Laboratorio 3 Teoría Electromagnética*

Sergio Gutiérrez - 20136669** and Héctor Pulido - ***
Universidad de los Andes
(Dated: marzo de 2018)

Se construyeron 2 acopladores de Stub con diferentes distancias calculadas para los casos en los que habían cargas netamente resistivas y con cargas resistivas y capacitivas; y luego se normalizo este valor para poder graficarlo en la aplicación de la carta de Smith

Palabras clave: Analizador Vectorial, Acoplador de Stub, Acoplamiento, Carta de Smith, Impedancias

I. INTRODUCCIÓN

Primero, se hallo el valor de las distancias teóricas de d y de l con los datos y formulas presentadas en la guía para las 2 configuraciones dadas. Acto seguido, se corroboraron los resultados obtenidos utilizando el software de la Carta de Smith.

Después se construyeron los acopladores con las resultados de d y de l obtenidos utilizando un cable coaxial RG-58 con impedancia característica de 50 Ω.

Siguiendo con el proceso, se conectaron las 2 lineas de transmisión al analizador vectorial para después poder graficar los resultados experimentales con el programa de la carta de Smith.

II. OBJETIVOS

- Realizar un acoplador Stub para dos diferentes cargas a frecuencias específicas
- Utilizar la carta de Smith para calcular la longitud de la línea de transmisión y el Stub en corto para acoplar las cargas.
- Interpretar el comportamiento del circuito cuando se agrega una sección de acople.

III. MARCO TEÓRICO

El instrumento utilizado para recopilar las señales fue el analizador vectorial. Este dispositivo tenia un rango de operación entre 100 kHz y 8 GHz, lo cual significa que podía captar señales de ese estilo. Para que la recepción de señales sea mas óptima, se tiene que llevar el analizador vectorial a un lugar al aire libre y apuntarle la antena que se le conecte a los puntos donde todas las señales se vuelvan mas fuertes.



Figura 1: Analizador vectorial Rohdes and Schwarz

Por otro lado, el acoplamiento tipo Stub es sirve para adaptar la linea de transmisión a la carga a la cual esta esta conectada, gracias a que se coloca una linea de transmisión en paralelo a la carga, y esta puede estar en circuito abierto o en cortocircuito. Al haber 2 lineas de transmisión de paralelo, hay 2 distancias que se deben calcular ya que estas son independientes para cada carga y para cada frecuencia; estas distancias serán conocidas como distancia del acoplador a la carga 'd' y la longitud de la linea de Stub 'l'.

Lo ideal es que gracias al acoplador solo se presenten resultados con solamente números reales, es decir que solo se presenten resultados resistivos, ya que si llegan a haber resultados con números complejos, se generan ondas estacionarias, ya que no se cumple la teoría de máxima transferencia de potencia. Gracias a esto se pueden generar varios fenómenos tales como ruido, perdida de potencia, daño de componentes internos, entre otros.

Para esta practica de laboratorio se quiso observar si se cumplía el acoplamiento de la linea al utilizar el acoplador de Stub cuando tienen diferente tipo de cargas. Cuando se utiliza este método de acoplamiento se evita que se generen ondas estacionarias las cuales causan efectos negativos en los dispositivos electrónicos como se menciono anteriormente

* Curso de Teoría Electromagnética
**
***

Para probar esto, se utilizaron acopladores de Stub en cortocircuito ya que se tienen que calcular d y l con cargas y frecuencias exactas para que no presente fuga de radiación electromagnética. Se construyeron 2 acopladores; uno con una carga resistiva y otro con una carga resistiva y capacitiva a diferentes frecuencias. Como resultado, varían la impedancia vista al final; esto fue corroborado con el programa de la carta de Smith cuando se construyeron las gráficas de los valores de las impedancias teóricas y las experimentales

IV. PREINFORME

Para el preinforme, se tuvieron que hallar los valores de 'd' y de 'l' para poder construir los 2 acopladores Stub.

Comenzando con el primer caso, se utilizaron los siguientes valores para hallar 'd' y 'l'

$$Z_0 = 50\ \Omega,\ Z_{carga} = 240\ \Omega,\ f_{VNA} = 450MHz$$

Se utilizan las siguientes expresiones para hallar d_1 y d_2

$$\Gamma in = \frac{Z_{carga} - Z_0}{Z_{carga} + Z_0} \rightarrow \Gamma in = \frac{240-50}{240+50} \rightarrow \Gamma in = 0{,}6551$$

$$\phi = \theta_L - 2\theta_d i\ ,\ G_{in} = Y_0 \frac{1-|\Gamma in|^2}{1+|\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in| Cos(\phi)}$$

$$Cos(\phi) = \frac{1-|\Gamma in|^2 - 1 - |\Gamma in|^2}{2|\Gamma in|} = -\frac{2|\Gamma in|^2}{2|\Gamma in|^2} = -|\Gamma in|$$

$$\phi = Cos^-1(-|\Gamma in|) = \pm 130{,}9272^\circ$$

Utilizando el resultado positivo

$$\theta_{d1} = -\frac{130{,}9272^\circ}{2} = -65{,}4636^\circ + 180^\circ = 114{,}5364^\circ$$

Se halla lambda sabiendo que la velocidad de propagación es de 0.659

$$\lambda = \frac{c*B}{f} \rightarrow \lambda = \frac{(3*10^8)(0{,}659)}{4{,}5*10^8} \rightarrow \lambda = 0{,}4393m$$

Se halla d_1

$$d_1 = \frac{\theta_{d1}\lambda}{360^\circ} \rightarrow d_1 = \frac{(114{,}5364^\circ)(0{,}4393m)}{360^\circ} \rightarrow d_1 = 0{,}1397m$$

Utilizando el resultado negativo

$$\theta_{d2} = \frac{130{,}9272^\circ}{2} = 65{,}4636^\circ$$

Se halla d_2

$$d_1 = \frac{\theta_{d1}\lambda}{360^\circ} \rightarrow d_1 = \frac{(65{,}4636^\circ)(0{,}4393m)}{360^\circ} \rightarrow d_1 = 0{,}0798m$$

Ahora se calcula l_1

$$B_{S1} = -\frac{2Sen|\Gamma in|}{1+|\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in|Cos(\phi)} = -\frac{0{,}9899}{0{,}5708} = -1{,}7342$$

$$B_{s1} = \frac{1}{Tan\theta_{L1}} \rightarrow \theta_{L1} = Tan^-1(\frac{1}{B_{S1}}) = -29{,}9692^\circ + 180^\circ$$

$$\theta_{L1} = 150{,}0308^\circ$$

$$l_1 = \frac{\theta_{l1}\lambda}{360^\circ} = \frac{(150{,}0308^\circ)(0{,}4393m)}{360^\circ} = 0{,}1830m$$

Por ultimo, se calcula l_2

$$B_{S2} = -\frac{2Sen|\Gamma in|}{1+|\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in|Cos(\phi)} = -\frac{-0{,}9899}{0{,}5708} = 1{,}7342$$

$$B_{s2} = \frac{1}{Tan\theta_{L2}} \rightarrow \theta_{L2} = Tan^-1(\frac{1}{B_{S2}}) = 29{,}9692^\circ$$

$$l_2 = \frac{\theta_{l2}\lambda}{360^\circ} = \frac{(29{,}9692^\circ)(0{,}4393m)}{360^\circ} = 0{,}0365m$$

Para el segundo caso, se tenían los valores iniciales

$$Z_0 = 50\,\Omega,\ Z_{carga} = 240 - j53{,}0532\,\Omega,\ f_{VNA} = 300MHz$$

$$\Gamma in = \frac{Z_{carga} - Z_0}{Z_{carga} + Z_0} = \frac{240 - j53{,}0532 - 50}{240 - j53{,}0532 + 50}$$

$$\Gamma in = \frac{190 - j53{,}0532}{290 - j53{,}0532} = 0{,}069| - 5{,}234^\circ$$

$$\phi = \theta_L - 2\theta_d i\ ,\ G_{in} = Y_0 \frac{1-|\Gamma in|^2}{1+|\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in| Cos(\phi)}$$

$$\phi = -5{,}234^\circ - 2\theta_d i$$

$$Cos(\phi) = \frac{1-|\Gamma in|^2 - 1 - |\Gamma in|^2}{2|\Gamma in|} = -\frac{2|\Gamma in|^2}{2|\Gamma in|^2} = -|\Gamma in|$$

$$\phi = Cos^-1(-|\Gamma in|) = \pm 131{,}9976^\circ$$

Se halla lambda sabiendo que la velocidad de propagación es de 0.659

$$\lambda = \frac{c*B}{f} \rightarrow \lambda = \frac{(3*10^8)(0{,}659)}{3*10^8} \rightarrow \lambda = 0{,}659m$$

Tomando el resultado positivo

$$\theta_{d1} = \frac{-131{,}9272^\circ - 5{,}234^\circ}{2} = -68{,}6608^\circ + 180^\circ = 111{,}3392^\circ$$

Se halla d_1

$$d_1 = \frac{\theta_{d1}\lambda}{360^{\circ}} \rightarrow d_1 = \frac{(111{,}3392^{\circ})(0{,}659m)}{360^{\circ}} \rightarrow d_1 = 0{,}2038m$$

