

Aplicación de los parámetros de dispersión en la caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias para la industria de telecomunicaciones

Susana Padilla

Laboratorio de Analizadores de Redes

spadilla@cenam.mx

Israel García

Coordinador Científico del Grupo de Alta Frecuencia

igarcia@cenam.mx

Centro Nacional de Metrología, CENAM

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.

Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.



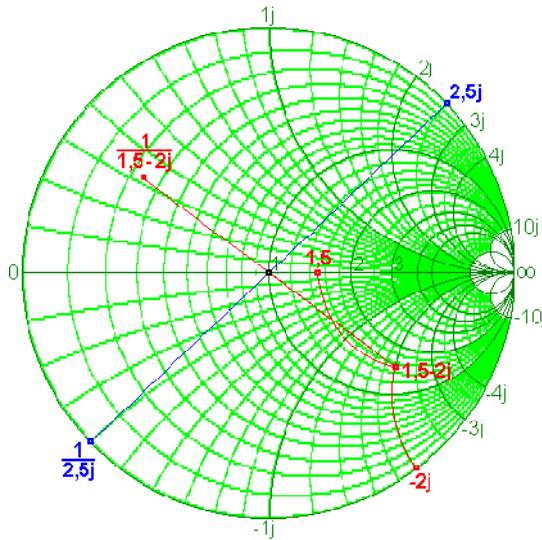
Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

↔ Electromagnetismo
↔ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
↔ Tiempo y Frecuencia

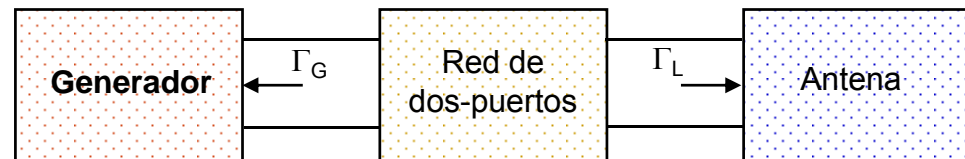
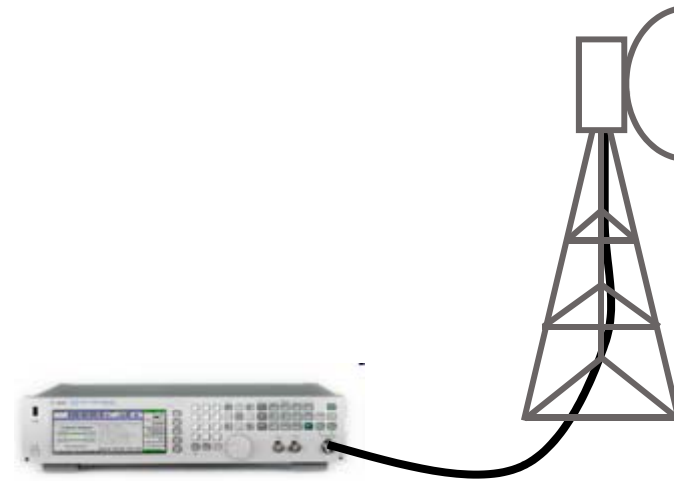


1. Introducción

Los parámetros de dispersión son fundamentales para:



√ Etapa de diseño



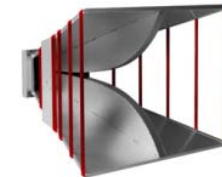
√ Etapa de operación: funcionalidad/falla

1. Introducción

continuación

Los parámetros de dispersión son fundamentales para:

✓ Medir propiedades eléctricas de componentes y equipos que operan en radiofrecuencias

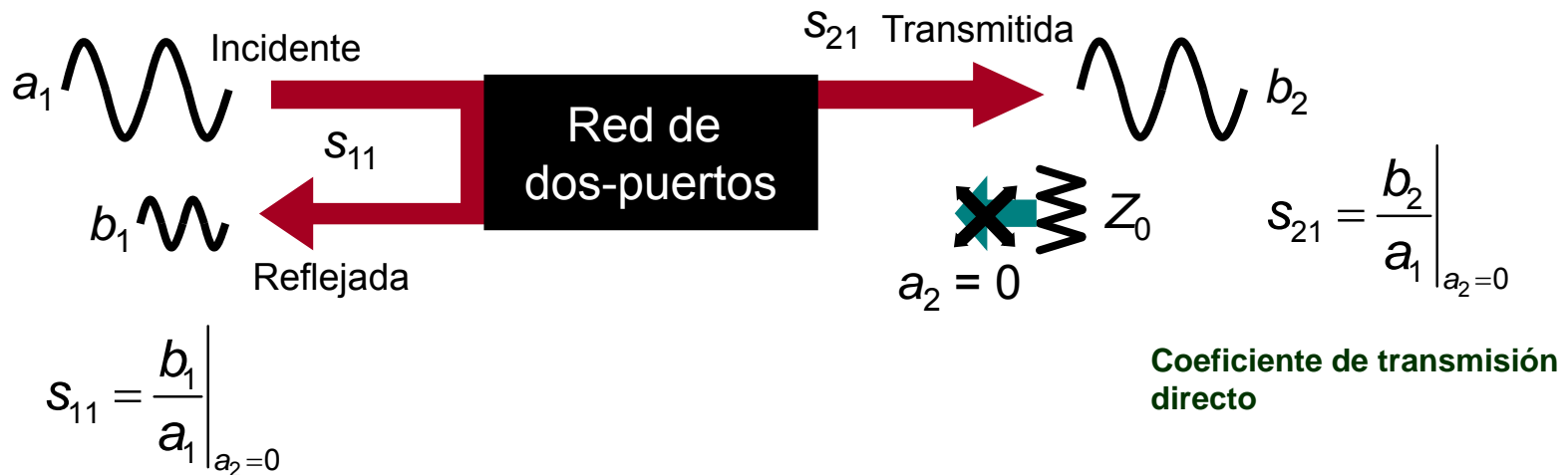


1. Introducción

continuación

Los **parámetros de dispersión** están asociados a relaciones de amplitud de onda, en mediciones en sentido directo y en mediciones en sentido inverso, a la entrada y salida de una red.

