

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán



Departamento de Ingeniería

Sección Electrónica

**Laboratorio de Comunicaciones, Control
y Electrónica**

***Manual de Prácticas de
Antenas***

Asignatura: Antenas

Clave Carrera: 130

Clave Asignatura: 1826

Fecha de Elaboración: 2015

Fecha de Revisión: Enero 2025

Autor: M. en I. Ángel Hilario García Bacho
Semestre: 2025-2



Índice

Introducción	2
Objetivos	2
Instrucciones para la elaboración del reporte	2
Criterios de Evaluación	3
Bibliografía	3
Reglamento Interno del Laboratorio	4
Práctica 1. Introducción al Laboratorio 1 (Kit de Antenas)	6
Práctica 2. Introducción al Laboratorio 2 (Kit de Microondas)	11
Práctica 3. Polarización en Antenas (<i>Tema I de la Asignatura</i>)	16
Práctica 4. Antenas Omnidireccionales: Dipolo Elemental y Doblado (<i>Tema II y V de la Asignatura</i>)	20
Práctica 5. Ganancia de una Antena (<i>Tema I de la Asignatura</i>)	24
Práctica 6. Línea LECHER (<i>Tema IV de la Asignatura</i>)	27
Práctica 7. Dispositivo de simetrización “STUB” (<i>Tema V de la Asignatura</i>)	31
Práctica 8. Antenas Direccionales: Ground Plane y Yagi (<i>Tema IV y V de la Asignatura</i>)	36
Práctica 9. Transmisión y recepción utilizando antenas de bocina (<i>Tema VII de la Asignatura</i>)	41
Apéndice A. Carta Polar.	45
Apéndice B. Descripción técnica de los componentes utilizados en las Prácticas 2 y 8	46



Introducción

El entrenador ha sido proyectado para introducir el alumno hacia la comprensión del modo de funcionamiento de las antenas.

Características técnicas

El sistema comprende un set de antenas de varios tipos (dipolo simple, dipolo replegado, Yagi-Uda, Ground Plane antenna), instrumentación necesaria (generador RF, detector de radiaciones EM, línea Lecher) y accesorios como cables coaxiales, conectores y adaptadores.

Frecuencia: desde 860 a 940 MHz.

Alimentación: -15Vcc, 200mA

Ejemplos de temas de estudio

- Experimentación y obtención de las características de radiación de las antenas transmisoras
- Experimentación y obtención de las características de directividad, selectividad y ganancia de antenas receptoras
- Construcción de los diagramas polares
- Antenas como cargas acopladas a líneas de transmisión

Objetivo General de la Asignatura:

El alumno aplicará los conceptos y técnicas básicas para el diseño y selección de una antena.

Objetivo del Curso Experimental:

Instalar y analizar las características de antenas básicas.

Instrucciones para la Elaboración del Reporte

1. Los reportes deberán basarse en la metodología utilizada en los manuales de prácticas de laboratorio.

2. La portada deberá contener los siguientes puntos (**Obligatorios**):

U.N.A.M.
F.E.S.C.

Laboratorio de Antenas

Grupo: _____

Profesor: _____

Alumno: _____

Nombre de la Práctica: _____ No. De Práctica: _____

Fecha de realización: _____ Fecha de entrega: _____

Semestre: _____



Los criterios de evaluación para el laboratorio son los siguientes:

C1 (Criterio de evaluación 1): Actividades previas indicadas en el manual de prácticas	(20%)
C2 (Criterio de evaluación 2): Habilidad en el armado y funcionalidad de los sistemas	(20%)
C3 (Criterio de evaluación 3): Toma de lecturas correctas	(10%)
C4 (Criterio de evaluación 4): Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	(50%)

Bibliografía

- ANTENNAS
John D. Kraus
New York; Mexico: McGraw-Hill, c1988
- ANTENNA THEORY: Analysis and design
Constantine A. Balanis
New York: Jhon Wiley, c1982
- ANTENAS
G. Markov, D. Sazonov ; tr. A. Grdian
Moscú: Mir, c1978



	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SECCIÓN ELECTRÓNICA
	REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIOS

El presente reglamento de la sección electrónica tiene por objetivo establecer los lineamientos para el uso y seguridad de laboratorios, condiciones de operación y evaluación, que deberán de conocer y aplicar, estudiantes y profesores en sus cuatro áreas: comunicaciones, control, sistemas analógicos y sistemas digitales.

1. Queda estrictamente prohibido, al interior de los laboratorios
 - a) Correr, jugar, gritar o hacer cualquier otra clase de desorden.
 - b) Dejar basura en las mesas de trabajo y/o pisos.
 - c) Fumar, consumir alimentos y/o bebidas.
 - d) Realizar o responder llamadas telefónicas y/o el envío de cualquier tipo de mensajería.
 - e) La presencia de personas ajenas en los horarios de laboratorio.
 - f) Dejar los bancos en desorden y/o sobre las mesas.
 - g) Mover equipos o quitar accesorios de una mesa de trabajo.
 - h) Usar o manipular el equipo sin la autorización del profesor.
 - i) Rayar y/o sentarse en las mesas del laboratorio.
 - j) Energizar algún circuito sin antes verificar que las conexiones sean las correctas (polaridad de las fuentes de voltaje, multímetros, etc.).
 - k) Hacer cambios en las conexiones o desconectar el equipo estando energizado.
 - l) Hacer trabajos pesados (taladrar, martillar, etc.) en las mesas de trabajo.
 - m) Instalar software y/o guardar información en los equipos de cómputo de los laboratorios.
 - n) El uso de cualquier aparato o dispositivo electrónico ajeno al propósito para la realización de la práctica.
 - o) Impartir clases teóricas, su uso es exclusivo para las sesiones de laboratorio.
2. Es responsabilidad del profesor y de los estudiantes revisar las condiciones del equipo e instalaciones del laboratorio al inicio de cada práctica (encendido, dañado, sin funcionar, maltratado, etc.). El profesor deberá generar el reporte de fallas de equipo o de cualquier anomalía y entregarlo al responsable de laboratorio o al jefe de sección.
3. Los profesores deberán de cumplir con las actividades y tiempos indicados en el "cronograma de actividades de laboratorio".
4. Es requisito indispensable para la realización de las prácticas que el estudiante:
 - a) Descargue el manual completo y actualizado al semestre en curso, el cual podrá obtener en (http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/)
 - b) Presente su circuito armado en la tableta de conexiones para poder realizar la práctica (cuando aplique), de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
 - c) Realizar las actividades previas y entregarlas antes del inicio de la sesión de práctica, de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
5. Estudiante que no asista a la sesión de práctica de laboratorio será evaluado con cero.



6. La evaluación de cada sesión debe realizarse con base en los criterios de evaluación incluidos en los manuales de prácticas de laboratorio y no podrán ser modificados. En caso contrario, el estudiante deberá reportarlo al jefe de sección.
7. La evaluación final del estudiante en los laboratorios será con base en lo siguiente:
 - a) **(Aprobado)** Cuando el promedio total de todas las prácticas de laboratorio sea mayor o igual a 6 siempre y cuando tengan el 90% de asistencia y el 80% de prácticas acreditadas con base en los criterios de evaluación.
 - b) **(No Aprobado)** No cumplió con los requisitos mínimos establecidos en el punto anterior.
 - c) **(No Presentó)** Cuando no asistió a ninguna sesión de laboratorio o que no haya entregado actividades previas o reporte alguno.
8. Profesores que requieran hacer uso de las instalaciones de laboratorio para realizar trabajos o proyectos, es requisito indispensable que las soliciten por escrito al jefe de sección. Siempre y cuando no interfiera con los horarios de los laboratorios.
9. Estudiantes que requieran realizar trabajos o proyectos en las instalaciones de los laboratorios, es requisito indispensable que esté presente el profesor responsable del trabajo o proyecto. En caso contrario no podrán hacer uso de las instalaciones.
10. Correo electrónico del buzón para quejas y sugerencias para cualquier asunto relacionado con los laboratorios (seccion_electronica@cuautitlan.unam.mx).
11. El incumplimiento a estas disposiciones faculta al profesor para que instruya la salida del infractor y en caso de resistencia, la suspensión de la práctica.
12. A los usuarios que, por su negligencia o descuido inexcusable, cause daños al laboratorio, materiales o equipo deberá cubrir los gastos que se generen con motivo de la reparación o reposición, indicándose en el reporte de fallas correspondiente.
13. Los usuarios de laboratorio que sean sorprendidos haciendo uso indebido de equipos, materiales, instalaciones y demás implementos, serán sancionados conforme a la legislación universitaria que le corresponda, según la gravedad de la falta cometida.
14. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Jefe de Sección, de acuerdo con los lineamientos generales para el uso de los laboratorios en la Universidad Nacional Autónoma de México.

SECCIÓN ELECTRÓNICA
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx. a 18 de junio de 2024



Práctica 1. Introducción al Laboratorio 1 (Kit de Antenas)

Introducción

La base está constituida por un generador de RF, una línea Lecher y un medidor de RF.

El generador opera en una frecuencia comprendida entre 860 y 950 MHz, por arriba de la banda reservada a la transmisión de canales de televisión digital y por debajo de la banda reservada a las transmisiones de celulares. El transmisor opera con un nivel de potencia limitado para no afectar con disturbios a los dos servicios.

El generador esta provisto de un regulador manual de potencia graduado de 0 a 100%. La salida del generador está constituida por un conector BNC montado en la parte frontal de la misma base, al centro de un disco graduado. Sobre el BNC se coloca le soporte coaxial para la alimentación de las antenas, mientras el disco se utiliza para determinar la orientación de la antena con respecto a una referencia inicial como es requerido en el transcurso de las prácticas.

La línea Lecher es una línea de transmisión que utiliza conductores cilíndricos paralelos en aire de aproximadamente 36cm. Un extremo de la línea puede ser conectado por medio de un cable coaxial con la salida del generador.

La línea Lecher se diferencia de una línea común por estar provista de un cursor construido por una espira que para los efectos de transmisión es un corto circuito móvil.

Sobre la misma base está montado un medidor de RF que se acopla al cursor de la línea Lecher mediante un cable bifilar. Está provisto por un atenuador controlado por una perilla con una escala graduada de 0 a 100% (100% = máxima atenuación) y por un microamperímetro con escala lineal.

El kit comprende también un medidor de RF portátil, construido por una caja de material plástico provisto con un dipolo doblado, reflector ajustable y mástil. El panel frontal del equipo contiene un instrumento que indica la intensidad de la señal recibida, una perilla de ganancia que permite ajustar la escala del instrumento y dos bornes de salida a los cuales se puede conectar eventualmente un instrumento externo.

Objetivo

- Familiarizar al alumno con el Equipo de Entrenamiento para las Antenas.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.



- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).
- Investigar que es una línea Lecher y su uso.
- Investigar cuales son las zonas o regiones de radiación de una Antena.
- Investigar que es un patrón de radiación de una antena y su utilidad.

Material y Equipo

1. Una fuente de DC (-15 volts).
2. Un cable coaxial RG59 con conectores BNC Male/Male (50cm de longitud).
3. Un cable bifilar con conectores banana-banana ($\phi = 2.5\text{mm}$ y 50cm de longitud).
4. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y Línea Lecher.
5. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
6. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.
7. Multímetro con capacidad de medir hasta $200\mu\text{A}$.
8. Antenas:
 - a) Dipolo simple.
 - b) Dipolo doblado.
 - c) Yagi.
 - d) Ground – Plane.

Procedimiento Experimental

Línea Lecher (*Figura 1.1*).

1. Conecte por medio del cable coaxial RG59 (1), la salida del Generador (2) con la entrada de la Línea Lecher (3).
2. Conecte por medio del cable bifilar (4), el cursor de la línea Lecher (5) y la entrada del Medidor de RF (6).
3. Coloque la perilla de atenuación del Medidor de RF en 0 (7) y el nivel de potencia del Generador también en 0 (8). Alimente el panel respetando la polaridad (9) con la fuente de DC y enciéndela.
4. Coloque la perilla del nivel de potencia del Generador (8) al 50% aproximadamente y haga deslizar el cursor de la línea Lecher (5) desde el origen hasta el otro extremo lentamente, observando al mismo tiempo las variaciones de indicación del Medidor de RF¹ y comente al respecto. Ajuste según las necesidades, el nivel de potencia del Generador y/o la

¹ La indicación del Medidor de RF, varía según la posición del cursor entre valores mínimos muy cercanos a 0 y valores máximos limitados por la perilla del nivel de potencia del generador.

atenuación del Medidor de RF². Ajuste el atenuador de acuerdo con el máximo valor que se puede medir de tal manera que no sobrepase los $50\mu\text{A}$. Deslice nuevamente el cursor desde cero lentamente hasta el otro extremo. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.

