

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
LABORATORIO LÍNEAS, GUÍAS Y ANTENAS

PARA 2
FOTOCOPIAR

ANEXO B

1.- Medición de ROEV mediante guía de onda ranurada.

1.1.- Medición de ROEV como razón entre el máximo y mínimo de campo eléctrico

Este método se usa para valores pequeños y medianos de ROEV (≤ 5), y consiste en medir directamente el cociente entre $E_{\max}$ y $E_{\min}$, por lo que se puede decir que es una aplicación directa de la definición. Se requiere un generador y una guía de onda ranurada de longitud mayor que $(\lambda g/2)$ para asegurar la presencia de un máximo y un mínimo adyacentes. Dentro de la ranura de la guía de onda se desplaza una sonda (pequeña antena) que está conectada a un detector de cristal (KTAL); la potencia que capta la sonda es proporcional al campo eléctrico en ese punto, por lo que podemos usar el voltaje a la salida del KTAL para medir E en forma relativa entre dos puntos de la guía ranurada. Este método es válido siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- La penetración de la sonda es pequeña, de forma de no perturbar el campo eléctrico en la guía.
- El cristal trabaja en ambas posiciones con igual valor de K_v (máximo y mínimo) en la zona cuadrática, sin llegar a saturación.

Cuando la ROEV es alta, $|E_{\min}|$ puede ser muy pequeño por lo que la profundidad de la sonda debe ser aumentada; lo anterior causa una deformación del campo. En la zona de $|E_{\max}|$ se tiene además que el KTAL ya no trabaja en la misma zona que en $|E_{\min}|$, pudiendo incluso llegar a saturarse. Para obviar lo anterior se usan los dos métodos descritos a continuación.

(Ver Ref. 1)

1.2.- Método de medición de ROEV del "doble mínimo" o 3 dB

Consiste en ubicar un mínimo en la guía de onda ranurada y luego determinar la posición de los dos puntos adyacentes al mínimo donde el voltaje a la salida es el doble que el mínimo medido inicialmente.

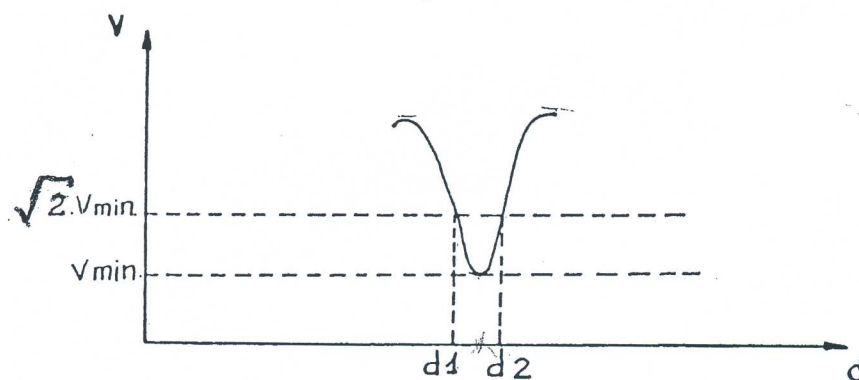


Fig 2 : Método del doble mínimo

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

Se tiene que:

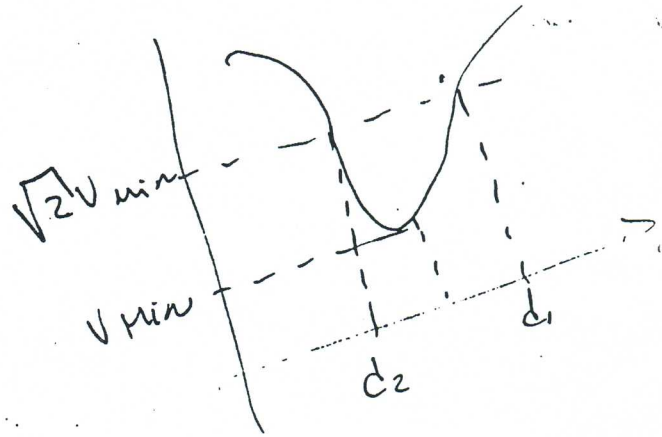
$$ROEV = \sqrt{1 + \frac{1}{\sin^2(\pi \cdot \Delta d / \lambda_g)}}$$

y para $ROEV > 10$, se puede aproximar por:

$$ROEV \approx \frac{\lambda_g}{\pi \cdot \Delta d}$$

(ver Ref. 1)

$$\Delta d = d_1 - d_2$$



1.3.- Método del Atenuador

Consiste en ubicar en la guía de onda ranurada un mínimo (midiendo el voltaje a la salida del detector), a continuación se ubica un máximo y se aumenta la atenuación de un atenuador dispuesto entre el generador y la guía de onda ranurada hasta que el voltaje en el máximo sea igual al voltaje medido inicialmente en el mínimo.

Se tiene que:

$$ROEV = \sqrt{10^{(\Delta At/10)}}$$

donde ΔAt es el aumento de atenuación expresado en decibels. (Ver Ref. 1)

$$(At_2 - At_1) \text{ dB} \cdot \left(\frac{A_2 - A_1}{20} \right)$$

↑
a en
min. $\rho = 10$

La exactitud depende del Atenuador y el efecto de carga de la punta.

1.4.- Método de medición de ROEV en forma indirecta (con atenuador intercalado)

Esta claro de los puntos anteriores que para medir ROEV se requiere al menos un generador de RF, una guía de onda ranurada y un instrumento indicador. En el punto 2 se explicara como medir ROEV usando coplas direccionales.

Hay oportunidades en que el dispositivo que se requiere medir no es accesible con todos estos instrumentos en forma directa (independientemente de la técnica de medición que se use), como es el caso de un reflector parabólico en el tope de una torre. Se usa entonces una línea de atenuación muy bien conocida para conectar el generador con la carga; en forma esquemática se tiene:

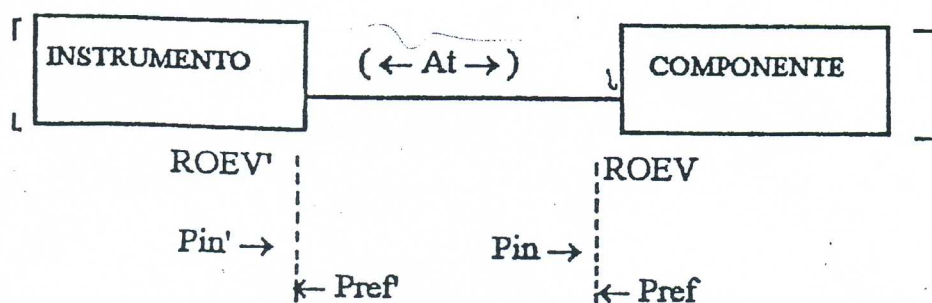


Fig 3 : Medición de ROEV en forma indirecta

El instrumento medirá ROEV', pero a nosotros nos interesa ROEV, por lo que:

$$ROEV = \frac{(ROEV' + 1) + (ROEV' - 1) \cdot 10^{At/10}}{(ROEV' + 1) - (ROEV' - 1) \cdot 10^{At/10}}$$

OBS.:

- Si $At = 0$ [dB] $\Rightarrow ROEV = ROEV'$
- Si $ROEV' = 2$ y $At = 3$ [dB] $\Rightarrow ROEV = 4.97$ (compruebelo) (siempre el ROEV' será menor o igual que el ROEV).

$$c) ROEV' = \frac{ROEV \cdot (10^{At/10} + 1) + (10^{At/10} - 1)}{ROEV \cdot (10^{At/10} - 1) + (10^{At/10} + 1)}$$

- Si $At \rightarrow \infty \Rightarrow ROEV' \rightarrow 1$

$$e) Si ROEV = \infty \text{ (caso de un corto)} \Rightarrow ROEV' = \frac{10^{At/10} + 1}{10^{At/10} - 1}$$

$$At$$

$$2At = 1$$

$$\sqrt{\frac{1}{At}}$$

V_r

(Ver Ref. 7)

2.- Medición de $|\Gamma|$ y Pérdida de Retorno mediante coplas direccionales

Se conocen con el nombre genérico de técnicas de reflectometría.

En este caso no se utiliza una guía de onda ranurada, sino que valiéndose de las características de las coplas direccionales se miden distintos parámetros, usándose diversos esquemas de medición. Este se escoge dependiendo del nivel de potencia de trabajo, exactitud que se requiere, ancho de banda de trabajo, instrumental disponible y facilidades para instalar este instrumental intercalándolo entre los componentes a medir.

2.1.- Descripción de esquemas.

Esquema A:

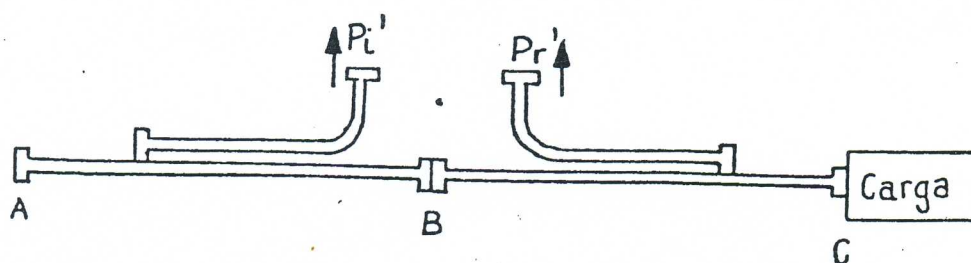


Fig. 4 : Esquema A

Se usan coplas direccionales, las que deben tener el mismo factor de acoplamiento; si son distintas la expresión para $|\Gamma_c|^2$ debe ser corregida en forma consecuente.

$$|\Gamma_c|^2 = \frac{P_r'}{P_i' \cdot A_t}$$

donde

A_t : atenuación entre A y C.

Esquema B:

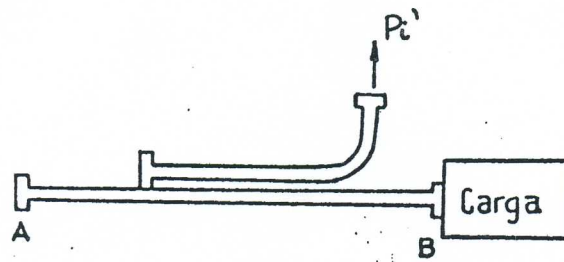


Fig. 5 : Esquema B

Se usa una copla direccional, midiéndose primero la P_i' , y luego invirtiéndose la copla se mide P_r' .

$$|\Gamma_B|^2 = \frac{P_r'}{P_i' \cdot A_t}$$

donde A_t : atenuación entre A y B.

Esquema C:



Fig. 6 : Esquema C

Se usa una copla direccional midiéndose P_r' , y luego desconectándose la carga se mide P_i en el punto B.

$$|\Gamma_B|^2 = \frac{P_r' \cdot C}{P_i^0}$$

donde C : Factor de acoplamiento.

Esquema D:

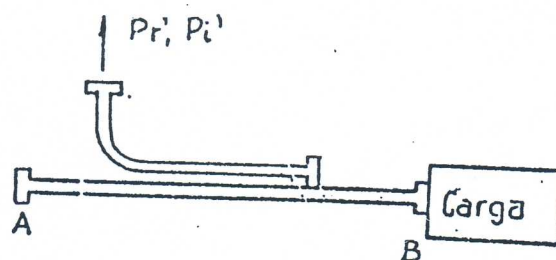


Fig. 7 : Esquema D

Se usa una copla direccional, midiéndose con la carga conectada $P_r' = (P_r / C)$; enseguida se reemplaza la carga por un corto (se refleja toda la potencia) y por lo tanto $P_i' = (P_i / C)$. Si calculamos la razón entre las potencias medidas se tiene:

$$|\Gamma_B|^2 = \frac{P_r'}{P_i'} = \frac{P_r}{C} \cdot \frac{C}{P_i} = \frac{P_r}{P_i}$$

OBS.: En el esquema D se debe cuidar que el o los dispositivos que hay a la izquierda del punto A no reciban un elevado nivel de señal reflejada, para lo cual puede ser necesario el uso de un atenuador o aislador. En todos los esquemas (A, B, C, D) explicados se requiere para medir potencias de un medidor de potencia o de un cristal calibrado. En el método siguiente se requiere solamente un detector a KTAL y un osciloscopio.

Esquema E:

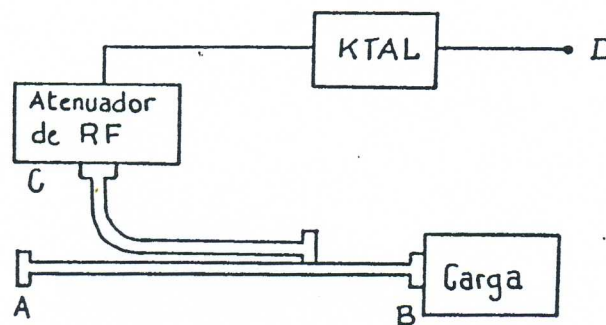


Fig. 8 : Esquema E

En primer lugar se mide el nivel de continua en D con la carga conectada, se debe ubicar el atenuador de manera que el detector no trabaje en saturación. A continuación se reemplaza la carga por un corto (se refleja toda la potencia), y se debe aumentar el valor de la atenuación hasta tener en D el mismo nivel medido anteriormente con la carga.

$$At = \frac{P_i}{P_r} = |\Gamma|^{-2} \quad (At \text{ en veces})$$

$$At = P.R. [dB] \quad (\text{Pérdida de retorno})$$

o sea, el valor $At [dB]$ nos indica el valor de la pérdida de retorno en forma directa.

(ver Ref. 2).

2.2.- Error en la medición debido a la directividad finita de la copla

Debemos tomar en cuenta que al medir en la salida atenuada una muestra de la potencia que viaja en un sentido, una pequeña parte de la potencia que viaja en el otro sentido también es medida, ya que se combina con la potencia que queremos medir. Como

el desfase entre las dos señales puede ser de 0° a 360° , podemos estimar un cierto intervalo de incerteza en la medición; mientras mayor sea la directividad de la copla más pequeño será el intervalo de incerteza. Los intervalos de incerteza se encuentran calculados en la regleta de la empresa HP; por ejemplo si se mide usando el esquema E una P.R. = 14 [dB], con directividad = 40 [dB], esto implica que el intervalo de incerteza es :

$$P.R. = (13.6 ; 14.4) \text{ [dB]}$$

$$|\Gamma| = (0.21 ; 0.19) \text{ [veces]}$$

$$ROEV = (1.47 ; 1.53)$$

(Ver anexos 2 y 3)

2.3.- Medición de P.R. en un cierto ancho de banda

En muchos casos los dispositivos de M.O. serán usados dentro de un cierto ancho de banda, por lo que interesa conocer las P.R. (o ROEV, o $|\Gamma|$) dentro de todo el ancho de banda de trabajo. Una posibilidad es medir un número finito de frecuencias, lo cual nos da una información incompleta y puede ser además bastante demoroso. Una mejor alternativa es usar el siguiente esquema:

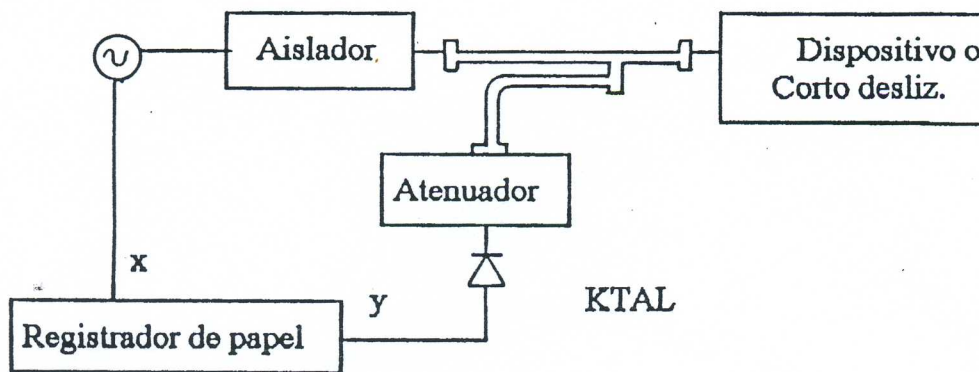


Fig 9 : Esquema de medición de ROE en cierto ancho de banda

Primero se calibra el registrador de la siguiente manera: con el atenuador en una posición de 30 a 40 [dB] se hace barrer el generador de RF entre f_1 y f_2 teniendo conectado el corto deslizable, el cual se mueve rápidamente entre dos posiciones distantes más de $(\lambda g/2)$ mientras se hace el barrido. Se repite el barrido con atenuaciones del orden de 25, 20, 18, 15, 12, 10 [dB], etc., obteniéndose un gráfico como el de la figura:

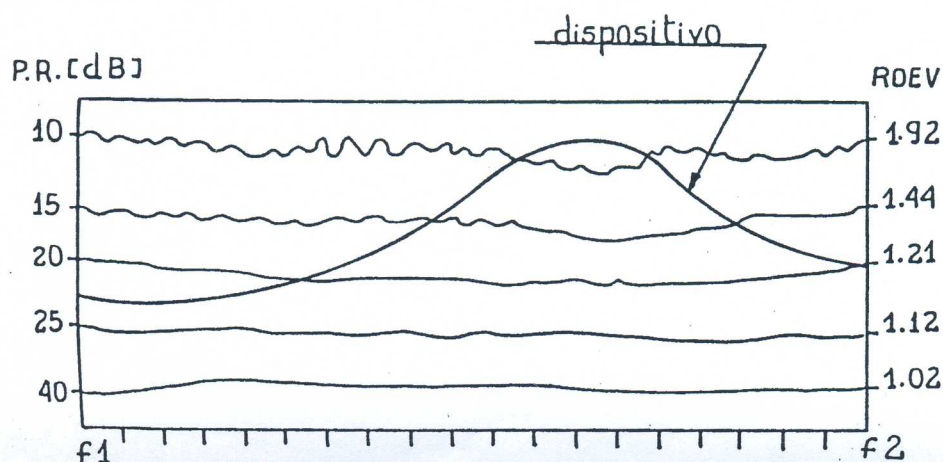


Fig. 10 : Ejemplo del método de medición de BW continuo

Finalmente se conecta el dispositivo con el atenuador en cero y se obtiene la correspondiente curva. El valor de la pérdida de retorno del dispositivo se obtiene en forma directa de los puntos de corte entre las líneas horizontales y la curva del dispositivo. Como curva representativa de la línea horizontal se debe tomar el valor medio de la pequeña oscilación que se produce al mover el corto; la incerteza se puede obtener de la regleta.

Entre el cristal y el registrador puede ser necesario el VSWR Meter HP-415E usado solo como amplificador; para ello el generador debe ser modulado en amplitud con $f = 1$ [KHz]. El generador debe tener una buena respuesta en amplitud, de modo que su nivel de potencia de salida tenga variaciones pequeñas entre f_1 y f_2 , las que quedan compensadas por el esquema de medición.

En vez del registrador se puede usar un osciloscopio con memoria o un computador que nos entregue automáticamente los resultados. Los computadores son usados cuando se requiere medir grandes cantidades del mismo dispositivo en forma periódica (problema típico de la sección de control de calidad de una fábrica de componentes de M.O.)

(ver Ref. 3)

OBS: Este tipo de mediciones con barrido de frecuencia son bastante usadas para medir además respuestas en frecuencia de un filtro o de un amplificador, figura de ruido, etc.

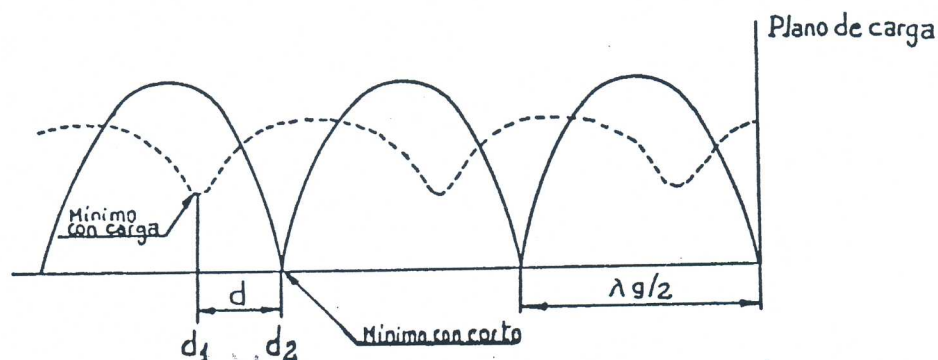
3.- Medición de una Impedancia desconocida

El método consiste en usar el valor de ROEV que produce la impedancia desconocida y la posición de mínimos en la guía de onda; estos datos se llevan a la carta de Smith.

En primer lugar se mide el valor de ROEV de la impedancia desconocida conectada a la salida de la guía de onda ranurada y la posición de un mínimo (posición d_1); esto nos da

un punto de impedancia normalizada: $\frac{R + jX}{Z_0} = ROEV^{-1} + j0$ en la carta de Smith.

Enseguida se substituye la impedancia por un corto y se ubica la posición del mínimo más próximo (posición d_2) en cualquiera de las dos direcciones con respecto al mínimo ya medido con la impedancia desconocida. En la carta de Smith debemos, a partir del punto $ROEV^{-1}$, movernos $|(d_1 - d_2)/\lambda_g|$ hacia el generador si $d_2 > d_1$, o hacia la carga si $d_2 < d_1$ y obtenemos el valor de la impedancia desconocida normalizada en el punto final determinado. (ver Ref.4)



4.- Adaptacion de Impedancias

Mediante un dispositivo similar a la guía de onda ranurada con su carro es posible adaptar la impedancia de una carga cualquiera hasta lograr ROEV muy cercanas a 1. El dispositivo consiste en un tornillo, cuya posición y profundidad en la guía son variables. Con el tornillo se trata de producir una onda reflejada que anule la onda reflejada por la carga. Para ello se debe ajustar la posición y penetración del tornillo.

(ver Ref. 5)

RÉFERENCIAS

- 1.- Techniques Explained for CW Power Measurements
Pag. 78 MSN (Microwave System News)
Mayo 1986
- 2.- Microwave Measurements & Techniques
Thomas S. Laverghetta
Apendice A
(disponible en Laboratorio)
- 3.- Microwave Measurements & Techniques
Thomas S. Laverghetta
Apendice K
- 4.- Electromagnetic Waves and Radiating Systems
Jordan & Balmain
Pag. 271
- 5.- Microwave Principles
Reich, Skalnik, Ordung & Krauss
Cápítulo 2
- 6.- Microwave Principles
Reich, Skalnik, Ordung & Krauss
Cápítulo 10, 11 y 12
- 7.- Introduction to Electron Tubes
Gewartowski & Watson
Capitulos 9, 10, 11, y 12
(disponibles en carpetas del Laboratorio)
- 8.- Microwave Principles
Reich, Skalnik, Ordung & Krauss
Paginas 49 a 55.
- 9.- Catálogo del adaptador X281A disponible en laboratorio.
- 10.- Antenna Engineering Handbook
Jasik, H.
- 11.- Microwave Measurements
E. Ginzton, McGraw Hill 1957
Pags. 72 a 76
- 12.- Introduction to Electron Tubes
Gewartowski & Watson
Pag. 237, formula 9.2.8
- 13.- Microwave Devices and Circuits
Samuel Y. Liao
Pag. 213 y 214, formula 6-3-10
- 14.- Hojas de datos de los instrumentos y componentes que se usaran, disponibles en el laboratorio.
- 15.- Microwave Theory an Applications
Stephen F. Adam