Mediciones en sentido directo



Coefficiente de reflexión de entrada

Coefficiente de transmisión directo

1. Introducción

continuación

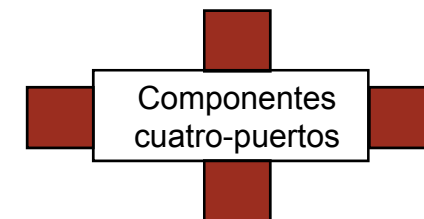
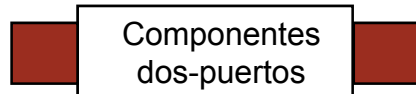
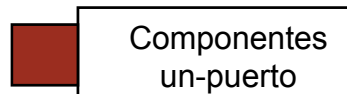
Mediciones en sentido inverso



Coeficiente de reflexión de salida $\Rightarrow S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0}$

Coeficiente de transmisión inverso $\Rightarrow S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0}$

Comúnmente las redes son:



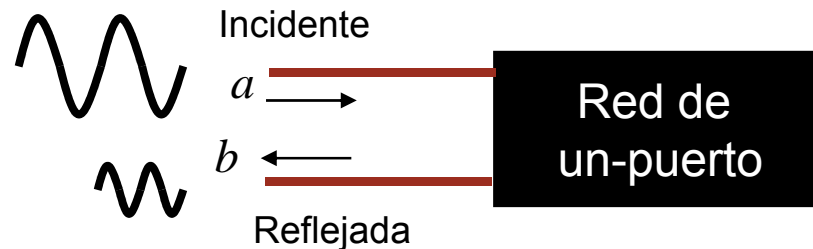
Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones

2. Componentes de 1-puerto

continuación

Los Componentes de 1-puerto se analizan de manera muy sencilla



Los parámetros de dispersión para redes de 1-puerto son **coeficientes de reflexión** y se representan con la letra Γ .
El coeficiente de reflexión en tensión es:

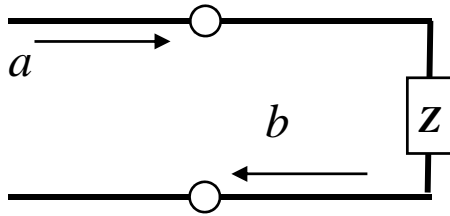
$$\Gamma = \frac{\text{señal reflejada}(b)}{\text{señal incidente}(a)} = |\Gamma| \angle \varphi$$

↳ Γ , Es una medida del desacoplamiento debido a la red de un-puerto

2. Componentes de 1-puerto

continuación

Si una línea de transmisión coaxial se termina por un componente de 1-puerto, por ejemplo una carga Z



$$\Gamma = \frac{b}{a} \quad \text{o} \quad \Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Z es la impedancia del componente de 1-puerto y Z_0 es la impedancia característica de la línea.

✓ $b = 0$ Entonces $\Rightarrow |\Gamma| = 0$ y $Z = Z_0$ Indica que no existe reflexión

✓ $b = a$ Entonces $\Rightarrow |\Gamma| = 1$ y $Z = 0$ Indica una reflexión total

En la practica, se mide el coeficiente de reflexión y posteriormente se conoce el valor de la impedancia Z del componente de 1-puerto utilizando:

$$Z = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad \Rightarrow \quad \text{Es una de las especificaciones más importantes en radiofrecuencias}$$

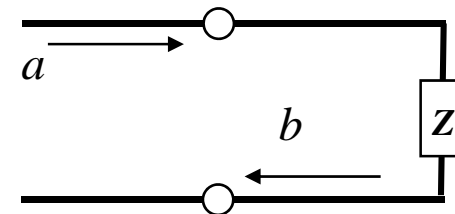
2. Componentes de 1-puerto

continuación

Otra forma de expresar el desacoplamiento en una red de 1-puerto:

➤ Utilizando *VSWR* ó Relación de Onda Estacionaria ROE, es una relación entre las tensiones máximas y mínimas, y pueden determinarse a partir del coeficiente de reflexión:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$



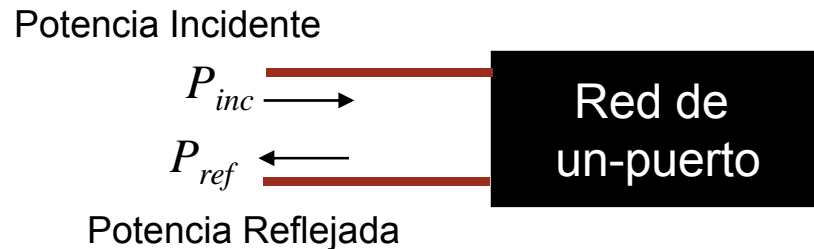
➤ Las pérdidas por retorno, es la diferencia, en decibeles (dB), entre las amplitudes de la señal incidente y de la señal reflejada.

$$PR = -20 \log |\Gamma| \quad (\text{dB})$$

2. Componentes de 1-puerto

continuación

Los Componentes de 1-puerto también se pueden analizar en función del flujo de potencias:



Coefficiente de reflexión en tensión

Complejo:

$$\Gamma = \frac{b}{a}$$



Módulo:

$$|\Gamma| = \frac{V_{ref}}{V_{inc}}$$

Si se tiene una señal incidente con amplitud V_{inc} , entonces la potencia incidente a la red sería:

$$P_{inc} = \frac{V_{inc}^2}{2Z_0}$$

y una señal reflejada con amplitud V_{ref} , entonces la potencia reflejada a la red sería:

$$P_{ref} = \frac{V_{ref}^2}{2Z_0}$$

Por lo tanto, el coeficiente de reflexión en potencia de la red es:

$$|\Gamma|^2 = \frac{\text{Potencia reflejada, } P_{ref}}{\text{Potencia incidente } P_{inc}} \quad \longrightarrow \quad |\Gamma| = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{inc}}}$$

