

LABORATORIO DE PROPAGACIÓN Y ANTENAS

PRÁCTICA N° 2

1 TEMA

ONDA ELECTROMAGNÉTICA, REPRESENTACIONES
EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y LA FRECUENCIA

2 OBJETIVOS

- 2.1 Familiarizar al estudiante con el manejo de expresiones matemáticas de campos vectoriales electromagnéticos en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.
- 2.2 Familiarizar al estudiante con las herramientas disponibles en la herramienta de simulación MATLAB para la manipulación de expresiones matemáticas y gráficos de ondas planas.
- 2.3 Comprender experimentalmente las representaciones en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia de una onda electromagnética generada con los equipos disponibles en el laboratorio.

3 PREPARATORIO

3.1 Cuestionario

Responda las siguientes preguntas:

- ¿Qué es una onda y que tipos de onda existen en la naturaleza?
- ¿Qué son las ondas transversales y longitudinales?
- ¿Qué es una onda plana electromagnética?

3.2 Ejercicios

- El campo eléctrico de una onda electromagnética expresado en el dominio del tiempo está dado por la siguiente función:

$$\mathbf{e}_y = A_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0) \mathbf{a}_y$$

Identifique y explique de manera detallada los siguientes parámetros: \mathbf{e}_y , A_0 , ω , k , φ_0 , \mathbf{a}_y .

- El campo magnético de una onda electromagnética expresado en el dominio de la frecuencia está dado por la siguiente función:

$$\mathbf{H}_\theta = B_0 e^{-j(kr + \varphi_0)} \mathbf{a}_\theta$$

- Identifique y explique de manera detallada los siguientes parámetros: \mathbf{H}_θ , B_0 , e , j , k , r , φ_0 , \mathbf{a}_θ .
- Para la función de campo eléctrico de una onda electromagnética plana que se propaga en el vacío dada en la Tabla 1, determinar:
 - i) la expresión del campo eléctrico en régimen armónico (dominio de la frecuencia)
 - ii) la constante de propagación k y el tiempo t en el cual la onda se propaga una distancia igual a una media longitud de onda en la dirección dada, y ;
 - iii) la gráfica de dos periodos del campo eléctrico de la onda electromagnética plana en el origen del sistema de coordenadas para $t=0$, $t=T/4$ y $t=T/2$. Utilice para su gráfico una hoja de papel milimetrado con un único diagrama con los tres gráficos, utilice una escala adecuada y presente una tabla de valores que validen sus gráficos.

Tabla 1. Funciones de campo eléctrico.

SESIÓN	FUNCIÓN
Miércoles 09-11 (GR6)	$\mathbf{e} = 10 \cos(10\pi 10^9 t + kx) \mathbf{a}_y \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Miércoles 16-18 (GR2)	$\mathbf{e} = 15 \sin(6\pi 10^9 t - ky) \mathbf{a}_z \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Jueves 14-16 (GR3)	$\mathbf{e} = 20 \cos(8\pi 10^9 t + kz) \mathbf{a}_x \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Viernes 07-09 (GR4)	$\mathbf{e} = 40 \sin(4\pi 10^9 t - kx) \mathbf{a}_z \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Viernes 14-16 (GR5)	$\mathbf{e} = 25 \cos(10\pi 10^9 t - kx) \mathbf{a}_z \frac{\text{V}}{\text{m}}$
Viernes 16-18 (GR1)	$\mathbf{e} = 80 \sin(8\pi 10^9 t - kx) \mathbf{a}_y \frac{\text{V}}{\text{m}}$

- Para la función de campo magnético de una onda electromagnética plana que se propaga en el vacío dada en la Tabla 2, determinar:
 - a) la expresión del campo magnético en el dominio del tiempo;
 - b) la gráfica del fasor del campo magnético de la onda electromagnética plana en el plano complejo. Utilice para su gráfico una hoja de papel milimetrado

Tabla 2. Funciones de campo magnético.

SESIÓN	FUNCIÓN
Miércoles 09-11 (GR6)	$\mathbf{H} = 10e^{-j(4\pi 10^9 t + kx)} \mathbf{a}_z \frac{\text{A}}{\text{m}}$
Miércoles 16-18 (GR2)	$\mathbf{H} = 20e^{-j(8\pi 10^9 t + ky + \frac{\pi}{2})} \mathbf{a}_x \frac{\text{A}}{\text{m}}$
Jueves 14-16 (GR3)	$\mathbf{H} = 30e^{-j(12\pi 10^9 t + kz)} \mathbf{a}_y \frac{\text{A}}{\text{m}}$
Viernes 07-09 (GR4)	$\mathbf{H} = 40e^{-j(20\pi 10^9 t + kx + \frac{\pi}{2})} \mathbf{a}_y \frac{\text{A}}{\text{m}}$
Viernes 14-16 (GR5)	$\mathbf{H} = 50e^{-j(6\pi 10^9 t + ky)} \mathbf{a}_z \frac{\text{A}}{\text{m}}$
Viernes 16-18 (GR1)	$\mathbf{H} = 60e^{-j(4\pi 10^9 t + kz + \frac{\pi}{2})} \mathbf{a}_z \frac{\text{A}}{\text{m}}$

3.3 Revisar sobre las funciones de MATLAB: `getframe` y `movie`.

4 EQUIPO Y MATERIALES

- Computador con MATLAB 2024A (licencia institucional)
- Generador de señales
- Analizador de espectros
- Cables de conexión
- Memoria Flash USB

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Experimentación con MATLAB

Considere el campo eléctrico dado en la Tabla 1 y realice lo siguiente:

- un *script* en MATLAB para graficar en una misma figura dos periodos del campo eléctrico dado para $t = 0$, $t = T/4$ y $t = T/2$ en el origen del sistema de coordenadas;
- modifique el *script* del literal anterior para generar un video que se repita 2 veces (función `movie`) y que capture con la ayuda de la función `getframe` la propagación de onda por 5 ms (tiempo de observación) cada 0,1 ms (tiempo de muestreo), y;
- modifique el sentido de propagación de la onda.

5.2 Experimentación con los equipos de laboratorio

- a) Con ayuda del generador de señales generar un tono a una frecuencia dada por el instructor y visualizarlo en el dominio del tiempo con el osciloscopio.
- b) Remover el osciloscopio y conectar en su lugar el analizador de espectros para visualizar potencia de la onda electromagnética.
- c) Realizar cambios que indique el instructor.

Nota: Guarde todas las formas de onda (de preferencia en archivos tipo .csv) para el análisis de resultados correspondiente.

6 INFORME

6.1 Análisis de resultados

6.2 Cuestionario

Responda a las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué es el frente de onda?
- b) ¿Qué es la velocidad de fase?
- c) ¿Qué es la velocidad de grupo?
- d) ¿Cómo se obtiene el campo magnético de una onda cuando se conoce el campo eléctrico de ésta, y viceversa?

6.3 Conclusiones y recomendaciones.

7 REFERENCIAS

C. A. Balanis, Advanced engineering electromagnetics. John Wiley & Sons, 201

Elaborado por: Ing. Marco Serrano

Revisado por: Dr.-Ing. Hernán Barba – Profesor de la Asignatura de Propagación y Antenas.