

APILAMIENTO, FASE Y COMBINACIÓN DE YAGIS

Esta es una sinopsis de una charla presentada al GRUPO VHF DX de Sydney el martes 16 de marzo de 1999 por Gordon McDonald VK2ZAB.

PREGUNTAS

Cuando se considera el apilamiento de Yagis, las preguntas que suelen surgir son:

1. ¿Cuáles son las razones para apilar de todos modos?
2. ¿Se adaptaría mejor a nuestras necesidades construir una Yagi más grande?
3. Si apilamos, ¿qué orden de aumento de ganancia podemos esperar?
4. ¿Es mejor apilar vertical u horizontalmente?
5. ¿A qué distancia apilamos los Yagis?
6. ¿Cómo gestionamos los requisitos de las fases?
7. ¿Cómo gestionamos los requisitos de casación?

Nos esforzaremos por responder a estas preguntas de manera sucinta.

POR QUÉ APILAMOS

Apilamos Yagis para aumentar la ganancia sobre la que se puede obtener de un Yagi y/o para disminuir el ancho del haz. El aumento de la ganancia se debe a la reducción del ancho del haz y cabe señalar que el ancho del haz se reduce únicamente en el plano de apilamiento. Si apilamos verticalmente, el ancho del haz se reduce en el plano vertical o "H" de un Yagi polarizado horizontalmente. El apilamiento horizontal da como resultado un ancho de haz más estrecho en el plano horizontal o "E" de un Yagi polarizado horizontalmente. En algunas aplicaciones, como la interferencia desde o hacia puntos situados a un lado o debajo del lóbulo principal, la reducción del ancho del haz es una consideración más importante que el aumento de la ganancia. Sin embargo, la mayoría de las personas apilan para obtener más ganancias.

¿PODEMOS UTILIZAR UNA YAGI MÁS GRANDE EN SU LUGAR?

Sí, por supuesto que podemos. El aumento de ganancia debido al apilamiento de dos Yagis se acerca al límite de 3dB. Veremos que este límite es demasiado optimista en la práctica. Sin embargo, es teóricamente posible. Entonces, ¿cuánto más grande tendríamos que hacer una Yagi para aumentar su ganancia en 3dB? Si lo piensas bien, la respuesta es obviamente el doble de grande. Considere las figs. 1a y 1b. Este es un Yagi bastante grande de 2 m con 13 elementos en una pluma de seis metros. Tiene una ganancia de 12.74dBd y un patrón limpio. Ese es un patrón que tiene lóbulos laterales bajos en relación con el lóbulo principal.

Ahora mire las figuras 2a y 2b. Este es el mismo Yagi básico con su boom extendido a doce metros de largo, elementos agregados según sea necesario y todo sujeto a algunos ajustes de optimización para limpiarlo un poco. Tenga en cuenta que también tiene un patrón "limpio". Su ganancia de 15.55dBd no es un aumento de 3dB sobre el original, pero cercano (2.81dB).

Entonces, ¿lo pondrías? Esa botavara mide 40 pies de largo. ¿Cómo se va a parar tu rotador? al torque adicional cuando los vientos del oeste golpean? ¿Cómo se sentirán los vecinos acerca de que cuelgue sobre su patio trasero? ¡No, gracias! Preferiría apilar dos de los trabajos de seis metros. Aún así, la elección es tuya.

Alguien puede sugerir que hay pérdidas de alimentación adicionales en el arreglo apilado debido a la necesidad de conectar los dos Yagis. Esto es cierto, pero también hay una pérdida adicional en el alimentador debido a la necesidad de conectar su alimentador al dipolo que estará más alejado del mástil con el Yagi simple. No hay mucho en este argumento.

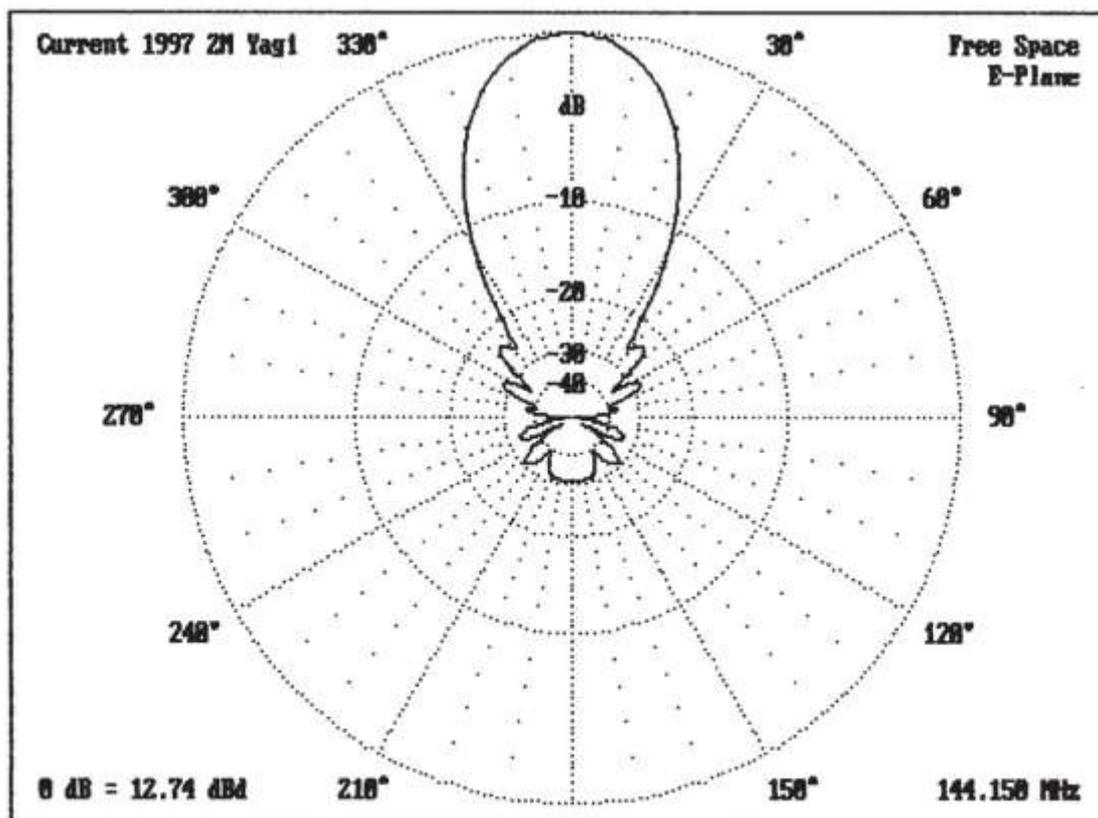


FIG. 1a.

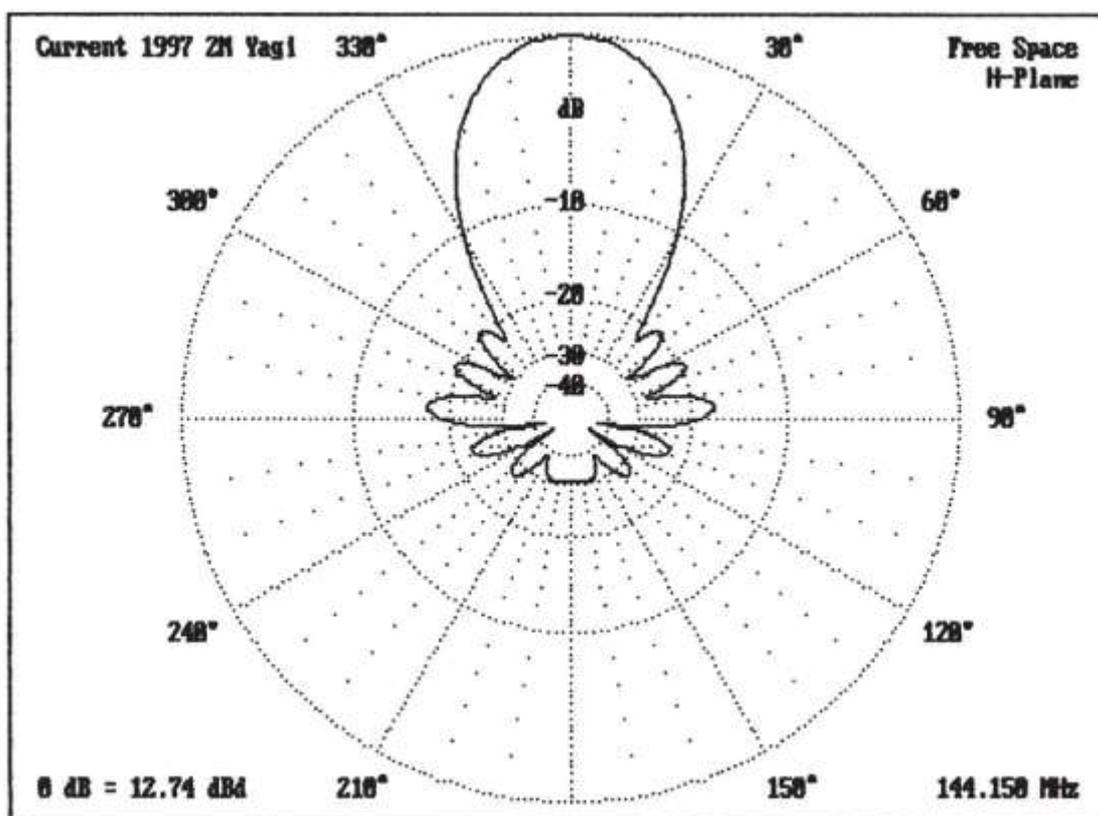


FIG 1b.

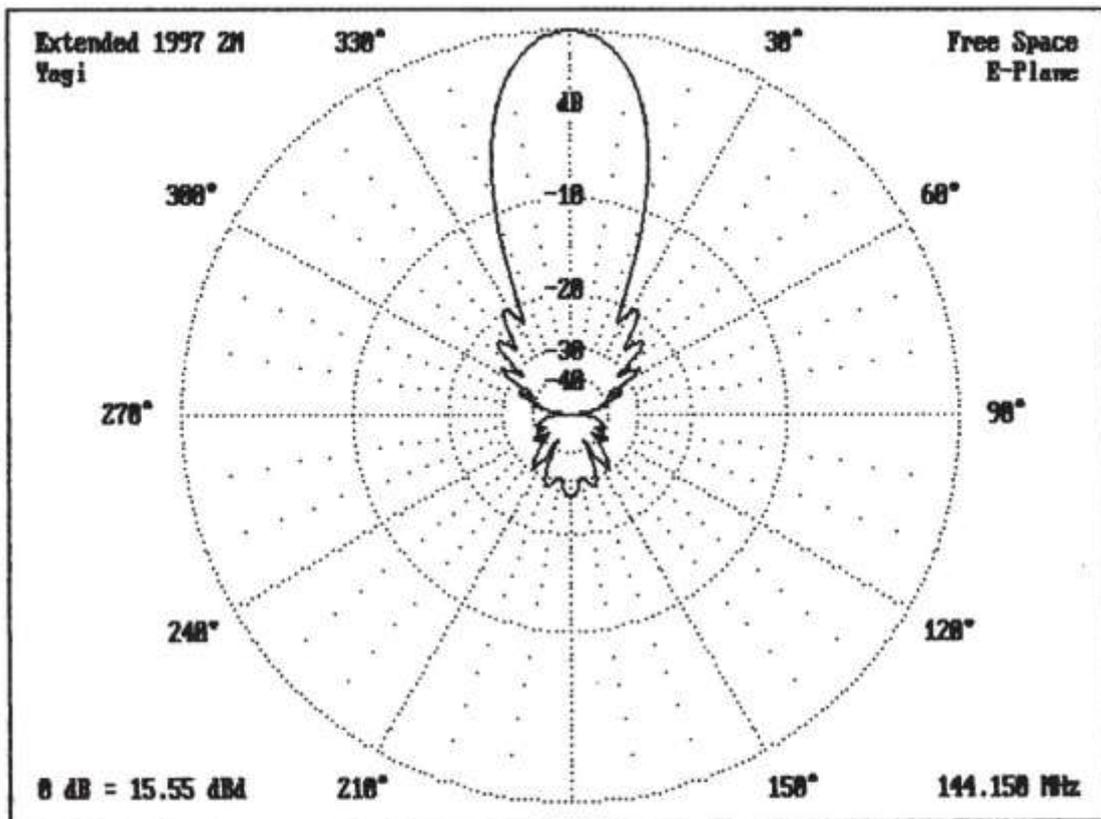


FIG 2a.