2. Componentes de 1-puerto

continuación

Potencia Incidente

P_{inc}

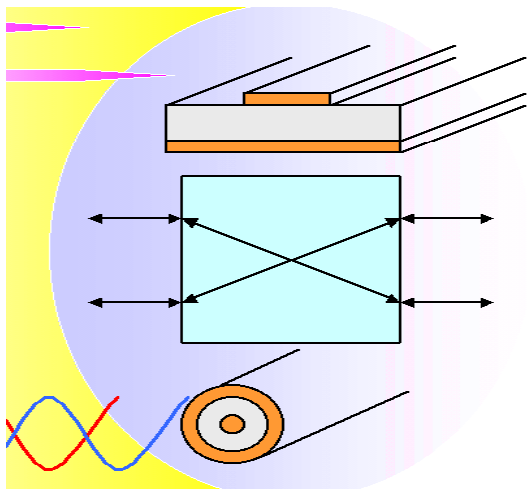
P_{ref}

Potencia Reflejada



$$|\Gamma| = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{inc}}}$$

Claramente se puede observar que para obtener un buen acoplamiento el valor de $|\Gamma|$ debe ser cercano a cero. Las pérdidas por retorno también se puede calcular de la siguiente manera:



$$PR = 10 \log \frac{1}{|\Gamma|^2} \quad (\text{dB})$$

Si en circuito de microondas se obtienen pérdidas por retorno superiores a 20 dB esto significa que menos del 1% de la potencia incidente se refleja.

Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo
↪ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
↪ Tiempo y Frecuencia

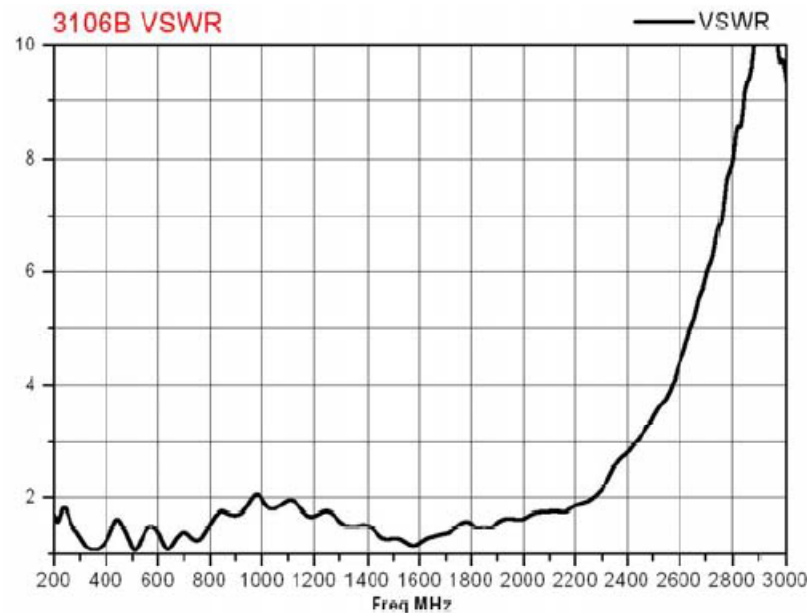
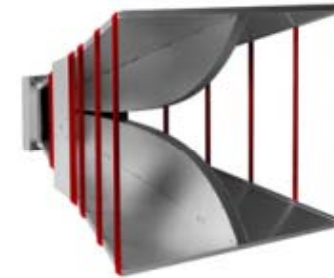


3. Aplicación del coeficiente de reflexión

continuación

¿Para que medir el coeficiente de reflexión?

↪ Para conocer



A la frecuencia de 1400 MHz se tiene aproximadamente un VSWR de 1,5

$$|\Gamma| = 0,2$$

$$PR = 13,98 \text{ dB}$$

El 4 % de la potencia incidente se refleja en este valor de frecuencia

3. Aplicación del coeficiente de reflexión

continuación

¿Para que medir el coeficiente de reflexión?

↳ Para decidir

Ejemplo de especificaciones de conectores de 3,5 mm de precisión

| Conector | Especificaciones | Intervalo de frecuencia |
|--------------------|---|----------------------------|
| 3,5mm de precisión | Pérdidas por retorno ≥ 46 dB ($ \Gamma \leq 0,005$) | DC a $\leq 1,3$ GHz |
| | Pérdidas por retorno ≥ 44 dB ($ \Gamma \leq 0,006$) | $> 1,3$ GHz a ≤ 3 GHz |
| | Pérdidas por retorno ≥ 38 dB ($ \Gamma \leq 0,013$) | > 3 GHz a ≤ 6 GHz |



Ejemplo de especificaciones de conectores SMA

| Conector | Especificaciones | Intervalo de frecuencia |
|----------|------------------------------------|-------------------------|
| SMA | VSWR 1,2 ($ \Gamma \leq 0,090$) | DC a 8 GHz |

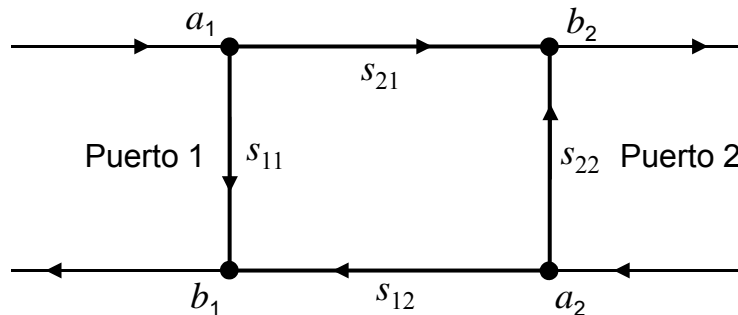


Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.

4. Componentes de 2-puertos

Análisis de una red de 2-puertos:



Entonces,

$$b_2 = s_{21}a_1 + s_{22}a_2$$

$$b_1 = s_{11}a_1 + s_{12}a_2$$

b representa ondas reflejadas

a representa ondas incidentes

s_{11} , s_{21} , s_{12} , s_{22} son los coeficiente de dispersión o parámetros de dispersión

En forma matricial

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{bmatrix}$$

**MATRIZ DE PARÁMETROS-S ó
MATRIZ DE DISPERSIÓN DE LA
RED DE 2-PUERTOS**

4. Componentes de 2-puertos

continuación

Análisis de una red de 2-puertos Mediciones en sentido directo:

s_{11} \Rightarrow es el coeficiente de reflexión en el puerto 1 cuando el puerto 2 se termina con una carga acoplada

$$s_{11} = \frac{b_1}{a_1} = |s_{11}| \angle \theta$$



\Rightarrow Es una medida del desacoplamiento debido a la red

Otra forma de expresar el desacoplamiento en una red de 2 -puertos es:

\Rightarrow Utilizando *VSWR* ó relación de onda estacionaria ROE

$$VSWR = \frac{1 + |s_{11}|}{1 - |s_{11}|}$$

\Rightarrow Las pérdidas por retorno

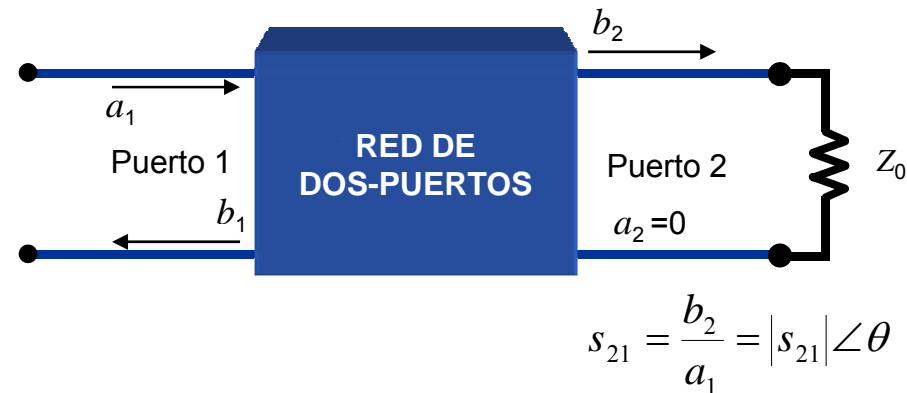
$$PR = -20 \log |s_{11}| \quad (\text{dB})$$

4. Componentes de 2-puertos

continuación

Análisis de una red de 2-puertos Mediciones en sentido directo:

s_{21} \Rightarrow es el coeficiente de transmisión del puerto 1 al puerto 2 con el puerto 2 terminado con una carga acoplada



\hookrightarrow Es una medida de la cantidad de señal que se transmite desde puerto 1 al puerto 2

De las mediciones en transmisión se obtiene

\Rightarrow Pérdidas por inserción

$$PI = -20 \log |s_{21}| \quad (\text{dB})$$

(para el caso de líneas de transmisión)

\Rightarrow Ganancia

$$G = 20 \log |s_{21}| \quad (\text{dB})$$

(para el caso de dispositivos activos)

\Rightarrow Atenuación

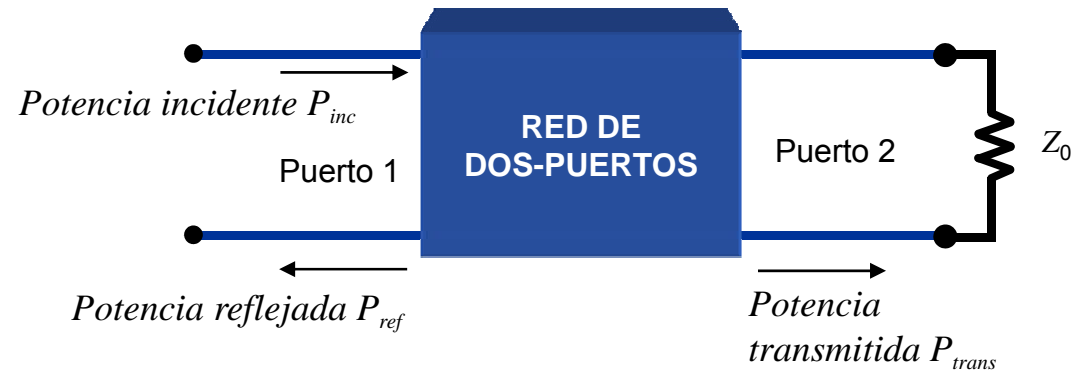
$$A = -20 \log |s_{21}| \quad (\text{dB})$$

(para el caso de dispositivos pasivos)

4. Componentes de 2-puertos

continuación

Análisis en función de potencia
Mediciones en sentido directo



El coeficiente de reflexión de entrada se determina:

$$|s_{11}|^2 = \frac{\text{Potencia reflejada desde la entrada de la red, } P_{ref}}{\text{Potencia incidente en la entrada de la red, } P_{inc}} \quad \longrightarrow \quad |s_{11}| = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{inc}}}$$

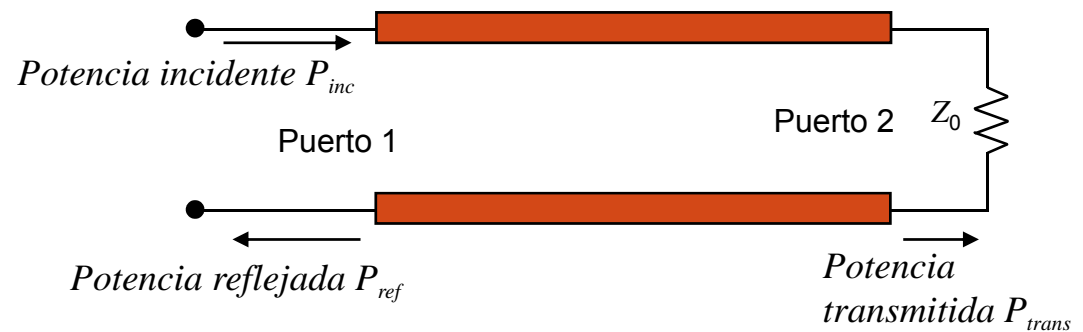
El coeficiente de transmisión en sentido directo se determina:

$$|s_{21}|^2 = \frac{\text{Potencia transmitida a la carga } Z_0, P_{trans}}{\text{Potencia incidente en la entrada de la red, } P_{inc}} \quad \longrightarrow \quad |s_{21}| = \sqrt{\frac{P_{trans}}{P_{inc}}}$$

