

INGENIERIA ELECTRONICA

TRABAJO:

CARTA DE SMITH

MATERIA:

LINEAS DE TRANSMISION

OBJETIVO

Conocer y entender la carta de Smith, así como sus aplicaciones en el análisis de líneas de transmisión.

INTRODUCCIÓN

La carta de Smith fue desarrollada en 1939 por Phillip Hagar Smith en los laboratorios del teléfono de Bell. A continuación se relata un poco de cómo surgió la necesidad de hacer una carta :

Debido a que P.H. Smith tenía el problema de emparejar la línea de la transmisión a la antena; una componente, que él consideraba, emparejó la línea al espacio. En vista de la frecuencia y del peso que era debido al tamaño y resultante de la antena, las medidas no eran simples. Por lo que el elemento de detección era un puente del termopar con cerca de 6 o 8 termopares juntados a dos bobinas, que dimensiones fueron determinadas por la frecuencia de la transmisión. El indicador era un microvoltímetro, que midió la magnitud de la señal.

Entonces movieron a montaje entero a lo largo de la línea de la transmisión para determinar la magnitud y la localización relativas de las señales máximas y mínimas. Para las líneas de transmisión arriba en el aire, éste requirió a un individuo moviera el dispositivo de detección adelante en el extremo de un poste largo, mientras que un segundo individuo leería la señal a través de un telescopio. Era primitivo, pero funcionó. Esto era lo primero que o Phil hizo frente como ingeniero eléctrico con los laboratorios del teléfono de Bell. Debio a los problemas que tenía el decidió crear una carta para simplificar el trabajo. De la ecuación de Fleming, y en un esfuerzo de simplificar la solución del problema de la línea de la transmisión, él desarrolló su primera solución gráfica en la forma de un diagrama rectangular.

Phil persistió en su trabajo, el diagrama desarrollado gradualmente con una serie de pasos. La primera carta rectangular fue limitada por la gama de datos que podría acomodar. En 1936 fue cuando él desarrolló un nuevo diagrama que eliminó la mayoría de las dificultades. La nueva carta era una forma coordinada polar especial en la cual todos los valores de los componentes de la impedancia podrían ser acomodados.

Las curvas del cociente constante de la onda de la situación, de la atenuación constante y del coeficiente de reflexión constante eran todos los círculos coaxiales con el centro del diagrama. Las escalas para estos valores, no eran son lineales, pero eran satisfactorias.

Con el tiempo la gente que trabaja este ámbito propuso las cartas para solucionar problemas de la línea de la transmisión.

DEFINICION

Diagrama polar especial que contiene círculos de resistencia, círculos de reactancia constante, círculos de

razón de onda estacionaria constante y curvas radiales que representan los lugares geométricos de desfase en una línea de valor constante; se utiliza en la resolución de problemas de guías de ondas y líneas de transmisión

DESARROLLO

La carta de Smith es una herramienta gráfica usada para relacionar un coeficiente de reflexión complejo con una impedancia compleja. La carta de Smith se puede utilizar para una variedad de propósitos incluyendo la determinación de la impedancia, emparejar de la impedancia, optimización del ruido, la estabilidad etc. La carta de Smith es una ingeniosa técnica gráfica que virtualmente evita todas las tediosas operaciones con números complejos. Por ejemplo, se puede determinar la impedancia de entrada a una línea de transmisión dando su longitud eléctrica y su impedancia de carga.

Construcción de la carta de Smith

La expresión del coeficiente de reflexión en la carga, ρ_L ,

(), en función de ésta, Z_L , y de la impedancia característica de la línea, Z_0 :

$$\rho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = |\rho_L| e^{j\theta_L} = \rho_r + j\rho_i \quad (1)$$

que se puede expresar en forma de módulo y fase $|\rho_L|, \theta_L$

o como parte real e

imaginaria ρ_r, ρ_i .

La impedancia de carga Z_L ,

, normalizada con respecto a la impedancia característica de la línea Z_0 ,

, también puede escribirse en sus partes real e imaginaria como:

$$\frac{Z_L}{Z_0} = \frac{1 + \rho_L}{1 - \rho_L} = r + jx \quad (2)$$

donde r y x son la resistencia y la reactancia normalizadas, respectivamente.

