

Líneas de transmisión

Determinar la utilidad de una línea de transmisión en las telecomunicaciones

Introducción

En un sistema de comunicación, la energía en forma de tensión y corriente variables deben transferirse de un punto a otro, para ello se emplean líneas de transmisión.

Cuyo objetivo es transferir energía de un generador hacia una carga

Tipos de líneas de transmisión

Existen dos tipos básicos:

- Equilibradas
- desequilibradas

Equilibradas

Denominadas también simétricas, son aquellas en las que los dos cables de la línea transportan energía de RF y la corriente de cada una de ellas presenta un desfase de 180° con respecto al otro cable

Desequilibradas

También llamadas asimétricas son aquellas en las que un cable está a potencial de tierra y el otro conduce la corriente de RF

De acuerdo a lo anterior se pueden tener:

- Líneas bifilares
- Líneas coaxiales

Líneas bifilares

- Bifilar aérea
- Cinta bifilar
- Conductor doble trenzado
- Línea de par apantallado

Líneas coaxiales

- Coaxial rígida
- Coaxial flexible

Categorías de líneas de transmisión

Esto hace referencia a la longitud eléctrica de la línea

- Líneas largas: tienen una longitud de un cuarto de longitud de onda o más larga.
- Líneas cortas: son más cortas que la longitud de onda sobre cuatro de la frecuencia que se transmite.

Líneas largas y cortas

Las líneas de transmisión se dividen en dos categorías:

- Líneas largas
- Líneas cortas

Esta denominación hace referencia a la longitud eléctrica de la línea mas no a la longitud física del cable

Líneas largas

- Tienen una longitud de un cuarto de longitud de onda ($\lambda/4$) o más larga

Líneas cortas

- Tienen una longitud menor que $\lambda/4$

Cálculo de la longitud de onda

- La longitud de onda λ , en el aire se calcula dividiendo la velocidad c por la frecuencia f

$$\lambda = c / f$$

Donde c = velocidad = 3×10^8 m/s y f es la frecuencia en hertzios

Velocidad de propagación

- Es la velocidad a la que viaja la energía desde una fuente
- La velocidad de propagación V^p de las líneas de transmisión es una función de la distancia D y el tiempo T por unidad de longitud.
- La velocidad de propagación es importante para aquellas aplicaciones en las que se desea tener una acción retardada de la señal específica

$$V^p = D/T$$

Donde V^p = velocidad de propagación

D = distancia de recorrido

T = tiempo = $\sqrt{\quad}$

Ejemplos:

- Suponer un espacio abierto, calcular la longitud de onda de una frecuencia de señal de 25 Mhz.

$$\frac{v}{f} = 12\text{m}$$

Ejemplo

- Suponer que la frecuencia de la señal de 25 Mhz se transmite a través de un cable coaxial RG-63B/U, cuya capacitancia es de 10 pF/pie y la inductancia es de 156,25 nH/pie. Calcular: a) la acción de retardo por pie de cable y b) la velocidad de propagación

a. $T = \sqrt{LC} = \sqrt{10 \cdot 156,25} = 1,25 \text{ ns}$

b. $V_p = 1 \text{ pie}/1,25 \text{ ns} = 8 \times 10^8 \text{ pies/s}$

Ejercicio

Calcular la longitud de una línea cuya frecuencia de trabajo es de 100Hz. Y mide 650 Km:

$$\lambda = c/f, \frac{30000000}{100} = 300000 \text{ mts}$$

$$\lambda/4 = 750 \text{ Km}$$

Se trata de una línea corta

Ejercicio

- Calcular la longitud de una línea cuya frecuencia de trabajo es de 30mHz. Que mide 3 mts

$$\lambda = c/f, \text{ ————— } / = 10 \text{ mts}$$

$$\lambda / 4 = 2,5 \text{ m}$$

Se trata de una línea larga

reflexión

- La mayoría de las líneas de transmisión de baja frecuencia y cc se clasifican como líneas cortas. Debido a que las líneas cortas no tienen ondas estacionarias (distribución estacionaria de la corriente o la tensión a lo largo de la línea) a considerar, los cálculos de tensión, corriente e impedancia se hacen siguiendo la ley de Ohm
- Las líneas de RF se clasifican como líneas largas, debido a que las ondas estacionarias aparecen en las líneas de transmisión, por lo tanto deben tratarse como circuitos

Taller: Líneas de Transmisión (características)

Objetivo: Describir las características de una línea de transmisión como elemento relacionado con el estudio de antenas.

Organización.

Se formarán grupos de tres personas, en caso de no obtenerse grupos cerrados los estudiantes adicionales serán añadidos aleatoriamente a cualquier de los grupos formados.

