

TEMA PARA LA VISUALIZACIÓN Y ESTUDIO DE FENÓMENOS ONDULATORIOS CON ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS DE ALTA FRECUENCIA

F. Maldonado¹, A. Parada¹, H. Peña Pedraza¹.
Grupo de Investigaciones en Óptica y Plasma
Línea de Investigación en Instrumentación Física
¹*Universidad de Pamplona*

(Recibido 15 de Sep.2005; Aceptado 11 de Abr. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)

RESUMEN

Se construyó un sistema para el estudio de fenómenos ondulatorios utilizando ondas electromagnéticas de alta frecuencia ($9 \cdot 10^9$ GHz). El dispositivo permite observar por medio de la longitud de una barra de leds de un voltímetro luminoso la intensidad del campo eléctrico de la onda electromagnética captada por un receptor de microondas. El sistema se utilizará en el laboratorio de ondas de la universidad de Pamplona para el estudio de los fenómenos de: reflexión, difracción, interferencia, refracción, polarización, absorción, resonancia y razón de onda estacionaria.

Palabras Claves: Fenómenos electromagnéticos, ondas de HF, klystron, guía de ondas.

ABSTRACT

A microwave system with wavelength of about 3 cm is used to illustrate the various electromagnetic waves phenomena. The device let to measure the relative magnitude of the received signal with an array of light emitting diodes located in front of the receiver, and provides a graph of length proportional to the intensity of the signal picked up by the receiver.

Keywords: Electromagnetic waves phenomena, HF waves, klystron, waveguide.

1. Introducción

El estudio y la observación de los fenómenos ondulatorios con ondas electromagnéticas es de gran importancia e interés para todo físico. Aquí mostraremos un sistema para la visualización y estudio de la existencia, propagación de las ondas de RF, y de los fenómenos ondulatorios con ondas electromagnéticas (OEM) de alta frecuencia en la región de las microondas (MO), ($9 \cdot 10^9$ Hz). El sistema implementado permite visualizar con ayuda de un arreglo de diodos emisores de luz las principales características de las ondas de Radio.

2. Descripción del Montaje Experimental

EL sistema implementado (Figura No.1), consiste de un tubo klystron reflex [1] transmisor (1) que puede generar señales de MO de longitudes de onda de 3 a 4.5 cm, las cuales pueden ser moduladas por una señal sawtooth (2). El campo magnético de la OEM en el resonador del klystron se acopla a un dipolo magnético en el cual se induce una corriente de MO que viaja a través del circuito terminando en un dipolo eléctrico con el cual se excita el modo fundamental TE_{10} [2] en un tramo de guía de ondas rectangular [4] terminado en una antena de bocina piramidal (3), dicho transmisor se mantiene fijo y un receptor (4) que puede girarse a

voluntad se dispone al frente. El detector del receptor es un diodo Schottky [2] de RF (5) cuya señal de salida se amplifica con ayuda de dos amplificadores operacionales LM741 (6), esta señal a la vez dispara unos circuitos integrados comparadores LM339 que alimentan a una barra luminosa de diodos emisores de luz (LED) (7), cuya longitud es proporcional a la magnitud del campo eléctrico de la OEM detectado por el receptor de MO. Cuando el transmisor y el receptor se encuentran en línea de vista, la señal detectada es la máxima [3] y la barra de LED's se enciende al máximo, al variar el ángulo con respecto a la línea de vista, la señal decrece y la longitud de la barra de LED's disminuye.

Con este montaje sencillo se pueden observar todos los fenómenos ondulatorios examinando la variación de la longitud de la señal luminosa del arreglo de LED's.

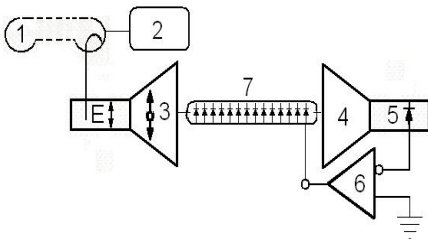


Figura No.1 . Montaje Experimental

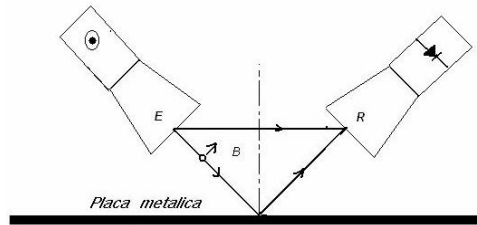


Figura No.2 . Montaje para visualizar la reflexión

3. Procedimientos experimentales para la observación de los principales fenómenos ondulatorios con MO.

Con el sistema implementado se pueden realizar varias prácticas didácticas de laboratorio con OEM. Entre otras podemos realizar las siguientes: a) cono de radiación, b) reflexión, c) refracción, d) difracción, e) polarización, f) ondas estacionarias, g) absorción de las MO, etc.

