

LA ROE QUE NOS CORROE

(parte I)

Hubo un tiempo que las ondas estacionarias no preocupaban a ningún radioaficionado porque sus equipos artesanales eran capaces de adaptarse a cualquier elemento radiante. Las nuevas técnicas, cable coaxial y equipos transistorizados, trajeron nuevos problemas, entre ellos la temida R.O.E.

Sobre la ROE se ha hablado mucho durante muchos años, pero al parecer, nunca lo suficiente. Cada nueva generación de radioaficionados se enfrenta a esta curiosa propiedad física de las ondas, sean del tipo que sean, y es conveniente volver a explicar sus causas y sus probables soluciones. Este artículo, y el que próximamente le seguirá, debe leerse despacio, para comprenderlo en toda su larga extensión.

La ROE es un pequeño demonio familiar que siempre ha preocupado a los radioaficionados. Bueno, siempre no. De hecho, se empezó a tomar conciencia de ello cuando se popularizaron el cable coaxial y los equipos transistorizados. Antes de esto, los viejos transmisores a válvulas se conectaban a antenas de hilo largo del tipo Hertz, Marconi, o a lo sumo, a dipolos con bajadas de línea paralela de escalerita que no tenían problemas con las ondas estacionarias. El auge del cable coaxial, después de la segunda guerra mundial y el incremento de antenas directivas y verticales, incrementó la eficacia de los elementos radiantes, pero al mismo tiempo, les hizo más vulnerables. Es el precio de la modernidad. Cuanto más sofisticado es un equipo o antena, más componentes usa y más fácil es que uno de ellos falle.

El medidor de ROE

Este aparato está presente en casi todas las estaciones de radio. Hubo un tiempo que surgió la idea que este artilugio no debía permanecer intercalado permanentemente en la línea de antena. La razón esgrimida era que su presencia introducía pérdidas de señal en el sistema radiante. Es cierto. Cualquier conexión extra entre la antena y el emisor - receptor provoca una disminución de la señal recibida o emitida, debido a la resistencia que ofrecen los componentes del aparato y las conexiones físicas por contacto, como los conectores PL, BNC, etc. Pero también es cierto que actualmente existen medidores de ROE de muy buena calidad, conectores de muy bajas pérdidas y receptores de gran sensibilidad, que compensan con creces las ínfimas pérdidas ocasionadas por este aparato y, además, su presencia es como un vigilante que nos indica en todo momento el estado de la línea, la antena e incluso el equipo. Es arriesgado dar consejos, pero lo único que puedo decir es que, en mi estación, todos los equipos de transmisión llevan su correspondiente medidor de ROE intercalado permanentemente.

Juego de impedancias

El medidor de ROE informa del valor de las ondas estacionarias en una línea de transmisión. Éstas aparecen cuando existe una desadaptación entre la antena y el emisor. La salida de antena de la mayoría de los transceptores modernos está fijada en 50Ω de impedancia. Los cables coaxiales más habituales, RG-58, RG-8 y RG-213, están fabricados de manera que la relación de sus diámetros dé como resultado una impedancia cercana a los 50Ω , que se adapta perfectamente al transceptor. Entonces, si el equipo y el cable tienen igual impedancia y el medidor marca un valor alto de ROE, parece lógico pensar que el problema está en la antena. Es muy probable, pero no siempre ocurre así, como veremos más adelante.

Aritmética asombrosa

Casi todas las antenas comerciales vienen preparadas para conectarse a un cable coaxial de 50Ω de impedancia entonces, ¿cómo es que aparecen desadaptaciones? Pues porque esta impedancia viene ajustada a un margen de frecuencias limitado. Según la frecuencia que usemos, el tamaño de la antena varía y, a veces, lo hace considerablemente. Estudiemos un ejemplo para que se vea claramente. Usted ya conoce sobradamente la fórmula para calcular la longitud (en metros) de un dipolo de media onda: $142,5 / f$ (en MHz.)

Observemos qué ocurre cuando variamos la frecuencia en un dipolo de VHF:

$$142,5 / 144,500\text{MHz} = 0,986 \text{ metros } \frac{1}{2} \lambda$$

¿Qué ocurre si incrementamos la frecuencia 1000KHz?

$$142,5 / 145,500\text{MHz} = 0,979 \text{ metros } \frac{1}{2} \lambda$$

¡Qué curioso! Aumentando 1000 kilohercios, la diferencia de longitud es de tan sólo 0,007 metros o, lo que es lo mismo, 7 milímetros. Técnicamente esto significa que, en el gráfico, la curva de ROE será prácticamente plana.

