

Práctica 4: Medida de la ganancia de una antena

Objetivo

Determinar experimentalmente la ganancia de antenas de bocina.

Material

Antenas de bocina, guías de onda, adaptadores coaxiales, generador de señal en banda X, sensor de potencia, multímetro.

Base teórica

Existen varios métodos para hallar experimentalmente la ganancia de una antena. En esta práctica se utilizará el "Método de las dos antenas". Para ello se dispone de dos antenas idénticas, ambas por lo tanto con la misma ganancia. La ecuación de Friis establece la relación entre la potencia radiada por una antena en emisión y la potencia recibida por la otra en recepción por medio de la expresión [1]:

$$P_r = P_t \frac{G_r G_t \lambda^2}{L(4\pi d)^2}$$

Donde:

P_t : potencia radiada por la antena transmisora.

P_r : potencia recibida por la antena receptora.

G_t, G_r : ganancias de las antenas transmisora y receptora, respectivamente.

λ : longitud de onda a la frecuencia de trabajo ($\lambda = c/f$)

L : pérdidas en la propagación. Se supondrán despreciables ($L = 1$)

d : distancia entre las antenas.

De este modo, la ganancia puede obtenerse para una frecuencia de trabajo determinada si se conoce la distancia entre antenas, la potencia transmitida y la potencia recibida.

Para obtener un valor lo más preciso posible, pueden realizarse los siguientes procedimientos:

- Fijar la potencia transmitida y medir la recibida para distintos valores de la distancia entre las antenas (siempre que cumplan las condiciones que se describen más adelante)
- Fijar la distancia entre antenas y medir la potencia recibida para distintos valores de la potencia transmitida.

En ambos casos, pueden representarse los resultados obtenidos y encontrar la ganancia haciendo un ajuste de la curva.

Obtención de la potencia transmitida

Con el generador de señal se establece la potencia que incidirá sobre la antena en transmisión. Esta antena presenta un determinado coeficiente de reflexión, de modo que no toda la potencia entregada por el generador se convertirá en campo radiado [2]. Despreciando las pérdidas óhmicas frente a la resistencia de radiación de la antena, puede establecerse:

$$P_t = P_{gen}(1 - |\Gamma|^2)$$

Obtención de la potencia recibida

Se utilizará un detector de potencia, cuyas curvas de calibración a las frecuencias de trabajo se adjuntan al guion. Estos detectores son idealmente lineales, de modo que midiendo el voltaje que presentan a su salida puede obtenerse la potencia recibida por la antena. Anexo al guion se ofrece la curva de calibración para el sensor a diferentes frecuencias. De nuevo, dado que la impedancia de la antena no son 50Ω exactos a todas las frecuencias de trabajo, en principio habría que encontrar el coeficiente de reflexión e introducirlo en los cálculos.

$$P_r = P_{ant}(1 - |\Gamma|^2)$$

Sin embargo, ya que la antena se comporta de la misma manera en recepción y transmisión, y que en la fórmula de Friis el término $(1 - |\Gamma|^2)$ se cancela cuando las antenas emisora y receptora tienen los mismos desacoplos, puede obviarse este efecto y tomar directamente la medida de la potencia entregada por el generador y la potencia medida en el sensor.

Distancia entre antenas

A la hora de realizar las medidas es importante tener en cuenta algunas consideraciones:

- La mínima distancia a la que se puede medir es aquella en la que se garantice que nos encontramos en campo lejano [3]:

$$d_{FarField} = 2D_{max}^2/\lambda$$

Donde D_{max} es la dimensión mayor de la apertura de la antena y λ es la longitud de onda. Asimismo, debe cumplirse $d_{FarField} \gg D_{max}$; y $d_{FarField} \gg \lambda$

- La máxima distancia a la que se puede medir está determinada por:
 - i) Las dimensiones del montaje experimental
 - ii) La potencia en recepción, que no debe ser menor que la sensibilidad del detector ni mayor que la que determina el rango de linealidad de las especificaciones.

[1] Harald T. Friis, "A Note on a Simple Transmission Formula," Proceedings of the I.R.E. and Waves and Electrons, May, 1946, pp 254–256

[2] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", Wiley, New York, 1998, pp 76-78.

[3] <https://www.antenna-theory.com/basics/fieldRegions.php>

Práctica 4: Hoja de tareas

1. Determina, para las antenas proporcionadas por el profesor, la distancia mínima a la que puede operarse sin incumplir las condiciones de campo lejano a las frecuencias de trabajo.

Respuesta:

2. Determina el valor teórico de la ganancia de las antenas utilizadas y establece los límites en las distancias a los que se van a realizar las medidas. Para ello, determina el rango de potencia suministrada por el generador tal que para las distancias de medida utilizadas la potencia en la antena receptora esté dentro del rango lineal del sensor.

Respuesta:

3. Realiza las medidas de P_r (P_g) en el montaje del laboratorio a una distancia intermedia que se puede seleccionar libremente, y a una frecuencia que indicará el profesor en el laboratorio. Elegir al menos cinco potencias de generador que permitan una recepción clara. Genera una tabla con los datos obtenidos en la que figure la potencia radiada, la recibida y la ganancia en dBi que deberían tener las antenas para que se cumpla la ecuación de transmisión. Expresar la potencia en dBm y en W.

Respuesta (adjuntar tabla, indicando la distancia y la frecuencia de medida):

4. Realiza medidas de la potencia recibida para 5 distancias seleccionadas libremente, a la frecuencia del apartado anterior y para una potencia de emisión máxima. Realiza la gráfica $P_r(1/d^2)$. Haz un ajuste de la curva para determinar la ganancia de las antenas a la frecuencia de operación.

Respuesta (adjuntar gráfica con el ajuste, indicando frecuencia de medida):

5. Compara la ganancia teórica estimada con las determinadas experimentalmente, y razona cuáles pueden haber sido los factores que más afectan a la precisión de la medida. Añade los comentarios que consideres de interés sobre la ejecución experimental.

Respuesta: