

SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE LA RAZÓN DE ONDA ESTACIONARIA

H. Peña Pedraza¹, A. Patiño¹, A. Sarmiento¹

¹ *Universidad de Pamplona, ciudadela universitaria, Km. 1 vía a Bucaramanga.
Grupo de Investigaciones en Óptica & Plasma, Línea de Investigación en Instrumentación Física
(Recibido 20 de Sep. 2005; Aceptado 13 de Mar. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)*

RESUMEN

La Razón de Onda Estacionaria (ROE) o Standing Wave Ratio (SWR), es un parámetro de gran importancia en todo sistema donde se interconecten dos o más módulos eléctricos o electrónicos de impedancias diferentes. La ROE permite determinar si los diferentes sistemas están adaptados adecuadamente o si por el contrario están desacoplados. En el presente trabajo se describen los principios físicos de operación de un sistema de instrumentación básico para el estudio de la adaptación de impedancias en circuitos de RF y microondas. Se describe un método útil para la adaptación de impedancias en circuitos de microondas a partir de la medición de su ROE.

Palabras claves: razon de onda, acople, instrumentation.

ABSTRACT

The Standing Wave Ratio (SWR), is a parameter of great importance in all system where two or more electrical or electronic modules of different impedance are interconnected. SWR allows determining if the different systems are adapted suitably. In the present work are described the physical principles of operating of a basic system to adaptation of impedance of RF and microwaves. A useful method for the adaptation of impedance in circuits of microwaves from the measurement of his SWR is described.

Keywords: wave ratio, connects, instrumentation.

1. Introducción

La razón de onda estacionaria ROE (SWR de sus siglas en ingles), es uno de los conceptos físicos más importantes cuando se tiene que adaptar o transmitir una onda electromagnética o mecánica entre dos o más dispositivos eléctricos, electrónicos, ópticos, mecánicos o en general entre dos sistemas que tengan diferentes impedancias intrínsecas.

Cuando un movimiento ondulatorio cambia bruscamente de medio de propagación, la onda viajera va a ser afectada y el resultado final se puede expresar por las diferencias entre las impedancias que ofrecen los diferentes medios al avance de la onda. Cuando las impedancias de los dos medios coinciden se dice que el sistema está adaptado o acoplado, en la mayoría de los casos es deseable que exista un acoplamiento máximo de las impedancias para que haya una máxima transmisión de la onda. Para estudiar la ROE y los efectos de la adaptación de impedancias partimos del hecho de que una onda viajera en un medio, al encontrar en su camino otro medio diferente, parte de la onda se transmite y parte de ella se refleja, produciéndose en el primer medio el fenómeno de la interferencia de dos ondas viajeras en sentidos opuestos, es decir una onda estacionaria.

Estudiaremos las características físicas del problema de la adaptación de impedancias en el caso de las ondas electromagnéticas, utilizando para tal fin circuitos de Microondas (MO). La elección de este tipo de ondas centimétricas es apropiada debido a su corta longitud de onda, lo que nos permite realizar mediciones con gran facilidad y precisión.

En una onda electromagnética, la razón de onda estacionaria ROE, se define como: la razón entre los valores máximo del campo eléctrico ($|E_{\max}^{\rightarrow}|$) de la onda estacionaria y su valor mínimo ($|E_{\min}^{\rightarrow}|$), como se muestra en la ecuación (1).

$$ROE = S = \frac{|E_{\max}^{\rightarrow}|}{|E_{\min}^{\rightarrow}|} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (1)$$

donde V_{\max} y V_{\min} son los potenciales eléctricos asociados a sus respectivos campos eléctricos.

Existen varios métodos de adaptación de impedancias en una guía de ondas de MO, la mayoría de ellos son obstáculos que se disponen dentro de la guía, lo que trae como consecuencia la alteración de las condiciones de propagación de la onda electromagnética, traduciéndose esto en un cambio de la impedancia o admitancia característica de la línea de transmisión. La adaptación de impedancias en una guía de ondas se puede realizar 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 o admitancia en el sistema en estudio.

Una herramienta muy utilizada en la electrónica de altas frecuencias 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.

1.1 Líneas de transmisión: Cuando necesitamos transportar de un punto a otro una onda electromagnética de MO es necesario emplear un medio físico adecuado. Las líneas de transmisión 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. Las líneas de transmisión para microondas pueden ser: las microtiras 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 [1].

1.2 Configuraciones del campo dentro de las guías: 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 MO. El comportamiento general de los campos dentro de las estructuras guías de ondas se describen mediante la solución de la ecuación de onda teniendo en cuenta el sistema de coordenadas más adecuado a la geometría de la guía de onda [1].

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 (transversal eléctrico y transversal magnético), en dependencia de cual de los campos E_z o H_z respectivamente son cero.

2. Procedimiento experimental para la medición de la razón de onda estacionaria.

La Figura No.1b representa un circuito básico de MO que consta de: un generador de MO klystron Reflex tipo 2K25 o 723 A/B. Un klystron es una válvula termoiónica especializa-

da [2] El generador está acoplado a una guía de ondas rectangular (una guía de ondas ranurada con un detector de campo y conector BNC) y, ésta a su vez, a una antena de bocina piramidal rectangular. 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. El dipolo eléctrico de la salida desde la cavidad resonante del klystron reflex se acopla al centro de la guía rectangular de tal forma que el modo que se excite y propague sea el modo fundamental TE_{10} .

