

LA ROE QUE NOS CORROE (parte II)

He conocido radioaficionados que se han pasado semanas subiendo y bajando de su torre para ajustar milimétricamente la antena hasta conseguir una ROE bajísima. También tengo noticias de alguno que, desgraciadamente, lo único que ha conseguido bajar ha sido su propio cuerpo de manera involuntaria y con graves secuelas físicas, cuando no mortales. Por esta razón me apresuro a enunciar el sexto principio fundamental del radioaficionado antenista: *una buena relación de ondas estacionarias no vale la vida del radioaficionado.*

Obsesionarse con las lecturas de su medidor de ROE no sirve de mucho. No existen antenas perfectas. Si intenta conseguir un aumento de ganancia en una antena directiva, esta será a costa de modificar la impedancia de entrada u obtener un lóbulo de radiación tan estrecho que será difícilísimo enfocararlo hacia su objetivo. Una buena antena es la que guarda el mejor equilibrio entre todas sus variables.

Los equipos modernos de radioaficionado están preparados para resistir sin inconvenientes ROE de hasta 1:2. Puede darse por satisfecho si su antena consigue valores próximos a 1:1,5. Además, en determinadas bandas, un valor óptimo de 1:1 sólo se obtiene en un estrechísimo margen de frecuencias en HF y algo mayor en VHF - UHF.

¿Qué es la ROE?

Buena pregunta, sí señor. Como respuesta podría soltarle un montón de palabrería técnica que lo dejaría casi igual que antes, pero para esto ya están los libros técnicos, llenos de fórmulas y diagramas. Así, entre usted y yo, vamos a buscar una respuesta más casera.

El pasado verano, estaba de vacaciones en casa de mi suegra y, una de las tareas que me encomendó era la de regar diariamente el pequeño jardín que estaba en la parte trasera de la casa. Para ello, la buena mujer había preparado una larga manguera con un caño en la punta en forma de pistolón de plástico que podía regular la salida del líquido desde finas gotitas de lluvia hasta un tremendo chorro que alcanzaba varios metros de distancia. Siguiendo las instrucciones de mi mamá política, conecté la manguera a la canilla, le di vueltas a la llave de paso y tomando el otro extremo de la manguera me dispuse a realizar mis labores de regante. Todo parecías ir bien, así que me tomé un descansito para refrescarme de los ardores del sol. Como el reposo del guerrero sería breve, no cerré la llave de paso pues la lanzadera se ponía en marcha apretando un gatillo que paraba el chorro al soltarlo. Cuando volví observé que la conexión de la manguera al pistolón se había hinchado de una manera preocupante. Seguí regando y, de vez en cuando, tanteaba con la otra mano la hinchazón. Aparentemente todo funcionaba bien hasta que en el

interior de la casa el lavarropas acabó su ciclo de lavado y se paró. Esta nimiedad hizo que aumentara la presión del agua en la instalación y coincidió, precisamente cuando me disponía a buscar otra sombra para otro receso.

Cuando solté el gatillo del pistolón, que hasta aquel momento había tenido apretado, la presión del agua sobrepasó el límite de esfuerzo de la conexión y el pitorro salió despedido hacia delante mientras un surtidor de agua me dejaba empapado en pocos segundos. Del sobresalto quedé sentado en el suelo, como ido, agarrado a la manguera que continuaba lanzando agua hacia lo alto cayendo después encima mío como lluvia de primavera.

En ese estado me encontró mi esposa que, corriendo fue a cerrar la canilla.

Cuando volvió me preguntó por qué me había quedado así, sin hacer nada y mojándome. Poco a poco volví a la realidad. Me sentía como Arquímedes saliendo empapado de la bañera. Había dado con una explicación sencilla de la ROE.

Como usted ya habrá comprendido, el remojón se produjo como consecuencia de una desadaptación entre el caudal de agua, el diámetro de la manguera y el orificio de salida del pistolón. Una parte del líquido salía al exterior, pero otra era devuelta hacia la fuente suministradora y se encontraba con la nueva remesa de agua que llegaba. El encuentro de ambos flujos, el ascendente y el rechazado producía una situación de líquido estacionario que terminó en avería.

