

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES  
REDES ELÉCTRICAS III

## **Línea de Transmisión Bifilar**

Docente:  
Caropresse, Gerlis

Caracas, 2 de octubre de 2024

Autor:  
Br. Alas ,Felix  
C.I: 28.282.974

# 1. Introducción

En el presente trabajo se aborda el diseño de una línea de transmisión bifilar, un tipo de conductor eléctrico compuesto por dos hilos paralelos separados por un dieléctrico. Este tipo de línea es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones de telecomunicaciones debido a sus características particulares.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un diseño que cumpla con un conjunto específico de requisitos, incluyendo una impedancia característica de  $300\Omega$ , una capacitancia por unidad de longitud de  $10pF/m$ , una atenuación nominal de  $1,9dB/m$  a  $100MHz$  y una velocidad de propagación del 98 % de la velocidad de la luz en el vacío.

La importancia de este diseño radica en la necesidad de transmitir señales electromagnéticas de manera eficiente y con mínimas pérdidas en aplicaciones donde estas especificaciones son fundamentales. A través de este trabajo, se busca analizar los factores que influyen en el rendimiento de una línea de transmisión bifilar y proponer una solución óptima que satisfaga los requerimientos establecidos.

En las siguientes secciones se presentarán los fundamentos teóricos de las líneas de transmisión, el procedimiento de diseño seguido y los resultados obtenidos. Finalmente, se discutirán las posibles aplicaciones de este diseño y se propondrán líneas futuras de investigación.

## 2. Problema planteado

Se desea diseñar una línea de transmisión bifilar, con las siguientes características:

- Impedancia Característica:  $300\Omega$ .
- Capacitancia por unidad de longitud:  $10pF/m$ .
- Atenuación nominal:  $1,9dB/m$ , a  $100MHz$ .
- Velocidad de propagación nominal: 98 %.

Se definirá posteriormente el dieléctrico a utilizar, el tipo de conductor, dimensiones (diámetros conductores, separación entre conductores, etc).

### **3. Breve descripción teórica**

#### **3.1. Líneas de Transmisión Bifilar: Fundamentos Teóricos**

Una línea de transmisión bifilar es un tipo de conductor eléctrico compuesto por dos hilos paralelos separados por un dieléctrico. Este tipo de línea es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones de telecomunicaciones debido a su simplicidad constructiva y sus características de transmisión.

#### **3.2. Impedancia Característica**

Uno de los parámetros más importantes de una línea de transmisión es la impedancia característica ( $Z_o$ ). Esta representa la relación entre el voltaje y la corriente que se propaga a lo largo de la línea en modo transversal electromagnético (TEM). La impedancia característica de una línea bifilar depende de la geometría de los conductores (diámetros y separación) y de las propiedades del dieléctrico (permitividad relativa).

#### **3.3. Velocidad de Propagación**

La velocidad de propagación de una onda electromagnética a lo largo de una línea de transmisión es menor que la velocidad de la luz en el vacío y depende de la permitividad relativa del dieléctrico. Esta velocidad se relaciona con la longitud de onda de la señal y el período de la misma.

#### **3.4. Atenuación**

La atenuación representa la pérdida de potencia de la señal a medida que se propaga a lo largo de la línea. Esta pérdida se debe a varios factores, como la resistencia óhmica de los conductores, las pérdidas dieléctricas y las pérdidas por radiación. La atenuación se expresa en decibelios por unidad de longitud (dB/m).

### 3.5. Capacitancia y Inductancia

Una línea de transmisión bifilar puede ser modelada como una sucesión infinita de elementos infinitesimales, cada uno compuesto por una inductancia y una capacitancia. La capacitancia se debe a la presencia del campo eléctrico entre los conductores, mientras que la inductancia se debe al campo magnético generado por la corriente que circula por los conductores.

### 3.6. Modelo de Línea de Transmisión

Para analizar el comportamiento de una línea de transmisión, se utiliza el modelo de línea de transmisión distribuida, que considera la distribución continua de los parámetros a lo largo de la línea. Este modelo permite obtener las ecuaciones de telegrafistas, que relacionan el voltaje y la corriente en cualquier punto de la línea.

### 3.7. Relación con el Problema

En este trabajo, los conceptos teóricos mencionados anteriormente se aplicarán para diseñar una línea de transmisión bifilar que cumpla con las especificaciones establecidas. Se utilizarán las ecuaciones de línea de transmisión para calcular las dimensiones geométricas de la línea y verificar que se obtenga la impedancia característica, la capacitancia y la velocidad de propagación deseadas. Además, se analizarán las pérdidas en la línea para evaluar el cumplimiento de la especificación de atenuación.

Esta sección puede ser ampliada o modificada según tus necesidades. Puedes agregar más detalles sobre los conceptos que consideres relevantes, como:

**Modos de propagación:** Explicar brevemente los diferentes modos de propagación en líneas de transmisión y por qué se considera el modo TEM en este caso. **Coefficiente de reflexión:** Definir el coeficiente de reflexión y su importancia en el diseño de líneas de transmisión. **Adaptación de impedancias:** Explicar la importancia de adaptar la impedancia de la línea a la impedancia de la carga para evitar reflexiones.

## 4. Propuesta de diseño y esquemas

Bajas frecuencias:

$$L = \frac{\mu}{\pi} \left( \frac{1}{4} + \operatorname{arccosh} \left( \frac{d}{2a} \right) \right) \quad (4.1)$$

$$R = \frac{2}{\sigma_c \pi a^2} \quad (4.2)$$

$$C = \frac{\pi \epsilon}{\operatorname{arccosh} \left( \frac{d}{2a} \right)} \quad (4.3)$$

$$G = \frac{\pi \sigma_d}{\cosh^{-1} \left( \frac{d}{2a} \right)} \quad (4.4)$$

Altas frecuencias:

$$L = \frac{\mu}{\pi} \operatorname{arccosh} \left( \frac{d}{2a} \right) \approx \frac{\mu}{\pi} \ln \left( \frac{d}{a} \right); \quad a \ll d$$

$$C = \frac{\pi \epsilon}{\operatorname{arccosh} \left( \frac{d}{2a} \right)} \approx \frac{\pi \epsilon}{\ln \left( \frac{d}{a} \right)}; \quad a \ll d$$

$$R = \frac{1}{\pi a l \sigma_c} \quad (4.5)$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \operatorname{arccosh} \left( \frac{d}{2a} \right) \quad (4.6)$$

Si  $l$  es comparable o mayor que el radio del conductor " $a$ " se utilizan las expresiones para bajas frecuencias

$\operatorname{tg}(\delta)$  se asume constante en  $f$ ,  $\sigma$  no varia linealmente con respecto a  $f$

$$l \left[ \frac{dB}{m} \right] = 20 \log(e) \alpha \left[ \frac{Np}{m} \right] \quad (4.7)$$

$$\alpha = 0,2187 \frac{Np}{m}$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (4.8)$$

$$Z_o = 300\Omega \text{ ( antenas receptoras de TV o FM )}$$

$$V_p = \frac{w}{\beta} = \frac{2\pi f}{\beta} \quad (4.9)$$

$$\beta = \frac{2\pi f}{V_p} \quad (4.10)$$

$$\beta = \frac{2\pi 10Mhz}{0,98 \cdot C}$$

$$\beta = 2,1386 \frac{rad}{m}$$

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = 0,986$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = 0,98$$

$$\epsilon_r = 1,0412 \therefore \text{aire}$$

$$\epsilon = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \quad (4.11)$$

$$\epsilon = 9,2193 \times 10^{-12}$$

$$\mu = \mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = 0,2187 + j2,1386 \quad (4.12)$$

$$\gamma = \sqrt{(R - j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (4.13)$$

si  $\alpha = 0 \Rightarrow \gamma = 2,0959j$  por aire  $\sigma = 0$  si

$$G = \frac{\pi \sigma_d}{\cosh^{-1}\left(\frac{d}{2a}\right)} = 0 \quad (4.14)$$

Para la ecuación 4.13 y 4.8 se busca R y L con  $G = 0, Z_o = 300\Omega, \gamma = 0,2187 + j2,1386$

$$\frac{d}{2a} = \cosh\left(\frac{\pi \epsilon}{C}\right) = 8,1036; \text{ si } \frac{d}{2a} = e^{\frac{\pi \epsilon}{C}} = 8,0726 \quad (4.15)$$

si conductor cobre:

$$l = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu_o \sigma_c}} \quad (4.16)$$

$$l = 6,6085 \times 10^{-6} = 0,066 \text{ mm} ; l \ll a \text{ se utiliza alta frecuencia}$$

$$\mu = 0,9999994 ; \sigma_c = 4,8 \times 10^7$$

$$L \rightarrow \frac{d}{a} = 16,14725$$

$$\frac{L\pi}{\mu} = \frac{\pi \epsilon}{C} \quad (4.17)$$

$$L = 1,1127 \frac{\mu H}{m}$$

$$C \rightarrow \frac{d}{a} = 16,1452$$

$$\frac{d}{2a} = 8,075$$



## **5. Valores de dispositivos o elementos**

## 6. Conclusiones y posibles aplicaciones

En este trabajo se ha llevado a cabo el diseño de una línea de transmisión bifilar, cumpliendo con las especificaciones establecidas para impedancia característica, capacitancia, atenuación y velocidad de propagación. A través de [métodos de análisis utilizados, como simulaciones o cálculos], se ha obtenido un diseño óptimo que minimiza las pérdidas y maximiza la eficiencia de la transmisión.

Una de las aplicaciones más prometedoras de esta línea de transmisión bifilar es en el campo de las antenas dipolo. Al utilizar esta línea como alimentador de una antena dipolo, se puede lograr una mejor adaptación de impedancias, reduciendo las pérdidas por reflexión y mejorando la eficiencia de radiación. Además, la baja atenuación de la línea permite transmitir señales a mayores distancias sin una degradación significativa de la señal.

Sin embargo, es importante destacar que el diseño presenta algunas limitaciones, como [mencionar las limitaciones encontradas]. A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos son alentadores y abren nuevas posibilidades para futuras investigaciones. Se sugiere explorar el diseño de líneas bifilares con diferentes geometrías y materiales, así como analizar su comportamiento en entornos con interferencias electromagnéticas.

En conclusión, el diseño de una línea de transmisión bifilar es un tema de gran relevancia en el campo de las telecomunicaciones. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran la viabilidad de diseñar líneas de transmisión personalizadas para aplicaciones específicas, como las antenas dipolo. Se espera que este trabajo contribuya al avance del conocimiento en este campo y sirva como base para futuros desarrollos.