

**IMPLEMENTATION OF AQ MICROWAVES SYSTEM IN ORDER TO
MEASURE THE REASON OF AN STADING WAVE****IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MICROONDAS PARA MEDIR LA
RAZON DE ONDA ESTACIONARIA****Ing. Heriberto Peña Pedraza.**

*Universidad de Pamplona
Km. 1 vía a Bucaramanga,
Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Física y Matemáticas.
Grupo de Investigaciones en Optica&Plasma
Línea de Investigación en Instrumentación Física.
Heriberto pepe@unipamplona.edu.co
Pamplona*

Abstract: In this work the instrumentation of a basic microwave system for impedances matching studies is described, and are described the physics principles of it operation. First experimental work is reported.

Resumen : En este estudio se describe el trabajo de instrumentación de un sistema básico de microonda para los estudios de los impedimentos de asociación, y se describen los principios básicos para su operación. Se reporta el primer trabajo experimental.

Keywords: Microwaves, vswr, swr, roe, standing waves.

1. INTRODUCCIÓN

Las microondas se pueden definir como las ondas electromagnéticas que se encuentran en la región de frecuencias que va desde los 300 MHz hasta los 300 GHz, o que tienen longitudes de onda que van desde 1m hasta 1mm.

La tecnología de las microondas es uno de los campos del conocimiento científico que más se han desarrollado en los últimos años. Lo que ha generado una creciente utilización de dicha tecnología en los sistemas modernos de comunicaciones, debido a sus características y al abaratamiento de costos de los dispositivos,

componentes, y sistemas electrónicos de microondas.

Las características especiales de las microondas como son: sus altas frecuencias y sus longitudes de onda cortas, las hacen extraordinariamente útiles en los sistemas de comunicaciones; las altas frecuencias permiten grandes anchos de banda, mientras que las λ cortas permiten utilizar antenas de Microondas de gran ganancia y altamente directivas.

Las Microondas se definen también como aquellas bandas de frecuencias en las que las dimensiones de los componentes utilizados, circuitos o sistemas empleados son comparables a una fracción de la longitud de onda de la señal; debido a esto aparecen una serie de problemas que no se tenían anteriormente a frecuencias más bajas. Por ejemplo: Los componentes habituales, tales como bobinas, condensadores, resistencias, etc; pierden el comportamiento habitual que tenían en la electrónica de bajas frecuencias y comienzan a presentar un nuevo comportamiento mucho más complejo: las resistencias cambian de valor según la frecuencia de trabajo y presentan una parte inductiva creciente con la frecuencia, las inductancias tienen mayores pérdidas los condensadores presentan resistencia considerable y hasta reactancia inductiva. Se debe tener en cuenta el tiempo de propagación (tiempo de tránsito) de la señal, es decir la longitud de las líneas de transmisión pueden desempeñar un papel activo similar al de los elementos L y C convencionales. Por ejemplo una guía de ondas que es la línea de transmisión convencional en la región de microondas, dependiendo de su longitud puede tener una impedancia determinada, además una forma de adaptación de impedancias se obtiene variando su longitud.

Al trabajar en la región de frecuencias de microondas las distancias entre electrodos y las capacitancias interelectrónicas se deben tener en cuenta en el diseño de todo dispositivo electrónico. Por eso los dispositivos de microondas se deben fabricar tomando en cuenta cada una de estas circunstancias. Es decir los métodos de diseños y análisis de circuitos electrónicos que se tenían a bajas frecuencias ya no son de gran ayuda, y es necesario diseñar nuevos dispositivos generadores de oscilaciones, nuevas líneas de transmisión y utilizar otros métodos de análisis especiales para microondas.

En las bases físicas de las microondas se estudian los procesos electromagnéticos que ocurren en esta región del espectro electromagnético, el principio físico de funcionamiento de algunos dispositivos, las aplicaciones de éstas ondas electromagnéticas para portar energía e información útil, y la transmisión y recepción inalámbrica de señales.