5. Apagar la fuente de DC³. Coloque la perilla de atenuación del Medidor de RF en 0 (7) y el nivel de potencia del Generador también en 0 (8). Desconecte el cable coaxial RG59 (1) y el cable bifilar (4).

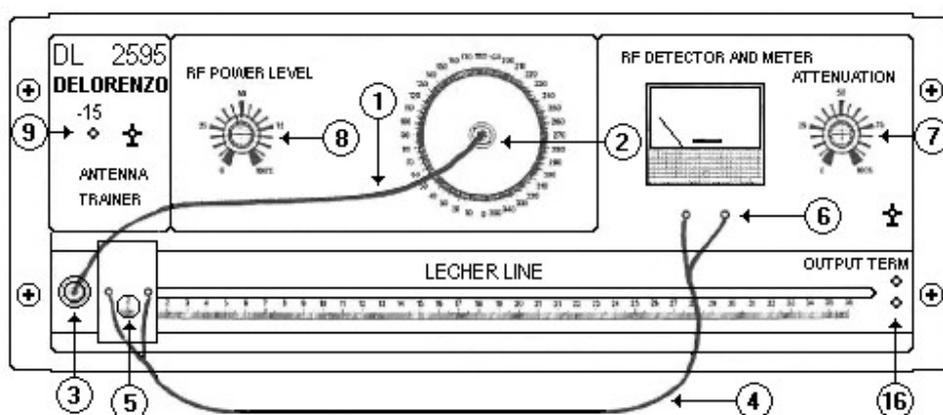


Figura 1.1 Esquema de conexiones para pruebas con la Línea Lecher.

Antenas (Figura 1.2).

6. Coloque en la salida del Generador (colocando la base horizontalmente sobre la mesa de trabajo) el soporte coaxial para las antenas (10) y encima de este, el dipolo simple (11).
7. Coloque el Medidor de RF portátil (12) con su mástil (15) y base, a una altura ideal para que el dipolo receptor (13) y el transmisor (dipolo simple), estén en el mismo plano horizontal.
8. Ajuste la posición del reflector⁴ (14) de manera que el elemento transversal, sea paralelo al dipolo receptor y al eje de este, a una distancia entre 80 y 90mm.
9. Coloque el Medidor de RF portátil a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor (calcular dicha distancia), sobre la misma base.

² Observe que la condición de mejor funcionamiento se obtiene con el mínimo de potencia del Generador, por lo que es preferible trabajar con atenuación 0 en el Medidor de RF y potencia mínima, en lugar de potencia y atenuación elevadas.

³ Siempre que se termine de usar el equipo se deben dejar las perillas en "0".

⁴ La función del reflector es atenuar el efecto de objetos puestos atrás del Medidor de RF portátil que pueden alterar las mediciones.

10. Encienda la fuente de DC y regule el nivel de potencia del generador y/o la ganancia del Medidor de RF portátil (16), de manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala. Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad.
11. Rotar la base del dipolo transmisor para variar la dirección de radiación de este último, respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal en el multímetro. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
12. Apagar la fuente de DC y retire el dipolo simple (11) del soporte coaxial para las antenas (10) y sustitúyalo con cada una de las siguientes tipos de antenas:
 - a) Dipolo doblado.
 - b) Yagi.
 - c) Ground - Plane⁵.
13. Observe las diferencias de potencia radiada para los diferentes tipos de antenas y comente al respecto.
14. Encienda la fuente de DC y repita los pasos (9) a (11), para cada una de las antenas del paso (12).

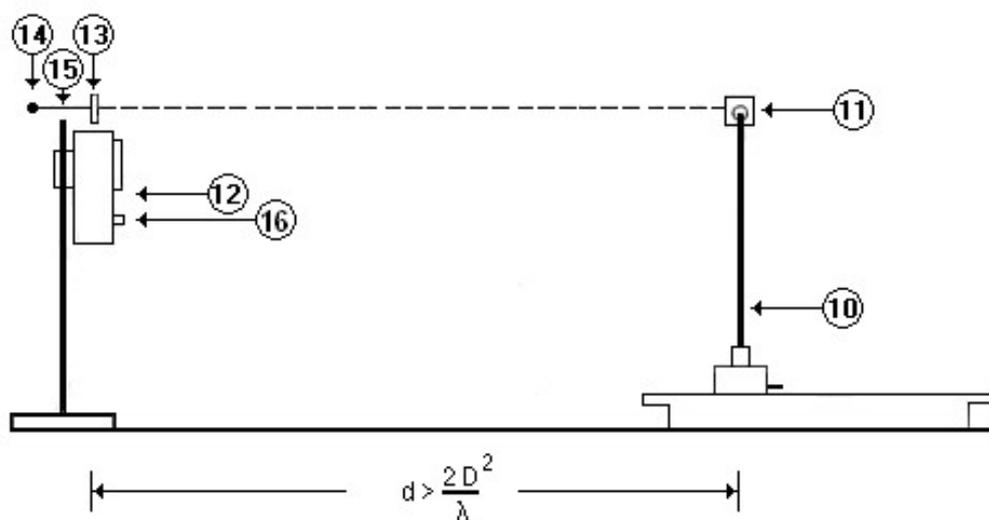


Figura 1.2. Esquema de conexiones para pruebas de Antenas.

Cuestionario

- 1.- ¿Que es una guía de ondas rectangular?

⁵ Observe que las antenas **Ground – Plane** tiene sus elementos en forma vertical, por lo que radia ondas de polarización vertical. Por lo tanto el Medidor de RF portátil debe ser rotado 90° sobre el eje del mástil.



- 2.- Deducir como calcular la frecuencia de corte de una guía de ondas rectangular.
- 3.- Investigar que es un atenuador para Microondas y su clasificación.

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 2. Introducción al Laboratorio 2 (Kit de Microondas)

Introducción

Este entrenador ha sido diseñado para introducir al alumno en el mundo de las ondas centimétricas (Frecuencia de funcionamiento: 8,2 a 10,2 GHz). Incluye un juego de componentes para microondas, instrumentos y accesorios aptos para realizar un data-link funcional y útil para los experimentos sobre los componentes, así como para el estudio del fenómeno de la propagación de las microondas.

Nuestro entrenador con guía de onda de 3cm proporciona a los usuarios una formación en profundidad sobre las características de transmisión de frecuencia y da a los estudiantes la oportunidad de realizar todos los ejercicios principales en este campo.

El entrenador incluye los siguientes componentes: atenuador variable, detector de cristal, acoplador direccional, placa de reflexión, terminación de acoplamiento, adaptador guía de onda a coaxial, guía de onda, frecuencímetro, atenuadores fijos de 6dB, T - híbrido, antena con forma de trompeta, sección fisurada, sección ajustable por tornillo, generador de funciones (with dds pll built in), alimentador, medidor de potencia, medidor de SWR.

Objetivo

- Familiarizar al alumno con el Equipo de Entrenamiento para Microondas.

Actividades Previas

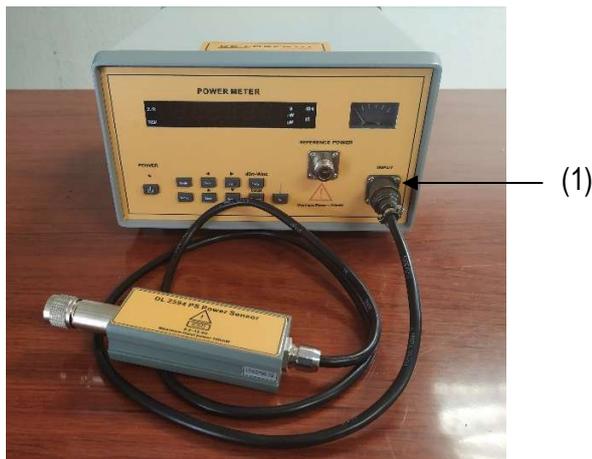
- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio y el Apéndice B.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).

Material y Equipo

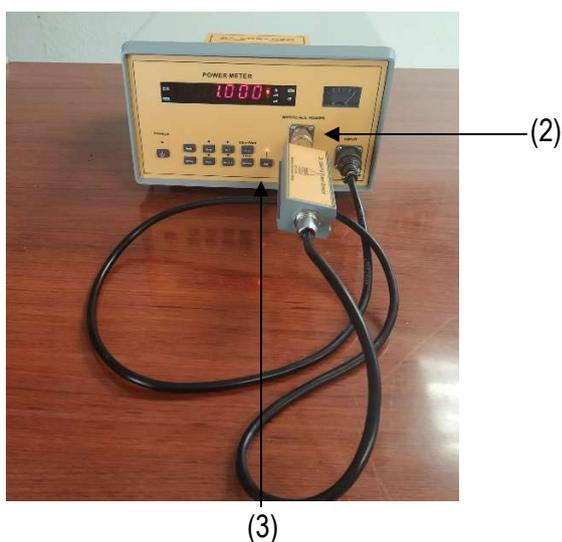
1. Una Fuente de Señal de Microondas.
2. Dos Adaptadores Coaxiales.
3. Un Atenuador Fijo de 6dB.
4. Una guía de ondas.
5. Un Atenuador Variable.
6. Un Sensor de Potencia.
7. Un Medidor de Potencia.

Procedimiento Experimental

1. Conecte el Sensor de Potencia al Medidor de Potencia (1) y conecte el cable de alimentación. El instrumento generalmente se puede usar unos minutos después de haber finalizado el proceso de arranque. Para utilizar el medidor en pruebas muy precisas, se recomienda dejarlo calentar por lo menos 30 minutos después del proceso de arranque.



2. Antes de la prueba, verifique que el Medidor de Potencia está calibrado conectando la entrada a la Potencia de Referencia del panel (2) con el Sensor de Potencia. Presione la tecla de referencia (Ref) [3] y deberá de marcar 1mW \pm 0.5%, de lo contrario realice las operaciones de calibración descritas en el apéndice B. Desactive la señal de referencia presionando nuevamente la tecla de referencia (Ref).



3. Encienda la Fuente de Señal de Microondas presionando el interruptor de alimentación (4), el instrumento entra en el proceso de inicialización. Cuando se completa la inicialización,

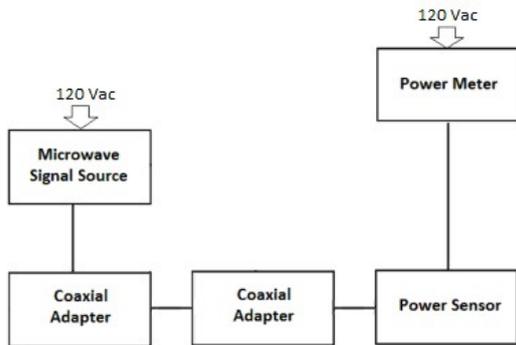
entra en modo de trabajo. El instrumento es más estable después de 5 minutos de precalentamiento después de la inicialización. Presione la tecla (RF) [5] para deshabilitar la señal de salida RF.



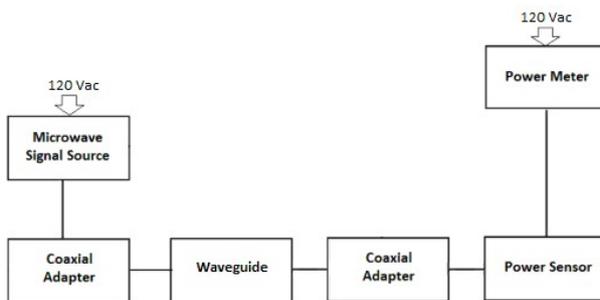
4. Configure la Fuente de Señal de Microondas para una frecuencia de la señal de salida de 10GHz, una potencia de 0dBm y el modo de onda continua (apéndice B).



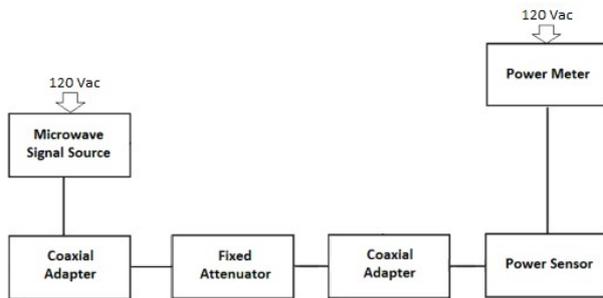
5. Configure el Kit de Microondas como se muestra a continuación y ajuste la frecuencia del Medidor de Potencia a 10GHz (apéndice B). Presione la tecla (RF) de la Fuente de Señal de Microondas para habilitar la señal de salida RF y registre la potencia medida en dBm. Al finalizar la medición, presione nuevamente la tecla (RF) para deshabilitar la señal de salida RF. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



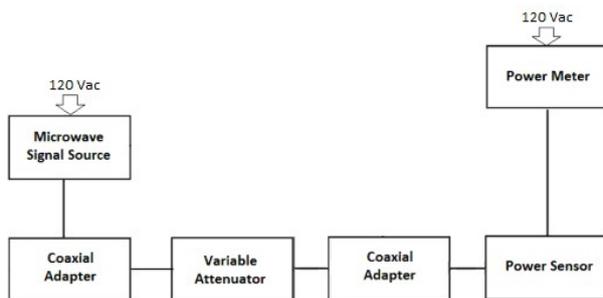
6. Conecte la guía de ondas entre los dos adaptadores coaxiales como se muestra a continuación. Presione la tecla (RF) para habilitar la señal de salida RF y registre la potencia medida en dBm. Al finalizar la medición, presione nuevamente la tecla (RF) para deshabilitar la señal de salida RF. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



7. Sustituya la guía de ondas por el Atenuador Fijo de 6dB como se muestra a continuación. Presione la tecla (RF) para habilitar la señal de salida RF y registre la potencia medida en dBm. Al finalizar la medición, presione nuevamente la tecla (RF) para deshabilitar la señal de salida RF. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



8. Sustituya el Atenuador Fijo de 6dB por el Atenuador Variable como se muestra a continuación. Presione la tecla (RF) para habilitar la señal de salida RF. Ajuste el Atenuador Variable a 0 y registre la potencia medida en dBm. Después ajuste el Atenuador Variable a 20 y registre la potencia medida en dBm. Al finalizar la medición, presione nuevamente la tecla (RF) para deshabilitar la señal de salida RF. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



Cuestionario

1. Calcule la atenuación de la guía de ondas, del atenuador fijo y del atenuador variable. Comente los resultados obtenidos.
- 1.- ¿Qué es la polarización en una Antenas?
- 2.- Investigue los tipos de polarización en una Antena.
- 3.- ¿Qué es el factor de pérdidas de polarización en una Antena?

Conclusiones

Bibliografía

Práctica 3. Polarización en Antenas

Introducción

La polarización de una onda radiada es definida como esta propiedad de una onda electromagnética radiada que describe su dirección en el tiempo y la magnitud relativa del vector de campo eléctrico en un punto fijo en el espacio.

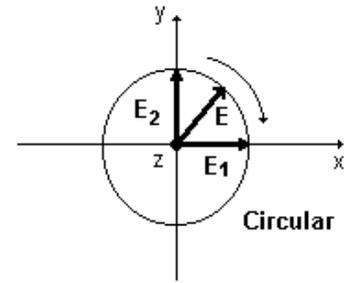
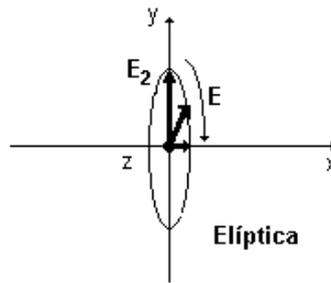
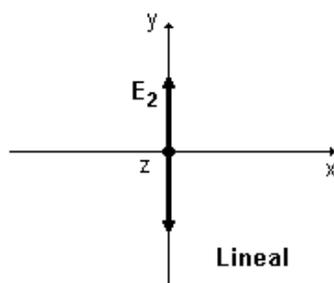
Por ejemplo, si la onda está viajando en la dirección z positiva (saliendo de la página), las componentes del campo eléctrico en la dirección x y y son

$$\vec{E} = E_x \hat{i} + E_y \hat{j} \begin{cases} E_x = E_1 \cos(\omega t - kz) \\ E_y = E_2 \cos(\omega t - kz + \delta) \end{cases}$$

donde: E_1 = amplitud de la onda de polarización lineal en la dirección x.

E_2 = amplitud de la onda de polarización lineal en la dirección y.

δ = ángulo de fase por el cual E_y esta adelantada a E_x .



Objetivo

- Profundizar y experimentar el concepto de polarización de las ondas electromagnéticas.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).

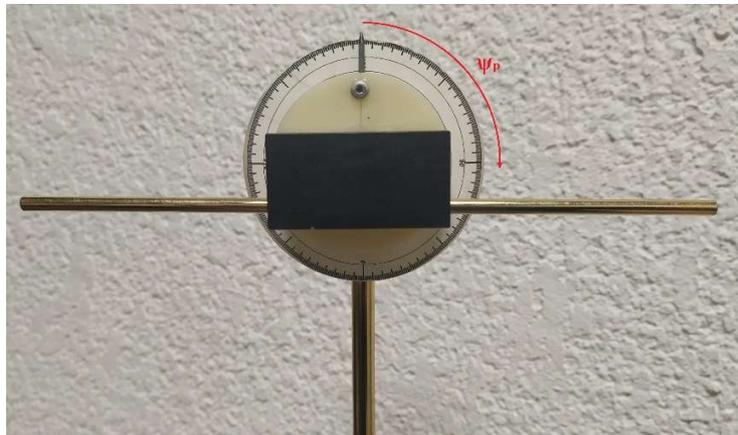


Material y Equipo

1. Una fuente de DC (-15 volts).
2. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y línea Lecher.
3. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.
4. Una antena: Dipolo simple.
5. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
6. Multímetro con capacidad de medir hasta $200\mu\text{A}$.
7. Un Adaptador "T" BNC con transportador.
8. Una carga de 50Ω .

Procedimiento Experimental

1. Inserte el soporte coaxial vertical en el conector de salida del generador de RF. Después conecte una de las entradas *Female* del adaptador "T" encima del soporte coaxial vertical y en la otra una carga de 50Ω . Luego conecte en la entrada *Male* del adaptador "T" el dipolo simple en posición horizontal. Coloque el Medidor de RF portátil con su mástil y base, a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor, sobre la misma base, colocando la antena transmisora y el dipolo receptor en el mismo plano horizontal.



2. Ajuste la posición del reflector de manera que sea paralelo al eje del dipolo receptor y esté a una distancia de aproximadamente entre 80 y 90mm. Recordemos que la función del reflector es anular o reducir los efectos de reflexiones eventuales provenientes de muebles, personas y objetos colocados atrás del propio receptor.
3. Coloque la perilla de ganancia del Medidor de RF portátil en 0 y el nivel de potencia del Generador también en 0. Alimente el panel respetando la polaridad con la fuente de DC y enciéndela.



- Aumente gradualmente la potencia de radiación por el transmisor y/o la ganancia del Medidor de RF portátil, de manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala.
- Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad.
- Rotar ligeramente hacia la izquierda y derecha (solamente el dipolo simple) de la base del dipolo transmisor para variar la dirección de radiación de este último, respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal en el Medidor de RF portátil hasta obtener el valor máximo en el Multímetro.
- Mida con el Medidor de RF portátil⁶ para ángulos entre 0° y 180° , en múltiplos de 5° respecto a la horizontal y el eje del dipolo simple (sentido horario). Tabular los resultados obtenidos en la *Tabla 3.1. Incluye evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.

Ψ_p (°)	I (μA)						
0							
5		50		95		140	
10		55		100		145	
15		60		105		150	
20		65		110		155	
25		70		115		160	
30		75		120		165	
35		80		125		170	
40		85		130		175	
45		90		135		180	

Tabla 3.1

Recomendaciones:

- Antes de comenzar las mediciones, para que estas sean reales, el alumno debe alejarse y acercarse al campo de medición y determine en que posición ponerse para no influenciar en los resultados.

⁶ . Para cada medición trate de alejarse de la zona de radiación, para no interferir con la medición.



- Esto sólo se hace para las antenas sin reflector, dado que emiten hacia adelante y atrás. Las ondas posteriores son reflejadas por los obstáculos hacia delante y por ello perjudica la medición.

Cuestionario

- 1.- ¿Por qué cuando el dipolo simple es colocado 90° respecto a la horizontal y el eje del dipolo simple, no se detectó señal en el Medidor de RF portátil?
- 2.- Si en vez de haber utilizado un dipolo simple, se hubiese usado un dipolo doblado o antena Yagi, ¿Se hubiera obtenido el mismo comportamiento del Medidor de RF portátil? ¿Por qué?
- 3.- ¿Cuál es el objetivo de colocar una carga de 50Ω en una de las entradas del Adaptador “T” BNC?
- 4.- Comparar los resultados prácticos (datos tabulados) con los teóricos sobre la reducción de potencia, de acuerdo con el factor de pérdidas de polarización para antenas lineales, graficando ambos en un solo trazo.
- 5.- Investigar y trazar los patrones de radiación (plano vertical y horizontal) de los siguientes tipos de antenas:
 - a) Dipolo simple.
 - b) Dipolo Doblado.
 - c) Yagi.
 - d) Ground – plane.
- 6.- ¿Qué es una Antena Omnidireccional? Grafique su patrón de radiación en 3D, en el plano Horizontal y Vertical.

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 4. Antenas Omnidireccionales: Dipolo Elemental y Doblado

Introducción

Una antena omnidireccional es aquella antena que radia potencia de forma uniforme en todas las direcciones en el espacio. Las antenas omnidireccionales orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio, pero de corto alcance.

Las antenas omnidireccionales radian teóricamente 360 grados, por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté. El alcance de una antena omnidireccional viene determinado por una combinación de la ganancia de la antena (dBi), la potencia de emisión o transmisión del punto de acceso (emisor) y la sensibilidad de recepción del punto de acceso (receptor).

La única antena totalmente omnidireccional sobre los de 3 planos dimensiones es la antena isotrópica, una construcción teórica que se usa como antena de referencia para calcular la ganancia de una antena o la potencia efectiva que radia en los sistemas de radiofrecuencia (habitualmente emisores y receptores de telecomunicaciones). La ganancia de antena se suele definir como la eficiencia de la antena multiplicada por la directividad (D) y se suele expresar en decibeles referenciados a una antena isotrópica.

Pero en realidad, en la práctica, consideraremos y llamaremos también como antena omnidireccional a cualquier antena que proporcione una radiación uniforme en uno de los planos de referencia, aunque sea directiva en el otro. Usualmente este plano de radiación uniforme será el plano paralelo a la superficie de la Tierra.

Objetivo

- Obtener experimentalmente el diagrama de radiación de las antenas omnidireccionales.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).

Material y Equipo

1. Una fuente de DC (-15 volts).
2. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y línea Lecher.
3. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.
4. Antenas: Dipolo simple y doblado.



5. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
6. Multímetro con capacidad de medir hasta $200\mu\text{A}$.

Procedimiento Experimental

1. Coloque en la salida del Generador (colocando la base horizontalmente sobre la mesa de trabajo) el soporte coaxial vertical para las antenas y encima de este, el dipolo simple.
2. Coloque el Medidor de RF portátil con su mástil y base, a una altura ideal para que el dipolo receptor y el transmisor (dipolo simple), estén en el mismo plano horizontal.
3. Ajuste la posición del reflector de manera que el elemento transversal, sea paralelo al dipolo receptor y al eje de este, a una distancia entre 80 y 90mm.
4. Coloque el Medidor de RF portátil a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor, sobre la misma base, colocando la antena transmisora y el dipolo receptor en el mismo plano horizontal.
5. Coloque la perilla de ganancia del Medidor de RF portátil en 0 y el nivel de potencia del Generador también en 0. Alimente el panel respetando la polaridad con la fuente de DC y enciéndela.
6. Regule el nivel de potencia del generador y/o la ganancia del Medidor de RF portátil, de tal manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala. Rotar la base del dipolo transmisor para variar la dirección de radiación de este último, respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal en el Medidor de RF portátil.
7. Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad.
8. Encontrar la máxima radiación girando únicamente la antena ligeramente a la izquierda y a la derecha con el objeto de encontrar el inicio de las mediciones para el siguiente punto (0°). Anote este resultado.
9. Rote la antena sobre su eje y realice mediciones en múltiplos de 10° , desde 0° hasta 360° . Graficar los resultados obtenidos utilizando la carta polar que está al final de las prácticas (o con algún software). *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
10. Apagar la fuente de DC. Sustituya el dipolo simple por el dipolo doblado y realice nuevamente los pasos (2) al (9).

