

## Tema: Adaptación de línea de transmisión con un Stub

### ➤ 1) INTRODUCCIÓN

Cuando en una situación práctica se requiere conectar una fuente de señal a una impedancia de carga  $Z_L$  mediante una línea de transmisión, lo más probable es que el valor de dicha impedancia  $Z_L$  no coincida con el valor de la impedancia característica de la línea ( $Z_0$ ). En tal caso, existirán ondas reflejadas que en la mayoría de los casos son indeseables pues representan potencia que la fuente de señal entrega a la línea de transmisión, pero que no son aprovechadas por la carga.

Es por eso que en muchas aplicaciones es necesario realizar lo que se conoce como adaptación de la línea de transmisión, lo que consiste en tratar de que la fuente de señal "vea" conectada una impedancia:  $Z_L = Z_0$ .

Para este fin, es útil definir una cantidad conocida como **coeficiente de reflexión  $\Gamma$** , que relaciona las amplitudes de las ondas de tensión incidente (**Ei**) y tensión reflejada (**Er**). Es posible escribirlo en función de las impedancias involucradas:

$$\Gamma = \frac{E_r}{E_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

También se puede calcular el coeficiente de reflexión  $\Gamma$  en función de las potencias reflejada (**Pr**) e incidente (**Pi**) a través de la siguiente fórmula:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}$$

El coeficiente de reflexión  $\Gamma$  es un número complejo (módulo y argumento) y toma valores en el rango  $+1$  (carga en circuito abierto) y  $-1$  (carga en corto circuito). Si la línea de transmisión se encuentra adaptada ( $Z_L = Z_0$ ), se tendrá:  $\Gamma = 0$ .

Se define como **relación de onda estacionaria (ROE)** a:

$$ROE = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

La ROE es siempre real y positiva, en el rango  $1 \leq ROE \leq \infty$ .

Cuando la línea está adaptada se tiene:  $Z_L = Z_0$  y no hay onda reflejada; en esas condiciones:  $ROE = 1$ .

Si la línea está terminada en circuito abierto o en cortocircuito, hay reflexión total y  $ROE = \infty$ .



## ➤ 2) ADAPTACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN CON STUB SIMPLE

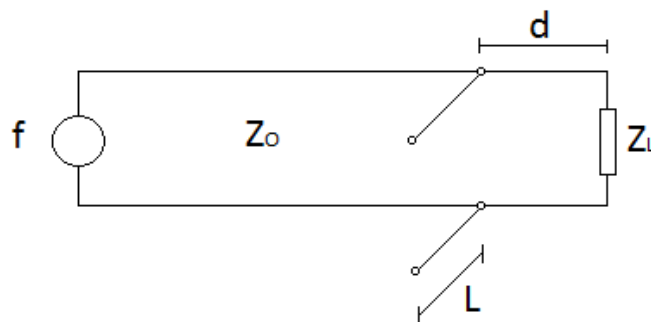
Un stub (también llamado sintonizador o ramal sintonizado), es un segmento o tramo de línea de transmisión terminado en circuito abierto o en cortocircuito.

La admitancia equivalente de un stub es siempre imaginaria. Por lo tanto, el stub debe colocarse en un punto en el que la admitancia normalizada tenga parte real igual a la unidad.

Al poder obtenerse cualquier valor de reactancia, independientemente de la impedancia característica  $Z_0$  del segmento, suele ser muy cómodo utilizar un trozo de la línea original, lo que evita complicaciones comerciales.

## ➤ 3) EJERCICIO TEÓRICO

Se tiene una fuente de señal conectada a una línea de transmisión de impedancia característica  $Z_0 = 50 \Omega$ , la que está terminada en una impedancia de carga  $Z_L$ .



Se desea adaptar la impedancia de carga  $Z_L$  a la impedancia característica de la línea  $Z_0 = 50 \Omega$ , con un *stub paralelo terminado en circuito abierto*.

La frecuencia del generador es:  $f = 410 \text{ MHz}$ .

Considerar que la velocidad de propagación en el cable coaxial es  $v_p = 0.66 \cdot c$ . Por lo tanto, la longitud de onda a lo largo de la línea de transmisión, será:

$$\lambda = \frac{v_p}{f}$$

Las impedancias de carga  $Z_L$  valen:

$$1) Z_{L1} = 24,8 \Omega + j 7,4 \Omega$$

$$2) Z_{L2} = 17 \Omega - j 5,3 \Omega$$

A partir del análisis teórico, calcular:

- Coeficiente de reflexión ( $\Gamma$ ).
- Relación de onda estacionaria (**ROE**).
- Distancia  $d$  del stub a la carga, en cm y en longitudes de onda ( $\lambda$ ).
- Longitud del stub  $L$  en cm y en longitudes de onda ( $\lambda$ ).

	$\Gamma$	ROE	d		L	
			cm	$\lambda$	cm	$\lambda$
$Z_{L1}$	0,35	2,074	3,02	0,069	16,76	0,347
$Z_{L2}$	0,484	2,88	21,15	0,4378	7,84	0,1625

➤ **4) TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO**

➤ **4.1) Elementos requeridos**

- Generador de UHF (transceptor ALINCO UHF).
- Vatímetro de UHF (marca BIRD).
- Tapón de medición para vatímetro:  $P = 10 \text{ W}$ ;  $f = 200 \text{ MHz}$  a  $500 \text{ MHz}$ .
- Fuente de alimentación: 12V.
- Línea de transmisión:  $Z_0 = 50 \Omega$ .
- Impedancias de carga de prueba:  $Z_{L1}$  y  $Z_{L2}$ .
- Conectores varios.
- Cables varios.



BNC hembra-hembra      BNC triple hembra (T)      UHF hembra – N macho

- Cables varios (numerados 10, 11, 12) para interconexión (ya instalados).

➤ **4.2) Diagrama de conexión**



➤ **4.3) Procedimiento**

- 1) Implementar el esquema del punto 4.2 (ya realizado en el LdC).
- 2) Encender la fuente de alimentación.
- 3) Encender el transmisor de UHF. Con el vatímetro, verificar la potencia entregada por el transmisor (el transmisor se activa desde la tecla **PTT** del micrófono y debe indicar **LOW** en el display del transmisor).
- 4) Medir la potencia incidente  **$P_i$**  con el vatímetro y el tapón de medición con la flecha indicando la dirección desde el generador hacia la carga. Girar  $180^\circ$  el tapón de medición y medir la potencia reflejada  **$P_r$** .

$$P_i = 2.5 \text{ W}$$

$$P_r = 0.3 \text{ W}$$

- 5) Calcular el coeficiente de reflexión  **$\Gamma_{1ss}$**  y la Relación de Onda Estacionaria  **$ROE_{1ss}$**  sin ningún stub (ss) conectado a la línea de transmisión.

$$\Gamma_{1ss} = 0.35$$

$$ROE_{1ss} = 2.058$$

- 6) Desconectar la carga  $Z_{L1}$ .



- 7) Conectar el adaptador BNC triple hembra tipo **T** al vatímetro y entre éste y la impedancia de carga  $Z_{L1}$ , conectar el segmento de línea calculado de longitud **d1**. En el extremo libre de la ficha BNC triple hembra tipo **T**, conectar el stub adecuado (**L1**), ya prearmado en el LdC.  
NOTA: tener la precaución de **no** activar el transmisor mientras se están conectando o desconectando diferentes tipos de cargas.
- 8) Medir con el vatímetro la potencia incidente **Pi** y la potencia reflejada **Pr** (girando 180° el tapón de medición)

$$P_i = 2.4W \quad P_r = 0.8W$$

- 9) Calcular el coeficiente de reflexión  **$\Gamma$ 1** y la Relación de Onda Estacionaria **ROE1** con el stub (cs) conectado a la línea de transmisión.

$$\Gamma_{1cs} = 0.577 \quad ROE_{1cs} = 3.728$$

- 10) Repetir desde el punto 4) al punto 5) para la carga **ZL2**.

$$P_i = 1.9W \quad P_r = 0.3W$$

$$\Gamma_{2ss} = 0.397 \quad ROE_{2ss} = 2.316$$

- 11) Desconectar la carga  $Z_{L2}$ .
- 12) Repetir desde el punto 7) al punto 9) para la carga **ZL2**.

$$P_i = 2.4W \quad P_r = 1.1W$$

$$\Gamma_{2cs} = 0.677 \quad ROE_{2cs} = 5.191$$

- 13) Completar el siguiente cuadro.

	<b>Pi [W]</b>	<b>Pr [W]</b>	<b><math>\Gamma</math></b>	<b>ROE</b>
ZL1 sin stub	2,5	0,3	0,35	2,058
ZL1 con stub	2,4	0,8	0,577	3,728
ZL2 sin stub	1,9	0,3	0,397	2,316
ZL2 con stub	2,4	1,1	0,677	5,191

➤ **5) CUESTIONARIO**

- A) ¿Qué implica que la línea de transmisión esté adaptada?  
Indica que el generador "ve" una impedancia de carga igual a la impedancia característica de la línea de transmisión, lo que permitirá la transferencia máxima de energía del generador a la carga debido a que no existen ondas estacionarias a lo largo de la línea.
- B) ¿Qué resultado se obtendría si el stub del TP anterior fuera más largo?  
Si el stub fuese más largo, la susceptancia de este no anularía la susceptancia existente entre la carga y el punto de colocación del stub, entonces se generarían ondas estacionarias y la línea se desadaptaría. Es decir el generador dejara de "ver" una impedancia de carga igual a la impedancia característica de la línea y por ende se generaran ondas estacionarias (lo que hará que el valor de ROE se aleje de 1).
- C) ¿Qué resultado se obtendría si el stub del TP anterior fuera más corto?  
Ocurre lo mismo cuando el stub fuese mas largo, es decir genera onda estacionarias.

=====