4. Componentes de dos-puertos

continuación

Análisis en función de potencia,
para el caso de líneas de transmisión



El coeficiente de transmisión en sentido directo se determina:

Potencia transmitida, $P_{trans} = \text{Potencia incidente, } P_{inc} - \text{Potencia reflejada, } P_{ref}$

Por lo tanto,

$$\frac{\text{Potencia transmitida a la carga } Z_0, P_{trans}}{\text{Potencia incidente en la entrada de la red, } P_{inc}} = |\tau|^2 = 1 - |s_{11}|^2$$

τ es el coeficiente de transmisión

↪ Si $|s_{11}| = 0,1$ entonces:

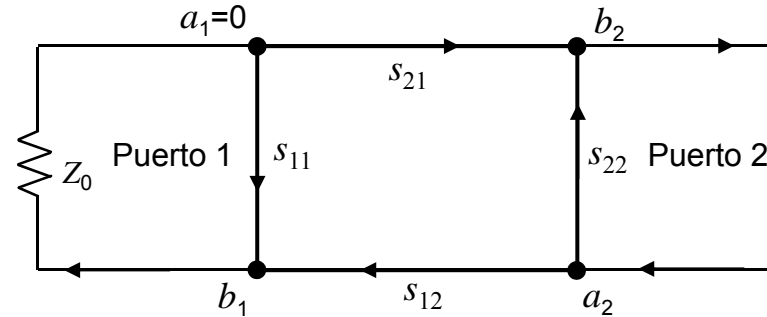
$$\tau = 0,995$$

Lo que significa que el 1 % de la potencia incidente se refleja y el 99 % se transmite

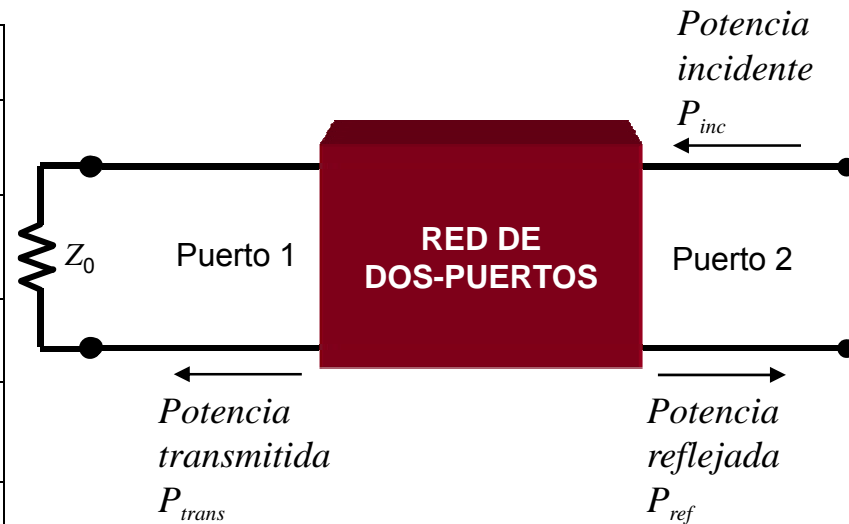
4. Componentes de 2-puertos

continuación

Análisis de una red de 2-puertos Mediciones en sentido inverso:



| Coefficiente de reflexión de salida | Coefficiente de transmisión en sentido inverso |
|---|--|
| $s_{22} = \frac{b_2}{a_2} = s_{22} \angle \theta$ | $s_{12} = \frac{b_1}{a_2} = s_{12} \angle \theta$ |
| $VSWR = \frac{1 + s_{22} }{1 - s_{22} }$ | $PI = -20 \log s_{12} $ (para el caso de líneas de transmisión) |
| $PR = -20 \log s_{22} $ | $G = 20 \log s_{12} $ (para el caso de dispositivos activos) |
| $PR = 10 \log \frac{1}{ s_{22} ^2}$ | $A = -20 \log s_{12} $ (para el caso de dispositivos pasivos) |
| $ s_{22} = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{inc}}}$ | $\frac{\text{Potencia transmitida, } P_{trans}}{\text{Potencia incidente, } P_{inc}} = \tau ^2 = 1 - s_{22} ^2$ (para el caso de líneas de transmisión) |



Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.

5. Aplicación de los parámetros de dispersión



En la práctica, se proporciona



Se hacen las siguientes consideraciones:

↪ $s_{11}=s_{22}$ indica que el dispositivo es simétrico

↪ $s_{21}=s_{12}$ indica que el dispositivo es recíproco

Intervalo de frecuencia: c.c. hasta 18 GHz

Conector: SMA (m), SMA (f)

VSWR máximo: 1,2 hasta 8 GHz

1,3 hasta 12,4 GHz

1,5 hasta 18 GHz

Atenuación

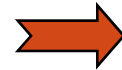
Valor: 6 dB

c.c. hasta 12,4 GHz: $\pm 0,3$ dB

12,4 hasta 18 GHz: $\pm 0,4$ dB

5. Aplicación de los parámetros de dispersión

continuación



En la práctica, se proporciona

Las matrices de dispersión son:

hasta 8 GHz
 $\begin{bmatrix} 0,091 & 0,501 \\ 0,501 & 0,091 \end{bmatrix}$ 0,8 % de la potencia incidente se refleja y 25 % se transmite

hasta 12,4 GHz
 $\begin{bmatrix} 0,130 & 0,501 \\ 0,501 & 0,130 \end{bmatrix}$ 1,7 % de la potencia incidente se refleja y 25% se transmite

hasta 18 GHz
 $\begin{bmatrix} 0,200 & 0,501 \\ 0,501 & 0,200 \end{bmatrix}$ 4 % de la potencia incidente se refleja y 25% se transmite

Intervalo de frecuencia: c.c. hasta 18 GHz
 Conector: SMA (m), SMA (f)
 VSWR máximo: 1,2 hasta 8 GHz
 1,3 hasta 12,4 GHz
 1,5 hasta 18 GHz

Atenuación
 Valor: 6 dB
 c.c. hasta 12,4 GHz: $\pm 0,3$ dB
 12,4 hasta 18 GHz: $\pm 0,4$ dB

Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo
↪ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
↪ Tiempo y Frecuencia



6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia

Existen varias razones para caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.

