

DISEÑO DE UN MONITOR DE POSICION DE HAZ

Fermín Pérez Suárez (1), Geoffrey Humberto Israel Maury Cuna (2)

1 Maestría en Ciencias Aplicadas, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico:fermin.ugfimee@gmail.com

2 Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: israel.maury@ugto.mx

Resumen

En este trabajo se describe el diseño de un monitor de posición de haz tipo "Stripline", dicho diseño se llevó a cabo con el programa COMSOL, un software de diseño y análisis. Se empleó el modulo AC/DC y el modulo RF para elementos que funcionan bajo la interacción de campos eléctricos y magnéticos, que es el caso de este trabajo. La intención de este diseño es tener el punto de partida para simular una corriente de cargas eléctricas o partículas, lo que tendrá como resultado la aparición de un campo eléctrico. Dicho elemento consta de un análisis mallado que proporciona información valiosa para poder visualizar el comportamiento de los componentes bajo la influencia de los campos eléctricos.

Abstract

This paper describes the design of a Stripline Beam Position Monitor; it was elaborated with COMSOL software, a design and simulation software for elements that operates under the influence of electric and magnetic, which is the case for this work. The purpose of this design is to be a starting point for simulate a bunch of electric charges that will result in the production of an induced electric field. This element consists of a mesh analysis what provides valuable information to visualize the behavior of components under the influence of electric field.

Palabras Clave

Acelerador; Partículas; Posición; Cargas; Comportamiento

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El uso de campos electromagnéticos para la aceleración de partículas cargadas data de mediados del siglo diecinueve. La construcción temprana de aceleradores de partículas fue motivada por la física nuclear [1].

A comienzos de la década de los setentas un monitor compacto fue desarrollado para medir la corriente del haz de partículas, así como su posición, específicamente para aceleradores de inducción de pulsos cortos de electrones. Su funcionamiento consistía en una banda resistiva insertada en la pared dentro de la cámara de vacío con conexiones para leer el voltaje a través de la banda en la posición vertical y horizontal [2].

Los sistemas e instrumentos de control de un acelerador proveen una enorme cantidad de información de diagnóstico. El acceso a esta información puede variar desde periódicas revisiones por operadores hasta un alto ancho de banda de adquisición de datos [3].

Las limitantes más claras en esa década consistían en cómo calcular la posición del haz de partículas, los cálculos correspondientes traían una gran desventaja, ya que la tecnología no podía procesar información de cantidades tan exuberantes. Sin embargo, con el desarrollo de nuevo software y sistemas de control esto dejó de ser una limitante.

Marco Teórico

Los principales componentes o sistemas de los aceleradores son la fuente de partículas, cavidades de radiofrecuencia, magnetos e instrumentación y desde luego una cámara de vacío por donde circulan las partículas. La forma más común para monitorear la posición del haz de partículas cargadas es acoplándose al campo

electromagnético del haz. El método convencional de posicionamiento del haz consiste en un par de electrodos (o dos pares), que recolectan la señal inducida sobre ellos por el haz de partículas. Dicha señal debe de la distribución de corriente del haz y de la posición con respecto a los electrodos de esta manera es medida en las coordenadas transversales (x,y) de la posición del haz [4].

Diferentes tipos de monitores de posición de haz han sido desarrollados. El tipo de monitor que se escoja depende fuertemente de las características del haz. Los más usados son los monitores de posición de haz tipo "Stripline" y cavidades de radiofrecuencia [5].

El objetivo central de este trabajo está centrado en el punto inicial del diseño y simulación de un monitor de posición de haz de partículas. Este tipo de instrumento es definido por Peter Forck como: "un dispositivo no invasivo que cuenta con una frecuencia de corte baja, es decir que no se puede monitorear el comportamiento de un haz de corriente directa" [2] y que funciona bajo el principio de corriente imagen inducida en el electrodo debido a la presencia de la corriente del haz de partículas cargadas.

La importancia de un monitor de posición de haz radica en que es necesario conocer en todo momento, donde se encuentra el haz en un acelerador de partículas; además, se puede determinar la energía del haz y, conociendo la posición del mismo, se puede hacer correcciones a su órbita. Por otro lado cabe mencionar que el desarrollo de un elemento de esta índole contribuye al desarrollo de la tecnología propia del país. Por otro lado, la construcción de un BPM con fines didácticos y de entrenamiento de recursos humanos es un proyecto del Grupo de Aceleradores de la División de Ciencias e Ingenierías de la Universidad de Guanajuato. Comenzar con simulaciones que con el tiempo ayuden a la caracterización de los dispositivos construidos es de vital importancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se empleó el software COMSOL, ya que esta herramienta viene con una gama amplia de opciones aplicadas al análisis físico de materiales y las interacciones de diferentes geometrías con campos electromagnéticos.

El primer paso consistió en elaborar la geometría del objeto a simular. Dicha geometría se muestra en la IMAGEN 1, donde se puede observar dos secciones sólidas, la primera que tiene forma cilíndrica larga es la que simulara el haz de partículas que generarán un campo eléctrico. La segunda y de aspecto mucho más grande (sección cilíndrica) es el diseño del electrodo, el cual recolectará el comportamiento de la señal inducida por el haz.