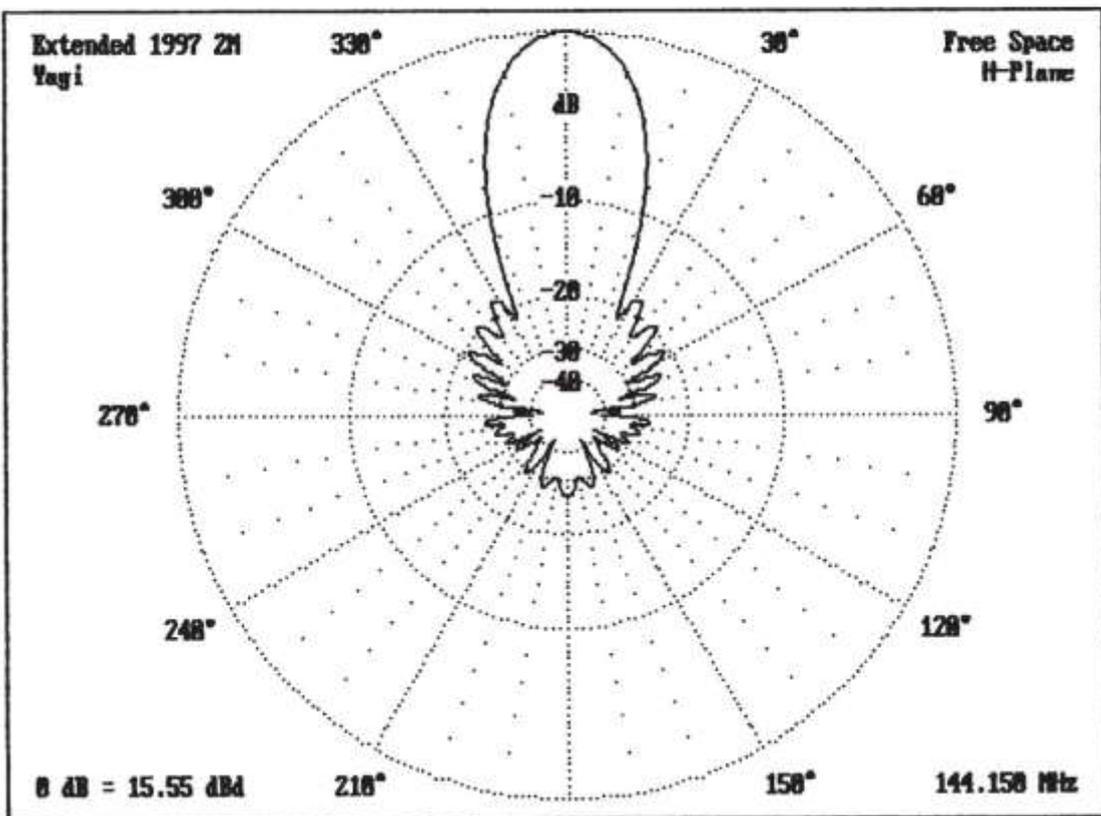


FIG 2b.

¿PILA HORIZONTAL O VERTICAL?

¿Cuál es tu aplicación? ¿Cree que sería mejor tener un ancho de haz amplio en el plano "H" de su antena con polarización horizontal porque le gusta Meteor Scatter? Apilar horizontalmente. ¿Le preocupa que la densidad de potencia debida a su transmisión sea alta en la cocina de su vecino y que sería mejor si tuviera un haz angosto en el plano "H"? Apilar verticalmente.

¿Hay una fuente de ruido veinte grados a un lado de la orientación del haz que más utiliza? Apila tus antenas polarizadas horizontalmente. ¿Está interesado en señales débiles y simplemente quiere más ganancia? Apila cuatro Yagis, dos hacia arriba y dos a lo ancho.

Una vez más, depende de usted.

Sin embargo, recuerde que los soportes horizontales cerca de una Yagi polarizada horizontalmente pueden dar lugar a una interacción destructiva.

¿A QUÉ DISTANCIA NOS APILAMOS?

La antigua regla empírica era apilar a dos tercios de la longitud de la pluma. Esta idea presumiblemente se basó en el objetivo de lograr un aumento de 3dB en la ganancia sobre una Yagi. Mire las figs. 3a y 3b. Esta es la Yagi de la Fig. 1 apilada a la mitad y dos tercios de la longitud de la pluma. Tenga en cuenta que a la mitad de la longitud del brazo han aparecido lóbulos grandes a cada lado del lóbulo principal y 14 dB hacia abajo. Estos se denominan lóbulos de "rejilla" y se deben al proceso de multiplicación de patrones para que aparezcan dentro del área del lóbulo principal de un solo Yagi. El aumento de ganancia es de 2,85 dB.

A dos tercios de la longitud del brazo, la ganancia ha aumentado a un poco más de 3dB sobre una Yagi según la computadora y los lóbulos de rejilla han aumentado a menos de 8dB hacia abajo en el lóbulo principal. Si tenía la intención de reducir la interferencia desde o hacia algún punto hacia un lado o hacia abajo desde el lóbulo principal, obviamente esto no ayudará mucho. De hecho, el patrón se ha vuelto muy "sucio".

Divagando un poco: Esta idea de un aumento de 3dB en la ganancia al apilar dos Yagis se explica en algunos textos invocando el concepto de "área de captura". Se explica que se obtienen 3dB de ganancia cuando las áreas de captura se tocan y no se superponen. Sin embargo, esta idea no conduce a una distancia de apilamiento porque, aunque la captura o "área efectiva" puede calcularse mediante $A = \text{Ganancia} \times \text{Longitud de onda} / (4 \times \text{Pi})$, esto no define la forma del área. No hay duda de que la idea de área de captura o "efectiva" es muy útil en algunos otros aspectos de la ingeniería de antenas. Klaus lo trata extensamente en su libro "Antenas".

Volviendo a la figura 3b. Tenga en cuenta que el ancho del haz principal es la mitad del de una sola Yagi. Aquí es donde viene el aumento de ganancia de 3dB. El ancho del haz en el plano no apilado (plano 'E' en este caso) no ha cambiado.

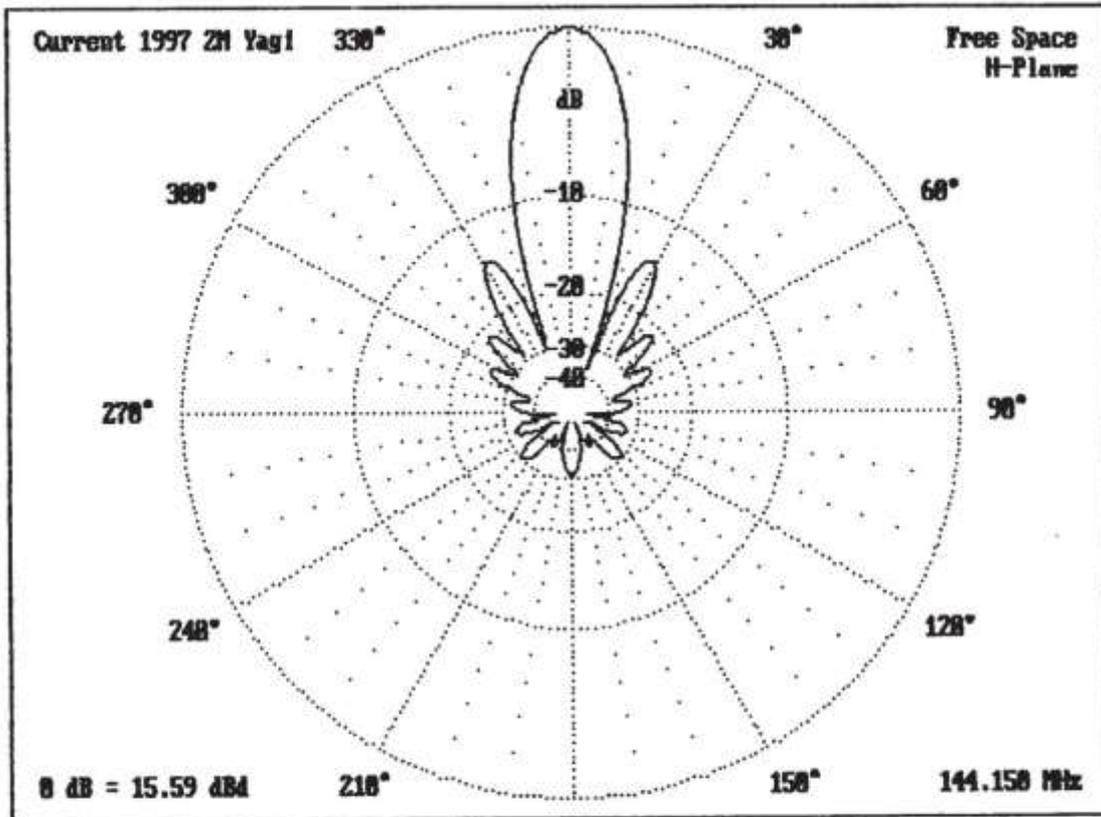


FIG 3a.

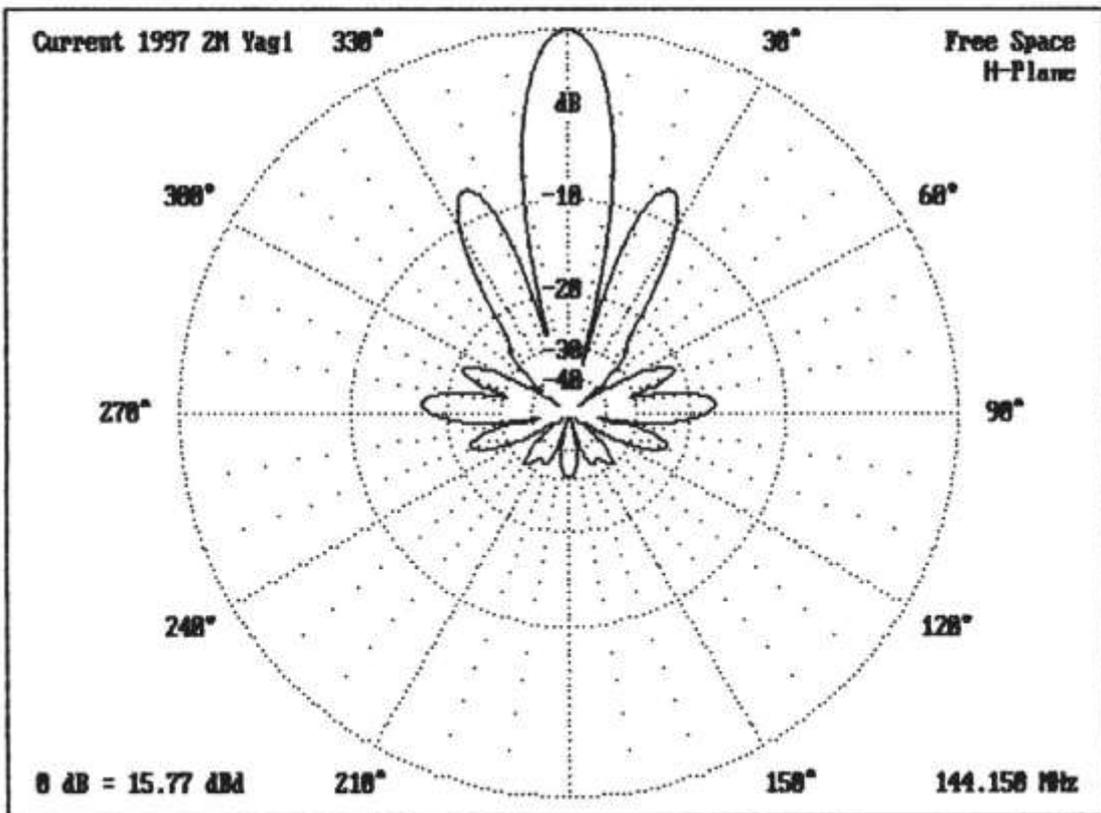


FIG 3b.

Ahora mira las Figs. 4a y 4b. Esto muestra el patrón del Yagi original apilado a 2,6 metros o 1,25 longitudes de onda. Tenga en cuenta el patrón "limpio". Sin grandes lóbulos enrejados. El aumento de ganancia es un poco más de 2.5dB sobre un solo Yagi. La mayoría de los usuarios de VHF DX, incluidos los moonbouncers, ahora están de acuerdo en que este es el camino a seguir. Tiene un mejor rendimiento en términos de relación señal/ruido que un arreglo con más ganancia y un patrón sucio.

Entonces, ¿significa esto que apilamos todos nuestros Yagis con una separación de 1,25 longitudes de onda? Seguramente no. Recuerde que los lóbulos de rejilla están dentro del área del lóbulo principal del Yagi simple. Entonces, si el Yagi individual tiene un haz más estrecho para comenzar, podemos apilarlos más separados sin que aparezcan grandes lóbulos de rejilla. La Fig. 5 muestra la pluma Yagi de 12 m de las Figs. 2a y 2b apilados a 4m o alrededor de dos longitudes de onda

DISTANCIA DE APILAMIENTO RECOMENDADA.

Como hemos visto, esto está relacionado con el ancho de haz del Yagi que pretende apilar. José Reisert W1JR redujo esta relación a una fórmula simple en sus artículos sobre "Apilamiento de antenas" en las ediciones de abril y mayo de 1985 de "Ham Radio". Él dice que, siempre que su Yagi esté limpio para empezar, lo que significa que sus lóbulos laterales están más abajo de 18dB en el lóbulo principal, debe apilar a una distancia en longitudes de onda de **57 / 3dB de ancho de haz** en grados. Esto le dará un aumento de ganancia de más de 2.8dB con lóbulos de rejilla 13dB por debajo del lóbulo principal. Esto es algo similar a la Fig. 3a.

Estoy de acuerdo con la fórmula, pero siento que rallar lóbulos solo 13dB hacia abajo no es bueno suficiente así que lo recomiendo, siempre que su Yagi esté limpio para comenzar como se define arriba, debe apilar a una distancia en longitudes de onda de **52 / 3dB de ancho de haz** en grados. Esto le dará un aumento de ganancia de más de 2.5dB sobre un solo Yagi y lóbulos de rejilla que son mejores que 17dB hacia abajo en el lóbulo principal.

¿Cómo determina el ancho de haz de 3dB de su Yagi? Si vas a comprar los Yagis mira en la ficha técnica del fabricante. Si esto no se suministra, no compre el producto.

Si tiene el programa optimizador de Yagi YO5, que se usó para producir los patrones de nuestros ejemplos de Yagi, o YO6, que es una versión actualizada, está en el negocio. (Estos son proporcionados por Brian Beezley K6STI)

Si tiene la intención de apilar Yagis que hizo a partir de las dimensiones de un libro, tendrá que medir el ancho del haz girando el Yagi mientras observa el nivel de la señal de un oscilador o baliza de prueba. En este caso será más fácil si observas el ángulo entre los primeros nulos a cada lado del lóbulo principal. El ancho de haz de tres db está lo suficientemente cerca de la mitad de este ángulo. Por supuesto, esto solo le da el ancho del haz en un plano: el plano "E" si está polarizado horizontalmente o el plano "H" si está vertical.

Para Yagis con longitudes de barra de tres longitudes de onda, el ancho de haz del plano 'E' es aproximadamente el 88% del ancho de haz del plano "H", si el brazo tiene 4 longitudes de onda, 'E' es aproximadamente el 89% de 'H', si el brazo tiene 5 longitudes de onda 'E' es aproximadamente el 91% de 'H' y si el auge es de 6 longitudes de onda, 'E' es aproximadamente el 92% de 'H'. Esto significa que la distancia de apilamiento recomendada siempre es mayor para el plano 'E' que para el plano 'H'.

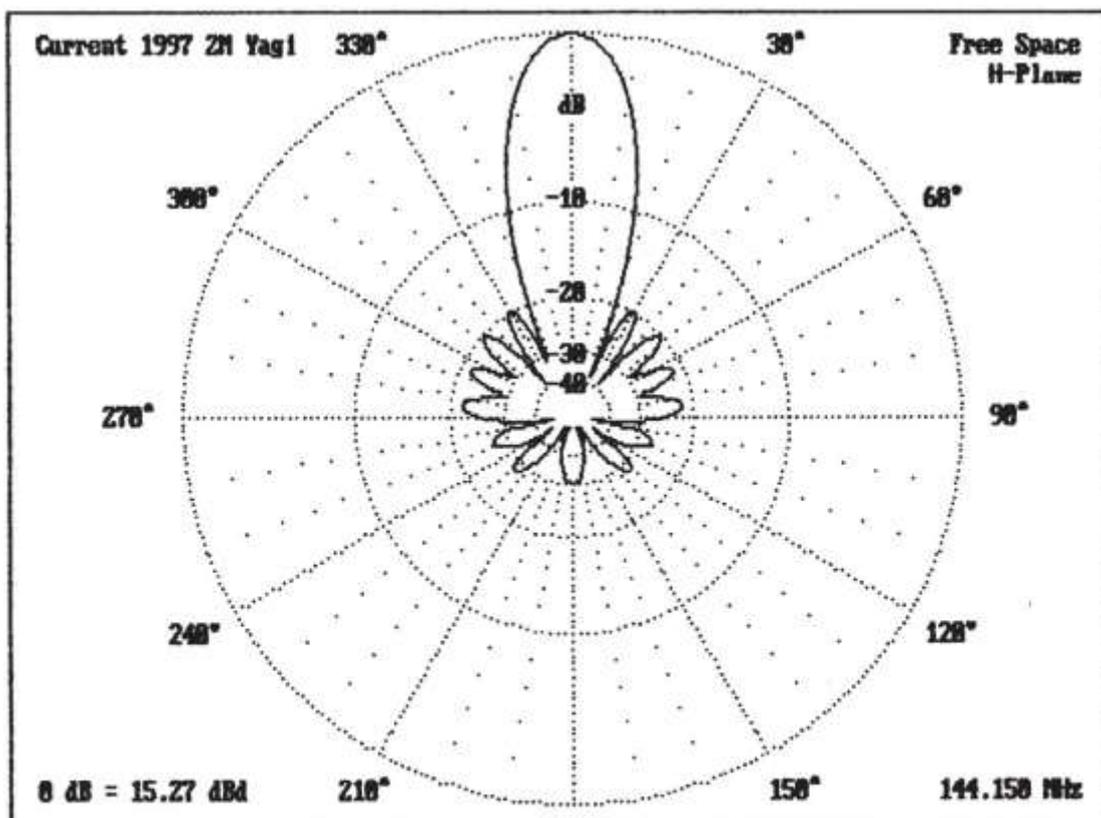


FIG 4a

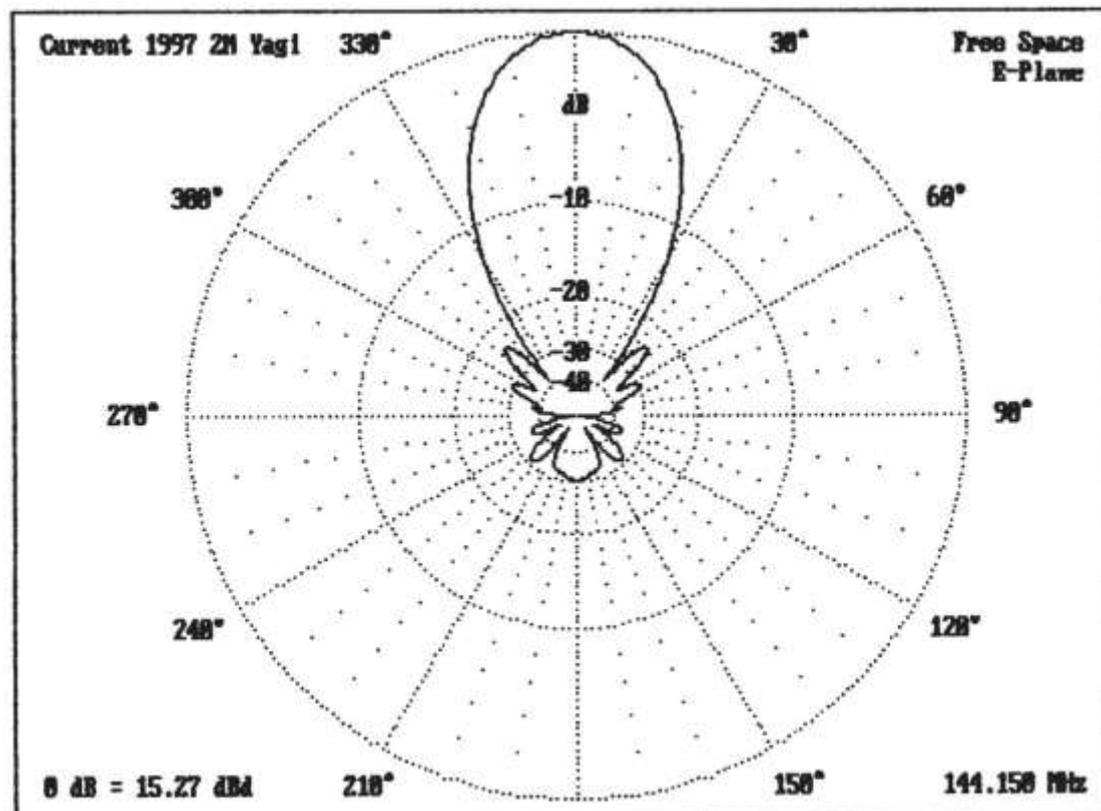


FIG 4b.

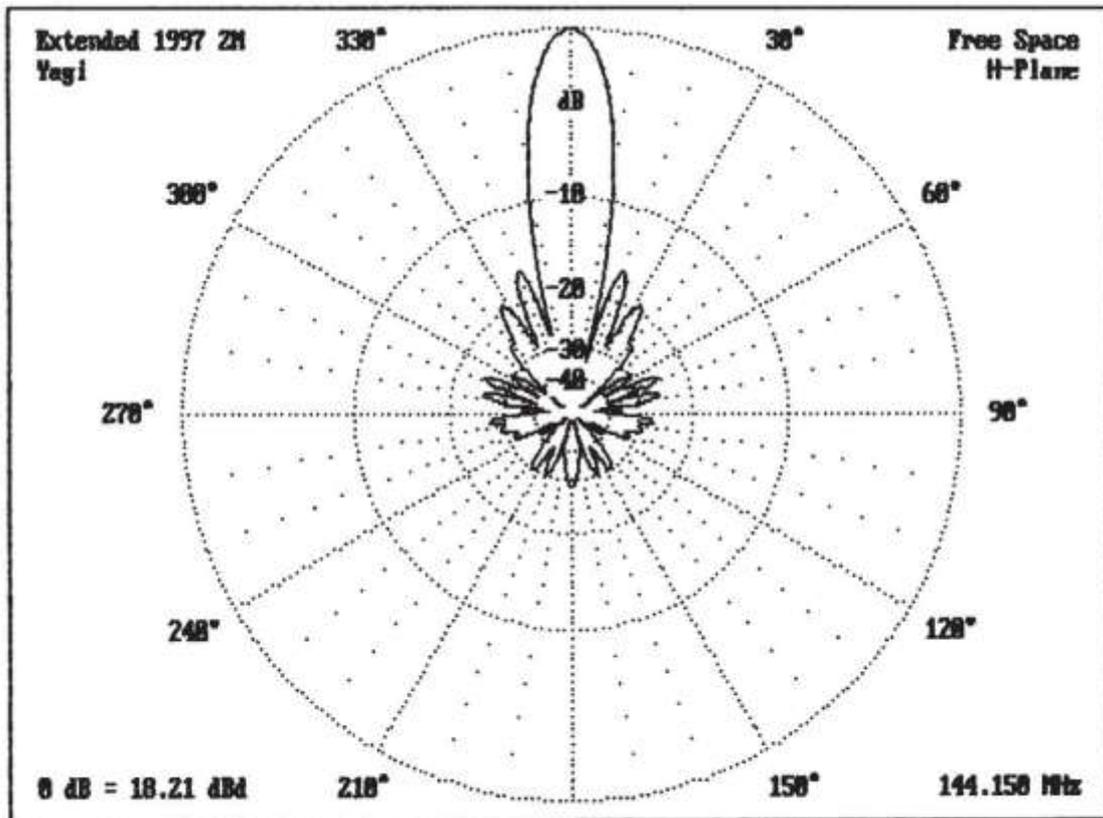


FIG 5.

AJUSTE DE FASE.

No hay mucho en esto. Simplemente significa que, considerando la pila como una antena receptora, las señales de todos los dipolos deben estar en fase en la unión del alimentador a la línea a la caseta. Esto, a su vez, significa que el lado izquierdo de todos los dipolos del arreglo debe estar conectado al lado izquierdo de todos los demás dipolos del arreglo, que los alimentadores de cada dipolo deben tener la misma longitud que los alimentadores de cada otro dipolo conectado al mismo cruce y que los alimentadores de cualquier sub-cruce deben tener la misma longitud hasta el cruce principal que los alimentadores de cualquier otro sub-cruce. También significa que cada Yagi debe montarse de modo que la distancia desde su punto de referencia de fase (el dipolo) hasta un plano de referencia frente al conjunto sea la misma que la de todos los demás Yagi del conjunto. Las desviaciones de estas reglas son posibles para aplicaciones especiales fuera del alcance de esta discusión. Consulte la figura 6.

PAREO.