Ondas estacionarias

ROE significa relación de ondas estacionarias. En inglés lo verá usted escrito SWR. Las ondas estacionarias son las que aparentan estar quietas en el interior de una línea de transmisión. Cuando un emisor envía energía electromagnética hacia una antena a través de un cable coaxial, espera que el elemento radiante sea capaz de convertir toda la RF en ondas de radio y las expanda por el espacio exterior. Esto ocurre cuando el emisor, la línea y la antena tienen exactamente la misma impedancia. Toda la energía enviada es transformada íntegramente en ondas de radio. Sin embargo, como ya vimos anteriormente (La ROE que nos corroe - Parte I), algunas antenas no tienen suficiente anchura de banda y, con una pequeña variación de frecuencia se produce un importante desajuste de medidas físicas. Cuando sucede esto, la antena no es capaz de absorber toda la potencia que le suministra el emisor y empieza a devolverla hacia abajo. Esto produce dos fenómenos que hemos de imaginar. Por un lado, la energía devuelta se encuentra con la energía que sigue enviando el emisor. Como esta energía se propaga en forma de impulsos u ondas, la que baja choca con la que sube y una parte se anula entre sí debido a que están en oposición de fase.

Si el emisor envía hacia arriba una onda de 100W y la antena solo absorbe 80W, devolverá veinte que se anularán con la parte correspondiente de la nueva onda que suministra el emisor. Los veinte vatios que bajan se atascan con los veinte vatios que suben (del paquete de 100W) y, aparentemente, se quedan estacionados en

la línea. Es como un tapón. Vaya, como en la autopista, cuando las cabinas de peaje no absorben con suficiente fluidez el tráfico y se originan largas colas. Este suceso produce otro fenómeno. El emisor, que sigue enviando ondas hacia la antena, encuentra un obstáculo que le obliga a trabajar más (aumenta su temperatura) y, al mismo tiempo, la energía devuelta aún lo calienta más. El resultado es la aparición de la fatiga y la consiguiente disminución del rendimiento. Los detectores del paso final del emisor notan el incremento de temperatura y toman dos decisiones. Por un lado intentan refrigerar el emisor poniendo en marcha los ventiladores y por otro lado, disminuyen el aporte de energía. Si el problema persiste, apagan la caldera de las ondas y esperan que la temperatura vuelva a la situación normal.

Si no existieran estas protecciones, a su emisor le ocurriría como a la manguera de mi suegra. Llegaría un momento en que la presión del grifo emisor sería tan elevada y el pistolón, incapaz de dar salida a toda el agua, propiciaría que el conjunto se rompiera por la parte más débil. En el caso de un transmisor, los sensibles (y caros) transistores de potencia del paso final sucumbirían al exceso de temperatura. Esto lo digo suponiendo que el emisor no cuente con un circuito de adaptación de impedancias. Si lo tiene, el sintonizador se encarga de volver a reenviar la energía hacia arriba.

Finalmente, toda la potencia del emisor es radiada al espacio, pero, esto es otro interesante tema para debatir algún día.

Pérdidas en la línea

¿Recuerda que al principio decía que no vale la pena arriesgar la vida por obtener una ROE baja? Es cierto, pero tampoco es cuestión que la desidia le impida optimizar razonablemente su instalación. Pero, para saber si es necesario intervenir en el sistema radiante, ha de conocer el porcentaje de pérdidas en la línea. Si lo sabe, sabrá a su vez el tanto por ciento de rendimiento de su antena. Para descubrirlo ha de realizar unas pequeñas operaciones aritméticas.

En primer lugar, se calcula el coeficiente K:

$$K = (ROE-1) / (ROE+1)$$

El tanto por ciento de pérdida será:

$$\text{Pérdidas en \%} = 100K^2$$

Y el porcentaje de rendimiento, la diferencia que existe entre este último resultado hasta llegar a 100, es decir:

$$\text{Rendimiento en \%} = 100 - \text{Pérdidas en \%}$$

Existe una tabla preparada con los cálculos del % de pérdidas y ganancias, según la ROE de su instalación:

ROE	% pérdidas	% rendimiento
1	0	100
1,5	4	96
2	11,11	88,89
2,5	18,37	81,63
3	25	75
3,5	30,86	69,14
5	44,44	55,56
10	66,94	33,06
50	92,31	7,69

Como puede observar, la relación óptima de ondas estacionarias en una antena es 1:1. Recuerde que no existe cero de estacionarias. Pero, también le decía que es totalmente admisible una relación 1:1,5. Algunos radioaficionados se ponen nerviosos cuando ven la aguja del medidor de ROE marcando 1,5. La verdad es que existe muy poca diferencia, realmente apreciable, entre una señal de 100W y otra de 96W. Nadie es capaz de diferenciarlas. Estos pequeños desajustes ocurren en todos los sistemas radiantes. Además, suponiendo que la aguja del medidor se quede quieta al principio de la escala, esto no significa que su antena funcione bien. Le voy a contar un caso demostrativo.