A partir de (1) y (2) se pueden obtener las partes real e imaginaria de ρ_L

:

$$\rho_L = \rho_r + j\rho_i = \frac{(r + jx) - 1}{(r + jx) + 1} = \frac{r^2 - 1 + x^2}{(r + 1)^2 + x^2} + j \frac{2x}{(r + 1)^2 + x^2} \quad (3)$$

Tomando las dos ecuaciones contenidas en (3) para las partes real e imaginaria

y por eliminación de r o x , pueden obtenerse las siguientes ecuaciones:

$$\left(\rho_r - \frac{r}{1+r}\right)^2 + \rho_i^2 = \left(\frac{1}{1+r}\right)^2 \quad (4)$$

$$(\rho_r - 1)^2 + \left(\rho_i - \frac{1}{x}\right)^2 = \frac{1}{x^2} \quad (5)$$

Si representamos la ecuación (4) sobre el plano (ρ_r, ρ_i)

para valores de r constante, las gráficas obtenidas son círculos de radio $1/(1+r)$

centrados en el eje real en los puntos $\rho_r = r/(1+r)$, $\rho_i = 0$.

Los distintos valores de r dan lugar a círculos de radio diferente con centro en distintas posiciones del eje real. La figura 1 muestra, en línea continua, los casos $r=0, 0.5, 1$ y 2 . Todos los círculos pasan por el punto $(1, 0)$.

La ecuación (5), para valores de x constante, también describe círculos de radio $1/|x|$,

centrados en $\rho_r = 1, \rho_i = 1/x$.

En la figura 1 se muestra, en línea discontinua, los casos $x=0, \pm 0.5, \pm 1$ y ± 2 . Nuevamente, todos los círculos pasan por el punto $(1, 0)$.

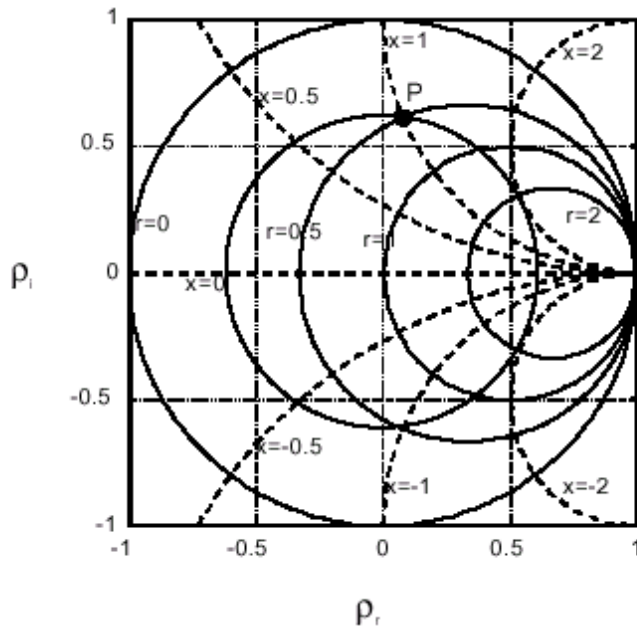


Figura 1 Carta de Smith

Representación de impedancias normalizadas

La intersección de un círculo r y un círculo x define un punto que representa una impedancia normalizada: $r+jx$. Por ejemplo, el punto P de la figura 1 representa la impedancia normalizada $0.5+j$, un cortocircuito $L=-1$ se representa en el punto

$(-1, 0)$ y un circuito abierto $rL=1$ en el punto $(1, 0)$.

Obtención del coeficiente de reflexión

Si pensamos en la carta de Smith como una representación en polares, la distancia de un punto al origen de coordenadas se corresponde con el módulo del coeficiente de reflexión y el ángulo con respecto al eje real positivo se corresponde con su fase:

$$\sqrt{\rho_r^2 + \rho_i^2} = |\rho_L| \quad (6)$$

$$\arctan\left(\frac{\rho_i}{\rho_r}\right) = \theta_L \quad (7)$$

La carta de Smith proporciona ambas escalas, tanto para la lectura del módulo (en la parte inferior) como para la lectura de la fase (sobre el círculo

$r=1$).

Todas las impedancias que presenten el mismo módulo del coeficiente

de reflexión se situarán sobre un círculo centrado en el origen. Por ejemplo, el

punto P (0.5, 1) se corresponde con un coeficiente de reflexión $0.62 \angle 83^\circ$ y en la

figura 1 se observa el círculo que representa $|\rho| = 0.62$.

Obtención de la ROE

La expresión que relaciona la ROE con el coeficiente de reflexión:

$$ROE = \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|} \quad (8)$$

y la comparamos con la ecuación (2) vemos que la ROE coincide con el valor de

la impedancia normalizada cuando la fase del coeficiente de reflexión es cero,

es decir, la intersección del círculo $|\rho| = \text{cte}$

con el eje real positivo.

Situación de los puntos $V_{\max}$ y $V_{\min}$

Partiendo de la expresión de la onda de tensión en la línea en función del coeficiente de reflexión:

$$|V(z)| = |V^+| \cdot |1 + \rho(z)| \quad (9)$$

es fácil comprobar que los máximos se producirán cuando la fase del coeficiente de reflexión sea cero y los

mínimos cuando dicha fase sea π .

Transformación de impedancias

Si nos desplazamos desde la carga hacia el generador, el coeficiente de reflexión en cualquier punto z de la línea viene dado, en función del coeficiente de reflexión en la carga, por la expresión:

$$\rho(z) = \rho_L e^{2\gamma z} \quad (10)$$

Un caso particular es el de las líneas sin pérdidas, donde la ecuación (10)

se reduce a:

$$\rho(z) = \rho_L e^{j2\beta z} \quad (11)$$

Por lo tanto, en una línea sin pérdidas, un desplazamiento z se traduce en un cambio de fase del coeficiente de reflexión, pero el módulo se mantiene constante. Por ejemplo, un desplazamiento de $z = \lambda/8$ supone un incremento de fase de $+\pi/2$ sobre el círculo de módulo constante. Esto nos lleva a la obtención de un nuevo punto en la carta de Smith, que se corresponde con la impedancia vista desde ese punto.

De esta forma, la transformación de impedancias producida a lo largo de la línea puede deducirse observando los valores de r y x que se leen al desplazarse sobre círculos centrados en la carta (espirales si hay pérdidas). La carta de Smith proporciona dos escalas adicionales sobre su perímetro en $\Delta z/\lambda$ (en longitudes de onda), una para los movimientos hacia el generador y otra para los movimientos hacia la carga.

Obtención de admitancias

Partiendo de la ecuación de la impedancia vista desde un punto z hacia

la carga Z_L , en una línea sin pérdidas:

$$Z_{in} = R_0 \frac{Z_L - jR_0 \operatorname{tg}(\beta z)}{R_0 - jZ_L \operatorname{tg}(\beta z)} \quad (12)$$

Si normalizamos y vemos el caso particular de $z = \lambda/4$:

$$\frac{Z_{in}}{R_0} = \frac{R_0}{Z_L} = \frac{Y_L}{Y_0} \quad (13)$$

obtenemos la admitancia de carga normalizada. Vemos pues como el transformador $\lambda/4$ actúa como un inversor de impedancias. Un desplazamiento de un cuarto de longitud de onda equivale a un cambio de fase de π radianes en el coeficiente de reflexión, por lo tanto el punto de la admitancia está

diametralmente opuesto al de la impedancia correspondiente.

También es posible emplear la carta de Smith como diagrama de admitancias, muy útil para resolver problemas de conexiones de líneas en paralelo (donde las admitancias se suman). Si se trabaja con admitancias normalizadas las posiciones de cortocircuitos y circuitos abiertos están invertidas respecto de la carta de impedancias y también se invierte la posición de los lados capacitivo e inductivo.