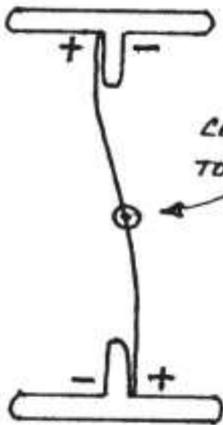
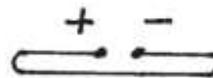
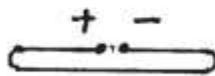
Hay dos categorías aquí. Hay quienes compran Yagis y quienes las construyen. Los que compran casi invariablemente tienen Yagis con un cable coaxial conectado que proporciona una conexión desequilibrada de 50 Ω a cada antena. Esto limita el número de opciones disponibles. Los cerveceros caseros tienen una gama casi ilimitada de formas posibles de conectar su pila.

PHASING YAGIS

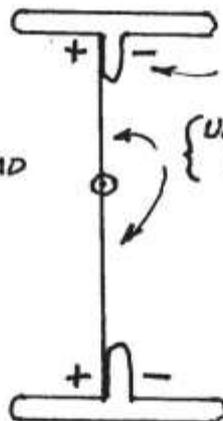
FIG 6.



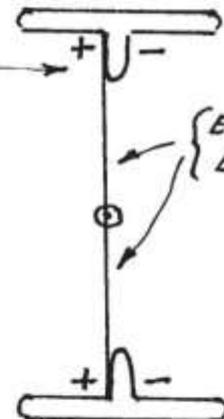
FOLDED DIPOLES
CONNECT + TO +
AND - TO -
THROUGHOUT ARRAY



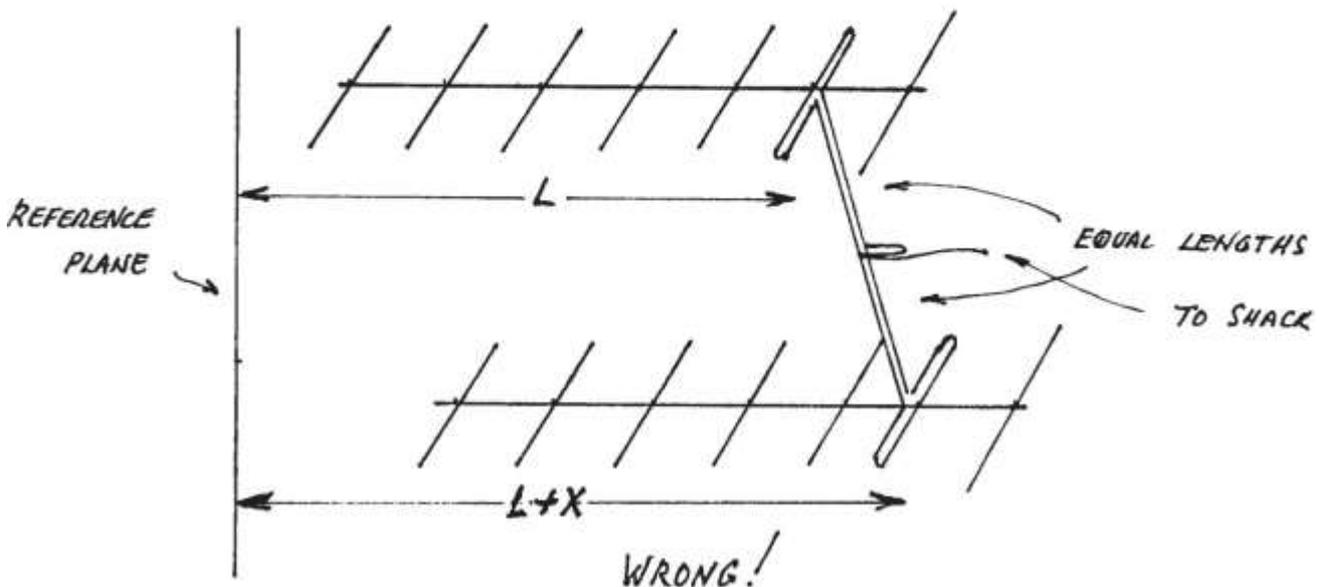
WRONG!



WRONG!



RIGHT!



Los usuarios de la tienda compraron Yagis.

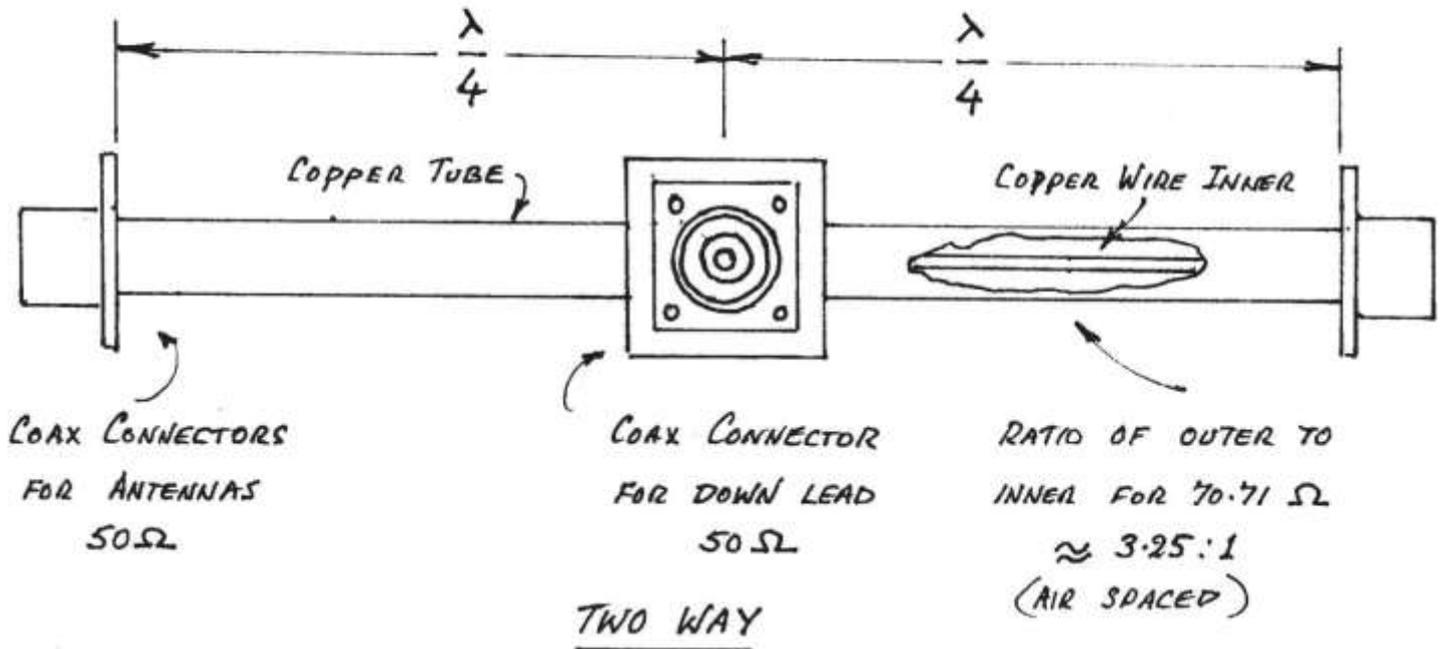
Si está en esta categoría, lo único que puede hacer es conectar a la persona Yagis a la unión común por medio de transformadores de adaptación de cuarto de onda de tal impedancia como para transformar los 50 Ω de cada Yagi en esa impedancia que es igual a $50 \times N$ donde N es el número de Yagis en la pila. Luego, por supuesto, la impedancia paralela del lote termina en 50 Ω nuevamente para hacer coincidir la línea con la cabaña.