Un caso real

En cierta ocasión, hablando por radio con otros compañeros sobre los problemas de las ondas estacionarias, intervino un radioaficionado que nos explicó su problema. Últimamente, decía, había notado que las señales le llegaban con poca intensidad y lo mismo ocurría con la suya propia. Donde antes llegaba con holgura, ahora le costaba mucho más. En principio lo atribuyó a la falta de propagación. Luego, al escuchar menos estaciones que antes, pensó que había bajado la actividad en la banda, pero sus compañeros habituales le decían que ellos no notaban estos fenómenos y que el problema podía estar en su transceptor o antena. El equipo estaba bien, tal como habían comprobado en un taller de reparación y la antena, continuaba, no tenía ni el menor rastro de ROE. Esta última observación me llamó la atención. Le pedí que comprobara una vez más la ROE en toda la banda, especialmente en los extremos, fuera de la anchura oficial. Mi intención era dibujar un gráfico con la curva de ROE proporcionada con sus lecturas. Su respuesta fue que, de un extremo a otro de la banda, la ROE era 1:1. La esperada curva se había convertido en una línea recta y plana. La siguiente pregunta que le hice fue para interesarme por el tiempo que llevaba instalado su cable coaxial. ¡Más de diez años! Y éste colgaba por el patio de luces soportando su propio

peso, sin la ayuda de ningún soporte que aliviara la tensión por estiramiento.

Evidentemente, la solución pasaba por cambiar urgentemente el cable coaxial y colocarlo de la manera correcta, es decir, sujeto a un cable de acero que se encargaría de aguantarlo. Al cabo de unos días, el radioaficionado apareció de nuevo con una señal atronadora y muy contento. Efectivamente, al sustituir el cable coaxial por un nuevo de mejor calidad el problema había desaparecido.

Hasta ahí lo entendía, dijo, pero lo que no veía claro es porqué el medidor de ROE no le había avisado.

He aquí la explicación. Cuando un cable coaxial envejece, su cubierta se deteriora y aparecen fisuras que permiten el paso de la humedad, la cual corroe la malla. Recordemos lo que decía en el capítulo anterior: la energía de radiofrecuencia sólo penetra unas micras en el cable conductor. Y lo hace, precisamente, donde el cobre se ha transformado en sulfato de cobre, que presenta una mayor resistencia al paso de la corriente. Si el cable sigue deteriorándose, el dieléctrico termina por resquebrajarse y pasa por el mismo proceso destructivo que la malla. Entonces, la resistencia que ofrece al paso de la energía electromagnética aumenta considerablemente y se transforma en calor que se disipa antes de llegar a la antena. En otras palabras, el % de pérdidas se acerca cada vez más al 100%, mientras que el rendimiento disminuye hasta valores próximos a la unidad. Las ondas, que deberían volver al emisor como consecuencia de esta resistencia anómala, se transforman en calor y el resultado es que el medidor de ROE no detecta ninguna señal de energía reflejada y, por lo tanto, no puede comparar la diferencia entre la potencia de subida y su reflejada. El resultado es que la aguja marca 1:1 o, en el peor de los casos, se queda inerte más abajo del 1.

El cable coaxial

El estado y modelo de cable coaxial está muy relacionado con los índices de pérdidas y rendimiento de la estación de aficionado. ¿Se acuerda lo que decía el tercer enunciado de los principios fundamentales del radioaficionado?

El cable será de la mejor calidad que se pueda conseguir en cada momento.