Metodología:

Mediante el uso del material previamente consultado sobre las características de líneas de transmisión, se procederá a generar debates al interior de cada grupo sobre las características de las líneas y las definiciones, mediante exposiciones por grupo

Características eléctricas

Al estudiar los fundamentos de la electrónica, nos enseñaron a pensar en los movimientos de la energía eléctrica en circuitos de baja frecuencia normales como en electrones que fluyen en una dirección, en un momento dado, por todo el circuito y después invierten la dirección en todo el circuito un momento después, de manera que todos los electrones se mueven en una sola dirección en un momento dado. Sin embargo, este concepto no es válido para circuitos eléctricamente largos. Por ejemplo, si la longitud física de una línea de transmisión bifilar es mayor que $\lambda/4$, *los electrones pueden fluir en direcciones opuestas en el mismo instante en el mismo cable*. Este fenómeno se produce cuando la línea de transmisión no termina en una impedancia del mismo valor que la impedancia característica de la línea. Cuando esto sucede, no puede aplicarse la ley de Ohm para tensión, corriente e impedancia de líneas cortas, lo cual significa que deben tratarse nuevos conceptos.

Características de una línea de transmisión

Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con la cuatro constantes primarias

CONSTANTES SECUNDARIAS

- Impedancia Característica
- Constante de Propagación

Impedancia

La **impedancia** es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente. Para circuitos de corriente alterna

Definición

Sea un componente eléctrico o electrónico o un circuito alimentado por una corriente sinusoidal $I_o \cos(\omega t)$. Si el voltaje a sus extremos es $V_o \cos(\omega t + \varphi)$, la **impedancia** del circuito o del componente se define como un número complejo Z cuyo módulo es el cociente $\frac{V_o}{I_o}$ y cuyo argumento es φ .

$$\begin{aligned} |Z| &= \frac{V_o}{I_o} \\ \arg(Z) &= \varphi \end{aligned}$$

$$\text{o sea } Z = \frac{V_o}{I_o} e^{j\varphi} = \frac{V_o}{I_o} (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

Es la oposición total (Resistencia, Reactancia inductiva, Reactancia capacitiva) sobre la corriente

Como el voltaje y las corrientes son sinusoidales, se pueden utilizar los valores pico (amplitudes), los valores eficaces, los valores pico a pico o los valores medios. Pero hay que cuidar de tratarlos uniformemente y no mezclar los tipos. El resultado de los cálculos será del mismo tipo que el utilizado para los generadores de voltaje o de corriente.

Impedancia

La impedancia puede representarse como la suma de una parte real y una parte imaginaria:

$$Z = R + jX$$

R es la parte **resistiva** o **real** de la impedancia y X es la parte **reactiva** o **imaginaria** de la impedancia. Básicamente hay dos clases o tipos de reactancias:

- Reactancia inductiva o X_L : Debida a la existencia de inductores.
- Reactancia capacitiva o X_C : Debida a la existencia de capacitores.

Impedancia característica(impedancia de sobretensión o resistencia de sobretensión)

- Es una propiedad que:
 - No está influenciada por la longitud de la línea
 - Ni de la frecuencia a la que trabaja la línea
 - Ni por el valor óhmico de la resistencia de la carga.
- Esta determinada por la inductancia distribuida (conductores) y la capacitancia (distribuida) de la línea

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Ejercicios

La línea de transmisión de entrada de un receptor de televisión comúnmente utilizado es un cable coaxial RG-59B/U, con una capacitancia de 21pF/pie y una inductancia de 111,91 nH/pie. Cuál es la impedancia característica de una sección de 10 mts y otra sección de 500 mts

La impedancia característica se puede definir como el número exacto de ohmios de resistencia pura necesarios para terminar adecuadamente una línea de transmisión en particular.

IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA

- Para una línea de cables paralelos con dieléctrico de aire

$$Z_o = 276 \log \frac{D}{r}$$

Donde D = separación entre el centro de los cables

r = radio de los conductores

IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA

- $Z_0 = 138 \log \frac{d_2}{d_1}$

- Para cable coaxial

Donde d_1 = diámetro interno del conductor externo

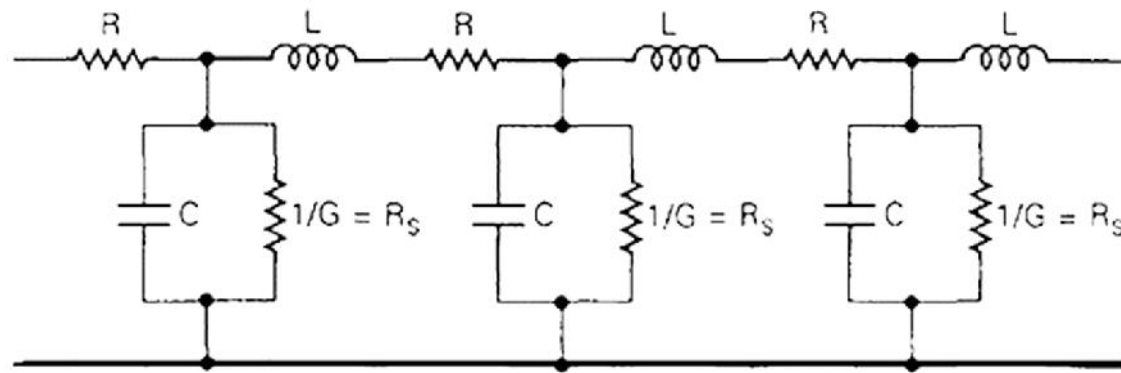
d_2 = diámetro externo del conductor interno