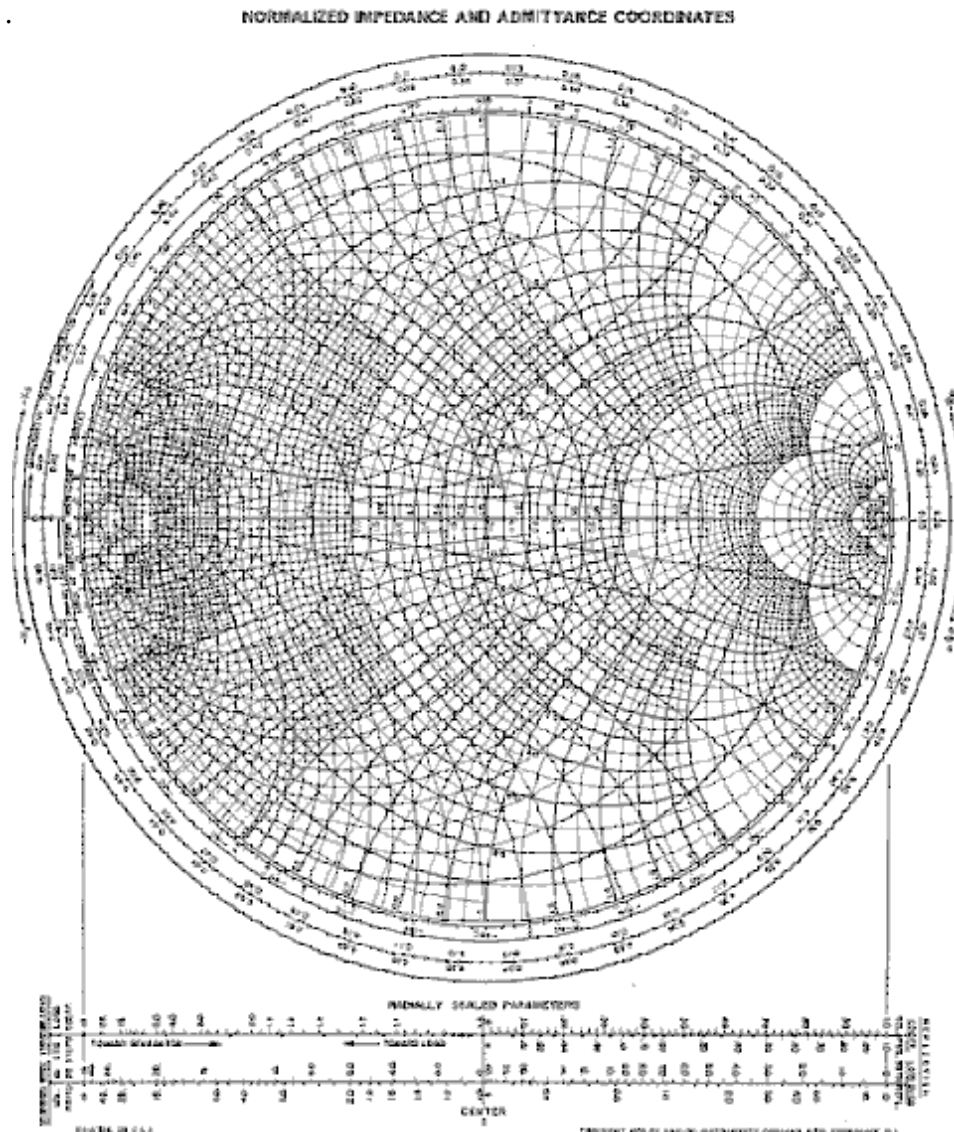


FIG. CARTA DE SMITH

El resultado importante es el hecho de que el coeficiente de reflexión del voltaje y la impedancia de entrada a la línea normalizada en el mismo punto de la línea, están relacionados por la carta de Smith. En la parte exterior de la carta hay varias escalas.