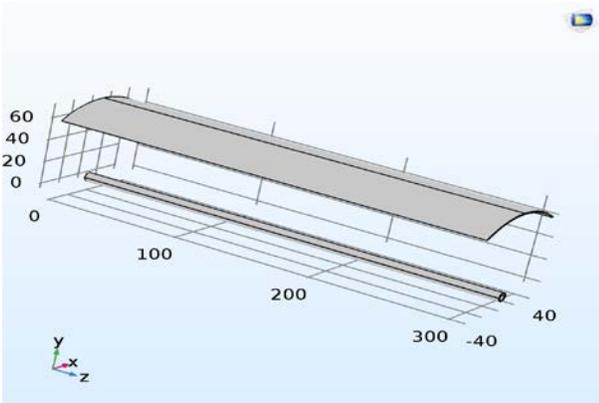


IMAGEN 1: Diseño de monitor de posición de haz en COMSOL.

Antes de llevar a cabo cualquier operación en COMSOL fue necesario incluir en el sistema una señal periódica que simulara la distribución de corriente del haz de partículas cargadas. Dicha señal se puede apreciar en la IMAGEN 2.

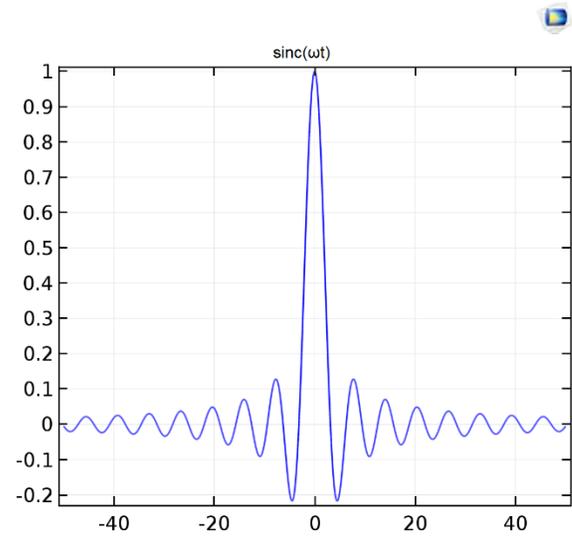


IMAGEN 2: Señal simula un perfil de haz de partículas.

Una vez que se utilizó la herramienta de desarrollo CAD sobre COMSOL, además de incluir cada uno de los estudios y parámetros involucrados, se procede a realizar el mallado para poder trabajar en la simulación del sistema como se aprecia en la IMAGEN 3. Dicho mallado es hecho de forma automática por el software.

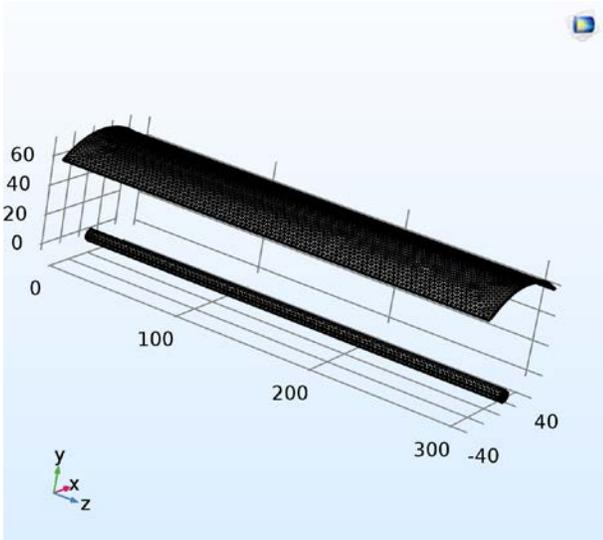


IMAGEN 3: Mallado del diseño CAD en COMSOL.

Este procedimiento como se aprecia en la IMAGEN 3 selecciona el diseño previamente elaborado y lo fracciona de tal manera que cada sección pueda ser tratada de manera dependiente al momento de la simulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los primeros resultados de la simulación, como se muestra en la IMAGEN 4, nos señala el campo eléctrico en rebanadas múltiples, donde se aprecian las líneas rojas con mayor intensidad de campo por sobre el cilindro que simula el haz de partículas cargadas.

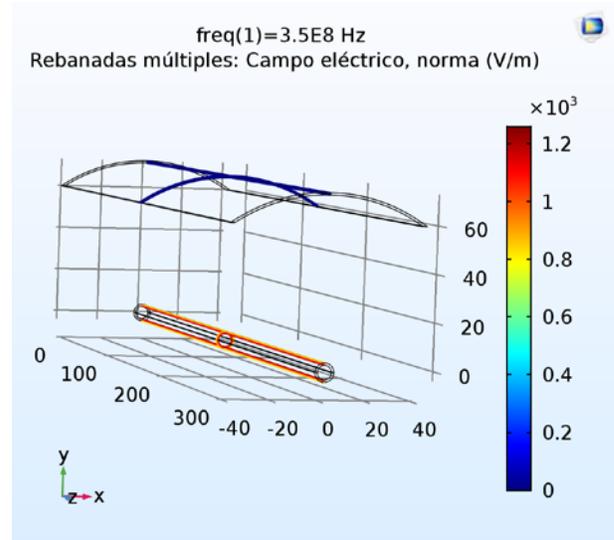


IMAGEN 4: Simulación del campo eléctrico sobre el diseño de trayectorias de partículas,

Los resultados que se muestran en la figura anterior nos describe la intensidad y distribución del campo eléctrico (véase IMAGEN 4).

