



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Práctica de Laboratorio: Incidencia en Ondas Planas.

Apellidos, nombre	Bachiller Martín, Carmen (mabacmar@dcom.upv.es) Fuster Escuder, José Miguel (jfuster@dcom.upv.es)
Departamento	Departamento de Comunicaciones
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presenta un resumen de la teoría básica de Incidencia de Ondas Planas. Es una práctica de aula, ya que el alumno no va a utilizar recursos de laboratorio si no sus propios recursos didácticos: apuntes de clase y libros. Esta práctica se puede trabajar de forma individual o en grupo, pero siempre de forma autónoma porque se pretende que el alumno se enfrente a la resolución de problemas complejos antes de asistir a los actos de evaluación de la asignatura. La colección de problemas se entregará a la entrada a la práctica y los alumnos deberán resolverla durante las dos horas de duración de la misma. La resolución de los problemas se publicará en Poliformat tras la práctica con la idea que el alumno puede autoevaluarse.

2 Introducción

La propagación de ondas planas tiene un componente teórico y otro práctico, como parte del componente práctico se tiene la resolución de problemas complejos que tienen que ver con la incidencia de ondas planas tanto en superficies normales a la dirección de propagación como en superficies oblicuas a la misma, pudiendo ser éstas conductores o dieléctricos. Los alumnos reciben en las clases teóricas suficiente información para poder resolver dichos problemas, pero sólo enfrentándose a ellos puede adquirir la competencia para resolverlos adecuadamente. Muchas veces los alumnos se quejan de que los exámenes son demasiado complejos o largos, que no están acostumbrados a trabajar bajo presión y que sabiendo resolverlos "los nervios los traicionan", una forma de evitar que esto ocurra puede ser que se hayan enfrentado con antelación a esa experiencia pero sin consecuencias negativas.

3 Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el alumno profundice en los conceptos de Incidencia de Ondas Planas aprendidos en las clases de teoría. Para ello los alumnos realizarán un resumen de dichos conceptos utilizando sus propios recursos y siguiendo el esquema que se adjunta, implementarán una maqueta en tres dimensiones de la incidencia oblicua sobre dieléctrico de una onda plana, visualizarán las simulaciones que se indican y resolverán el problema propuesto, entregando sus resultados.

4 Desarrollo

En la práctica se propone el siguiente esquema de trabajo:

Actividades previas a la práctica	Revisión del contenido teórico
	Resumen
	Elaboración de la maqueta
Actividades presenciales	Resolución de problemas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Revisión de problemas resueltos

Actividades posteriores a la práctica

Autocorrección

4.1 Resumen de Incidencia de Ondas Planas

Siguiendo los puntos marcados como conceptos importantes, realice un resumen de la teoría de Incidencia de Ondas Planas.

Incidencia normal conductor perfecto

Condición de contorno que debe cumplirse:

Campos eléctricos incidente y reflejado

Campo eléctrico total fasor

Flujo de potencia media total

Campo eléctrico total temporal

Densidad superficial de corriente

Dibujar el campo eléctrico total temporal en los dos medios (Onda estacionaria)

¿Hay flujo de potencia media total?

Incidencia normal dieléctrico

Condiciones de contorno que deben cumplirse:

Campos eléctricos incidente, reflejado y transmitido



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Coeficiente reflexión y transmisión, relación entre ellos

Campo eléctrico total medio 1 fasor

Flujo de potencia medio en medio 1 y en medio 2

Relación de onda estacionaria

Dibujar el campo eléctrico total temporal en los dos medios

¿Hay flujo de potencia media total?