Ampliaré un poco más esta afirmación. Sabemos que el cable coaxial está formado por dos conductores concéntricos, el vivo y la malla, que actúa también como pantalla. Ambos tienen un eje común y están separados entre sí por un dieléctrico que puede ser, es decir, un aislante eléctrico que puede ser de diversos materiales como el polietileno, sólido, celular o, mucho mejor, el aire. Aprendimos en la primera parte de este "parte I", que la relación entre el diámetro del conductor central y el de la malla, determina la impedancia característica del cable. En realidad, la fórmula para calcular la impedancia de un cable coaxial es:

$$Z = (138 / \sqrt{K}) \log (D/d)$$

Donde K es la constante dieléctrica del aislante (la del aire es 1), D es el diámetro interior de la malla, y d es el diámetro del

vivo, todo expresado en milímetros. Los cables coaxiales se fabrican con impedancias entre 50Ω y 150Ω , aunque los más habituales son los de 50Ω para antenas de emisión, y de 75Ω para antenas receptoras de televisión. El paso de una corriente eléctrica por un cable coaxial sufre una atenuación que viene determinada, entre otras causas, por el diámetro de ambos conductores. En esta atenuación influye, además, el factor de velocidad, la impedancia, la frecuencia y la longitud de la línea. En radioafición, los cables coaxiales más habituales son los modelos RG-58, RG-8 y RG-213. Vea la tabla comparativa y observe cuál le conviene más, según las características de su instalación.

Tipo de cable	Diámetro	Impedancia	Factor de velocidad	Atenuación en dB cada 100 metros				
				10MHz	50MHz	100MHz	200MHz	400MHz
RG-8	10,3	52	0,66	1,8	4,27	6,23	8,86	13,5
RG-58	5,0	50	0,66	4,59	10,8	16,1	24,3	39,4
RG-59	6,2	75	0,66	3,61	7,87	11,2	16,2	23
RG-213	10,3	50	0,66	1,8	4,27	6,23	8,86	13,5

Fíjese que, comparando el modelo RG-58 y el RG-59, el que mejor se adapta a un transceptor es el RG-58 porque su impedancia es la más próxima a los 50Ω de la toma de antena del TRX, aunque la atenuación del RG-59 es menor. Si prefiere el tipo RG-59, la ROE que marcará su medidor nunca será inferior a $1:1,5$ por aquello de $75\Omega / 50\Omega = 1,5(*)$.

En algunos manuales, el modelo RG-213 figura con 60Ω . El uso del RG-58 es aceptable en bandas decamétricas y CB-27, donde la atenuación pierde importancia debido al elevado ruido eléctrico, de origen natural y artificial, presente en la banda.

También es habitual en las instalaciones en automóviles, debido a los pocos metros entre la antena y el emisor. El tipo RG-59 es muy empleado en instalaciones de TV. En V-U-SHF, las pérdidas son mucho más importantes y el mínimo recomendable para longitudes relativamente cortas es el modelo RG-8U o, si es viable económicamente, mejor uno con el dieléctrico de aire.

Conectores

Los conectores son otra fuente de problemas. Los de baja calidad, con el dieléctrico de plástico inducen grandes pérdidas, sobre todo en V-UHF y superiores. Los nuevos equipos V-UHF llevan de origen el conector M, más caro pero de mejor calidad. El sistema de conexión del PL-259, muy habitual en las instalaciones de aficionado, está muy relacionado con la calidad de la señal. Siempre es mejor una soldadura que el simple contacto por presión. La suciedad de los conectores, donde se acumula restos de polución atmosférica, debilita la señal y pueden llegar a producir efectos como la anécdota que le he relatado un poco más arriba. Los conectores de codo, en ángulo recto no son muy adecuados en emisión. Siempre que pueda prefiera una curva de cable antes que un conector de codo.

Conclusiones

Tal como habrá ido comprobando, la ROE ofrece un interesantísimo campo de estudio y experimentación. No piense que el cable coaxial es el único tipo de línea que puede emplear en su instalación. El cable bifilar, o cinta plana de 300Ω , fue muy usado hasta hace relativamente pocos años. La línea de escalerita de 450Ω tiene unas pérdidas realmente irrisorias, y la puede construir usted mismo a un precio módico. Si trabaja las bandas de ondas métricas y centimétricas, y precisa de longitudes de cable elevadas, antes de gastar dinero en un delicadísimo amplificador de recepción, estudie la posibilidad de instalar una línea paralela de escalerita. La ROE y sus derivaciones dan para mucho más. No en vano es uno de los temas favoritos de los radioaficionados.

Lea, compre libros y, poco a poco, se convertirá en un experto sobre este apasionante tema. Este es uno de los motivos centrales de la radioafición, el estudio y la investigación radioeléctrica.

Fuente: <https://elradioaficionadopatitieso.blogia.com/2008/011801-la-roe-que-nos-corroe-segunda-parte-.php>