Tomando el resultado negativo

$$\theta_{d2} = \frac{131{,}9272^{\circ} - 5{,}234^{\circ}}{2} = 63{,}3831^{\circ}$$

Se halla d_2

$$d_2 = \frac{\theta_{d2}\lambda}{360^{\circ}} \rightarrow d_2 = \frac{(63{,}3831^{\circ})(0{,}659m)}{360^{\circ}} \rightarrow d_2 = 0{,}1160m$$

Se calcula l_1

$$B_{S1} = -\frac{2Sen|\Gamma in|}{1 + |\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in|Cos(\phi)} = -\frac{0{,}9737}{0{,}5708} = -1{,}7623$$

$$B_{s1} = \frac{1}{Tan\theta_{L1}} \rightarrow \theta_{L1} = Tan^{-}1(\frac{1}{B_{S1}}) = -29{,}5723^{\circ} + 180^{\circ}$$

$$\theta_{L1} = 150{,}4277^{\circ}$$

$$l_1 = \frac{\theta_{l1}\lambda}{360^{\circ}} = \frac{(150{,}4277^{\circ})(0{,}659m)}{360^{\circ}} = 0{,}2753m$$

Se calcula l_2

$$B_{S2} = -\frac{2Sen|\Gamma in|}{1 + |\Gamma in|^2 + 2|\Gamma in|Cos(\phi)} = -\frac{-0{,}9737}{0{,}5708} = 1{,}7623$$

$$B_{s2} = \frac{1}{Tan\theta_{L2}} \rightarrow \theta_{L2} = Tan^{-}1(\frac{1}{B_{S2}}) = 29{,}5723^{\circ}$$

$$l_2 = \frac{\theta_{l2}\lambda}{360^{\circ}} = \frac{(29{,}5723^{\circ})(0{,}659m)}{360^{\circ}} = 0{,}0541m$$

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En primer lugar, se realizaron los cálculos para hallar los valores de las longitudes de los 2 acoples Stub. Para estos acopladores, d se conoce como distancia del acoplador Stub a la carga y la longitud de l es la longitud de la linea Stub en corto, estos valores se deben calcular para las frecuencias de 300 MHz y 450 MHz. Los resultados para las 4 longitudes totales están en calculadas en la sección anterior y es resumido en la Fig.2 para cada caso de las cargas.

Montaje	Frecuancia	d [cm]	l [cm]	Z
1	450 MHz	8.07	3.6	240
2	300 MHz	11.7	5.3	240 - i52.5

Figura 2: Distancias calculadas teóricamente para acoplador Stub para dos cargas diferentes.

Con las distancias calculadas se construyeron los dos transformadores y, utilizando el analizador vectorial, se midió el valor de la impedancia y se recolectaron los datos para los dos casos, donde los datos se muestran en la Fig.3. Se puede observar que hay un número complejo el cual puede ser dado por que la longitud de los transformadores no es exactamente el teórico puesto que siempre existe el error humano al cortar las linea. Además de esto se puede observar que para la parte real de la carga esta cerca a lo que se busca pero podemos ver que existe fenómenos capacitivo y/o inductivos los cuales hacen que la carga no este perfectamente acoplada

	Impedancia kΩ		
Montaje	Experimental	Teorica	Error
1	49.8 + j36.4	50	12.3%
2	50.4 + j23.2	50	8.6%

Figura 3: Datos recolectados para ambos casos y el error respecto a la carga esperada.

VI. CONCLUSIONES

- En los acopladores construidos, al no presentar resultados netamente resistivos, se puede inferir que se generan ondas estacionarias, lo cual en la practica se ve como perdida de potencia o ruido
- La técnica del acoplador Stub puede ser utilizada para acoplar cualquier tipo de carga a un linea siendo una herramienta útil al momento de buscar minimizar perdidas de potencia.
- Aunque es el transformador Stub es una herramienta robusta es necesario tener una alta precisión al calcular d y l si se quiere tener un máximo acople porque los errores en las distancias introducen factores capacitivos y/o inductivos que producen perdidas de potencia.

VII. BIBLIOGRAFÍA

[1] Wayne Tomasi. Sistemas de Comunicaciones electrónicas. Pearson educación, 2003.

[2] Circuitos Eléctricos – Quinta Edición, 2003 – DORF, R. C. y SVOBODA, J. A.

[3] Carl TA Johnk. Teoría electromagnética principios y aplicaciones. Noriega Editores Editorial LI-MUSA, 1993

[4] "Weng Cho Chew", Wc- 2017. [Online]. Available: [Accessed: 09- Feb- 2018].