilizados para o desenho do magneto do acelerador. No tempo de 2.0 ms a partícula poderá ser acelerada a uma grande velocidade e atravessar o comprimento de 32 mm rapidamente.

Referências

¹ D. Yanuka, S. Efimov, M. Nitishinskiy, A. Rososhek, and Ya. E. Krasik, Appl. Phys. **119**, 144901 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4945814>
² Yanhong Li, Guoqiang Liu, Shiqiang Li and Hui Xia, Advanced Materials Research Vols. 383-390 (2012) pp 805-810.
³ Novickij, V.; Grainys, A.; et.al, Elektronika IR Elektrotehnika, Vol. 19, NO. 8, 2013.