En la parte exterior de la carta está una escala llamada "ángulo del coeficiente de reflexión en grados", a partir de ésta se puede obtener directamente el valor de θ_r

. Un par de escalas de suma importancia son las que relacionan la longitud de la línea de transmisión en el inicio de estas dos escalas está en el lado izquierdo de la carta de Smith y una de ellas corre en el sentido de las manecillas del reloj, ésta se denomina "wavelengths toward generator" (longitudes de onda hacia el generador), esto indica que si se utiliza esta escala se estará avanzando hacia el generador, hacia la entrada de

la línea. La otra escala corre en sentido contrario de las manecillas del reloj y se denomina "wavelengths toward load" (longitudes de onda hacia la carga), esto indica que si se utiliza esta escala se estará avanzando hacia la carga, hacia el final de la línea .

En el fondo de la carta hay un conjunto de varias escalas, una de las cuales está denominada "Reflection coeff. Vol" (Coeficiente de reflexión del voltaje). Si se mide la longitud del vector, trazado siempre desde el origen, se puede utilizar esta escala para conocer la magnitud del coeficiente de reflexión del voltaje.

Precisión de la carta de SMITH

La escala angular en el borde tiene divisiones de 1/500 de una longitud de onda (0,72 grados) y la escala del coeficiente de reflexión se puede leer a una precisión de 0,02. Con lo que se demuestra que es absolutamente suficiente para la mayoría de los propósitos. Por ejemplo, si la longitud de onda en cable coaxial en 1 GHz es 20 centímetros, la carta de SMITH localiza la posición a lo largo del cable a 20/500 centímetro o 0,4 milímetros y ellas están claros a cualquier persona que ha manejado el cable en el 1GHz que no puede ser cortado a esta precisión.

Si se requiere más precisión, una sección agrandada de la carta se puede hacer fácilmente con una fotocopia.

Ventajas Principales de la CARTA de SMITH

A continuación se mencionan algunas ventajas de la carta de SMITH :

- Es una representación gráfica directa, en el plano complejo, del coeficiente de reflexión complejo.
- Es una superficie de Reimann, en que es cíclico en números de mitad-longitudes de onda a lo largo de la línea. Pues el patrón derecho de la onda repite cada media longitud de onda, esto es enteramente apropiado. El número de medias longitudes de onda se puede representar por el número de la bobina.
- Puede ser utilizado como calculadora de la impedancia o de la entrada, simplemente dándole vuelta con 180 grados.
- El interior de la región circular gamma de la unidad representa el caso pasivo de la reflexión, que es lo más a menudo posible la región del interés.
- La transformación a lo largo de la línea da lugar a un cambio del ángulo, y no al módulo o al radio de gamma . Así, los diagramas se pueden hacer rápidamente y simplemente.
- Muchas de las características más avanzadas de la microonda circulan, por ejemplo las regiones de la figura del ruido y de la estabilidad, mapa sobre la carta de SMITH como círculos.
- El "punto en el infinito" representa el límite del aumento muy grande de la reflexión, y así que por lo tanto nunca necesite ser considerado para los circuitos prácticos.
- Los mapas verdaderos del eje a la variable derecha del cociente de la onda (SWR). Una transferencia simple del lugar geométrico del diagrama al eje verdadero en el radio constante da una lectura directa del SWR.

CONCLUSIONES

Como conclusión se puede decir que la carta de Smith es una relación gráfica entre la impedancia de entrada normalizada y el coeficiente de reflexión del voltaje en el mismo punto de la línea y utilizando la carta se pueden evitar los laborioso cálculos con números complejos para conocer la impedancia de entrada a la línea o el coeficiente de reflexión.

Por lo que son de mucha utilidad en el acoplamiento de las líneas de transmisión y en el cálculo del inverso de un número complejo.

REFERENCIAS

- <http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.angelfire.com/sc/felipemeza/pub3.htm>
- <http://quantum.ucting.udg.mx/uctn/cursos/index.html>
- <http://telecom.fi-b.unam.mx/download.htm>
- <http://mailweb.pue.udlap.mx/~lgojeda/tutoriales/ie38001/page75.htm>
- http://216.239.35.120/translate_c?hl=es&u=http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/smith.html&prev=
- http://216.239.35.120/translate_c?hl=es&u=http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/D.Jefferies/stubmatch.html&
- <http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/apuntes/electro/capitulo7/chapter7.htm>

1

•