La frase "comunicaciones vía microondas" se refiere a la transmisión y recepción de información

utilizando ondas Electromagnéticas de longitud de onda corta, que se propagan a través del espacio libre o de la atmósfera.

Un sistema de comunicaciones genera una señal portadora sinusoidal sobre la cual, mediante modificaciones de su amplitud, frecuencia o fase se introduce un mensaje según unas normas de codificación. Esta señal se transmite a un punto lejano por medio de ondas EM y el receptor realiza la operación inversa recupera el mensaje.

En estos procesos se utilizan dispositivos electrónicos activos (Diodos, Transistores, Tubos de vacío); los cuales transforman la señal. Y elementos pasivos que afectan la amplitud de las señales (Resistencias) o bien su fase (inductancias y condensadores) e hilos o tiras conductoras que transportan la tensión y las corrientes de unos elementos a otros.

Los conceptos fundamentales de las microondas son de vital importancia para todo estudiante de ingeniería electrónica y de telecomunicaciones, puesto que éstas son las bases para el estudio del radar, los sistemas GPS, la radiodeterminación, las comunicaciones inalámbricas de datos, audio y TV, vía microondas, vía satélite, etc.

Las comunicaciones vía microondas han convertido a nuestro planeta en una aldea global, comunicando a personas como nunca antes con información de datos, audio y video.

La Comunicación de datos inalámbrica en la forma de microondas y enlaces de satélites son usados para transferir a larga distancia voz, datos, conectar circuitos de televisión o simplemente información telemétrica del monitoreo de sensores para su posterior manipulación. Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además son ampliamente utilizados para interconectar redes de área local inalámbricas (WLANS) con sus homologas redes de área amplia (WANS) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos. También sirven de soporte para hacer enlaces punto a punto o multipunto en los cuales las antenas juegan un papel importante como Tx y Rx y como repetidoras.

Los teléfonos celulares y los satelitales, los sistemas GPS, los sistemas de tráfico aéreo automáticos de aviones sin intervención humana, los radares, las sondas espaciales, los sistemas satelitales, etc. Todo esto es posible gracias a las comunicaciones por microondas.

Entre otras aplicaciones de las microondas tenemos: la TV UHF, los enlaces telefónicos L.D.I (retransmisión telefónica). Las comunicaciones satelitales, los sistemas de posicionamiento global y radiodeterminación, las comunicaciones por dispersión troposférica, la telefonía celular, la telemetría, las sondas espaciales, los hornos microondas, el tratamiento de productos agrícolas, en la física del plasma, la radioastronomía, la industria, la medicina, el radar, en la espectroscopia de microondas, y otras. Esta es solo una pequeña muestra de la gran importancia y aplicaciones de las microondas, en algunos campos del conocimiento humano y en la vida cotidiana.

1.1. Líneas de transmisión.

Cuando necesitamos transportar de un punto a otro una onda electromagnética de microondas es necesario emplear un medio físico adecuado.

Las líneas de transmisión (Figura 1a) se emplean para transmitir punto a punto potencia de RF o información en una onda portadora utilizando una u otra técnica de modulación en amplitud, frecuencia o fase.

En cualquiera de los casos es indispensable que las líneas de transmisión y sus respectivas cargas estén acopladas. En el argot técnico de las comunicaciones se dice que una carga esta acoplada o adaptada a las líneas de transmisión cuando toda la información incidente se transmite completamente a la carga sin que se refleje nada a la línea de transmisión, éste es un caso ideal.

En la práctica las líneas de transmisión y sus respectivas cargas se encuentran desacopladas, por lo tanto no toda la información se transmite parte de ella se refleja en el plano de la carga. Cuando esto ocurre la onda reflejada viaja en dirección opuesta a la onda incidente, en este caso ocurre el fenómeno físico denominado interferencia de dos ondas viajeras en sentidos opuestos, lo que da como resultado una **onda electromagnética estacionaria** con valores de vientres máximos y de

valles mínimos bien definidos a lo largo de toda la línea de transmisión.

