

Adaptar Impedancia Con Coaxial

Carlos Alejandro Chiappini

carloschiappini@gmail.com

Adaptar Impedancia Con Coaxial

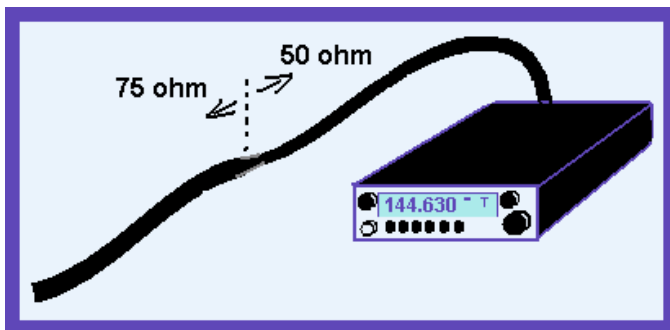


Parte 1 - Origen de la inquietud

Este documento está dedicado a los radioaficionados que utilizan línea de 75 Ω en la bajada de antena y tienen un transceptor de 50 Ω .

Por razones prácticas desean a veces adaptar impedancia colocando un tramo de cable coaxial de 50 Ω entre el equipo y la línea de 75 Ω . Esta línea también suele ser coaxial.

Cada vez que estuve en esa situación, sentí necesidad de una fórmula que permita calcular la longitud del tramo adaptador, específicamente una fórmula basada en los únicos datos disponibles, que son los 75 Ω del coaxial de bajada, los 50 Ω del coaxial adaptador, el factor de velocidad de cada coaxial y la frecuencia de operación.



Poco antes de preparar este documento comenté el tema con un instalador y dialogamos.

- ¿ Qué longitud darás al tramo ? , preguntó.
- Lo ignoro. Siempre procedo por ensayo y error.
- Eso requiere trabajo y tiempo en exceso.
- Es verdad. Si conociese una fórmula de cálculo la aprovecharía.
- Uso una que me ayuda mucho.
- ¿ Puede enseñármela ?
- Puedo hacer algo mejor que eso. Haré preguntas orientadoras para que Usted llegue personalmente a una fórmula.

Las preguntas me llevaron a conceptos, los conceptos a relaciones y las relaciones a una fórmula, que puede ser o no la misma utilizada por el hombre. La muestro con esperanza de movilizar la inquietud de más personas.

Parte 2 - Preguntas y respuestas

- Me dispongo a escuchar sus preguntas.
- ¿ Qué hace Usted para calcular la longitud de onda dentro del cable coaxial ?
- Para la frecuencia que me interesa, primero calculo la longitud de onda en el vacío y después la multiplico por el factor de velocidad del coaxial.
- Perfecto. Cuando Usted tiene un coaxial solo, hay solamente un factor de velocidad.
- ¿ Qué tendrá si agrega un tramo de otro coaxial ?
- Dos factores de velocidad y dos impedancias características. ¿ O las impedancias no interesan ?
- Tiene razón, interesan. Hasta el momento ha nombrado 4 datos que intervienen en el cálculo. ¿ Puede nombrar más ?
- Datos propios de los coaxiales puedo nombrar solamente esos 4. La frecuencia de operación es el quinto. No encuentro más.
- Hasta aquí llegamos bien. En el caso de un coaxial solo, ¿ cómo calcula la longitud de onda λ_i en el interior del coaxial ?
- Con la fórmula de siempre,

$$\lambda_i = \lambda_o f_v \quad (1)$$

λ_i → Longitud de onda en el interior del cable coaxial

λ_o → Longitud de onda en el vacío

f_v → Factor de velocidad del cable coaxial

- ¿ Cree que la longitud l_a del tramo adaptador tiene alguna relación con λ_o ?
 - Supongo que l_a tiene que ser una fracción de λ_o .
 - Así, es. ¿ Y qué factor de velocidad usará en la fórmula de λ_i ?
 - No será igual al factor propio de uno solo de los coaxiales. Supongo que será alguna mezcla de los dos.
 - ¿ Cómo haría la mezcla ?
 - No puedo decidir cómo, porque la matemática provee más de un tipo de interpolación. El tipo más sencillo es el promedio, que algunas veces aplica perfectamente y otras no, según las condiciones del caso. Realmente ignoro cuál interpolación corresponde.
 - Tiene razón.
 - ¿ Cómo interpola Usted en este caso ?
 - Prefiero dejar la decisión para Usted. El concepto de interpolar es más importante que nombrar ahora un tipo específico de interpolación. Usted podrá mejorar su método de interpolación, en caso de haber utilizado inicialmente uno inadecuado.
 - Entiendo.
- Póngale un símbolo al factor de velocidad interpolado.
- ¿ Está bien f_{vi} ?
 - Sí. Escriba la fórmula de l_a con lo que tiene hasta el momento.

$$l_a = \lambda_o f_{vi} f_z \quad (2)$$

l_a → longitud del tramo adaptador

f_{vi} → factor de velocidad interpolado

f_z → factor relacionadonado con ambas impedancias

- Bien hasta aquí. ¿ Qué espera Usted de f_z ?

- ¿ Qué espero ? Que tenga el valor adecuado.

- Tiene razón y piense algo más. El valor adecuado es un asunto cuantitativo. Intente pensar conceptualmente.