CONSTANTES ELÉCTRICAS PRIMARIAS

1. Resistencia de cd (R) – Ohm/m
2. Inductancia (L) – H/m
3. Capacitancia de derivacion (C)
4. Conductancia de derivacion (G)

PARAMETROS DISTRIBUIDOS

Circuito equivalente



C = capacitancia- dos conductores separados por un aislante

R = resistencia- oposición al flujo de corriente

L = inductancia

$1/G$ = resistencia de dispersión del dieléctrico

R_s = resistencia de dispersión en derivación

consultas

- Líneas de transmisión resonantes
 - Ondas progresivas
 - Ondas estacionarias
 - Líneas abiertas
 - Líneas cortocircuitadas
 - Medición de ROE
- Líneas de transmisión no resonantes
- Pérdidas en las líneas de transmisión

Fuentes y cargas

- El objetivo de una línea de transmisión es transferir energía de un punto a otro (fuente carga)
- Fuente es cualquier forma de generador de energía
- Carga es un dispositivo que absorbe o consume energía

Consideraciones

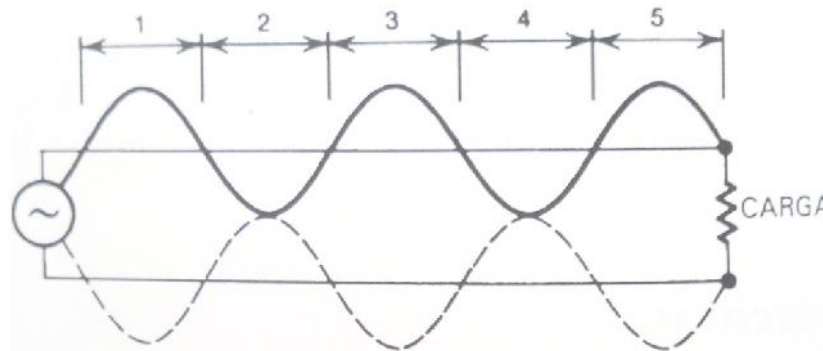
- Considere una línea bifilar a la que se le aplique una señal de 3 khz, tendrá un flujo instantáneo de electrones en direcciones opuestas en las secciones sucesivas de 50 Km.
- Para frecuencias de 3mhz, cada tramo sucesivo será de 50 m en flujo de electrones opuestos.
- Para frecuencias de 300 MHz, se producirá un flujo de corriente en direcciones opuestas en cada sección de 50 cm

frecuencias	velocidad		onda completa	media onda	cuarto de onda
3000	300000000		100000	50000	25000
3000000	300000000		100	50	25
300000000	300000000		1	0.5	0.25

- A medida que aumenta la frecuencia, el flujo de electrones de los cables está en direcciones opuestas dentro de un tramo más corto, y la longitud de ese tramo es la mitad de la longitud de onda de la frecuencia aplicada

Ondas progresivas

- Imaginar un flujo en diferentes tramos que va en direcciones opuestas es complejo
- Resulta más fácil pensar, en una onda que avanza por la línea, con movimiento oscilatorio de electrones en tramos a medida que avanza por la línea.



Formas de onda de corriente instantánea en una línea bifilar

Líneas de transmisión

- Líneas de transmisión resonantes
- Líneas de transmisión no resonantes

Líneas de transmisión resonantes(no equilibrada)

- Son líneas de transmisión que tienen longitudes finitas, o aquellas que no están adecuadamente terminadas (terminada en un impedancia diferente a su impedancia característica)
- La terminación de una línea resonante puede ser :
 - Abierta
 - En corto
 - Resistiva (aparte de la impedancia característica de la línea.
- Para cualquiera de estos casos, la línea no puede transmitir plenamente energía a la carga, porque parte de esta energía se refleja de vuelta ala fuente y forma ondas estacionarias en la línea.

Ondas estacionarias

- Se trata de la energía que avanza por la línea y se refleja a vuelta a la fuente.
- Cada $\lambda/2$ a lo largo de una línea resonante aparecen puntos de alta tensión y baja corriente.
- A mitad de dichos puntos se produce lo contrario: puntos de alta corriente y baja tensión.

ROE y ROET

- La relación entre los puntos de alta tensión y los puntos de baja tensión se denomina *relación de ondas estacionarias de tensión*.
- La relación entre los puntos de alta corriente y los puntos de baja corriente se denomina *relación de ondas estacionarias de tensión*.
- $ROET = V_{max}/V_{min}$
- $ROE = I_{max}/I_{min}$

Línea abierta

- Cuando una línea de transmisión de longitud finita tiene su terminación abierta, la corriente en el extremo abierto de ambos conductores debe ser cero. (producida por una impedancia infinita en el extremo abierto)
- Como no hay flujo de corriente ni hay disipación de la energía , onda retorna por la línea, dando lugar a ondas incidentes y ondas reflejadas

Líneas de transmisión no resonantes

- es la que tiene una longitud infinita o la que termina en una carga resistiva igual a la impedancia característica de la línea