Uno de los conceptos más importantes en la física de las comunicaciones por microondas es el de **la razón de onda estacionaria ROE o VSWR** de sus siglas en ingles. Se denomina la razón de onda estacionaria ROE, la razón entre los valores máximo del campo eléctrico de la onda estacionaria y su valor mínimo.

$$ROE = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{m\acute{i}n}} \quad (1)$$

La razón de onda estacionaria es una magnitud adimensional que nos ofrece información acerca de que tan bien o mal adaptados están los sistemas entre sí. En el caso ideal de adaptación completa la ROE es igual a la unidad, y entre mas desadaptados estén los sistemas mayor es la razón de onda estacionaria.

Existen dos casos extremos de desadaptación de impedancias: el circuito abierto y el corto circuito, en ambos casos la razón de onda estacionaria es infinita teóricamente, en la mayoría de los casos es siempre mayor que la unidad. En todo caso siempre es necesario que cada vez que queramos una buena adaptación de impedancias, hagamos que la razón de onda estacionaria tienda a la unidad o al menos que se acerque a este valor.

Existen varias formas adaptación de impedancias en la técnica de las microondas, una de ellas es utilizando atenuadores, iris o diafragmas, postes o tornillos de longitud y posición variables, los cuales se disponen en lugares estratégicos dentro de la guía de ondas de tal forma que se satisfagan las condiciones de adaptación de impedancias en el sistema en estudio.

Una herramienta muy utilizada por los ingenieros de comunicaciones para llevar a cabo la adaptación de impedancias es la Carta de Smith. Dicha carta es un método gráfico en coordenadas polares de impedancias o admitancias normalizadas con respecto a la impedancia característica de la línea de transmisión que se esta utilizando.

Las características del diagrama de Smith, se emplean para la solución de problemas en líneas de transmisión de microondas, en particular el de la adaptación de impedancias con el método de un brazo (stub) y su equivalente en microondas los

sintonizadores montados sobre la guía de ondas de línea ranurada basados en postes o sondas metálicas de longitud y posición variables.

1.2. Las ecuaciones de Maxwell

Son las bases teóricas y el punto de partida para el análisis de todos los procesos electromagnéticos que ocurren en el interior de las guías de las microondas. La Ecuación de Onda es una de las consecuencias más importantes que se derivan de las ecuaciones de Maxwell, ella se obtiene para el caso de medios ilimitados, lineales, homogéneos e isotrópicos en ausencia de fuentes de campo (ρ , \mathbf{J}); y de la combinación de dos de las ecuaciones de Maxwell para los rotacionales del campo eléctrico y magnético (ley de Faraday y de Ampere); teniendo en cuenta algunas operaciones básicas del análisis vectorial.

Las líneas de transmisión de microondas pueden ser: las microtiras (láminas metálicas paralelas separadas por un dieléctrico) y las guías de ondas que consisten de tubos metálicos huecos de geometría rectangular, circular o coaxial, que confinan en su interior los campos electromagnéticos.

El comportamiento general de los campos dentro de estas estructuras guías de ondas se describen completamente hallando la solución de la ecuación de onda; teniendo en cuenta las condiciones de frontera de los campos en las superficies metálicas de las paredes y la geometría de la estructura guía de onda para resolver la ecuación de onda en el sistema de coordenadas más adecuado.

Las soluciones de la ecuación de onda en una guía de ondas de una geometría determinada la buscamos en la forma de los llamados tipos de modos TE y TM, en dependencia de cual de los campos E_z o H_z respectivamente son cero. La solución a la ecuación de onda para un tipo de onda dado posee un conjunto discreto pero infinito de funciones propias que satisfacen a las condiciones de frontera y a la ecuación de onda, denominadas los valores propios de la función solución y son denominadas así: TM_{nm} o TE_{nm} . Estas funciones describen la variación temporal y espacial del campo electromagnético dentro de la respectiva guía de onda.

Entonces la búsqueda de la distribución o configuración de los campos dentro de las guías de onda consiste en la solución de la ecuación de onda para un modo dado a través de la componente longitudinal de campo diferente de cero, y luego

expresando las componentes transversales de los campos en función de la solución hallada para la componente longitudinal. Las guías de onda son filtros pasaaltas y se caracterizan por tener una frecuencia de corte, a partir de la cual comienza la propagación de señales. El modo con menor frecuencias de corte que se puede propagar a través de una guía se le denomina el modo dominante o fundamental. Las configuraciones de los campos dentro de las guías se hacen más complicadas al aumentar el orden de los modos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA ADAPTAR UNA BOCINA DE MICROONDAS.

El sistema que se desea adaptar (Figura 1b). es un circuito básico de microondas que consta de: un generador de microondas (klystron reflex), una guía de ondas rectangular, una guía de ondas ranurada con un poste de admitancias variables, una antena de bocina piramidal rectangular. Este podría ser en principio un sistema transmisor de microondas.

El klystron Reflex usado es de Tipo 2K25 o 723 A/B. Un klystron es una válvula termiónica especializada generalmente utilizada para generar o amplificar señales de microondas. (Figura 1b). La frecuencia natural de oscilación del dispositivo se puede ajustar mecánicamente con ayuda de una pequeña varilla que puede roscarse y que esta situada a un lado del tubo; electrónicamente se puede variar la frecuencia de oscilación variando el potencial aplicado al reflector.

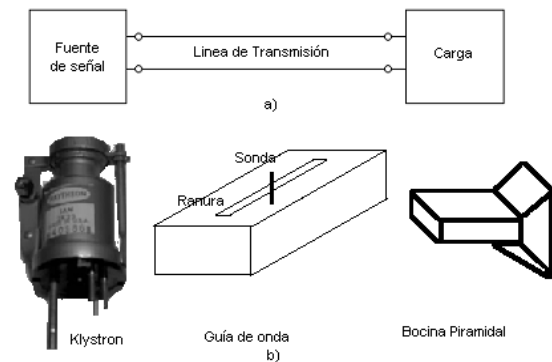


Figura 1. a) Circuito básico con línea de transmisión b) circuito básico de microondas

El dipolo eléctrico de la salida desde la cavidad resonante del klystron reflex se acopla a la guía rectangular de tal forma que el modo que se propague sea el modo fundamental TE_{10} .

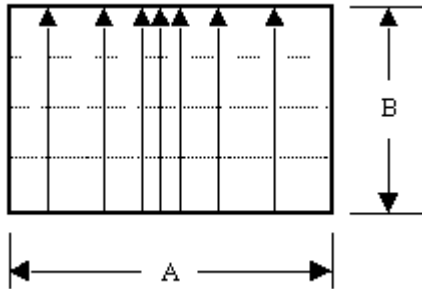


Figura 2. Modo fundamental TE_{10} en guía rectangular

Para la adaptación de impedancias se procede así: se realiza el montaje de la Figura 1b, inicialmente se determina la longitud de onda de la señal generada por el klystron y su frecuencia, con ayuda de un detector de diodo Schottky de RF y un multímetro digital o un osciloscopio procedemos a medir la magnitud y posición exacta en la guía ranurada de los máximos y mínimos del campo eléctrico en la onda estacionaria inicialmente poniendo en corto la línea de transmisión y luego colocando la bocina que se desea adaptar.

Una forma empírica de adaptación de impedancias se puede realizar con un sintonizador de línea ranurada, el cual consiste de una guía ranurada en la cual se ubica una sonda de posición y penetración variable. Este dispositivo se puede colocar en serie con el circuito de microondas a adaptar. La adaptación correspondiente se realiza variando la posición y profundidad del sintonizador y simultáneamente medir la ROE hasta llevarla a un valor cercano a la unidad.