Antena	Dipolo Simple	Dipolo Doblado		Dipolo Simple	Dipolo Doblado
θ [$^\circ$]	I [μA]	I [μA]	θ [$^\circ$]	I [μA]	I [μA]
0			180		
10			190		

20			200		
30			210		
40			220		
50			230		
60			240		
70			250		
80			260		
90			270		
100			280		
110			290		
120			300		
130			310		
140			320		
150			330		
160			340		
170			350		

Recomendaciones:

- Antes de comenzar las mediciones, para que estas sean reales, el alumno debe alejarse y acercarse al campo de medición y determine en que posición ponerse para no influenciar en los resultados.
- Esto sólo se hace para las antenas sin reflector, dado que emiten hacia adelante y atrás. Las ondas posteriores son reflejadas por los obstáculos hacia delante y por ello perjudica la medición.

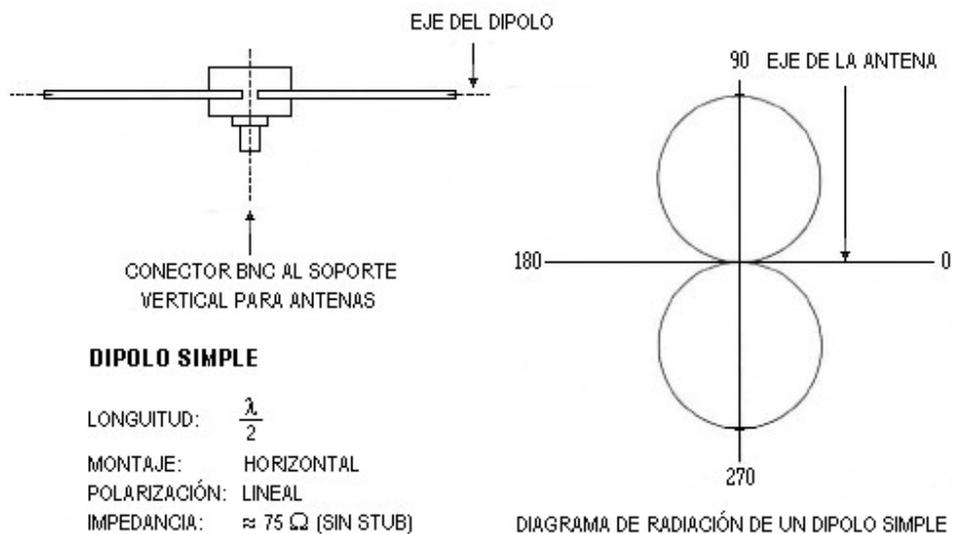


Figura 4.1. Diagrama de radiación típico de un dipolo simple ($\lambda/2$).

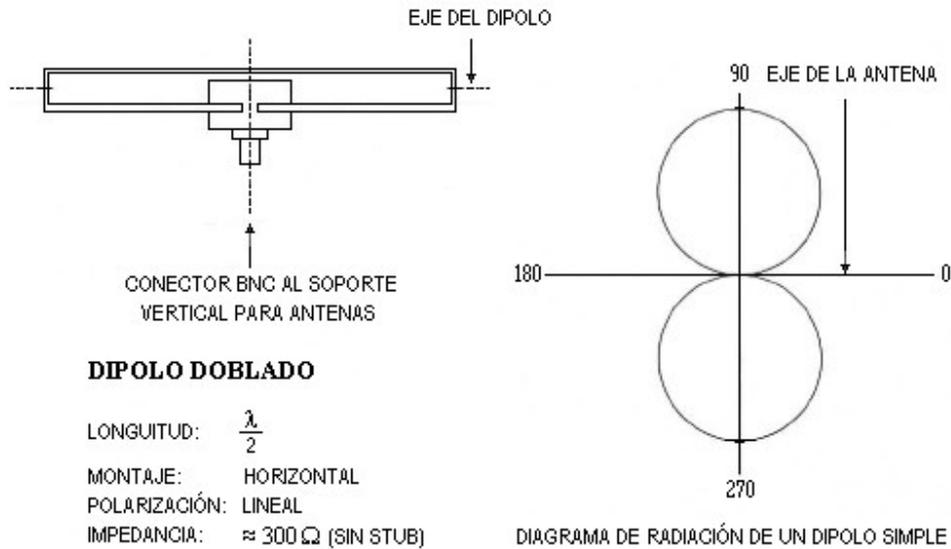


Figura 4.2 Diagrama de radiación típico de un dipolo doblado.

Cuestionario

- 1.- ¿Cuáles son las causas por las que no se pudo obtener de manera gráfica, un patrón de radiación simétrico como el indicado en las *Figura 4.1* y *4.2* del procedimiento experimental?
- 2.- Calcule la zona o región de campo lejano para las antenas vistas en la práctica.

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 5. Ganancia de una Antena

Introducción

Otro parámetro importante que está directamente relacionado con la directividad es la ganancia de la antena.

Es importante subrayar que tanto la directividad como la ganancia son funciones que dependen de las coordenadas esféricas θ y ϕ , por eso solemos referirnos a directividad y ganancia máxima cuando la antena está orientada en el sentido de máxima radiación (en las hojas de especificaciones siempre nos proporcionan la directividad y ganancia en este sentido).

La definición de ganancia es similar a la directividad, pero la comparación no se establece con la potencia radiada, si no con la potencia entregada a la antena. La ganancia pone de manifiesto el hecho de que una antena real no radia toda la potencia que se le suministra (P_P), si no que parte de ésta se disipa en forma de calor (P_Σ). Por lo tanto, la ganancia y la directividad están relacionadas por la eficiencia de la antena:

$$G = e_{cd}D$$

donde:

e_{cd} es la eficiencia conductiva y dieléctrica de la antena.

Objetivo

- Obtener la ganancia de una antena Yagi.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).

Material y Equipo

- 1 Una fuente de DC (-15 volts).
2. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y Línea Lecher.
3. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
4. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.
5. Multímetro con capacidad de medir hasta $200\mu\text{A}$.
6. Antenas Yagi.
7. Llave Allen.



Procedimiento Experimental

1. Coloque en la salida del Generador (colocando la base horizontalmente sobre la mesa de trabajo) el soporte coaxial vertical para las antenas y encima de este, la antena Yagi.
2. Coloque el Medidor de RF portátil con su mástil y base, a una altura ideal para que el dipolo receptor y el transmisor (antena Yagi), estén en el mismo plano horizontal.
3. Ajuste la posición del reflector de manera que el elemento transversal, sea paralelo al dipolo receptor y al eje de este, a una distancia entre 80 y 90mm.
4. Coloque el Medidor de RF portátil a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor, sobre la misma base, colocando la antena transmisora y el dipolo receptor en el mismo plano horizontal.
5. Coloque la perilla de ganancia del Medidor de RF portátil en 0 y el nivel de potencia del Generador también en 0. Alimente el panel respetando la polaridad con la fuente de DC y enciéndela.
6. Regule el nivel de potencia del generador y/o la ganancia del Medidor de RF portátil, de manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala.
7. Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad.
8. Ajustar el sentido de máxima radiación de la antena moviendo ligeramente a la izquierda o derecha solo la antena Yagi sin el soporte coaxial.
9. Rote la antena Yagi sobre su eje y realice mediciones en múltiplos de 10° desde 0° hasta 360° . Anote la máxima radiación que midió. Apagar la fuente de DC. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
10. Remueva con cuidado los directores y reflectores de la antena Yagi, con la llave Allen.
11. Repita los pasos (4) al (9) y calcule la ganancia de la Antena Yagi con los datos obtenidos.
12. Coloque nuevamente los directores y reflectores de la antena Yagi usando la llave Allen para su fijación. **Para evitar daño en la rosca interna, realice la fijación hasta el tope, sin ejercer mayor presión.**



Cuestionario

- 1.- ¿Qué son los dBi?
- 2.- ¿Como se podría medir las pérdidas de una antena con el kit de Antenas?
- 3.- Investigar que es una *Línea Lecher*.
- 4.- ¿Por qué existen máximos y mínimos de corriente a lo largo de la Línea Lecher?
- 5.- Dibuje la variación de corriente y voltaje a lo largo de una línea de transmisión en circuito abierto y corto circuito.

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 6. Línea Lecher

Introducción

Una línea de transmisión es el medio que le permite a la información generada en un transmisor llegar a un receptor dentro de un sistema cerrado de comunicación. También se puede usar para interconectar un transmisor con su antena, o una antena con su receptor.

La línea de transmisión en su forma más usual consiste en dos hilos paralelos y se le denomina línea bifilar, aunque también pueden ser dos conductores concéntricos, lo que se conoce como línea coaxial.

La línea de transmisión más utilizada en un principio fue la de dos hilos paralelos, denominada línea Lecher, que fue quien estableció sus propiedades a partir de los trabajos experimentales precisos. Esta línea se utilizó inicialmente para transmitir señales de baja frecuencia, con lo cual su función principal era la simple conexión entre sistemas, que por otra parte no eran muy distantes.

La separación no es crítica, pero debe ser una pequeña fracción de la longitud de onda, esta varía de menos de un centímetro a más de 10cm. La longitud de los cables depende de la longitud de onda involucrada.

Uno de los extremos de las varillas está conectado a la fuente de RF, tal como la salida de un transmisor de radio. En el otro extremo de las varillas están conectados entre sí con una barra conductora entre ellos. Este cortocircuito refleja las ondas. Las ondas reflejadas desde el extremo cortocircuitado interfieren con las ondas salientes, creando una sinusoidal u onda estacionaria de tensión y corriente en la línea.

Al deslizar una barra conductora que une los dos cables a lo largo de su longitud, la longitud de la onda se puede medir físicamente.

Objetivo

- Obtener experimentalmente la longitud de onda del Generador de RF, con la ayuda de la Línea Lecher.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).



Material y Equipo

1. Una fuente de DC (-15 volts).
2. Un cable coaxial RG59 con conectores BNC Male/Male (50cm. de longitud).
3. Un cable bifilar con conectores banana-banana ($\phi = 2.5\text{mm.}$ y 50cm de longitud).
4. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y línea Lecher.
5. Un cable banana-banana ($\phi = 2.5\text{mm.}$).

Procedimiento Experimental

Línea Lecher (Figura 1.1)

1. Conecte por medio del cable coaxial RG59 (1), la salida del Generador (2) con la entrada de la línea Lecher (3).
2. Conecte por medio del cable bifilar (4), el cursor de la línea Lecher (5) y la entrada del Medidor de RF (6).
3. Coloque la perilla de atenuación del Medidor de RF en 0 (7) y el nivel de potencia del Generador también en 0 (8). Alimente el panel respetando la polaridad (9) con la fuente de DC y enciéndela.
4. Coloque la perilla del nivel de potencia del Generador (8) al 50% aproximadamente y haga deslizar lentamente el cursor de la línea Lecher (5) desde el origen hasta el otro extremo, hasta encontrar el “mayor máximo”. Regule el nivel de potencia del generador y/o la atenuación del Medidor de RF para este punto, de manera que la indicación del Medidor de RF sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala para dicho mayor máximo.
5. Haga deslizar el cursor desde el origen a lo largo de la línea determinando máximos y mínimos de corriente (hacer mediciones cada 5mm), anotando los resultados en la *Tabla 6.1*. Grafique los datos obtenidos, señalando los valores de $\lambda/4$ y $\lambda/2$. De estos datos calcule la frecuencia del generador de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

donde:

d es la distancia entre dos máximos de corriente o tensión.

λ es la longitud de onda.

Incluya evidencia de las conexiones realizadas y anote sus comentarios.

Posición (cm)	I (μA)	Posición (cm)	I (μA)	Posición (cm)	I (μA)
0.5		12.5		24.5	
1.0		13.0		25.0	



1.5		13.5		25.5	
2.0		14.0		26.0	
2.5		14.5		26.5	
3.0		15.0		27.0	
3.5		15.5		27.5	
4.0		16.0		28.0	
4.5		16.5		28.5	
5.0		17.0		29.0	
5.5		17.5		29.5	
6.0		18.0		30.0	
6.5		18.5		30.5	
7.0		19.0		31.0	
7.5		19.5		31.5	
8.0		20.0		32.0	
8.5		20.5		32.5	
9.0		21.0		33.0	
9.5		21.5		33.5	
10.0		22.0		34.0	
10.5		22.5		34.5	
11.0		23.0		35.0	
11.5		23.5		35.5	
12.0		24.0		36.0	

Tabla 6.1

6. Apagar la fuente de DC y realice los pasos (3) al (5), solo que ahora con la Línea Lecher en corto circuito. Esto lo podemos realizar colocando en corto circuito las terminales de salida (extremo derecho) de la Línea de Lecher (16), por medio de un cable banana-banana. Anote los resultados en la *Tabla 6.2*. **Incluya evidencia de las conexiones realizadas** y anote sus comentarios.