Pero, ¿qué pasará en la banda de 80 metros? Vamos a comprobarlo.

$$142,5 / 3,5\text{MHz} = 40,71 \text{ metros } \frac{1}{2} \lambda$$

Variemos ahora la frecuencia en 200KHz.

$$142,5 / 3,7\text{MHz} = 38,51 \text{ metros } \frac{1}{2} \lambda$$

¡Asombroso! Mientras que en VHF con la variación de 1000 kilohercio, la longitud de la antena variaba 7 milímetros, en HF, variando 200KHz la diferencia es de 2,20 metros. Evidentemente, el gráfico que representa esta nueva curva de ROE será parecido a una V. Entonces, si la diferencia es tan grande, ¿afectará esto la impedancia de la antena? Según se mire. La impedancia de una antena dipolo de media onda, a una frecuencia y longitud dadas, permanece inalterable. Esto significa que, si construimos un dipolo semionda para una frecuencia determinada, su impedancia será siempre (en condiciones ideales) 73Ω . Sin embargo, si mantenemos intacta esta longitud de onda, pero variamos la frecuencia de emisión, el tamaño físico de la antena no se corresponderá con la frecuencia de ataque, produciéndose

desadaptaciones que engendrarán ondas estacionarias en la línea coaxial.

El plomero

Estas ideas abstractas son difíciles de comprender. Intentaré explicarlo mejor con un ejemplo de fontanería. Supongamos que tenemos una pileta con su correspondiente canilla y desagüe. El plomero que lo ha instalado calculó el diámetro del tubo de evacuación teniendo en cuenta el caudal de agua que suministra la canilla y el uso que le va a dar. Pero puede ocurrir que a usted le

guste lavarse las manos con la canilla abierta al máximo, o bien, que el plomero no tuviese en aquel momento un tubo del tamaño adecuado y le puso otro algo menor. Cuando usted abre totalmente la llave de paso de agua, ésta empieza a suministrar un elevado volumen de líquido, supongamos que 10 litros por minuto. Si el tubo el desagüe sólo puede absorber 8 litros por minuto, se producirá un sobrante de dos litros que, de momento, se acumulará en la pileta, pero no tardará mucho en desbordarse. Para solucionar el problema, usted puede adoptar tres soluciones:

- 1.- Instalar una canilla que suministre menos caudal.
- 2.- Instalar una pileta más grande.
- 3.- Instalar un desagüe del tamaño adecuado al caudal de la canilla.

Seguramente que en seguida se habrá dado cuenta a de donde quiero llegar.

El caudal que suministra la canilla ha de estar proporcionalmente ajustado al caudal que desagua el tubo. Con las antenas ocurre algo muy parecido. La longitud de la antena ha de ajustarse a la frecuencia de utilización. Si las diferencias son muy pequeñas, el problema pasa desapercibido, pero si son grandes, como ocurre con las antenas de HF en 40, 80, 160 metros, ha de buscarse soluciones que evite daños al equipo o que transforme la mayor parte de la potencia de RF en calor.

Antenas largas y cortas

¿Qué ocurre cuando queremos transmitir en una frecuencia para la cual la antena es corta o larga? Pues que se produce un desajuste de impedancias entre la antena y la línea, entendiéndose como línea el conjunto emisor-coaxial.

En términos generales, podemos comprobar si la antena es larga o corta a una frecuencia dada, simplemente tomando nota de las lecturas que nos proporciona el medidor de ROE y deduciéndolo del primer principio fundamental: *si aumenta la frecuencia, la longitud de la antena disminuye. Si baja la frecuencia, la longitud de la antena aumenta.*

La ROE

Supongamos que usted ha construido un dipolo de media onda para la banda de 40 metros, empleando la fórmula $142,5 / f$ (en MHz). La instala, comprueba la ROE y se da cuenta que es algo elevada para

la frecuencia de trabajo que fue diseñada. Esto le lleva pensar que su antena puede ser larga o corta. ¿Cómo averiguarlo? En algún lugar ha leído que la ROE es el resultado de dividir la impedancia de la antena por la impedancia de la línea $Z = (D / d)$.

Suponiendo que su medidor le indique un valor de 3, usted no sabe si la antena tiene una impedancia de 150Ω o 16Ω . Pero no importa. A usted lo único que le preocupa es que existe un desajuste y sabe que acortando o alargando el radiante, posiblemente quedará resuelto. Para saber si debe cortar o alargar, dibuje un gráfico de la curva de ROE para averiguar hacia donde se desplaza.

Efectúe varias mediciones con su instrumento de ROE. Como mínimo una al principio de banda, otra en medio y una al final. Con ello obtendrá tres puntos de referencia que unirá entre sí con una línea. Tal vez no sea suficiente y deba medir valores fuera de banda para concretar la tendencia. Con el gráfico bien dibujado, podemos enunciar el segundo principio fundamental del radioaficionado experimentador de antenas: *si la ROE disminuye cuando aumenta la frecuencia, la antena es corta. Si la ROE disminuye al bajar la frecuencia, la antena es larga.*

Pero la ROE sigue

La ROE es muy tozuda y aparece cuando menos se la espera. Puede darse el caso que la antena esté cortada a la medida correcta, de acuerdo a la frecuencia de trabajo, pero sigue habiendo ROE. Entonces le espera un trabajo detectivesco, analizando todas las posibles causas, y buscando pruebas y evidencias que la descubran. Hemos aprendido que una de las causas de la aparición de la ROE es la desadaptación entre la antena y la línea. Si la antena está bien, la ROE puede esconderse en la línea de transmisión. Pero, ¿no habíamos quedado que el cable coaxial, por construcción tiene una impedancia fija de 50Ω ? Es cierto, pero pueden ocurrir causas que lo modifiquen.

Para entenderlo es preciso saber cómo está construido un cable coaxial.

El cable coaxial

La palabra coaxial indica dos curvas que tiene el mismo eje. En este caso, se trata de dos cilindros con un eje común. El cable coaxial está formado por dos conductores, el central, conocido comúnmente por vivo y el exterior o malla.

Normalmente están separados entre sí por un dieléctrico. Este es un material no conductor que puede ser de diferentes tipos (macizo, espumoso o aire) según la calidad del cable y el porcentaje de pérdidas que se esté dispuesto a asumir.

La impedancia del cable coaxial viene determinada por la relación entre los diámetros de ambos conductores. Esto significa que usted puede averiguar la impedancia de un cable simplemente midiéndolo con un pie de rey, instrumento de precisión para medir grosores. De ahí se deduce que, si por algún motivo esta separación fija se ve modificada, la impedancia variará igualmente. Los cables coaxiales padecen tres clases de averías:

- 1.- Por aplastamiento o estiramiento de una sección.
 - 2.- Por la humedad que se introduce en sus extremos mal aislados.
 - 3.- Por el deterioro de su funda exterior, como consecuencia de la acción de los rayos del sol, especialmente los ultravioletas.
- El cable coaxial tiene una vida limitada. La parte que queda en el exterior de la instalación debería substituirse cada cinco años como mínimo. Si durante la inspección semestral de su sistema radiante notó que la cubierta exterior presenta fisuras, está decolorada o muy rígido, cámbielo antes de que sea demasiado tarde. El tercer principio fundamental del experimentador antenista dice: *el cable coaxial será de la mejor calidad que se pueda conseguir en cada momento.*

El mito de la longitud

Existe un mito muy extendido que cree que el cable coaxial ha de medir múltiplos de media longitud de onda. La verdad es que no importa cuánto mida el cable de la antena. Lo que sí ha de procurar a toda costa es que se cumpla el cuarto principio fundamental del antenista aficionado:

si la antena está bien instalada y resuena a la frecuencia de trabajo, la longitud del cable coaxial ha de ser la suficiente para que llegue con holgura desde el punto de alimentación de la antena hasta la conexión del transceptor.

La superstición es debida la mala interpretación de algunas características de los cables coaxiales.

La primera dice que un cable coaxial de media longitud, una vez se le ha aplicado el coeficiente de corrección, tiene la propiedad de reproducir en su extremo opuesto la misma impedancia que presenta la antena en el punto de alimentación.

La segunda hace referencia a las longitudes de $\frac{1}{4}$ de onda. Si se intercala una longitud de $\frac{1}{4}$ de onda de una impedancia determinada entre una antena y su correspondiente línea de alimentación, puede conseguirse una transformación de impedancias, adecuada a las necesidades del transmisor.

La tercera explica que una longitud de cable coaxial, dispuesta de cierta manera, puede usarse al mismo tiempo como transformador de impedancias y simetrizador, pasando de una línea asimétrica (coaxial) a una antena simétrica (dipolo).

El tercer conductor

A pesar de lo dicho, en ocasiones alguien intenta desmontar esta teoría con una demostración práctica. Veamos un ejemplo. En una instalación, aparentemente en buen estado, se comprueba la aparición de una ROE elevada, la cual desaparece en el momento que se aumenta la longitud del

cable de alimentación. El radioaficionado deduce que existe una clara relación entre la ROE y la longitud del cable coaxial. Se trata de una apreciación errónea, pues no se ha tenido en cuenta la intervención de otro factor determinante: *el tercer conductor del cable coaxial*. A primera vista, en un cable coaxial solo se distinguen dos conductores, el interno (vivo) y el externo

(malla), sin embargo, a efectos de radio frecuencia (RF), y en determinados casos, puede aparecer un tercer conductor. La energía de radio frecuencia tiene la particularidad de penetrar solo unas pocas micras en el metal sobre el cual transita. En un cable coaxial se producen corrientes en los dos conductores, iguales y en sentido contrario.

