Las trampas en un dipolo

Las trampas son unos dispositivos de elementos reactivos (inductancia y capacidad) dispuestos en paralelo, e insertados a su vez en serie, en las ramas de un dipolo que posibilitan su resonancia en dos o más frecuencias.

El caso más sencillo para explicar su funcionamiento es la inclusion de un par de trampas (una en cada rama del dipolo) para que éste resuene en dos frecuencias; F1 la más alta y F2 la más baja.

Las trampas, están distantes entre sí, media onda (o múltiplos impares de media onda) correspondiente a F1, de tal manera que cuando alimentamos al dipolo con una frecuencia F1, las trampas resonarán y presentarán en el punto de su inserción, una impedancia teórica infinita que provocará el "aislamiento" de los tramos exteriores del dipolo. Tendremos un dipolo trabajando con los tramos interiores y resonante en media onda para la frecuencia más alta F1.

Si alimentamos al dipolo con la frecuencia baja (F2), la impedancia serie presentada por la trampa en su conjunto, será normalmente inductiva que equivaldrá a una bobina de carga y el conjunto, carga más longitud total del dipolo, resonará a la frecuencia más baja F2..

La disposición del dipolo y las trampas, se puede ver en la figura 1

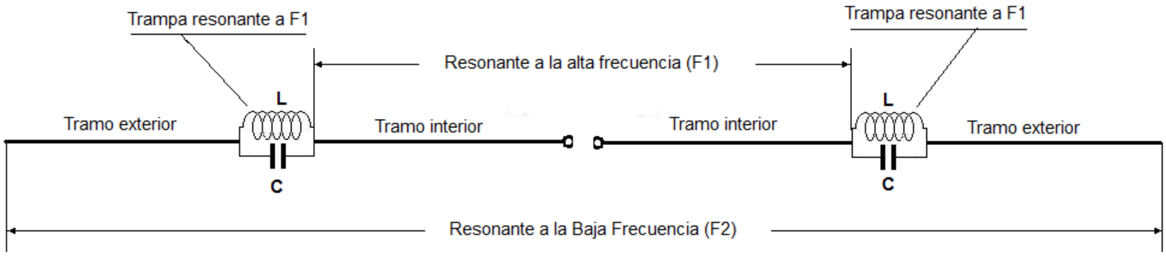

Figura 1.- Detalles de un dipolo multibanda con trampas para 2 frecuencias

Una trampa se caracteriza por:
Su frecuencia de resonancia en paralelo
Sus reactancias inductiva y capacitiva (iguales y de signo opuesto en resonancia)
Su relación L/C
Su resistencia de pérdidas en serie con la inductancia, causante de cierta pérdida de potencia radiada
Su factor de mérito o "Q" que determina el ancho de banda de trabajo del dipolo
Su funcionamiento como carga para F2.

Para el diseño de la trampa, debemos armonizar estas seis variables para conseguir unas características de funcionamiento determinadas, por lo que deberemos recurrir al tanteo, fijando un parámetro, calculando el resto y analizando el resultado y si éste no cumple nuestras expectativas, repetir los cálculos variando el valor del dato de origen o incluso eligiendo otro dato.

Veamos un ejemplo para arrojar claridad a lo expuesto .

Queremos construir un dipolo con trampas, que trabaje en las frecuencias de 21 y 14'1 MHz.

Disponemos de unas bobinas de 3 µH y de condensadores de 30 ϱF.

Las bobinas constan 11'5 espiras de hilo de cobre de 1 mm de diámetro enrrollado en una forma de 2'2 cm de diámetro y separadas por una distancia entre centros de espiras de 2 mm (lo que significa una separación de 1 mm entre espiras).

Vamos a comenzar, calculando los tramos interiores del dipolo que constituyen la media onda para 21 MHz.

Cada rama medirá (teniendo en cuenta el efecto terminal):

$$Tramo\ interior = \frac{71'25}{21} = 3'39\ mts$$

Ahora iniciaremos el diseño de una trampa (las dos son iguales) utilizando los condensadores de 30 ϱF.

La trampa debe resonar a 21 MHz por lo que el condensador presentará una reactancia a esa frecuencia, de:

$$X_c = -j\frac{10^6}{2\pi FC} = -j\frac{10^6}{2\pi \times 21 \times 30} = -j252'5\ \Omega$$

Asi mismo la reactancia de la inductancia debe ser de +j252'5 Ω por lo que la inductancia debe ser de

$$L = \frac{X_L}{2\pi F} = \frac{252'5}{2\pi \times 21} = 1'9\ \mu H$$

Continuamos, hallando la relación L/C

$$\frac{L(Henrios)}{C(Faradios)} = \frac{1'9 \times 10^{-6}}{30 \times 10^{-12}} = 63.756$$

Este valor es demasiado bajo ya que la experiencia nos dicta que la relación L/C debe superar el valor de 90.000.

Dado que la capacidad de los condensadores no nos sirve, Partiremos de las bobinas disponibles de 3 µH.

La reactancia que presentan los 3 µH a los 21 MHz es de:

$$X_L = j2\pi FL = j2\pi \times 21 \times 3 = j396\ \Omega$$

La misma reactancia (pero conjugada) debe presentar el condensador cuya capacidad debe ser:

$$C = -j\frac{10^6}{2\pi F X_l} = \frac{10^6}{2\pi \times 21 \times 396} = 19'14\ \rho F$$

Esta capacidad la podemos conseguir con 19 cm (aproximadamente) de cable coaxial RG58 C/U.
La relación L/C es de 156.740 que ya es un valor aceptable (>90.000).

Ahora deberemos hallar el Q de la bobina. En algunos casos, se estima; en otros se mide, pero nosotros emplearemos la formulación establecida por Medhurst para hallar el Q sin carga , que dice:

$$Q = 0'15 R\psi\sqrt{f}$$

Siendo

$$\psi = \frac{1}{\left(1'03 + \frac{0'8R}{l}\right)}$$

y

R es el radio de la bobina en cm
l es la longitud de la bobina en cm
f es la frecuencia en Hz

En nuestro caso el radio de la bobina vale 1'1 cm y su longitud es de 2'30 cm, asi que:

$$\psi = \frac{1}{\left(1'03 + \frac{0'8 \times 1'1}{2'30}\right)} = 0'71$$

Y el Q,

$$Q = 0'15 \times 1'1 \times 0'71 \times \sqrt{21 \times 10^6} = 537$$

El Q con carga, despreciando decimales, valdrá la mitad

$$Q_c = 268$$

A continuación determinaremos la resistencia de pérdidas en serie de la bobina.

$$R_s = \frac{X_L}{Q_c} = \frac{396}{268} = 1'5\ \Omega$$

Los valores hallados hasta ahora corresponden a la disposición de una inductacia de 3 μH y reactancia X_L en serie con una resistencia R_S de 1'5 Ω y el conjunto conectado a su vez en paralelo con una capacidad de de 19'14 ϱF y reactancia $-X_C$, cuyo esquema se muestra en la figura 2A .

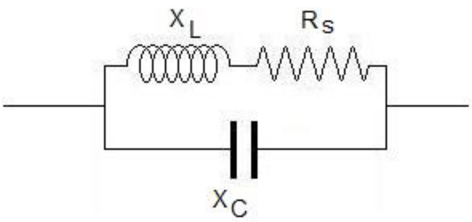

Fig 2A

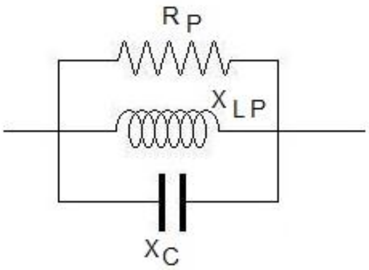

Fig 2B

Figura 2

Para condensar este circuito, es preciso considerar los valores de los equivalentes paralelo de X_L y R_S para disponer estos elementos (R_P y X_{LP}) como se ve en la Figura 2B.

Estos valores equivalentes paralelos se determinan por:

$$R_p = \frac{X_L^2 + R_S^2}{R_S} = \frac{396^2 + 1'5^2}{1'5} = 104.545\ \Omega$$

$$X_{LP} = \frac{X_L^2 + R_S^2}{X_L}$$

Como $X_L^2 >> R_S^2$, podemos decir que $X_{LP} = X_L = 396\ \Omega$

Al ser conjugados los valores de las reactancias X_{LP} y X_C, éstos se anularán quedando presente en el circuito el valor de R_P = 104'5 KΩ, que es la impedancia que presenta la trampa a los 21 MHz. Su alto valor, se asemeja a un circuito abierto por lo que el dipolo sigue teniendo una longitud eléctrica de media onda.

Ahora, debemos de considerar la disposición del dipolo para su trabajo en 14'1 MHz.

Para que un dipolo sea resonante en esta frecuenciacada rama debe tener una longitud de

$$Longitud\ de\ una\ rama = \frac{71'25}{14'1} = 5'05\ mts$$

Ya disponemos de 3'39 mts del dipolo para 21 MHz por lo que tendremos que prolongar un tramo de 5'05 – 3'39 = 1'66 mts.

Ahora bien. Esto sería así, si no existiera la trampa anteriormente diseñada compuesta por una bobina de 3 µH en paralelo con una capacidad de 19'4 ϱF que presentan a los 14'1 MHz las siguientes reactancias.

Aplicando la formulación antes vista, determinamos que:

$$X_L = 266\,\Omega \;\; y\, X_C = -590\;\;\Omega$$

La combinada de las dos reactancias se comportará como una carga que modificará la longitud eléctrica del dipolo para 14'1 MHz. El valor de la carga será su paralelo

$$Impedancia\ de\ la\ carga = \frac{266 * (-590)}{\big(266 + (-590)\big)} = 484\,\Omega$$

de reactancia inductiva (por su signo positivo), lo que supondrá un acortamiento del tramo exterior, que después de los calculos del efecto de la impedancia de carga en el dipolo, se determina que la longitud final de dicho tramo es de 1'12 mts en vez de 1'66 mts.

Conclusión.- La trampa calculada para 21 MHz, produce un acortamiento en la longitud total del dipolo para 14'1 MHz de 54 cm en el tramo exterior de cada rama.

Armando García

EA5ND (ex EA5BWL)