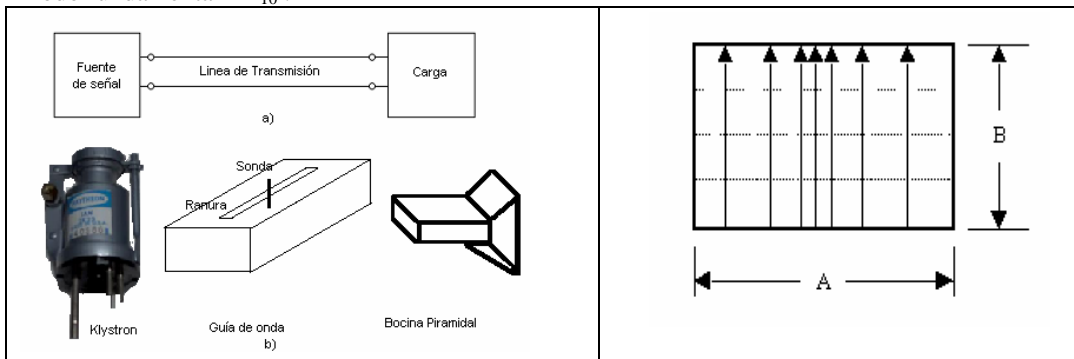


Figura No. 1. Circuito básico de MO: **a)** Esquema, **b)** Elementos. y **c)** Modo fundamental TE_{10} en la guía rectangular.

Para la adaptación de impedancias se procede así: se realiza el montaje de la Figura No.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 [2] y un multímetro digital o un osciloscopio. Para tal fin, procedemos a medir la magnitud y posición exacta, en la línea de transmisión (guía ranurada), de los máximos y mínimos del campo eléctrico de la onda estacionaria en corto circuito y con carga (bocina a adaptar). La figura No.2a muestra los resultados experimentales obtenidos, allí se pueden encontrar los valores promedios de: $\bar{\lambda} = 4.1$ cm, $\bar{\nu} = 7,317$ GHz, $\bar{S} = 8.11$.

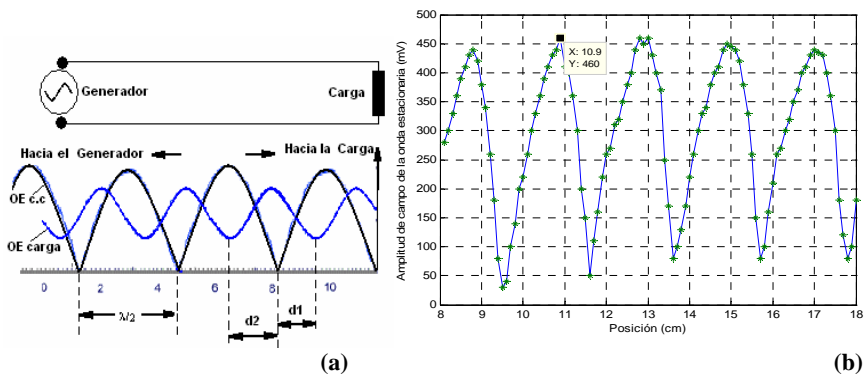


Figura No.2. a) Campo eléctrico de la onda estacionaria en función de la posición en la guía de onda rectangular determinada en un corto circuito y b) Ondas Estacionarias (OE) con carga y en corto circuito (c.c).

Una forma empírica de adaptación de impedancias se realiza con un sintonizador de línea ranurada, el cual consiste de una guía ranurada dentro de la cual se ubica una sonda de posición y penetración variable [3]. Este dispositivo se puede colocar en serie con el circuito de microondas que se va a adaptar. La adaptación correspondiente se realiza variando la posición y profundidad del sintonizador lo que hace variar la admitancia de la guía, simultáneamente se mide 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 $\lambda/2$, este hecho sirve mas tarde de referencia para medir la fase del coeficiente de reflexión de la onda reflejada en presencia de la carga (ver Figura No.2b). 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, producida con la carga, luego se determinan las distancias relativas (d_1 y d_2) entre los mínimos. Observando si la distancia desplazada “d” se realiza hacia la carga o hacia el generador (se pueden expresar las distancias relativas en función de λ). Luego utilizando la carta de Smith [2, 3], 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.

3. Conclusiones

El estudio didáctico de los fenómenos de propagación, los patrones de radiación de antenas, y el problema de la adaptación de impedancias es adecuado realizarlo utilizando MO que, debido a sus características de frecuencia y longitud de onda, permiten realizar mediciones en forma fácil y precisa en el laboratorio.

Con el sistema de MO utilizado se pone en marcha la línea de Investigación en Instrumentación Física de la U.P. implementando métodos experimentales didácticos para la estudio de los fenómenos ondulatorios de las ondas electromagnéticas de gran interés para físicos e ingenieros.

4. Referencias

- [1] R. Nery Vela, Líneas de Transmisión, Mac Graw Hill, 1999.
- [2] J. M. Miranda, Ingeniería de Microondas, Prentice Hall, 2002.
- [3] A. Harsany, Principles of microwave technology, 1999.
- [4] B.B. Nikolsky , Electrodinámica y propagación de las ondas de Radio, Editorial Nauka, Moscú, 1989
- [5] W.H. Kummer, E.S. Gillespie, Antenna Measurements, IEEE, vol 66, N° 4, April 1978.