Mientras una sube por el vivo, la otra baja por la parte interna de la malla.

Ambas se cancelan entre sí, actuando la malla como un blindaje de la energía de RF que circula por el vivo. Precisamente, esta es una de las principales características del coaxial, impedir que aparezcan radiaciones espurias. No obstante, cuando se produce una de estas situaciones:

- Que la antena está mal diseñada.
- Que el cable coaxial (que por construcción es asimétrico), alimente una antena simétrica, como el dipolo.
- Que alimente una antena vertical sin plano de tierra.
- Que el punto de alimentación de la antena ofrezca una anómala resistencia al paso de la RF.
- Que el coaxial discorra paralelo y muy próximo a la antena horizontal.

En cualquiera de estos casos, se da una inducción sobre la parte externa de la malla y aparece el tercer conductor, que no es otro que la parte externa de la malla, llevando corrientes en sentido contrario a las que conduce la malla interna. Entonces el cable radia como si fuera una antena. De ahí que, al variar la longitud del cable de alimentación, la ROE también varía. De la misma manera, por el simple hecho de moverlo, la aguja de medidor baila ante nuestros ojos. El problema reside en una conexión defectuosa del cable con la antena o una soldadura deficiente en algún "chicote" de la instalación. Esta avería transforma el cable coaxial en una antena de hilo largo cuya impedancia varía según la longitud y el entorno. Si usted lleva bigote y usa un micrófono con rejilla metálica, es posible que se chamusque el mostacho. Un día caluroso de verano, sudando y con los pies desnudos sobre el suelo, cuando toque el chasis metálico del equipo, notará una sacudida de advertencia. No se le ocurra intentar ajustar la ROE cortando pedacitos de cable coaxial. Esta no es, ni mucho menos, la solución y, aunque acierte por casualidad y consiga que su medidor marque una buena lectura de ROE, el cable seguirá radiando y produciendo interferencias por donde pase. La única influencia que tiene la longitud del coaxial en su estación, es la cantidad de pérdidas de señal, que se determinan en razón a su calidad. Existe una tabla de características de cables coaxiales donde se indica cuantos decibelios pierde cada 100 metros de longitud. Esto es muy fácil de entender. Algo parecido ocurre con una manguera de agua. Cuanto más larga sea la manguera de su jardín, menos presión obtendrá en la boca de salida. Ello es debido al roce del agua en las paredes del tubo. Los electrones de radiofrecuencia que circulan por el cable coaxial también rozan con los electrones del metal. Este rozamiento transforma la energía de RF en calor, que se disipa por el camino sin llegar a la antena. De todo esto,

podemos enunciar el quinto principio fundamental del antenista: *la ROE se ajusta regulando la longitud de la antena. Jamás cortando pedacitos de cable coaxial.*

Mejor imposible

Se llama clímax a la gradación ascendente de la tensión dramática en una representación artística, cuando empieza a plantearse soluciones a la trama de la obra. El radioaficionado alcanza su clímax particular cuando, después de diseñar, instalar, ajustar y probar una antena, observa satisfecho que la aguja del instrumento del medidor de ROE permanece quieta al principio de la escala de valores. En este momento de exaltación suprema algunos llegan a exclamar que han conseguido poner la antena a *cero de ROE*. Nada más lejos de la realidad. Una de las maneras que tenemos para saber que ROE tendrá una antena, conocida su impedancia, es realizando una sencilla división aritmética.

Por ejemplo. Una antena dipolo tiene, por definición 73Ω de impedancia.

Si el equipo al cual queremos conectarla tiene una toma de 50Ω , podemos calcular la ROE resultante de esta manera:

$$73\Omega / 50\Omega = 1,46 \text{ ROE}$$

Inversamente, podemos saber la impedancia de una antena, conocida la del cable y la lectura de ROE. Por ejemplo, si medimos 1,7 de ROE y el cable es de 50Ω , la antena tendrá:

$$1,7 \text{ ROE} \times 50\Omega \text{ cable} = 85\Omega \text{ cable antena}$$

Pero, ¿y si tenemos una antena cuya impedancia sea, precisamente, 50Ω , igual a la del equipo? ¿Cuál será entonces la relación de ondas estacionarias? Veamos:

$$50\Omega / 50\Omega = 1 \text{ ROE}$$

Pues sí, señor. El valor mínimo de ROE presente en una línea coaxial es 1.

Sólo podría ser 0 si el equipo o la antena tuvieran también impedancia 0 y esto es imposible. Luego, quien diga que su antena tiene cero de ROE está equivocado y usted, que ahora sabe la razón, puede hacérselo ver de esta manera.

Fuente: <https://elradioaficionadopatitieso.blogia.com/2008/011301-la-roe-que-nos-corroe-primera-parte-.php>