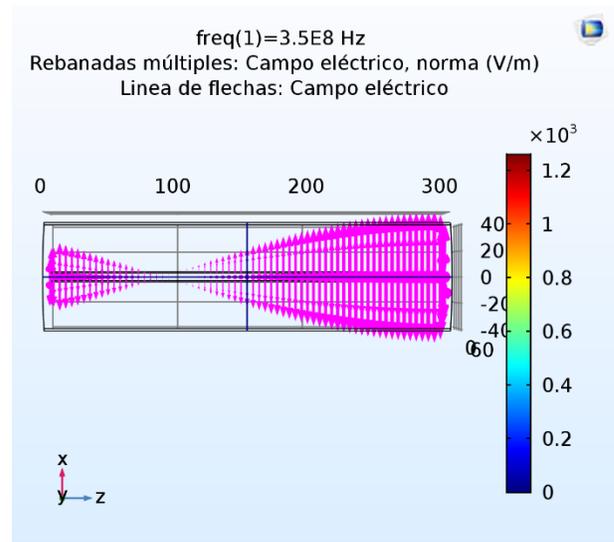


IMAGEN 5: Vista sobre el plano x-y del campo eléctrico a lo largo del cilindro.

En la IMAGEN 5 y la IMAGEN 6 se puede apreciar como el campo es radial al cilindro que simula el haz de partículas.

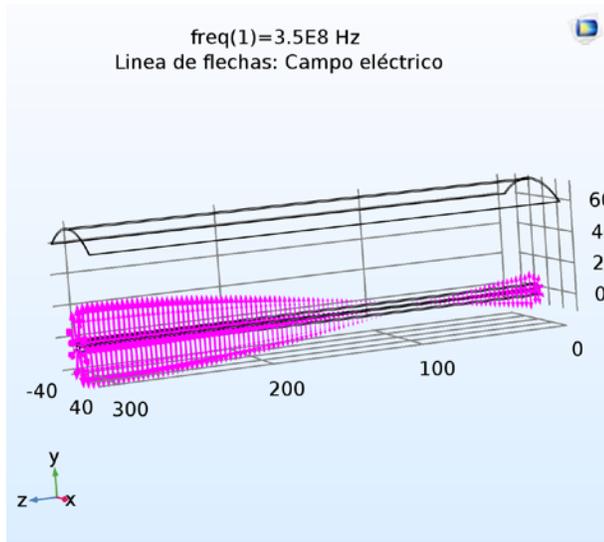


IMAGEN 6: Vista de la distribución del campo en el plano x-y-z.

Cabe mencionar que el trabajo elaborado fue sometido a diferentes pruebas, variando algunas geometrías, cambiando parámetros como la frecuencia y además probando diferentes simulaciones que traen resultados muy similares a los que se muestran en este trabajo. Como paso inicial de este proyecto, se ha mostrado que podemos utilizar el software COMSOL para simular el haz de partículas haciendo pasar una señal que simula al haz. Como trabajo futuro, se planea expandir la simulación para incluir la corriente imagen inducida en el electrodo (superficie superior de la IMAGEN 1). La idea detrás de este proyecto es simular el comportamiento del BPM que está siendo construido en la División de Ciencias e Ingenierías. Posteriormente, comparar los resultados simulados con las mediciones experimentales que se llevarán a cabo en el prototipo construido.

CONCLUSIONES

El uso de herramientas tecnológicas para el diseño, la simulación e interpretación de resultados representa una gran ventaja en trabajos futuros, pues estas proveen una forma de darnos una idea de lo que se espera obtener en los dispositivos construidos.

AGRADECIMIENTOS

En especial agradezco a la Universidad de Guanajuato por darnos el motivo para poder seguir en el campo de la investigación, así como a mi asesor el Dr. Geoffrey Humberto Israel Maury Cuna por su valioso apoyo brindado en todos los sentidos.

REFERENCIAS

- [1] D.A. Edwards. A. (2004). An introduction to the physics of high energy accelerators (2nd Ed.) Dallas TX., WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KgaA, Weinheim.
- [2] Peter Forck, Piotr Kowina and Dmitry Liakin, 2008 "Beam Position Monitor: Detector Principle, Hardware and Electronics".
- [3] T.J. Shea, "INTERFACING TO ACCELERATOR INSTRUMENTATION", Brookhaven National Laboratory.
- [4] Robert E. Shafer, 1989, "BEAM POSITION MONITORING", Los Alamos National Laboratory.
- [5] V. Sargsyan, "Comparison of Stripline and Cavity Beam Position Monitors", 2004.