3.a. Procedimiento para visualizar el cono de radiación: el emisor E (klystron reflex) se dispone en una posición fija sobre una mesa y el receptor R (diodo schottky) esta montado sobre la misma plataforma, pero a diferencia del emisor este puede girar con respecto a la recta que los une. La barra de diodos emisores de luz se enciende una longitud proporcional a la intensidad de la señal detectada por el receptor. Cuando el receptor esta directamente en frente del emisor, la barra indica una señal intensa, a medida que se gira el receptor este se aleja de la línea de vista y la señal decrece, como lo indica la longitud de la barra luminosa de leds. De esta forma se puede determinar el ángulo máximo hasta el cual se puede detectar la señal de MO. La región de radiación de la OEM producida por una antena de bocina piramidal, debido a su gran directividad tiene una forma de lóbulo en forma de un bate de béisbol [3]. Al disponer el sistema emisor receptor el uno con respecto al otro a un ángulo mayor que el máximo del cono de radiación la magnitud del campo censado es cero.

3.b. Procedimiento para visualizar la reflexión: El haz de microondas transmitido por la antena emisora, se refleja oblicuamente en la superficie de una placa metálica [3]. En la Figura No.2 se puede ver que el ángulo de incidencia del haz es igual al ángulo de reflexión. Si se coloca la placa metálica entre el emisor y el receptor obstruyendo la línea de vista, la barra luminosa indica que el haz ya no pasa hacia el receptor. Al rotar el receptor alrededor de la

placa hacia el otro lado, la longitud de la barra luminosa aumenta, lo cual indica que el haz de microondas es reflejado por la placa metálica y captado por el receptor.

3.c. Procedimiento para visualizar la refracción: para esta experiencia es necesario contar con placas o prismas de un material dieléctrico como la parafina. Se coloca el prisma dieléctrico entre el emisor y el receptor obstruyendo la línea de vista, la barra luminosa indica que el haz ya no pasa hacia el receptor en línea recta sino que ahora es necesario mover el receptor alrededor del prisma para alcanzar el valor máximo del haz, la longitud de la barra luminosa aumenta, lo cual indica que el haz de microondas se ha refractado.

3.c. Procedimiento para visualizar la difracción: se realiza el montaje de la figura N°.4. se dispone una placa metálica con una hendidja de anchura del orden de la longitud de onda de la MO (4 cm), se dispone detrás de la hendidja el receptor con el sensor de diodo Schottky y se empieza a mover paralelamente a la placa a una distancia fija de la hendidja, se puede observar que cuando el receptor esta justo al frente de la hendidja la columna luminosa se activa en su totalidad. A medida que el receptor se aleja de este punto hay zonas donde la columna se desactiva completamente (Mínimos) y otras donde se activa pero no en su totalidad (Máximos de orden superior). La anterior descripción corresponde justamente a lo que se observa cuando se difracta una onda OEM.

3.d. Procedimiento para visualizar la polarización: El modo de la OEM de MO excitada en el tramo de guía del emisor es el modo fundamental TE_{10} , es decir que la OEM esta polarizada en el plano xy [3] lo que quiere decir que el vector campo eléctrico E oscila en la dirección y, el vector campo magnético es perpendicular a esta dirección. Al colocar una placa polarizadora (rejilla metálica) entre las dos antenas (figura N°.3.), dependiendo de la orientación de la placa, se puede observar que la longitud de la barra luminosa aumenta o disminuye proporcionalmente al valor de la componente del campo que pasa a través de la placa polarizadora según la ley de Malus.

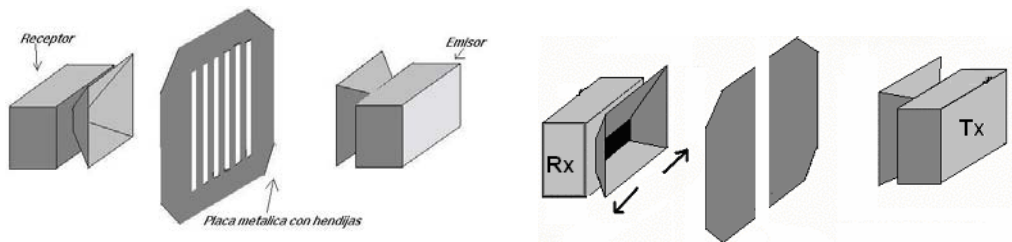


Figura No.3. Montaje para estudiar la polarización. **Figura No.4.** Montaje para estudiar la difracción.

3.e. Procedimiento para visualizar las ondas estacionarias: el haz de MO puede ser bloqueado por una lámina metálica, cuando ésta bloquea el haz la barra se encoge, y regresa a su longitud inicial cuando se quita la lámina. La hoja metálica colocada frente al transmisor refleja la MO hacia atrás en un ángulo de 180° formando ondas estacionarias en el espacio entre el emisor y la placa metálica [5]. Se usa un diodo Schottky como sonda receptora para sensar los máximos y mínimos de la onda estacionaria. Cuando la sonda se mueve a lo largo de la línea que va del transmisor a la placa metálica, muestra la existencia de las ondas estacionarias, es decir la longitud de la barra luminosa tiene su máximo en los antinodos de voltaje y es virtual-

mente cero en los nodos de voltaje de la onda estacionaria. Si se pone el diodo cerca de la lámina de metal y lo movemos hacia el emisor, observamos un patrón de ondas estacionarias formado por la interferencia de los haces incidente y reflejado. Midiendo las distancias entre dos mínimos o máximos consecutivos obtenemos la mitad de la longitud de onda de la MO [1].

3.f. Procedimiento para visualizar la absorción de la MO: si se dispone una hoja de papel seca directamente entre el transmisor y el receptor (Figura No.1), la MO pasa fácilmente a través del papel seco. Cuando el papel está mojado, el agua absorbe la MO [4] y el receptor no detecta ninguna señal transmitida, con lo cual la longitud de la barra luminosa disminuye.

4. Conclusiones

Se construyó un sistema para observar fenómenos ondulatorios con OEM utilizando un voltímetro luminoso, éste permite apreciar fácilmente casi todos los fenómenos ondulatorios. El arreglo descrito es muy didáctico de fácil manejo que incluso, aquel que no ha tenido experiencia con la teoría de MO aprecie como se comportan las OEM en distintas situaciones físicas.

El sistema de MO implementado es una herramienta didáctica poderosa para el estudio de las principales características de la radiación electromagnética, con este sistema se pueden realizar una gran cantidad de experimentos físicos de gran importancia, Además de los fenómenos ondulatorios descritos ampliamente aquí, entre otros, se podrían estudiar los conceptos de la existencia y propagación de la OEM, la propagación en línea recta, la ley del inverso cuadrado, los patrones de radiación de antenas de MO, el efecto de apantallamiento de la radiación EM por una jaula de Faraday, el efecto de la polarización cruzada entre antenas, el efecto de resonancia en una cavidad resonante de microondas, la medición indirecta de la velocidad de propagación de la OEM, la medición directa de la longitud de Onda y frecuencia de la OEM, el efecto de la focalización de un reflector parabólico metálico sobre una MO, los repetidores pasivos de señales de Radio, la dispersión de la señal de MO sobre un arreglo matricial de esferitas metálicas de dimensiones mucho menores que la longitud de la microonda, modulación de MO, los transmisores y receptores de MO. Todo esto es posible gracias a las propiedades de las MO, cuyas características de frecuencia y longitud de onda, permiten realizar diversas mediciones con gran facilidad y precisión.

5. Referencias

- [1] H. A. Atwater, Introduction to microwave theory, Mac Graw Hill, 1962.
- [2] J. M. Miranda, Ingeniería de Microondas, Prentice Hall, 2002.
- [3] Microwave circuits and antenas, D.M. Sazonov, Mir, 1990.
- [4] B.B. Nikolsky, Electrodinámica y propagación de las ondas de Radio, Editorial Naúka, Moscú, 1989
- [5] Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería, David K. Cheng. Pearson, 1998.
- [6] W.H. Kummer, E.S. Gillespie, Antenna Measurements, IEEE, vol 66, N° 4, April 1978.