Otra forma de hacer adaptaciones es con la ayuda de un sintonizador calibrado y la carta de Smith. Para ello se procede así: se pone la guía de ondas en corto circuito y se miden las posiciones en las que se producen los mínimos de la onda estacionaria producida bajo estas condiciones, cabe anotar que en el plano del corto circuito se produce un mínimo de la onda de voltaje y que éste se repite exactamente a distancias iguales a la $\lambda/2$, ver Figura 3. Enseguida se retira el corto circuito y se conecta la carga, se hacen las mediciones de las

nuevas posiciones de los mínimos de la onda estacionaria con carga, luego se determinan las distancias relativas entre los mínimos y observando si la distancia medida se realizó hacia la carga o hacia el generador, después conocida de antemano la λ se puede expresar las distancias relativas en función de λ .

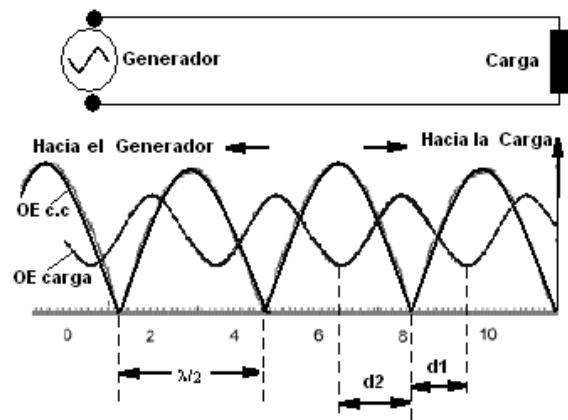


Figura 3. Ondas Estacionarias (OE) de la carga y el corto circuito (cc)

Luego utilizando la carta de Smith empleándola en el diagrama de admitancias, conociendo ROE y d que es la distancia hasta el corto circuito en el diagrama de admitancias de la carta de Smith, se puede hallar en dicha carta el valor de la posición y la admitancia requerida para que compense la admitancia en la línea de transmisión y el sistema quede acoplado adecuadamente.

4. CONCLUSIONES

1. Con el sistema descrito anteriormente se pretende poner en marcha la línea de Investigación en Instrumentación Física.
2. El sistema recuperado de microondas puede servir como punto de partida para estudiar los procesos electromagnéticos que tienen lugar en la física de las comunicaciones y en la electrónica de altas frecuencias.
3. Cabe anotar que detrás de esta técnica se encuentra una teoría física importantísima para todo ingeniero o físico, con ayuda de este sistema implementado podemos

estudiar todos los fenómenos ondulatorios que ocurren con las ondas electromagnéticas, y debido a las longitudes de onda que se manejan (aproximadamente 3cm) las mediciones que se hacen son muy precisas y fáciles de realizar.

4. La utilización de las microondas para estudiar los fenómenos de propagación, de antenas, y de adaptación de impedancias es de vital importancia para todo ingeniero de Telecomunicaciones.

REFERENCIAS

- Líneas de Transmisión, Rodolfo Nery Vela, Mac Graw Hill, 1999.
- Ingeniería de Microondas, José Miguel Miranda, Prentice Hall, 2002.
- Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería, David K. Cheng. Pearson, 1998.
- Microwave circuits and antenas, D.M. Sazonov, Mir, 1990.
- Electricidad y magnetismo, A.N. Mattveev, Mir, 1988.
- Electrodinámica y propagación de las ondas de Radio, B.B. Nikolsky, Editorial Nauka, Moscú, 1989.
- Principles of microwave technology, arsany, 1997, Prentice
- Física. Vol. II. Campos y Ondas. Alonso Y Finn. Teoría electromagnética, Willliam H. Hayt, Jr. , Mac Graw Hill, 1991.
- Manuales de equipos de Laboratorio de Microondas.
- <http://www.fnrf.science.cmu.ac.th/theory>