Posición (cm)	I (μA)	Posición (cm)	I (μA)	Posición (cm)	I (μA)
0.5		12.5		24.5	
1.0		13.0		25.0	
1.5		13.5		25.5	
2.0		14.0		26.0	
2.5		14.5		26.5	
3.0		15.0		27.0	
3.5		15.5		27.5	
4.0		16.0		28.0	
4.5		16.5		28.5	
5.0		17.0		29.0	
5.5		17.5		29.5	
6.0		18.0		30.0	
6.5		18.5		30.5	



7.0		19.0		31.0	
7.5		19.5		31.5	
8.0		20.0		32.0	
8.5		20.5		32.5	
9.0		21.0		33.0	
9.5		21.5		33.5	
10.0		22.0		34.0	
10.5		22.5		34.5	
11.0		23.0		35.0	
11.5		23.5		35.5	
12.0		24.0		36.0	

Tabla 6.2

Cuestionario

- 1.- ¿Por qué la frecuencia de generador esta fuera de las especificaciones del equipo?
- 2.- ¿La frecuencia medida por la Línea Lecher fue la misma en circuito abierto que en corto circuito? ¿Por qué?
- 3.- ¿Qué son sistemas Balanceados y Desbalanceados? Explique sus características esenciales, comparación, analogía y diferencias.
- 4.- ¿Qué es un Stub?
- 5.- Diga los tipos de Stub.
- 6.- ¿Que es un Balun?
- 7.- Nombre los tipos de Balun.

Conclusiones

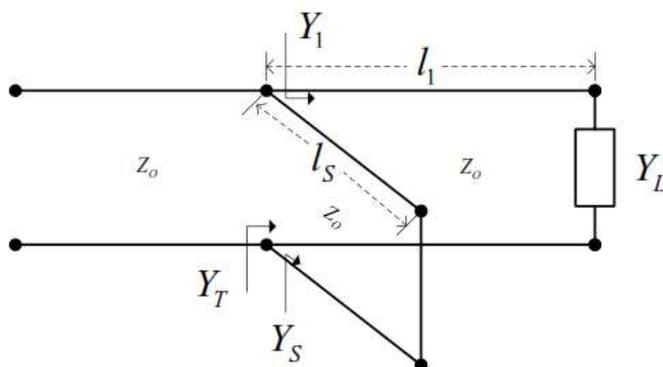
Bibliografía

Práctica 7. Dispositivo de Simetrización "STUB"

Introducción

Acoplamiento de líneas de transmisión utilizando un stub.

Al conectar una carga Z_L a una línea de transmisión con impedancia característica Z_0 si se da el caso $Z_L \neq Z_0$, el coeficiente de reflexión en la carga tendrá una magnitud mayor que uno, lo que implica reflexión de energía hacia el generador. Para evitar esto último, existen diversos métodos de acoplamiento de impedancia mediante los cuales se puede eliminar la energía reflejada hacia el generador logrando una razón de onda estacionaria (ROE) igual a uno. En esta práctica analiza el procedimiento a utilizar cuando se hacen acoples agregando líneas de transmisión en paralelo a la línea principal, los llamados *stubs*.



Acoplamiento utilizando un Stub.

Objetivo

- Consolidar los conocimientos teóricos sobre adaptación de líneas desbalanceadas por medio de la experimentación del dispositivo de simetrización Stub.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).



Material y Equipo

1. Una fuente de DC (-15 volts).
2. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y línea Lecher.
3. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.
4. Una antena: Dipolo simple, Dipolo Doblado y Yagi.
5. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
6. Un cable coaxial RG59 con conectores BNC Male/Male (50cm. de longitud).
7. Un cable bifilar con conectores banana-banana ($\phi = 2.5\text{mm}$ y 50cm de longitud).
8. 2 Adaptadores: BNC Male/Male y BNC Female/Female.
9. Un Adaptador "T" BNC.
10. Una carga de 50Ω .
11. Multímetro con capacidad de medir hasta $200\mu\text{A}$.

Procedimiento Experimental

1. Coloque en la salida del Generador (colocando la base horizontalmente sobre la mesa de trabajo) el soporte coaxial vertical para las antenas.
2. Conecte una de las entradas *Female* del adaptador "T" al soporte coaxial vertical de antenas y en la otra un adaptador BNC Male - Male y encima de este el dipolo simple (ver *Figura 7.1*). Conecte en la entrada *Male* del adaptador "T" un adaptador BNC Female - Female y junto con este la carga de 50Ω .
3. Coloque el Medidor de RF portátil con su mástil y base, a una altura ideal para que el dipolo receptor y el transmisor (dipolo simple), estén en el mismo plano horizontal.
4. Ajuste la posición del reflector de manera que el elemento transversal, sea paralelo al dipolo receptor y al eje de este, a una distancia entre 80 y 90mm.

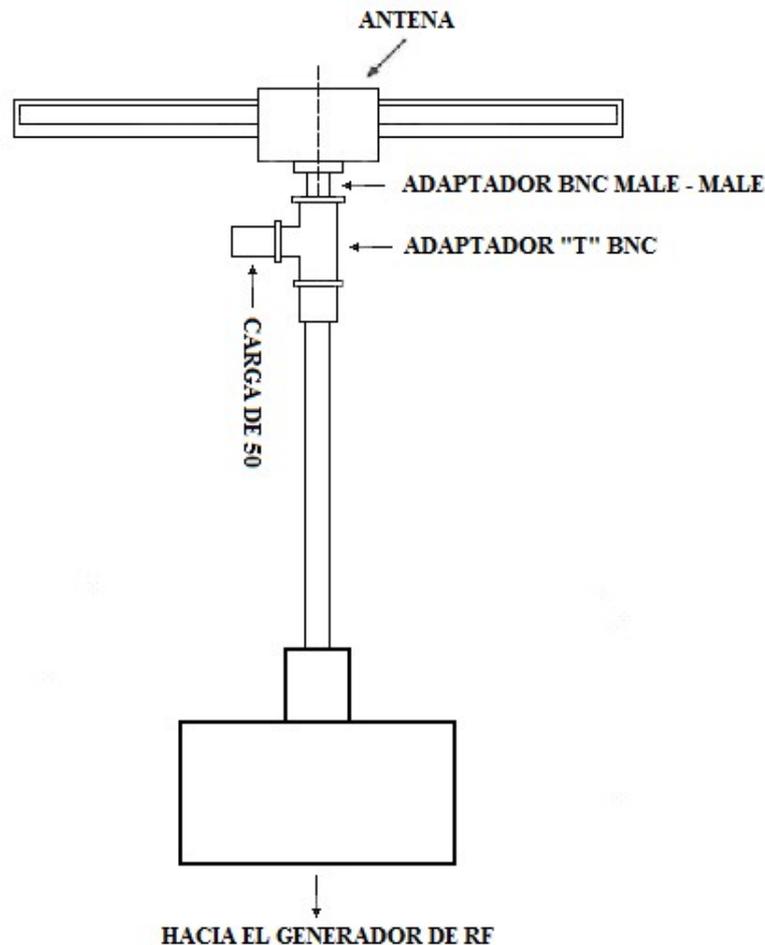


Figura 7.1 Uso de la línea Lecher como Stub de simetrización.

5. Coloque el Medidor de RF portátil a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor, sobre la misma base, colocando la antena transmisora y el dipolo receptor en el mismo plano horizontal.
6. Coloque la perilla de ganancia del Medidor de RF portátil en 0 y el nivel de potencia del Generador también en 0. Alimente el panel respetando la polaridad con la fuente de DC y enciéndela.
7. Regule el nivel de potencia del generador de manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala. Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad. Rotar ligeramente hacia la izquierda y derecha la base del dipolo transmisor para variar la dirección de radiación de este último, respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal

en el Medidor de RF portátil hasta obtener el valor máximo. Anote este valor. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.

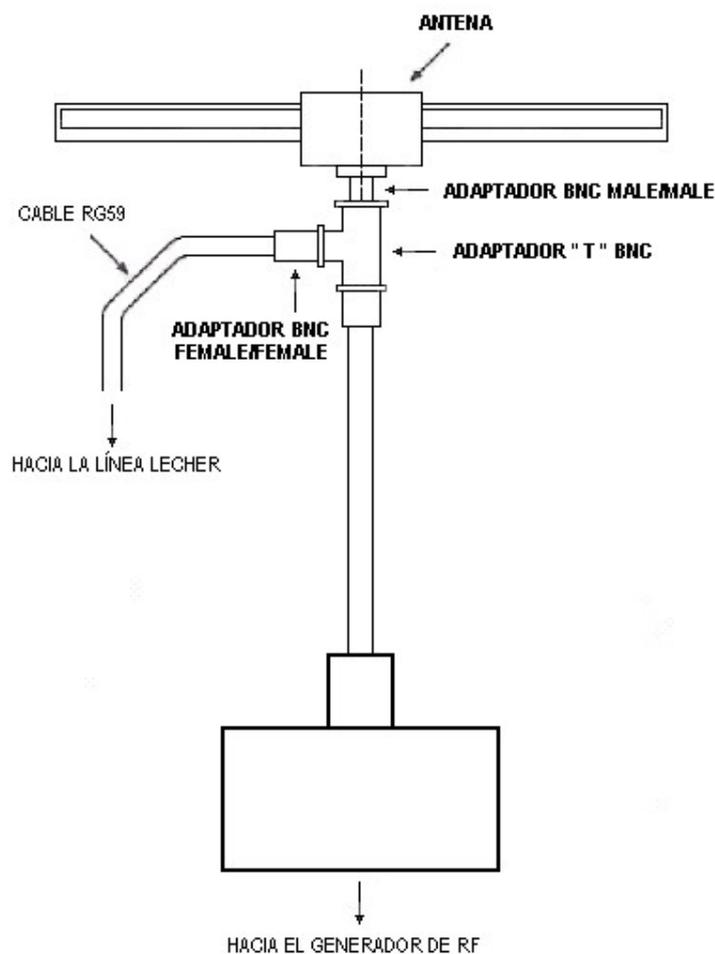


Figura 7.2 Uso de la línea Lecher como Stub de simetrización.

8. Sin mover la perilla de potencia del generador y la perilla de ganancia del medidor de RF portátil, apegue la fuente de DC. Quite la carga de 50Ω y conecte el cable coaxial, cuyo otro extremo irá conectado a la línea Lecher por medio del cable coaxial (ver Figura 7.2). El cursor de la línea Lecher conectarlo al Medidor de RF de la base por medio del cable bifilar, para mejorar el efecto del corto circuito constituido por este.
9. Rotar ligeramente hacia la izquierda y derecha (solamente el dipolo simple) para variar la dirección de radiación de este último (el objetivo es ajustar nuevamente la máxima radiación), respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal en el Medidor de RF portátil hasta obtener el valor máximo.



10. Mueva el cursor de la línea Lecher hasta obtener la máxima señal detectada por el Medidor de RF portátil. Anote este valor y el de la posición del cursor de la línea Lecher. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
11. Realice nuevamente los pasos (1) a (10) para el dipolo doblado y antena Yagi.

Cuestionario

- 1.- Calcule la mejora en potencia para los tres tipos de antenas con Stub.
- 2.- ¿Se obtuvieron las mismas posiciones del cursor para todas las antenas? Explique.
- 3.- ¿Qué es una Antena direccional? Grafique su patrón de radiación en 3D, en el plano Horizontal y Vertical.

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 8. Antenas Direccionales: Ground Plane y Yagi

Introducción

Antenas direccionales (o directivas)

Orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho, pero de largo alcance. Una antena direccional actúa de forma parecida a un foco que emite un haz concreto y estrecho, pero de forma intensa (más alcance).

Las antenas direccionales “envían” la información a una cierta zona de cobertura, aun ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor, sin embargo, fuera de la zona de cobertura no se “escucha” nada, no se puede establecer comunicación entre los interlocutores.

El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de los dBi de la ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor.

Debido a que el haz de la antena direccional es estrecho, no siempre es fácil alinear (encarar) dos antenas direccionales en un enlace inalámbrico entre dos puntos de acceso. En ese caso recomendamos el uso de alguna utilería que le ayude asistirle de modo que podrá realizarlo en minutos en lugar de horas.

Objetivo

- Obtener experimentalmente el diagrama de radiación de las antenas direccionales.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).

Material y Equipo

1. Una fuente de DC (–15 volts).
2. Una base con Generador de RF, Medidor de RF y línea Lecher.
3. Un Medidor de RF portátil con base, mástil y reflector.



4. Antenas: Yagi y Ground Plane.
5. Un soporte coaxial vertical para antenas con base giratoria.
6. Multímetro.

Procedimiento Experimental

1. Coloque en la salida del Generador (colocando la base horizontalmente sobre la mesa de trabajo) el soporte coaxial vertical para las antenas y encima de este, la antena Yagi.
2. Coloque el Medidor de RF portátil con su mástil y base, a una altura ideal para que el dipolo receptor y el transmisor (antena Yagi), estén en el mismo plano horizontal.
3. Ajuste la posición del reflector de manera que el elemento transversal, sea paralelo al dipolo receptor y al eje de este, a una distancia entre 80 y 90mm.
4. Coloque el Medidor de RF portátil a una distancia de tal manera que se encuentre en la zona lejana de la antena respecto al transmisor, sobre la misma base, colocando la antena transmisora y el dipolo receptor en el mismo plano horizontal.
5. Coloque la perilla de ganancia del Medidor de RF portátil en 0 y el nivel de potencia del Generador también en 0. Alimente el panel respetando la polaridad con la fuente de DC y enciéndela.
6. Regule el nivel de potencia del generador y/o la ganancia del Medidor de RF portátil, de manera que la indicación del Medidor de RF portátil sea aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la escala. Rotar la base del dipolo transmisor para variar la dirección de radiación de este último, respecto al receptor (manteniéndolo fijo). Observe las variaciones de intensidad de la señal en el Medidor de RF portátil.
7. Conecte el multímetro en escala de μA al Medidor de RF portátil respetando la polaridad.
8. Ajustar el sentido de máxima radiación de la antena moviendo ligeramente a la izquierda o derecha solo la antena Yagi sin el soporte coaxial.
9. Rote la antena Yagi sobre su eje y realice mediciones en múltiplos de 10° . Graficar los resultados obtenidos utilizando la carta polar que está al final de las prácticas o con la ayuda de algún software. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
10. Sustituya la antena Yagi por la antena Ground Plane (solamente con el monopolo vertical $\lambda/4$) y realice nuevamente los pasos (2) al (9). *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



Antena	Yagi	Ground Plane (Paso 10)		Yagi	Ground Plane (Paso 10)
θ [°]	I [μ A]	I [μ A]	θ [°]	I [μ A]	I [μ A]
0			180		
10			190		
20			200		
30			210		
40			220		
50			230		
60			240		
70			250		
80			260		
90			270		
100			280		
110			290		
120			300		
130			310		
140			320		
150			330		
160			340		
170			350		

11. Coloque los tres reflectores en los jacks más cercanos del monopolo vertical $\lambda/4$ y realice nuevamente los pasos (2) al (9). *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.
12. Coloque el director en el jack más cercanos del monopolo vertical $\lambda/4$ y realice nuevamente los pasos (2) al (9). *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.

Antena	Ground Plane (Paso 11)	Ground Plane (Paso 12)		Ground Plane (Paso 11)	Ground Plane (Paso 12)
θ [°]	I [μ A]	I [μ A]	θ [°]	I [μ A]	I [μ A]
0			180		
10			190		
20			200		
30			210		
40			220		
50			230		
60			240		
70			250		
80			260		
90			270		



100			280		
110			290		
120			300		
130			310		
140			320		
150			330		
160			340		
170			350		

Recomendaciones:

- Antes de comenzar las mediciones, para que estas sean reales, el alumno debe alejarse y acercarse al campo de medición y determine en que posición ponerse para no influenciar en los resultados.
- Esto sólo se hace para las antenas sin reflector, dado que emiten hacia adelante y atrás. Las ondas posteriores son reflejadas por los obstáculos hacia delante y por ello perjudica la medición.

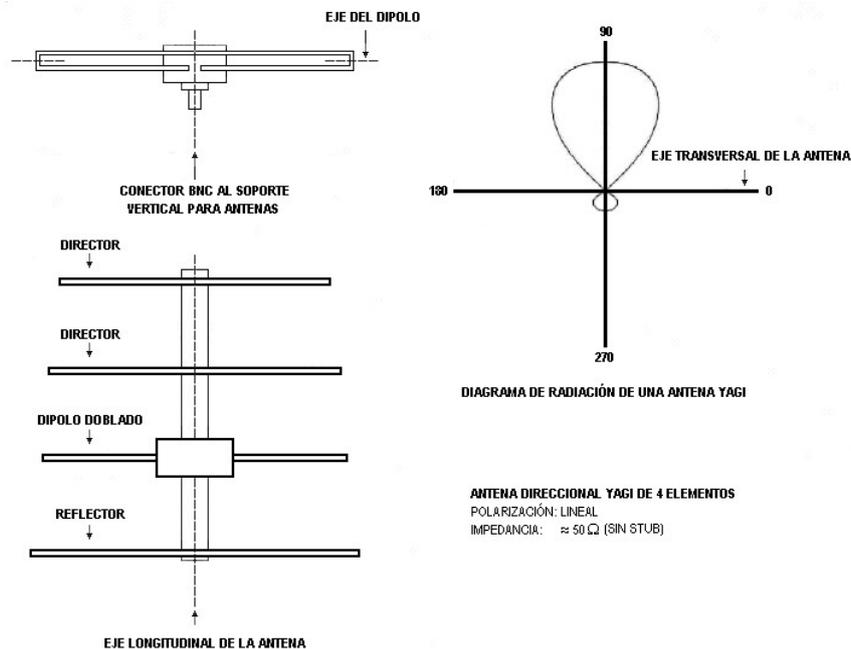


Figura 8.1. Diagrama de radiación de una antena Yagi.

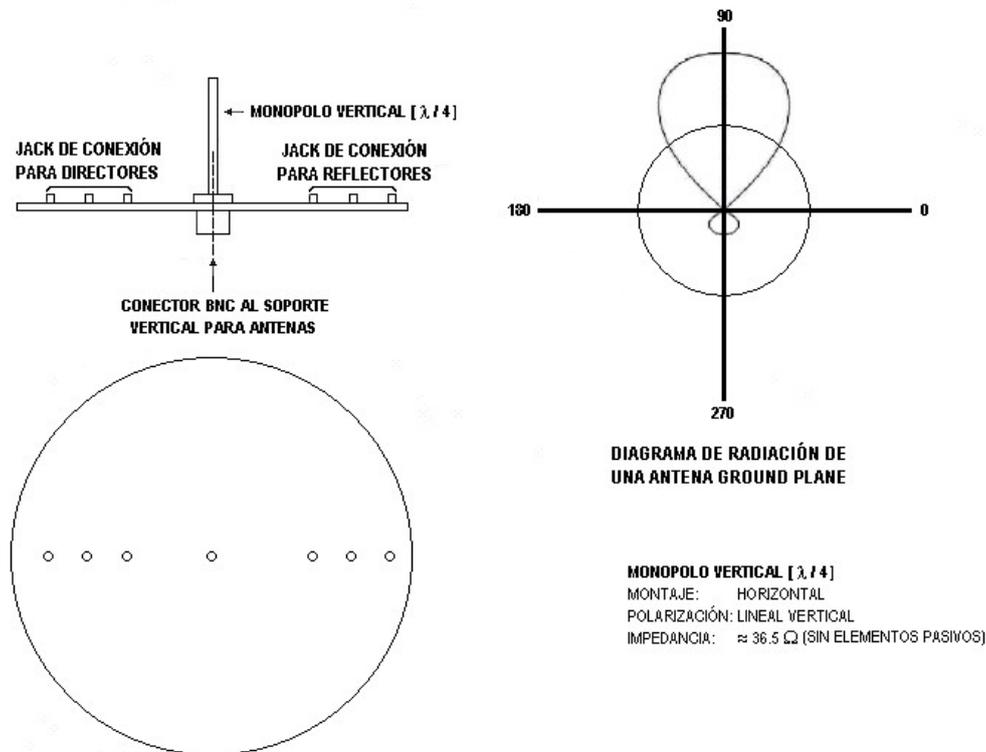


Figura 8.2 Diagrama de radiación de una antena Ground - Plane.

Cuestionario

- 1.- Grafique en una misma carta polar de los pasos 9 a 12, y de sus comentarios.
- 2.- Calcule la zona o región de campo lejano para las antenas vistas en la práctica.
- 3.- ¿La antena Yagi es direccional u omnidireccional?
- 4.- ¿La antena Ground - Plane es direccional u omnidireccional?
- 5.- ¿La ganancia de esta antena es fija en toda la gama de frecuencias de UHF?
- 6.- ¿Cuál es el fin los “directores”?
- 7.- ¿Qué hace el reflector?

Conclusiones

Bibliografía



Práctica 9: Transmisión y recepción utilizando antenas de bocina

Introducción

Las antenas de bocina son muy populares en **UHF** (Ultra High Frequency, 300MHz a 3GHz) y frecuencias mayores (hasta 140GHz).

Las antenas de bocina a menudo tienen un patrón de radiación direccional con una ganancia alta, que puede alcanzar hasta los 25dBi en algunos casos, siendo valores típicos de 10 a 20dBi. Las antenas de bocina tienen un ancho de banda de impedancia amplio, lo que implica que la impedancia de entrada varía lentamente en un amplio rango de frecuencias (lo que también implica valores bajos de S_{11} o VSWR – Voltage Standing Wave Ratio).

El ancho de banda para antenas de bocina prácticas puede ser del orden de 20:1 (es decir, operando desde 1 GHz hasta 20 GHz), siendo muy común encontrar un ancho de banda de 10:1.

La ganancia de las antenas de bocina a menudo aumenta (y el ancho del haz disminuye) a medida que aumenta la frecuencia de operación. Esto se debe a que el tamaño de la abertura de la bocina siempre se mide en longitudes de onda; a frecuencias más altas, la antena de la bocina es “eléctricamente más grande”; esto se debe a que una frecuencia más alta tiene una longitud de onda menor.

Como la antena de bocina tiene un tamaño físico fijo (por ejemplo, una abertura cuadrada de 20cm de ancho), la abertura tiene más longitudes de onda a frecuencias más altas. Además, un tema recurrente en la teoría de antenas es que las antenas más grandes (en términos de longitudes de onda de tamaño) tienen directividades más altas.

Las antenas de bocina tienen muy pocas pérdidas, por lo que la directividad de una bocina es más o menos igual a su ganancia.

Objetivos

- Medir experimentalmente las pérdidas de propagación de microondas en el espacio libre.

Actividades Previas

- El alumno deberá leer la práctica del laboratorio y el Apéndice B.
- Realizar una introducción relacionada con el tema de la práctica (diferente a la que incluye el manual).
- Investigue los tipos y ganancias de Antenas de bocinas.



Material y Equipo

1. Una Fuente de Señal de Microondas.
2. Dos Adaptadores Coaxiales.
3. Un Atenuador Fijo de 6dB.
4. Una guía de ondas.
5. Un Atenuador Variable.
6. Dos Antenas de Bocina.
7. Un Sensor de Potencia.
8. Un Medidor de Potencia.

Procedimiento Experimental

1. Configure el kit de Microondas como se muestra en las Figuras 9.1 y 9.2.

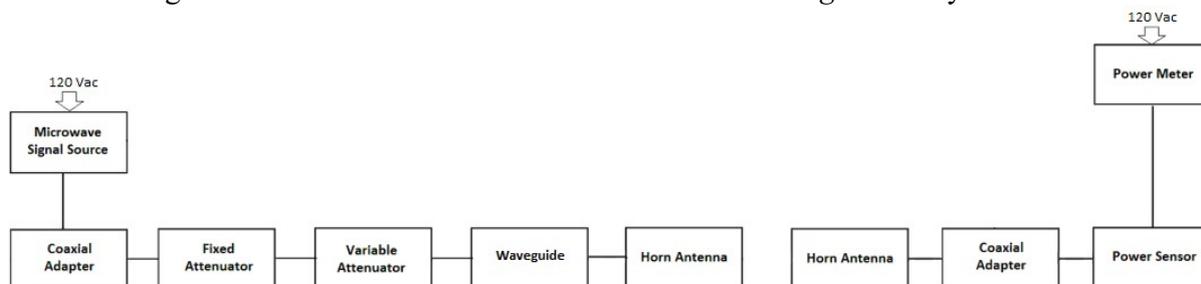


Figura 9.1. Diagrama de configuración para la medición de la propagación de microondas entre antenas de bocina.

2. Ajuste el atenuador variable en 20dB.
3. Coloque las antenas de bocina a 1cm de distancia una frente a la otra.
4. Encienda la Fuente de Señal de Microondas presionando el interruptor de alimentación configúrela para una frecuencia de la señal de salida de 10GHz, una potencia de 0dBm y el modo de onda continua (apéndice B)



5. Conecte el cable de alimentación del Medidor de Potencia y ajuste la frecuencia a 10GHz (apéndice B).
6. Registre en la *Tabla 9.1* el primer valor del nivel de potencia que muestra el Medidor de Potencia.
7. Repita los registros en la *Tabla 9.1* cambiando la distancia entre las antenas a 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 10cm, 15cm, 30cm y 60cm. *Incluya evidencia de las conexiones realizadas* y anote sus comentarios.



Figura 9.2. Representación real del experimento.

Indicador de Potencia (dBm)									
Distancia (cm)	1	2	3	4	5	10	15	30	60

Tabla 9.1

Cuestionario

1. Obtenga de los valores registrados en la *Tabla 9.1*, las pérdidas del espacio libre (PEL_{dB}) práctica y grafique PEL_{dB} vs. Distancia (cm).



2. Grafique sobre la gráfica anterior, las pérdidas del espacio libre teóricas con las distancias dadas en la *Tabla 9.1*. Comente los resultados obtenidos.

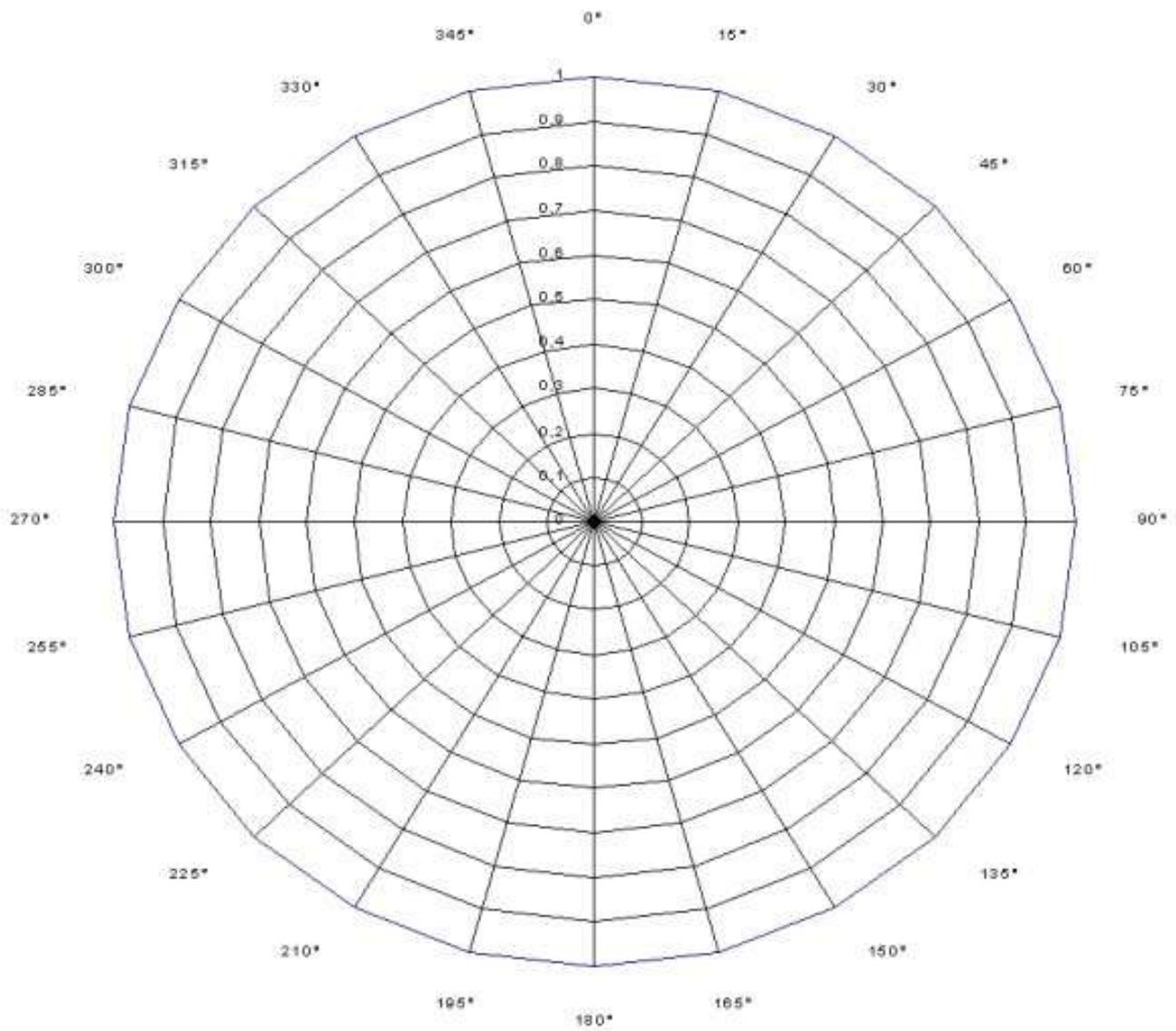
Conclusiones

Bibliografía



APÉNDICE A

Carta Polar



Nota: El diagrama de radiación debe estar normalizado respecto al campo radiado máximo de tal manera que el máximo de la función $F(\theta, \varphi)$ debe ser igual a 1.



APÉNDICE B

Descripción técnica de los componentes utilizados en las Prácticas 2 y 9

Fuente de señal de microondas



Es un nuevo tipo de generador de señal de microondas, basado en un lazo cerrado de fase controlada digitalmente, con alta estabilidad de frecuencia y bajo ruido de fase. Tiene dos modos de salida de señal, modo de onda continua y modo de modulación por desplazamiento de amplitud. Los alumnos disponen de una señal de modulación de onda cuadrada incorporada de 400Hz ~ 4KHz para la configuración. El rango de frecuencia de salida de la banda **S** a la banda **Ku** puede ser elegido por los alumnos.

El generador de señal de microondas utiliza una pantalla LCD, la cual tiene características como una respuesta rápida y una visualización clara. Con el panel frontal, el usuario puede controlar manualmente la frecuencia de la señal, la configuración de la potencia y otras instrucciones. Su rendimiento superior cumple con los requisitos de transmisión de radar, comunicaciones, radio y televisión y otros campos de comunicación. También puede llevar a cabo perfectamente el experimento de un sistema de guía de ondas de 3cm.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8 - 12GHz
Estabilidad de frecuencia	1ppm
Paso de frecuencia	1MHz
Rango de potencia	-10dBm ~ +10dBm



Precisión de potencia	$\pm 2\text{dB}$
Paso de potencia	1dB
Ruido de fase	$\leq -70\text{dBc/Hz}@10\text{kHz}$
Potencia espuria	$\leq -20\text{dBc}$ (parásito armónico)
Modulación	Onda cuadrada interna 400Hz~4KHz (paso de 1Hz)
Rango de temperatura	0 ~ 40°C
Temperatura de almacenamiento	-40 ~ 70°C
Consumo de Potencia	50W
Dimensiones	330×260×105mm
Peso	5kg (Aprox.)

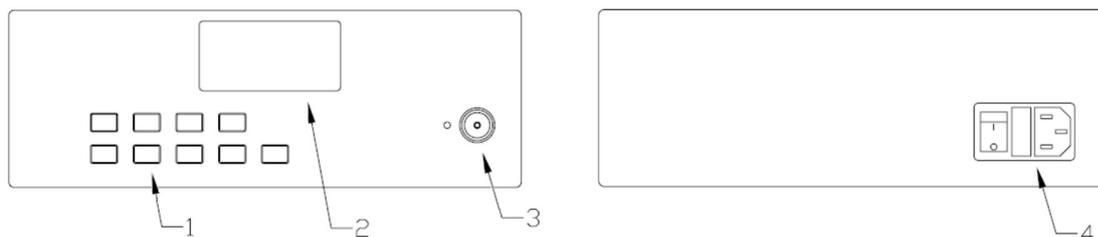
Modo de operación

Este dispositivo puede operar de dos formas distintas:

- modo de salida de onda continua: en el modo de salida de onda continua, la salida de la fuente de señal se envía directamente sin modulación de señal portadora;
- modo de salida de modulación por desplazamiento de amplitud: en el modo de salida de modulación de amplitud, la salida de la fuente de señal es modulada por una portadora establecida por el alumno. La frecuencia de modulación se puede configurar en este modo usando el panel.

Descripción de control e introducción de funciones

Descripción



Función

Panel	Función
(1) Teclado	Se usa para configurar la frecuencia de la señal de salida, la potencia, el modo de operación, la información del estado de salida RF.
(2) LCD	Se usa para mostrar la frecuencia de la señal de salida, la potencia, el modo de operación, la información del estado de salida de RF.



(3) Salida RF	Salida de señal de microondas de 8-12GHz por medio de un conector N, cuando el LED junto al conector enciende, se envía la señal de salida RF. Este es controlado por la tecla de salida RF en el teclado.
(4) Enchufe Fusible Interruptor de alimentación	CA 110 ~ 220V, 50Hz/60 Hz; 250V/1A Para encender o apagar el generador de señal.

Teclado	Función
[FREQ]	Establece la frecuencia de la señal de salida. Presione este botón para ingresar al modo de configuración de frecuencia.
[AMP]	Establece la potencia de salida. Presione este botón para ingresar al modo de configuración de potencia.
[MODE]	Establece el modo de salida de señal: 1.- modo de onda continua; 2.- modo de modulación de amplitud. El modo de modulación de amplitud puede establecer la frecuencia de la señal de modulación.
[▲ ▼ ◀ ▶]	La tecla de dirección se usa para seleccionar y cambiar los parámetros paso a paso.
[RF]	Para habilitar o deshabilitar la señal de salida RF.

Guía del usuario

Precauciones y advertencias

- (1) Antes de usar este equipo, lea cuidadosamente las instrucciones y operaciones del manual del usuario;
- (2) El rango de tensión de la fuente de alimentación es CA 110V~220V, 50Hz/60Hz. La sobretensión puede dañar los componentes internos del instrumento;
- (3) El instrumento es más estable después de 5 minutos de precalentamiento después de la inicialización.

Instrucciones de operación

- (1) **Encendido del instrumento:** conecte el cable de alimentación (110 ~ 220 V, CA), presione el interruptor de alimentación, el instrumento entra en el proceso de inicialización. Cuando se completa la inicialización, entra en modo de trabajo.
- (2) **Instrucciones de función del teclado:** El panel frontal tiene 9 teclas, [FREQ], [AMP], [MODE], [], [▲ ▼ ◀ ▶], [RF].



A - Configuración de la frecuencia de la señal de salida

Para configurar la frecuencia de salida, presione la tecla [FREQ] para ingresar al modo de configuración de frecuencia y después, utilice las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la frecuencia requerida. Las teclas [◀ ▶] se usan para elegir el bit de frecuencia presente y, las teclas [▲ ▼] se usan para aumentar o disminuir el número de bit presente.

B - Configuración de la potencia de salida

Para configurar la potencia de salida, presione la tecla [AMP] para ingresar al modo de configuración de potencia y luego use las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la potencia requerida. El rango de potencia es de -10 dB a 10 dB, el paso mínimo es de 1 dB.

C - Selección del modelo y configuración de frecuencia de portadora

El modelo de salida RF del generador puede ser de dos tipos: 1.- modo de salida de onda continua, la parte superior derecha de la pantalla LCD muestra "CW" (Continuous Wave); 2.- salida de modulación por desplazamiento de amplitud, la parte superior derecha de la pantalla LCD muestra la frecuencia de la portadora;



el modo de salida se puede cambiar con la tecla [MODE]. Cuando esté en el modo de salida de modulación por desplazamiento de amplitud, use las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la frecuencia de portadora requerida.

D - Control de salida RF

La señal de salida RF se puede activar o desactivar presionando la tecla [RF].

E - [] se reserva para futuras funciones.



Medidor de potencia

Descripción general

El medidor de potencia es un instrumento que sirve para medir la potencia de las microondas continuas. El instrumento se compone de pantalla LED digital, teclado, conector de entrada de señal, panel de instrumentos, toma de corriente (panel posterior), una interfaz de depuración (panel posterior) y un sensor de potencia separado. El sensor del medidor de potencia contiene un diodo de microondas y el circuito transductor correspondiente.