Incidencia normal múltiples dieléctricos

Coeficiente de reflexión en cada punto

Impedancia del medio en cada punto (en función del cfte reflexión)

Impedancia del medio en cada punto (en función de la impedancia en otro punto)

Procedimiento para el cálculo de potencias en cada medio

Incidencia oblicua

Ángulo de incidencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Àngulo de reflexió

Àngulo de transmissió

IO conductor perfecto

Caso TE

Coefficiente reflexión, coeficiente transmisión

Campo eléctrico incidente y reflejado

Dibuje el esquema sobre el plano de incidencia, con los ángulos, vectores de onda, campos eléctricos y magnéticos

Flujo de potencia media total

Caso TM

Coefficiente reflexión, coeficiente transmisión

Campo eléctrico incidente y reflejado

Dibuje el esquema sobre el plano de incidencia, con los ángulos, vectores de onda, campos eléctricos y magnéticos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Flujo de potencia media total

Incidencia oblicua dieléctrico

Caso TE

Coeficiente reflexión, coeficiente transmisión

Campo eléctrico incidente, reflejado y transmitido

Dibuje el esquema sobre el plano de incidencia, con los ángulos, vectores de onda, campos eléctricos y magnéticos

Ángulo de Brewster

Caso TM

Coeficiente reflexión, coeficiente transmisión

Campo eléctrico incidente, reflejado y transmitido

Dibuje el esquema sobre el plano de incidencia, con los ángulos, vectores de onda, campos eléctricos y magnéticos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Ángulo de Brewster

Reflexión Total: ángulo crítico

4.2 Maqueta de la Incidencia Oblicua

Objetivo: realizar una maqueta tridimensional de la incidencia oblicua sobre dieléctrico perfecto.

Material:

- 3 Cartulinas o acetatos de colores
- Tijeras
- Celo

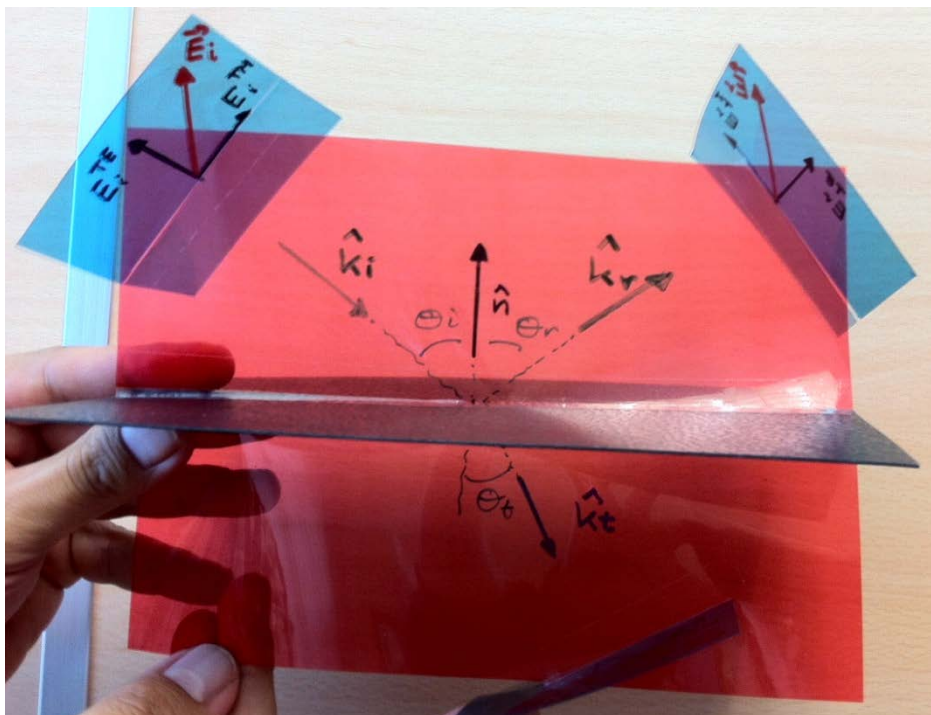


Imagen 1. Maqueta de la Incidencia Oblicua

Realización: La maqueta constará de 2 cartulinas pegadas normalmente, una de las cuales será el plano de incidencia y la otra el plano de discontinuidad. Sobre el plano de incidencia hay que pintar el vector normal, el vector de onda incidente, el



reflejado y el transmitido y los ángulos de incidencia, reflexión y transmisión. Hay que pegar 3 trozos de cartulina de forma normal a los vectores incidente, reflejado y transmitido respectivamente, estas 3 cartulinas se corresponderán con los planos donde están las amplitudes de los campos eléctricos incidente, reflejado y transmitido. Seguidamente se pintan dichos campos y su descomposición en modo TE y TM.

4.3 Simulación de Incidencia de Ondas en diferentes medios

Vaya a la dirección

<http://personales.upv.es/hesteban/camposii/WebcamposII/index.htm>

donde encontrará las simulaciones necesarias para esta parte de la práctica.

En esa dirección, vaya al apartado **Tema 2**

Incidencia Normal

Vaya al apartado Incidencia Normal del Tema 2 de la Web.

Incidencia sobre conductor

Onda incidente y reflejada

Observe en azul la onda incidente, en rojo la reflejada y en negro la onda estacionaria resultante de la suma de las dos.

Onda total

Observe la onda estacionaria en azul, sus valores máximos y mínimos en verde y como la onda resultante tiene los nulos cada $\lambda/2$.

Incidencia sobre dieléctrico

Onda incidente, reflejada, transmitida y total

Observe en rojo la onda incidente, en azul la reflejada y en negro la total en el medio 1 y la transmitida en el medio 2. La amplitud de la onda reflejada es menor que la de la incidente. Observe que en el medio 1 la onda total es una onda semiestacionaria, que tiene un doble comportamiento de onda estacionaria y de onda progresiva. La relación entre máximos y mínimos de esta onda semiestacionaria es la ROE. Observe que en el medio 2 ha cambiado la longitud de onda, ya que al cambiar el medio, la velocidad de la luz también cambiará.

Diferentes valores del factor de reflexión ($\rho < 0$) y ($\rho > 0$)

Observe en ($\rho < 0$) las ondas totales de los medios 1 y 2 para los diferentes casos, desde valores de $\rho = 0$ (no hay discontinuidad), hasta $\rho = -1$ (conductor perfecto), observe cómo varía el ROE, la relación de amplitudes, la longitud de onda y la velocidad de propagación de las ondas.

Observe lo mismo con ($\rho > 0$).

Observe lo mismo en tres dimensiones con MathCad.

Incidencia Oblicua



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Incidencia oblicua sobre conductor

Observe los diferentes campos según el ángulo de incidencia, en rojo máximos, en azul mínimos de campo, en blanco nulos. Observe el campo total, como conforme el ángulo de incidencia es mayor, el desplazamiento es longitudinal, el frente de onda no es uniforme y aparecen nulos que dependen del ángulo.

Incidencia oblicua sobre dieléctrico

Medio 1 menos denso que medio 2

Observe el campo incidente y transmitido. Observe el campo incidente, reflejado (ya sumados en el medio 1) y el transmitido. Observe lo mismo en 3 dimensiones con Matlab.

Medio 1 más denso que medio 2

Observe el caso en que el ángulo de incidencia es menor que el ángulo crítico, campo incidente, reflejado, transmitido y total.

En el caso de ángulo de incidencia igual al crítico, hay campo transmitido, pero si éste es mayor dicho campo se atenúa muy rápidamente, es el fenómeno de reflexión total.

Observe cómo variando el ángulo de incidencia varía el campo transmitido.

4.4 Boletín de problemas

Resuelva los problemas del boletín que le serán entregados al principio de la práctica. No olvide poner su nombre cuando entregue sus resultados.

5 Cierre

El alumno ha tenido la oportunidad de revisar sus contenidos teóricos y utilizar una guía para resumirlos. Tras la práctica debe ser capaz de resolver problemas complejos y si no lo ha conseguido, puede revisar las soluciones y autoevaluarse. Enfrentarse a este tipo de problemas, con un tiempo limitado y en condiciones similares "a un examen" puede ayudar al alumno a adquirir la confianza y destreza necesarias para resolver correctamente los problemas en los actos de evaluación.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

"Electrodinámica para Ingenieros". L. Nuño, J. V. Balbastre, H. Esteban y L. Juan. Ediciones VJ. 2005.

"Campos Electromagnéticos". S. Cogollos, H. Esteban, C. Bachiller. Ediciones UPV 2006.