- ¿ Conceptualmente ? No imagino la manera de hacerlo. ¿ Puede ayudarme ?

- Ejemplo. Si la impedancia característica del coaxial de bajada coincide con la impedancia del equipo, ¿ es necesario un tramo adaptador ?

- Obviamente no.

- ¿ Qué longitud l_a tiene un tramo inexistente ?

- Ninguna longitud, cero.

- ¿Cuál factor debe valer cero cuando hay igualdad de impedancias ?

- Empiezo a entender cómo se hace el razonamiento conceptual. Con igualdad de impedancias deber ser $f_z = 0$.

- Verdad. Únicamente en ese caso es $f_z = 0$.

Entiendo. Y sin igualdad de impedancias es $f_z \neq 0$.

Vamos bien. Matemáticamente, ¿ qué se requiere para que dos valores iguales den resultado cero ?

- Restarlos. Entiendo que la resta forma parte de f_z .

- Así es. Ahora recuerde que f_z no puede tener unidades, porque tal como Usted lo puso en la ecuación (2) como factor adimensional, es decir como número puro que multiplica a lo anterior. La resta de impedancias tiene dimensiones de impedancia, es decir Ω . ¿ Qué debe hacer la resta dentro de la ecuación para dar $l_a = 0$ con igualdad de impedancias ?

- Debe estar multiplicando. Y para que f_z sea adimensional necesito dividir por algo con dimensiones de impedancia.

- Verdad. ¿ Como expresaría matemáticamente a f_z incluyendo a ese algo que va dividiendo ?

$$f_z = \frac{Z_1 - Z_2}{\text{algo que se mida en } \Omega} \quad (3)$$

Z_1 → es la impedancia mayor, 75 Ω en mi estación

Z_2 → es la impedancia menor, 50 Ω en mi estación

- Ese algo es una función de ambas impedancias. ¿ Puede pensar en alguna función ?

- Una interpolación entre ambas impedancias que no de cero cuando hay igualdad, porque si diese cero habría indeterminación.

- Vamos bien.

¿ Puedo proponer la interpolación más simple que conozco, el promedio ?

- Utilice ahora el promedio. En caso de resultar inadecuado podrá después mejorar la interpolación. Escriba f_z en la forma que pensó.

$$f_z = \frac{Z_1 - Z_2}{\left(\frac{Z_1 + Z_2}{2}\right)}$$

El 2 pasa al numerador.

$$f_z = 2 \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) \quad (4)$$

- Falta la forma matemática de f_{vi} . Usted pensó en una interpolación y postergó la elección de una. Ha llegado el momento. Proponga una.

- Propongo la opción más sencilla, el promedio.

$$f_{vi} = \frac{f_{v1} + f_{v2}}{2} \quad (5)$$

f_{vi} → factor de velocidad interpolado

f_{v1} → factor de velocidad del coaxial de mayor impedancia

f_{v2} → factor de velocidad del coaxial de menor impedancia

Ya tengo todo para dar a la ecuación (2) la forma final.

- Así es. Haga en (2) los reemplazos acordes con (4) y con (5) .

- Veamos qué resulta.

$$l_a = \lambda_o 2 \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) \frac{f_{v1} + f_{v2}}{2}$$

Simplifico y ordeno.

$$l_a = \lambda_o \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) (f_{v1} + f_{v2}) \quad (6)$$

¿ Es esta la fórmula que Usted utiliza ?

- Dije que no respondería preguntas de esta índole y solamente haría preguntas. Sugiero que utilice su fórmula en la práctica. En caso de resultar poco adecuada, tiene posibilidad de revisar las interpolaciones.

- Tengo impresión de que no concuerda con la suya. ¿ Es así ?

- Recuerde que en este juego hago preguntas, no doy respuestas.

Parte 3 - El caso de mi estación

La impedancia del transceptor en el conector de antena es 50Ω . Hice la bajada con coaxial de 75Ω , factor de velocidad 0,77 . Quiero hacer el tramo adaptador con RG58 , factor de velocidad 0,66 . La frecuencia de operación corresponde al centro de la banda de 2 m , 146 MHz .

Comienzo calculando λ_o .

$$\lambda_o = \frac{C}{\nu}$$

C → velocidad de la propagación en el vacío

ν → frecuencia

Pongo valores

$$\lambda_o = \frac{299792458 \frac{m}{s}}{146000000 \text{ Hz}}$$

La calculadora da lo siguiente.

$$\lambda_o = 2,053373 \text{ m}$$

Pongo en (6) los valores obtenidos.

$$l_a = 2,053373 \text{ m} \left(\frac{75 \Omega - 50 \Omega}{75 \Omega + 50 \Omega} \right) (0,77 + 0,66) \quad (7)$$

$$l_a = 2,053373 \text{ m} \left(\frac{25 \Omega}{125 \Omega} \right) 1,43 \quad (8)$$

$$l_a = 0,587264678 \text{ m} \quad (9)$$

La fórmula da un valor próximo a 59 cm. Examinaré en la práctica el efecto de ese valor. Espero que si alguien más lo hace, tenga a bien comunicar por email lo que observa. Saludo cordial.

Quilmes

Provincia de Buenos Aires

Argentina

10 de febrero de 2023