Precaución:

- 1) La entrada máxima de potencia del sensor del medidor es de 100mW (20dBm). Por arriba de los 100mW, la entrada de señal causará daños al sensor y al medidor de potencia.
- 2) El medidor de potencia debe estar bien conectado a tierra antes de ser utilizado, de lo contrario dañará el sensor de potencia.
- 3) Los daños causados por un manejo incorrecto por parte del usuario no están cubiertos por la garantía.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 - 12.4 GHz
Rango de trabajo	1mW~100mW
Precisión	±10%
Relación Voltaje de onda estacionaria	VSWR ≤ 1.5
Potencia media máxima	Prueba de exceso de potencia de 1 minuto
Punto de referencia de potencia	50MHz 1.00mW ± 1.5%
Ruido a la deriva	En un min (± 0.1mW)
Modo de visualización	W, mW, dBm and dB
Alimentación	220V 50Hz 20W
Tamaño	220x155x290mm
Peso	3 kg (Aprox.)

Descripción

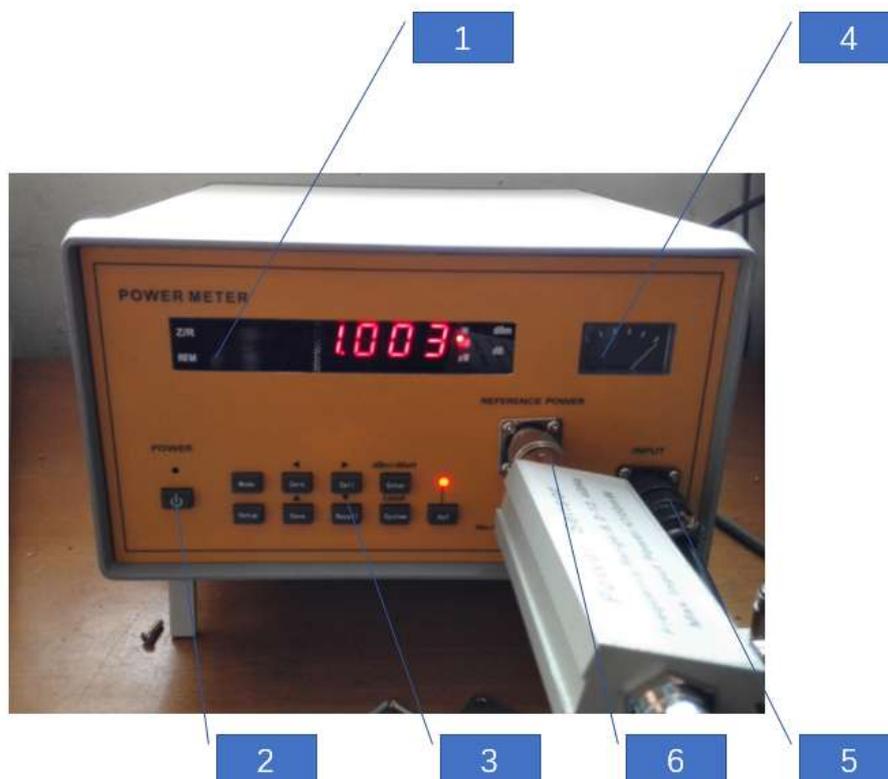


Figura B1. Panel frontal del medidor de potencia

1- Pantalla LED

Muestra el valor medido.

2- Interruptor de alimentación

Cuando el cable de alimentación se conecta al medidor de potencia, el led enciende en rojo, indicando que el medidor de potencia está en modo de espera. Cuando se presiona el botón del interruptor de encendido, el led cambia a verde, indicando que el instrumento está ahora en modo de trabajo. Al presionar el botón nuevamente, el medidor de potencia regresa al modo de espera.

3- Teclado

El teclado incluye 9 teclas: modo, cero, calibración, configuración, guardar, recuperar, sistema, ingresar y referencia. Para su funcionamiento, consulte las instrucciones de funcionamiento del panel.



4- Medidor

Refleja la tendencia de la pantalla digital.

5- Conector de entrada del sensor

La señal de entrada debe conectarse aquí a través del sensor de potencia.

6- Salida de potencia de referencia

Envía una señal de referencia.



Advertencia

- 1) Antes de usar este instrumento, el usuario debe leer cuidadosamente las instrucciones del instrumento y estar familiarizado con el método de operación.
- 2) Para garantizar una vida útil larga del instrumento, el usuario debe elegir un espacio interior limpio, seco y ventilado para usarlo y almacenarlo.
- 3) La tensión de alimentación no debe exceder los $220V \pm 22V$, de lo contrario, el rendimiento del instrumento no está garantizado.
- 4) El instrumento generalmente se puede usar unos minutos después de haber finalizado el proceso de arranque. Para utilizar el medidor en pruebas muy precisas, se recomienda dejarlo calentar por lo menos 30 minutos después del proceso de arranque.
- 5) Antes de la prueba, ajuste el medidor de potencia a cero y sin entrada de señal. Luego, conecte la entrada a la potencia de referencia del panel con el sensor de potencia y realice las operaciones de calibración, pulsando el botón Zero y después el botón Enter.
- 6) Para pruebas de precisión, el medidor de potencia debe configurarse de acuerdo con la frecuencia de la señal de entrada.



Operación del panel

1. Encendido

Cuando el cable de alimentación (AC220V) está conectado, la luz indicadora se enciende con color rojo. El indicador está en la parte superior del botón de encendido, lo que indica que está encendido, pero en modo de espera. Cuando se presiona el botón de encendido y el indicador cambia al color verde, el instrumento está en modo de trabajo.

2. Operación de las teclas

En el panel frontal, hay un total de 10 teclas. Tecla de encendido, Tecla de modo, Tecla de configuración, Zero/◀ (cero), Calibration/▶ (calibración), Save/▲ (Guardar), Recall/▼ (Recuperar), Enter/dBm-Vatio (Ingresar), System/local (Sistema) y Ref (Referencia).

La función de la tecla de encendido ya se ha mostrado. La tecla de referencia (Ref) y una luz piloto gestionan la fuente de referencia de 50MHz/1mW. La tecla Ref activa o desactiva la salida de señal de referencia. A continuación, se muestra la descripción del uso de los otros 8 botones.

3. Modo

Hay dos modos de visualización del instrumento. Modo de medición de potencia (Watt o dBm) y modo de medición de autorreferencia (RES) (es decir, modo dB). Puede pasar de un modo a otro presionando la tecla Mode. En el modo de medición de potencia, puede presionar la tecla Enter para cambiar el valor de visualización de Watt o dBm.

Cuando se selecciona el modo de referencia RES, la forma logarítmica $10\lg(X_n / X_0)$ se muestra como el primer valor medido. De esta forma, el valor de referencia se puede actualizar presionando la tecla Enter.

4. Configuración

El instrumento establece la frecuencia y el desplazamiento medidos mediante la tecla de configuración para que la señal medida se refleje correctamente durante la medición.

Ajuste de frecuencia: cuando se presiona la tecla Configuración, la pantalla LED muestra "FR-XX". Esto indica que se ha ingresado al modo de ajuste de frecuencia. El rango de configuración de frecuencia es 0 ~ 12, 0 significa 50MHz, otros están en GHz como unidad. El valor de la frecuencia se puede cambiar presionando la tecla Save/▲ y la tecla Recall/▼.

Ajuste de compensación (offset): presione de nuevo la tecla de configuración en el modo de ajuste de frecuencia para mostrar "RO-XXX". El ajuste está en el estado de ajuste de compensación. El rango de ajuste es de 0 - 99.9, con unidad dB. Cambie la posición del número presionando la tecla



Cali/▶ (calibración). Cambie el valor de la posición de número presente presionando las teclas Save/▲ y Recall/▼.

Tecla Zero /◀ (Cero) y Cali/▶ (calibración)

Para garantizar la precisión de los datos, el instrumento a menudo necesita ajustarse a cero y calibrarse para el proceso de medición.

Pulse Zero/◀, el LED muestra “Cero” y el instrumento está en modo de espera. Después pulse la tecla Enter para confirmar la operación del instrumento de configuración cero. La operación de configuración cero tardará algunos segundos, entonces el instrumento regresa al estado de medición. Si presiona la tecla Zero/◀ (Cero) para mantener el instrumento en modo de espera, presione de nuevo la tecla Zero para regresar al estado de medición.

Presione la tecla Cali/▶, el LED muestra “Cal” y el instrumento está en modo de espera. Presione la tecla Enter para confirmar la operación de calibración del instrumento. La operación de calibración tarda unos segundos y luego el instrumento vuelve al estado de medición. Si presiona la tecla Cali/▶ (calibración) para mantener el instrumento en estado de espera, presione la tecla nuevamente para regresar el instrumento al estado de medición.

Después de presionar la tecla Cali/▶ (calibrar), el instrumento abrirá automáticamente la fuente de referencia de 50MHz para evitar operaciones no validas. Para que la operación de calibración sea más precisa, se recomienda que la fuente de referencia se encienda y se deje calentar unos 15 minutos presionando la tecla de referencia (Ref) antes de ingresar a la operación de calibración.

Tecla Save/▲ (Guardar) y Recall/▼ (Recuperar)

El instrumento puede guardar nueve configuraciones (1-9) para el usuario. Esto permite a los usuarios guardar varios métodos de medición y datos de configuración para que se puedan recuperar fácilmente cuando sea necesario, en lugar de tener que realizar una serie de complejas operaciones de configuración cada vez que se utiliza.

Cuando se presiona el botón Save/▲, aparece ‘Save’ en la ventana de visualización y el instrumento está esperando. Presione la tecla Save/▲ hasta que aparezca ‘Save N’ (N = 1-9). El número N se puede cambiar presionando Save/▲ y la tecla Recall/▼. Cuando termine, presione la tecla Enter y el instrumento guardará la medición y el estado de configuración actuales en el punto de almacenamiento N y se recuperará mediante Recall N para un posterior uso. Cuando aparezca ‘Save’ en la ventana de visualización, también puede presionar Enter para salir de la operación de almacenamiento y regresar al estado de medición.

Cuando se despliegue Recall en la ventana de visualización y el instrumento esté esperando, presione la tecla Recall/▼ hasta que aparezca “Recall N” (N = 1 - 9). El número N se puede cambiar presionando Save/▲ y la tecla Recall/▼. Cuando termine, presione la tecla Enter para recuperar la configuración del punto N guardado y establezca la configuración actual. Cuando se visualiza



en la pantalla 'Recall' también puede presionar la tecla Enter para salir de la operación de recuperación y regresar al estado de medición.

Tecla Enter

La tecla Enter (Ingresar) es una tecla de función mixta. En el modo de configuración, al presionarla se confirma una acción. En la configuración de cero o en la calibración, también sirve para confirmar. Cuando se está en modo de guardado o recuperación, sirve para terminar una operación. En la medición de potencia, sirve para cambiar el modo de visualización de Watt a dBm de manera cíclica. En el modo Ref, sirve para actualizar datos.

Tecla System/local (Sistema)

No disponible.

Tecla Ref

Esta tecla habilita o deshabilita la salida de la señal del punto de referencia de 1mW. El estado del indicador arriba de esta tecla indica el estado de la salida.



Atenuador variable



Un atenuador variable proporciona una atenuación variando el grado de inserción de una tira resistiva coincidente en una guía de ondas. El atenuador variable se usa para controlar un nivel de potencia o para aislar una fuente de una carga.

Observaciones: la escala no está en dB, la atenuación es solo indicativa y puede medirse con el sensor de potencia.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.2
Datos de atenuación en la posición de inicio	< 0.5dB
Atenuación máxima	$\geq 30\text{dB}$
Precisión	$\pm 5\%$ ($\pm 0.5\text{dB}$)



Antena de bocina



Tamaño y ganancia de la antena de bocina:

$$A = \sqrt{3\lambda_0 L_h}$$

$$B = \sqrt{3\lambda_0 L_c}$$

$$G = 8.1 + \log\left(\frac{AB}{\lambda_0^2}\right)$$

A, B es el tamaño de la antena de bocina E, H.

L_h es la distancia entre el centro de la guía de ondas E a A.

L_c es la distancia entre el centro de la guía de ondas H a B.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR \leq 1.5
Ganancia de la antena	G \geq 15dB



Adaptador coaxial



Proporciona una coincidencia entre una guía de onda y una línea coaxial de 50 ohm. El flujo de la potencia puede ser en cualquier dirección. Sin embargo, la SWR en el adaptador debe mantenerse por debajo de 1.2.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.5



Atenuador fijo



El objetivo del atenuador fijo es proporcionar una atenuación fija de 6 dB. La atenuación se obtiene mediante la inserción de un absorbente conductor delgado en una sección recta de una guía de ondas estándar.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR \leq 1.15
Atenuación	a) 20 \pm 5dB b) 6 \pm 1dB



Guía de ondas



Sección recta de seis pulgadas de la guía de onda utilizada en las mediciones de la longitud de onda y la velocidad de fase dentro de una guía de ondas.

Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR \leq 1.15