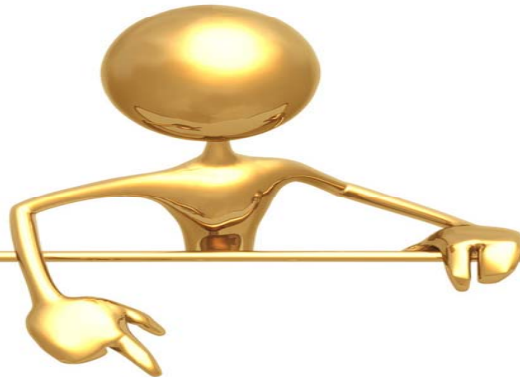
Saber SI funciona(n) o NO funciona(n) el(los) equipo(s), y si funciona(n):

- ✓ Conocer el comportamiento eléctrico real en varios puntos en frecuencia dentro del intervalo de frecuencia de operación.
- ✓ Evitar sobreestimar parámetros eléctricos
- ✓ Conocer el comportamiento eléctrico de los componentes a través del tiempo
- ✓ Detectar posibles fallas en un punto o en un intervalo en frecuencia
- ✓ Llevar a cabo un análisis del sistema de medición que están implantando o que se va a implantar
- ✓ Asegurar la exactitud y confiabilidad del sistema de medición

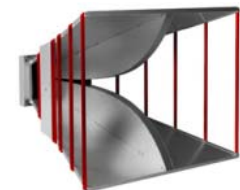
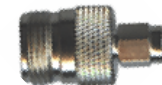


6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia

continuación



Con la medición del coeficiente de reflexión y los parámetros de dispersión podemos describir el comportamiento eléctrico de los componentes y equipos de radiofrecuencia de uno o más puertos, evitando basarse en suposiciones.



Contenido

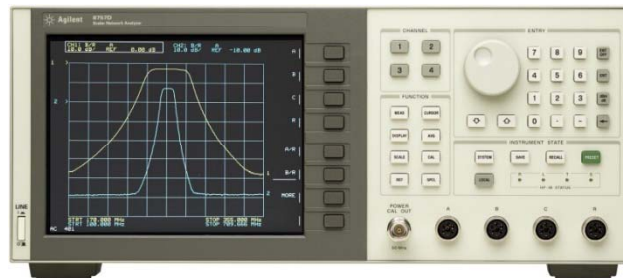
1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

Los instrumentos que se utilizan para medir los parámetros de dispersión, es decir, las características de reflexión y transmisión de componentes y equipos de radiofrecuencias son los **ANALIZADORES DE REDES**

Existen 2 tipos:

- ✓ **Escalares:** permiten medir sólo el módulo
- ✓ **Vectoriales:** permiten determinar módulo y ángulo de fase.

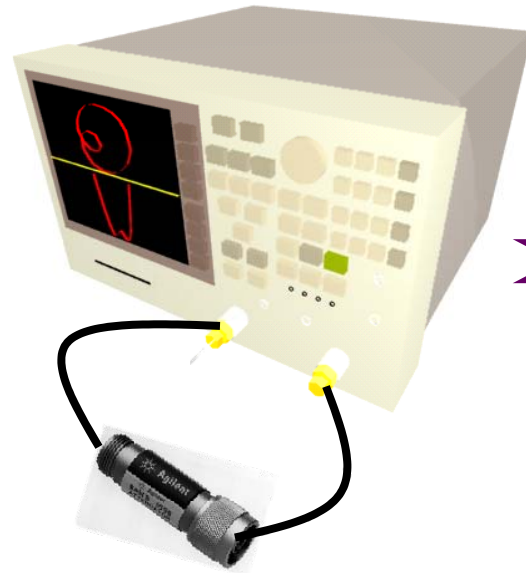


7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

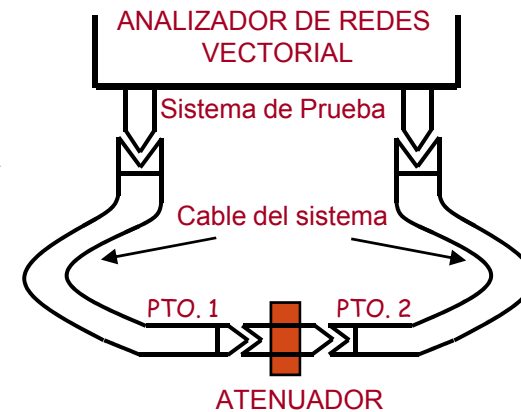
continuación

Caracterización de un atenuador utilizando el Analizador Vectorial de Redes (AVR)

Se conecta el atenuador en el AVR



Se utiliza cables de extensión de puertos

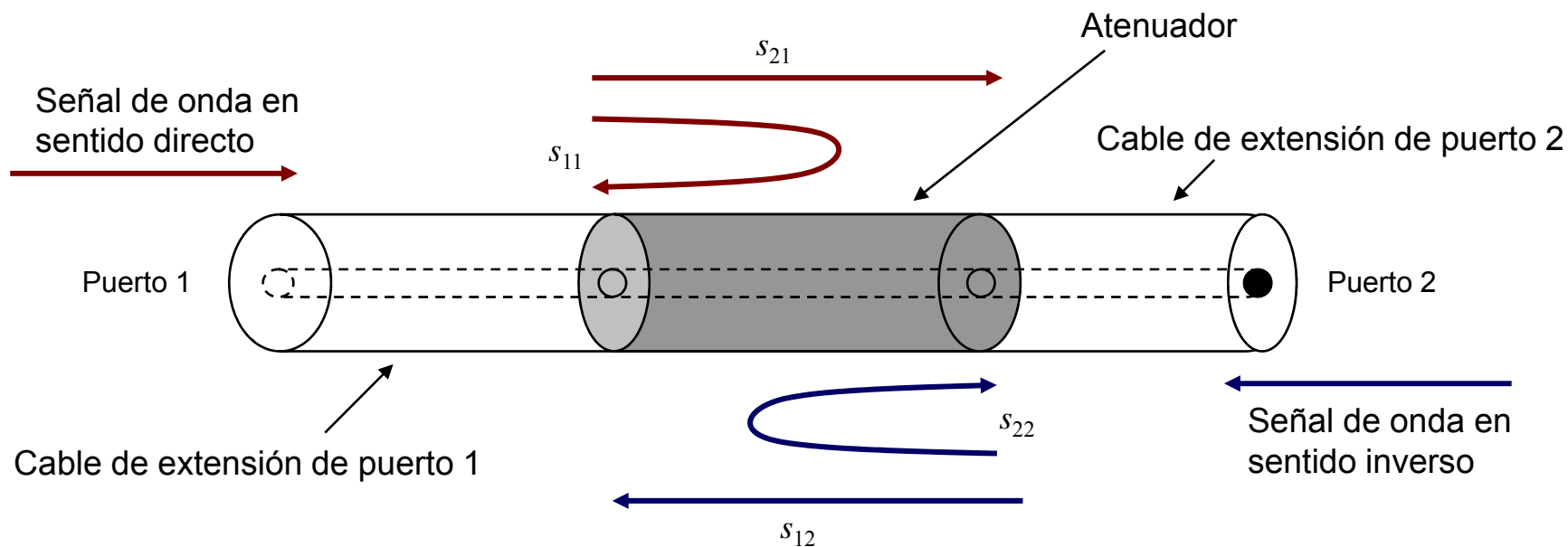


Con la mediciones en reflexión y transmisión en sentido directo e inverso se obtiene la matriz de dispersión en uno o varios puntos de frecuencia.

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

Caracterización de un atenuador utilizando el Analizador Vectorial de Redes (AVR)



$$[S] = \begin{bmatrix} 0,0134 \angle 63,10 & 0,1021 \angle -75,04 \\ 0,1019 \angle -75,42 & 0,0113 \angle 36,27 \end{bmatrix}$$

¿Qué magnitudes podemos obtener con la matriz de dispersión en un punto en frecuencia?

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

Con la matriz de dispersión podemos obtener:

| | | |
|------------------------------|-------|----|
| PR del puerto 1 | 37,46 | dB |
| VSWR del puerto 1 | 1,03 | |
| Atenuación (sentido directo) | 19,84 | dB |
| PR del puerto 2 | 38,94 | dB |
| VSWR del puerto 2 | 1,02 | |
| Atenuación (sentido inverso) | 19,82 | dB |



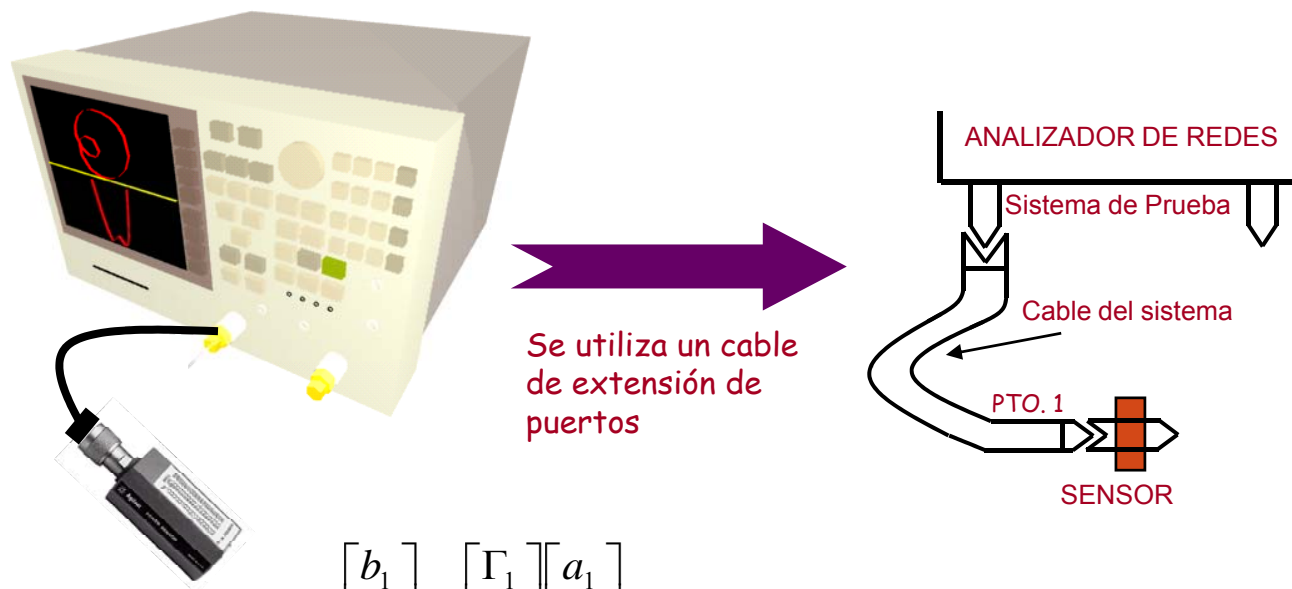
En esta tabla se puede observar que el dispositivo no es exactamente simétrico ($s_{11} \neq s_{22}$) ni recíproco ($s_{21} \neq s_{12}$).

Para ciertas aplicaciones puede considerarse que sí lo es (depende de la resolución y exactitud que se tenga)

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

Caracterización de un detector de potencia utilizando el Analizador Vectorial de Redes (AVR)
Se conecta el sensor de potencia en un puerto de AVR



Con la medición en reflexión se obtiene el coeficiente de reflexión Γ del detector de potencia

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \Gamma_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \Gamma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_n \end{bmatrix}$$

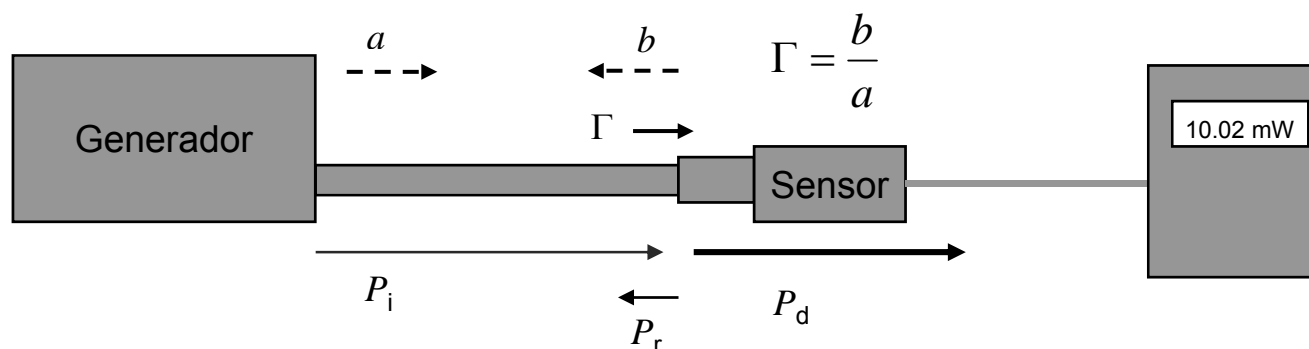
1, 2, 3, . . . n representa punto en frecuencia

¿En que podemos utilizar este valor de medición?

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

Ejemplo de una medición de potencia



$$|\Gamma|^2 = \frac{P_r}{P_i} \quad P_r = P_i |\Gamma|^2$$

$$P_d = P_i - P_r \quad P_d = P_i - P_i |\Gamma|^2$$

$$P_d = P_i (1 - |\Gamma|^2)$$

⇒ Conociendo el coeficiente de reflexión podemos determinar la potencia entregada a la carga

⇒ La potencia entregada a la carga no es más grande que la potencia incidente

7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

¿Cómo determinar el período de re-calibración de equipos?

- ↪ Si el usuario tiene duda de que los equipos han sido operados de la forma adecuada
- ↪ Si los equipos sufrieron un daño, como por ejemplo una caída, una transportación inadecuada, etc.



En estos casos la re-calibración es recomendable que sea inmediata

De lo contrario, el usuario debe hacerse las siguientes preguntas para decidir el tiempo de re calibración

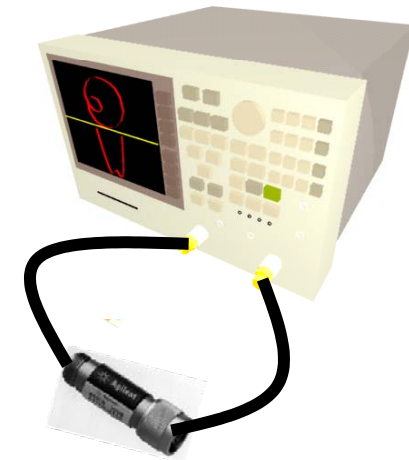
- ↪ ¿Como puede asegurar la confiabilidad de las mediciones de su sistema?
- ↪ Las mediciones que realizan, ¿son para aplicaciones exigentes?



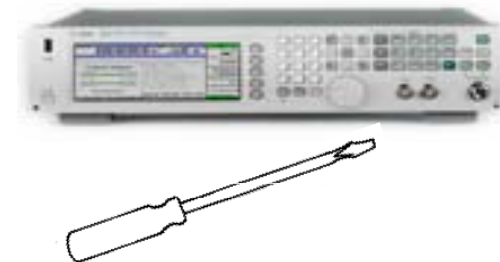
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias

continuación

Def. de Calibración Conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones



Def. de Ajuste Operación de llevar un instrumento a un estado de funcionamiento adecuado para su uso, libre de error sistemático.



Contenido

1. Introducción
2. Componentes de un puerto.
3. Aplicación del coeficiente de reflexión.
4. Componentes de dos puertos.
5. Aplicación de los parámetros de dispersión.
6. Necesidad de caracterizar los componentes y equipos de radiofrecuencia.
7. Caracterización de componentes y equipos de radiofrecuencias utilizando el Analizador Vectorial de Redes.
8. Conclusiones.

8. Conclusiones

1. Se presentaron aspectos importantes y conceptos necesarios para entender la importancia y la aplicación de los parámetros de dispersión o parámetros “s” en los sistemas de comunicaciones
2. Los parámetros de dispersión nos ayudan a caracterizar y conocer el comportamiento eléctrico de los componentes, dispositivos y equipos que se utilizan en la industria de las telecomunicaciones.
3. Con la medición de todos los parámetros de dispersión evitamos hacer suposiciones en el comportamiento eléctrico de los equipos de telecomunicaciones y conocer su desempeño a través del tiempo.
4. Los Analizadores de Redes son equipos de medición que se utilizan para medir los parámetros de dispersión y el coeficiente de reflexión.
5. Conocer el comportamiento eléctrico real de los componentes y equipos permite asegurar la exactitud y la confiabilidad de los sistemas de medición implementados en la industria de las telecomunicaciones.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Correos electrónicos:

spadilla@cenam.mx

igarcia@cenam.mx



Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia

