

Práctica 7: Impedancia de una antena

Objetivo

Determinar experimentalmente el modelo circuital equivalente de una antena resonante

Material

Analizador vectorial de redes, material para construir un monopolo con plano de tierra finito y ordenador con MATLAB y toolbox de antenas.

Base teórica

La Figura 1 muestra el modelo circuital equivalente correspondiente a un montaje en el que se conecta un generador a una antena mediante una sección de línea de transmisión de impedancia característica Z_C . Z_e representa la impedancia de la antena en emisión.

En los casos particulares de antenas resonantes, esta impedancia puede ser modelizada con precisión mediante un simple circuito RLC serie o RLC paralelo. La parte resistiva tendrá dos contribuciones: la resistencia de radiación y la disipación óhmica. Por ejemplo, para un modelo circuital RLC serie tendríamos

$$Z_e = R_e(\omega) + jX_e(\omega) = R_\Omega(\omega) + R_r(\omega) + jX_e(\omega)$$

Si bien las dos resistencias que aparecen en el modelo son dependientes de la frecuencia, esta dependencia se puede despreciar en el relativamente estrecho margen de frecuencias en el que opera una antena resonante. En general, la impedancia de una antena se caracteriza experimentalmente con la ayuda de un analizador vectorial de redes (VNA). El VNA se ocupa de proporcionar la señal necesaria para poner la antena en modo de emisión. En estas circunstancias la línea suele estar bien acoplada al generador, siendo $Z_g = Z_C$. De este modo no existen reflexiones múltiples en la línea y el voltaje reflejado que se propaga en dirección al generador es producido únicamente por la antena. Cuando se da esta situación, la impedancia medida por el analizador de redes permite determinar rápidamente la impedancia de la antena. La influencia de la línea de transmisión puede eliminarse de la medida de dos formas alternativas:

- Calibrando el analizador de redes en el plano de referencia de la antena, o si no es posible,
- Utilizando la calibración interna del analizador en su plano de referencia, y eliminando la influencia de la línea mediante de-embedding.

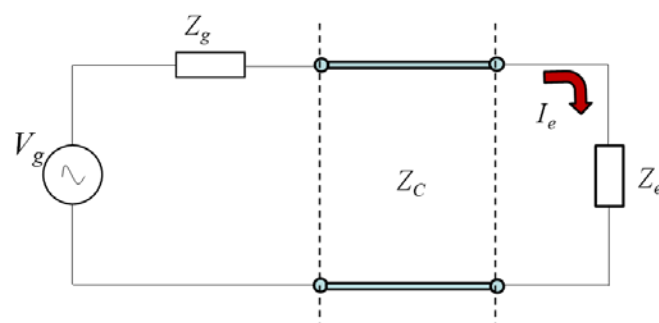


Figura 1. Modelo equivalente de una antena en emisión conectada a su generador

En las antenas resonantes la parte imaginaria de la impedancia se anula a la frecuencia de resonancia, y por tanto la suma de la resistencia de radiación y la resistencia óhmica coinciden con la impedancia de la

antena a esa frecuencia. Asimismo, tanto si el modelo equivalente es un modelo serie como si es un modelo paralelo, la frecuencia angular de resonancia ω_R está relacionada con la inductancia y la capacidad equivalente de la antena mediante la expresión

$$\omega_R = 1/\sqrt{LC}$$

En el caso sencillo de un dipolo de $\lambda/2$ con un espesor de hilo despreciable, la resistencia de radiación es aproximadamente 73 Ohm. Este valor es sustancialmente más bajo que la resistencia de radiación de un dipolo elemental. Las antenas monopolo de $\lambda/4$ pueden a su vez modelizarse como dos antenas de dipolo de $\lambda/2$ en paralelo, siendo su impedancia la mitad de la de las antenas de dipolo.

Por otra parte, la frecuencia de resonancia tan solo permitiría determinar el producto LC , no siendo posible diferenciar entre ambos elementos. Pero midiendo el factor de calidad de la antena se podría obtener la inductancia de forma independiente. El factor de calidad de una antena se define como:

$$Q = f_R/BW$$

; donde BW es el ancho de banda a 3 dB de la antena. Este ancho de banda se puede determinar fácilmente determinando el margen de frecuencias al cual el factor $1 - |S_{11}|^2$ disminuye 3 dB respecto a la frecuencia de resonancia. Una vez conocido el ancho de banda la inductancia se obtendría a partir de la ecuación para el factor de calidad de un circuito RLC:

$$Q = \omega_R L/R$$

; siendo R la resistencia de la antena a la frecuencia de resonancia.

Tareas a realizar

1. Diseñar una antena de monopolo de $\lambda/4$ con plano de tierra finito, a la frecuencia que indicará el profesor. Utilizar el modelo "cylindrical monopole" de antennaDesigner. Construir la antena diseñada con el material suministrado en el laboratorio.

Adjuntar dibujo de la antena con las dimensiones del diseño, y fotografía de la antena real especificando las dimensiones reales:

2. Utilizar el analizador de redes MegiQ para medir la impedancia de la antena construida. Realizar la medida en el plano de referencia del analizador de redes (la calibración no es necesaria en este caso) y eliminar la influencia del adaptador SMA mediante de-embedding.

Adjuntar gráfica de las medidas de Z y $|S_{11}|$ en dB con y sin de-embedding. Valorar si se considera relevante hacer el de-embedding en función de las discrepancias obtenidas:

3. Comparar en una gráfica la simulación y la medida del coeficiente $|S_{11}|$ en dB, y en otra las curvas simuladas y medidas de las partes real e imaginaria de la impedancia. Analizar el origen de las discrepancias encontradas.

Adjuntar gráficas de las comparativas simulación-medida de Z y $|S_{11}|$ en dB:

4. Determinar la frecuencia de resonancia y el factor de calidad, y extraer el modelo circuital equivalente completo de la antena. Comprobar el modelo comparando los cálculos de $|S_{11}|$ en dB que hace el antennaDesigner con los que hace el modelo circuital.

Adjuntar resultados obtenidos, incluyendo el dibujo del modelo equivalente con los valores de los elementos que lo componen y explicando brevemente cómo se realizan los cálculos: