

UNA REVISION A LAS TRAMPAS DE ONDA SIMETRICAS O INTERMEDIAS

De todos es sabido el funcionamiento de una trampa de onda “clásica” en la que dicha trampa resuena en las cercanías de la frecuencia de interés, cortando eléctricamente, cuando eso ocurre, la parte exterior de la antena.

Este dispositivo tiene el inconveniente de que, a su frecuencia de resonancia, la resistencia serie de la bobina es máxima, presentando una pérdida de potencia también máxima.

Este inconveniente se evita con la instalación de una trampa de una frecuencia resonante tal, que ésta se encuentre muy alejada de las frecuencias de interés (superior f_1 e inferior f_2).

Para ello, diseñaremos una trampa que resuene a la media geométrica de las dos frecuencias. Con esto, conseguiremos una carga combinada para esas frecuencias y NO, un dispositivo de corte de una porción de antena.

Una vez determinados los valores de LC que hagan resonar a esa frecuencia intermedia f_0 , veremos que la resistencia que ofrece la trampa a las dos frecuencias f_1 y f_2 es la misma y que la impedancia del paralelo de L y C también son iguales, pero con el signo cambiado; de carácter inductivo para la frecuencia inferior (signo positivo) y para la frecuencia superior, carácter capacitivo y signo negativo. De ahí su denominación de “trampa simétrica”.

La dificultad de este diseño, estriba en que, una vez conocida la impedancia en paralelo de la trampa, hay que determinar el punto de la rama del dipolo en el que se debe insertar, así como la longitud de los tramos de dicho dipolo a un lado y otro de la trampa que cumpla los requisitos de reactancia cero en la entrada del dipolo para las dos frecuencias.

Hemos dicho que la trampa actúa en realidad como una carga que satisface los requisitos de alargamiento o acortamiento eléctrico para f_1 y f_2 y deberemos determinar a partir del procedimiento de prueba y error los tramos interior y exterior del radiador, para insertar la trampa.

Para ello, procederemos como sigue:

Nos apoyaremos primeramente en la frecuencia inferior para determinar los tramos del radiador

Fijaremos una longitud (de partida) del tramo interior de pequeño valor S_1 en el que podamos asegurar que al final de esa longitud NO estará la trampa.

En este punto nos encontramos con un tramo de línea, menor de $\frac{1}{4}$ de λ con el extremo cargado por una combinación de trampa (valor de impedancia inductiva conocida) más tramo exterior (cuya longitud desconocemos), como se ve en la figura.

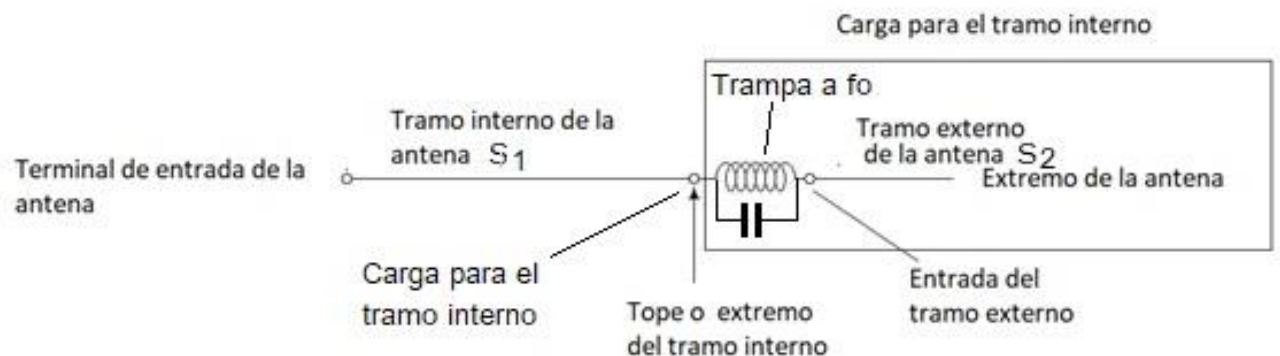


Fig 1

Lo que sí podemos conocer es la reactancia que presenta esta "carga" en su extremo distante. Si queremos que la reactancia X_e presentada en la entrada sea cero, debemos aplicar la fórmula que determina la reactancia de la carga X_t en estas condiciones.

$$X_t = Z_0 * \tan\left(\frac{360 * S_1}{\lambda}\right)$$

La impedancia característica la habremos determinado por la ecuación

$$Z_0 = 60 * \ln\left(\frac{4000 * S_{1(m)}}{d_{(m/m)}} - 1\right)$$

Siendo "d", el diámetro del radiador.

La combinación de la carga deberá presentar una reactancia igual a X_t y de la cual conocemos la reactancia inductiva de la trampa por lo que la entrada del tramo exterior X_{ext} deberá presentar una reactancia capacitiva que compense la inductiva de la trampa, más la prevista como carga para el tramo interior. Una vez conocida la reactancia de entrada del tramo exterior, es fácil determinar el valor de la longitud del tramo, mediante la fórmula:

$$S_1 = \text{atan}(Z_0/x_{ext}) * \lambda * 0'95/360$$

La Impedancia característica de este tramo Z_0 , la estimaremos ya que no conocemos a priori su longitud y la igualaremos a la del tramo interior ya calculada.

El factor 0'95 considera el efecto terminal del radiador.

Los valores obtenidos hasta ahora nos informan del comportamiento del dipolo en la frecuencia inferior en el que la trampa presenta una inductancia.

Ahora deberemos comprobar el funcionamiento del radiador para la frecuencia alta, con la presencia en este caso, de la carga capacitiva que presenta la trampa y que obviamente, acortará eléctricamente el dipolo, con las dimensiones S_1 y S_2 ya calculadas.

La impedancia característica de los tramos del radiador serán idénticas ya que en su formulación no intervienen las frecuencias, aunque ahora ya sí podemos calcular la del tramo exterior dado que ya conocemos su longitud.

Al hacer los distintos cálculos con estas dimensiones iniciales, nos daremos cuenta que para la frecuencia inferior la reactancia de entrada es cero pero para la frecuencia alta, la reactancia de entrada tiene un valor alto y capacitivo.

Estos cálculos de partida deberemos repetirlos aumentando la longitud del tramo interior e iremos viendo la variación de la reactancia de entrada para la frecuencia alta ya que la baja siempre será cero al haber variado también el tramo exterior.

Al final con sucesivas variaciones del tramo interior, veremos las variaciones del tramo exterior y de la reactancia de entrada para la frecuencia alta, hasta que esta reactancia llegue a cero o a un valor muy próximo a él.

Gracias a la aparición de los ordenadores esta tarea se ha vuelto rápida. Veremos un ejemplo de cálculo de este montaje apoyándonos en EXCEL.

Queremos preparar un montaje para una antena dipolo que trabaje en 7,200 y 14'150 Mhz. Para el radiador emplearemos hilo de 1'8 m/m ($2'5 \text{ m/m}^2$) y utilizaremos una capacidad de 50 pF.

Los cálculos preliminares nos dicen que la frecuencia de resonancia de la trampa, es la media geométrica de 7'2 y 14.15 igual a 10,094 MHz y que la bobina de la carga tiene un valor de 4'973 μH .

Esta trampa ofrece una reactancia de carga de +458 Ω para la frecuencia inferior de 7'2 MHz y -458 Ω para la frecuencia de 14'15

Comenzamos los cálculos suponiendo que el tramo interior vale 0'25 m.

Vemos que el tramo exterior calculado vale 3'76 m y con la carga que representa la trampa de 458 Ω inductivos obtenemos una reactancia de entrada de cero ohmios pero para la frecuencia superior de 14'15 MHz, el dipolo presenta en la entrada una reactancia de -553'51 Ω por lo que nos vemos obligados a variar la longitud del tramo interior y repetir cálculos. En la hoja de EXCEL vemos las variaciones que se van produciendo hasta llegar a una longitud del tramo interior de 3'2<S1>3'25 m en las que la reactancia de entrada varía desde -3'92 a +2'66 Ω

Diseño rama dipolo para la frecuencia inferior							Comportamiento dipolo en la frecuencia superior						
Tramo interior	Tg βH interior	Zo interior	X interior	X exterior	Long. Exterior	Acortamiento	Tg βH interior	X interior	Zo exterior	Tg βH exterior	X exterior	Z tope	Xe
0,25	0,04	319,20	-12,04	-470,04	3,76	5,89	0,07	-23,69	481,81	2,36	-204,47	-662,47	-553,51
0,30	0,05	330,14	-14,95	-472,95	3,84	5,76	0,09	-29,43	483,09	2,53	-190,79	-648,79	-527,03
0,35	0,05	339,39	-17,93	-475,93	3,90	5,64	0,10	-35,33	484,07	2,69	-180,23	-638,23	-504,20
0,40	0,06	347,40	-20,98	-478,98	3,95	5,54	0,12	-41,38	484,85	2,82	-171,88	-629,88	-483,99
0,45	0,07	354,47	-24,09	-482,09	3,99	5,45	0,13	-47,55	485,47	2,94	-165,15	-623,15	-465,75
0,50	0,08	360,79	-27,25	-485,25	4,03	5,37	0,15	-53,86	485,97	3,04	-159,69	-617,69	-449,07
0,55	0,08	366,51	-30,47	-488,47	4,06	5,29	0,16	-60,27	486,38	3,13	-155,21	-613,21	-433,62
0,60	0,09	371,73	-33,73	-491,72	4,08	5,22	0,18	-66,80	486,71	3,21	-151,54	-609,54	-419,20
0,65	0,10	376,53	-37,03	-495,02	4,10	5,15	0,20	-73,44	486,99	3,28	-148,53	-606,53	-405,64
0,70	0,11	380,98	-40,36	-498,36	4,11	5,08	0,21	-80,19	487,21	3,34	-146,08	-604,08	-392,80



3,05	0,50	469,28	-232,46	-690,46	3,76	3,09	1,27	-596,12	481,85	2,36	-204,04	-662,04	-23,61
3,10	0,50	470,26	-237,38	-695,38	3,75	3,05	1,31	-615,92	481,62	2,33	-206,54	-664,54	-17,06
3,15	0,51	471,22	-242,34	-700,34	3,73	3,01	1,35	-636,52	481,38	2,30	-209,07	-667,07	-10,49
3,20	0,52	472,16	-247,35	-705,35	3,72	2,98	1,39	-657,96	481,14	2,27	-211,63	-669,63	-3,92
3,25	0,53	473,10	-252,40	-710,40	3,70	2,94	1,44	-680,31	480,90	2,24	-214,21	-672,21	2,66
3,30	0,54	474,01	-257,50	-715,50	3,69	2,91	1,48	-703,65	480,65	2,22	-216,82	-674,82	9,26
3,35	0,55	474,91	-262,64	-720,64	3,67	2,87	1,53	-728,04	480,40	2,19	-219,46	-677,46	15,87
3,40	0,56	475,80	-267,84	-725,84	3,66	2,84	1,58	-753,58	480,15	2,16	-222,13	-680,13	22,50

fig 2

Afinando valores del tramo interior entre 3'20 y 3'25 cada cm, obtenemos el detalle

3,20	0,52	472,16	-247,35	-705,35	3,72	2,98	1,39	-657,96	481,14	2,27	-211,63	-669,63	-3,92
3,21	0,53	472,35	-248,35	-706,35	3,71	2,97	1,40	-662,35	481,09	2,27	-212,14	-670,14	-2,61
3,22	0,53	472,54	-249,36	-707,36	3,71	2,97	1,41	-666,79	481,04	2,26	-212,66	-670,66	-1,29
3,23	0,53	472,72	-250,37	-708,37	3,71	2,96	1,42	-671,26	480,99	2,26	-213,18	-671,17	0,03
3,24	0,53	472,91	-251,38	-709,38	3,70	2,95	1,43	-675,77	480,95	2,25	-213,69	-671,69	1,34
3,25	0,53	473,10	-252,40	-710,40	3,70	2,94	1,44	-680,31	480,90	2,24	-214,21	-672,21	2,66

fig 3

Existe una forma más simple de conseguir los mismos resultados utilizando la función SOLVER también en EXCEL.

Frecuencia inferior (MHz)	7,2	DATOS DE ENTRADA
Frecuencia superior (MHz)	14,15	
Radio del hilo de antena (mm)	0,9	
Capacidad de la trampa (pF)	50	

INICIO DEL CALCULO (Introducir en la celda K20 el valor "0,10")

Introducir un dato aleatorio en la celda K20 (por ejemplo, 0,10). Ignoraremos los resultados del algoritmo en la celda K29 porque no valdrá cero. Y utilizamos el complemento "Datos> Solver" para iterar con valores variables de K20 hasta que K29 valga cero

Introducir los parámetros en SOLVER

Objetivo	K29
Valor	0
Cambiando las celdas	K20
Restricciones	K20 <= K5 K20 >= 0,11

Resto de Opciones, por defecto

INDUCTANCIA DE LA TRAMPA (uH)	4,97	RESULTADOS FINALES (Después de SOLVER)
LONGITUD DEL TRAMO INTERNO (MTS)	3,23	
LONGITUD DEL TRAMO EXTERNO (MTS)	3,71	
X DE ENTRADA PARA LA FREC. SUPERIOR	0,00	

λ Frec. Superior	21,20 m
λ/4 Frec. Inferior	10,42 m
λ/4 Frec. Superior	5,30 m
La media de cuartos de onda	7,86 m
Frec. Intermedia (Fo)	10,09 MHz
λ Frec. Intermedia	29,50 m
Xc trampa a Fo	-315,36 Ω
Inductancia Trampa	4,97 μH
Q estimado de la bobina	200,00
Xc trampa a Frec Inferior	-442,10 Ω
Xl Trampa a frec. Inferior	224,95 Ω
Xc trampa a Frec superior	-224,95 Ω
Xl Trampa a frec superior	442,10 Ω
X // a frec. Inferior	458,00 Ω
X // a frec. Superior	-458,00 Ω
Zo Tramo interior	472,72 Ω
Tramo interior (m)	3,23
Tg Bl interior	0,53
X tope del tramo interior	-250,35
Xe del tramo exterior	-708,35
Longitud tramo exterior (m)	3,71
Tg Bl exterior	2,26
Zo tramo exterior	480,99
Xe tramo exterior	-213,16
Xtope tramo interior	-671,16
Tg BL interior	1,42
Xe tramo interior	0,00

¡¡OJO!! Antes de iniciar cada cálculo, esta celda debe contener previamente, el valor 0,10

Diseño del tramo exterior para resonancia de la rama del dipolo para la Frecuencia Inferior

Reactancia de entrada del dipolo para la Frecuencia Superior

fig 4

Como se puede ver, La función SOLVER Localizada en Datos>Análisis >Solver del Menú de Excel es una iteración perfecta de estos datos.

La trampa intermedia o simétrica debido a su lejanía de la resonancia de las frecuencias de interés, presenta muy pocas pérdidas a las mismas por lo que es muy conveniente su uso.

Armando García

EA5ND