La impedancia de los transformadores correspondientes se encuentra mediante la fórmula $Z = \sqrt{50 \times 50N}$ donde sqrt es la raíz cuadrada.

Para dos Yagis esto es 70.71 Ω , cuatro Yagis 100 Ω , seis Yagis 122.47 Ω y ocho Yagis 141.42 Ω .

Estos transformadores coincidentes están conectados al conector común proporcionando la Entrada/salida de 50 Ω a la línea del shack en forma de "divisores de potencia" de dos, cuatro, seis u ocho patas. Estos rara vez están disponibles listos para usar, pero no son difíciles de hacer. Vea la Fig. 7 para una idea general.

POWER DIVIDERS FIG 7



FOR FOUR WAY $Z = 100 \Omega$ RATIO OF OUTER TO INNER $\approx 5.3:1$.

FOR SIX WAY $Z = 122.47 \Omega$ RATIO OF OUTER TO INNER $\approx 7.7:1$.

FOR EIGHT WAY $Z = 141.42 \Omega$ RATIO OF OUTER TO INNER $\approx 10.6:1$

$$Z = 138 \log \frac{D}{d}$$

D IS ID OF OUTER
d IS dia. OF INNER.

Los parámetros físicos de las secciones de acoplamiento coaxial del espacio de aire están relacionados con la impedancia requerida por la fórmula $Z = 138 \log D/d$ donde 'D' es el diámetro interior del conductor exterior y 'd' es el diámetro del conductor interior.

Cerveceros caseros de Yagis.

Prácticamente no hay límite para las opciones disponibles, por lo que es imposible cubrirlo todo. Por lo tanto, nos limitaremos a algunos ejemplos. Para empezar, puede organizar las conexiones a su Yagi de la misma manera que los ejemplos comprados en la tienda anteriores y usar los divisores de potencia de la misma manera.

Sin embargo, los cerveceros caseros pueden hacer arreglos para tener la impedancia que deseen en las terminales de sus dipolos. Esto es particularmente cierto si los programas K6STI "YO" altamente recomendados están disponibles. Simplemente haga un dipolo plegado de tal relación de transformación de impedancia que lleve la impedancia del dipolo recto de su Yagi hasta la impedancia terminal deseada. Un dipolo de dos conductores con las dos patas del mismo diámetro multiplica la impedancia por cuatro. Un dipolo de tres conductores, del mismo diámetro, se multiplica por nueve y cualquier otra relación puede fabricarse utilizando diferentes tamaños de conductores para un dipolo de dos conductores. En el Libro de antenas de la ARRL se encuentra un gráfico que proporciona una aproximación en línea recta de los tamaños de los conductores para diferentes relaciones de impedancia.

Esta libertad de elección facilita el uso de líneas de interconexión de hilos abiertos para su pila. Los radioaficionados rara vez recomiendan el uso de líneas alámbricas abiertas en el hemisferio norte porque tienen condiciones climáticas que pueden causar la acumulación de hielo y nieve, lo que cambia la impedancia y la pérdida de las líneas. nosotros no De lo único que tenemos que preocuparnos es del agua. Siempre que nuestras líneas estén hechas de modo que el espacio entre los conductores no esté más cerca de 6 mm o 1/4", no habrá ningún problema con el agua que se acumula en las líneas.

Las líneas alámbricas abiertas correctamente hechas tienen menos pérdida que las coaxiales. Pueden estar hechos de tubos de aluminio con diámetros de 9,5 mm, 6,35 mm o 4,7 mm con pocos espaciadores para que también puedan funcionar como abrazaderas de pluma. La pérdida está relacionada con el espacio que no debe exceder aproximadamente 1/12 de longitud de onda. Esto significa que son prácticos hasta la banda de 23 cm. Por lo tanto, las impedancias de línea prácticas están entre 300 Ω y 150 Ω como mínimo.

En una pila de Yagis polarizados horizontalmente, se recomienda que los tramos verticales de las líneas de interconexión sean del tipo de cable abierto. Si esto se hace con tubería de aluminio, las líneas se denominan "barras de apilamiento". La relación entre la impedancia de la línea y las dimensiones de la línea viene dada por $Z = 120 \operatorname{arc} \cosh(D/d)$ o aproximadamente por $Z = 276 \log(2D/d)$ donde 'D' es el espaciado de centro a centro y 'd' es el diámetro de las líneas.

Ejemplos de pila de cerveza casera.

Consulte la figura 8a. Esta es una pila de dos Yagis polarizados horizontalmente. Los dipolos están dispuestos para tener impedancias terminales de 100 Ω cada uno. Esto se transforma a 400 Ω en la unión de las barras de apilamiento, cada una de 3/4 de longitud de onda y que pueden funcionar como abrazaderas de pluma al tener el bloque de terminales central montado en el mástil. Los dos 400 Ω en paralelo dan 200 Ω que se conectan al cable de bajada al shack a través de un balun coaxial 4:1 del tipo "trombón".

Si queremos apilar cuatro Yagis, dos al lado de dos, podemos usar este arreglo y simplemente llevar el cable coaxial de 50 Ω de un par vertical de Yagis a una unión central a través de un divisor de potencia de dos patas para encontrar la misma longitud de cable coaxial de 50 Ω del otro par vertical de Yagis.

EXAMPLES OF HOME BREW MATCHING.

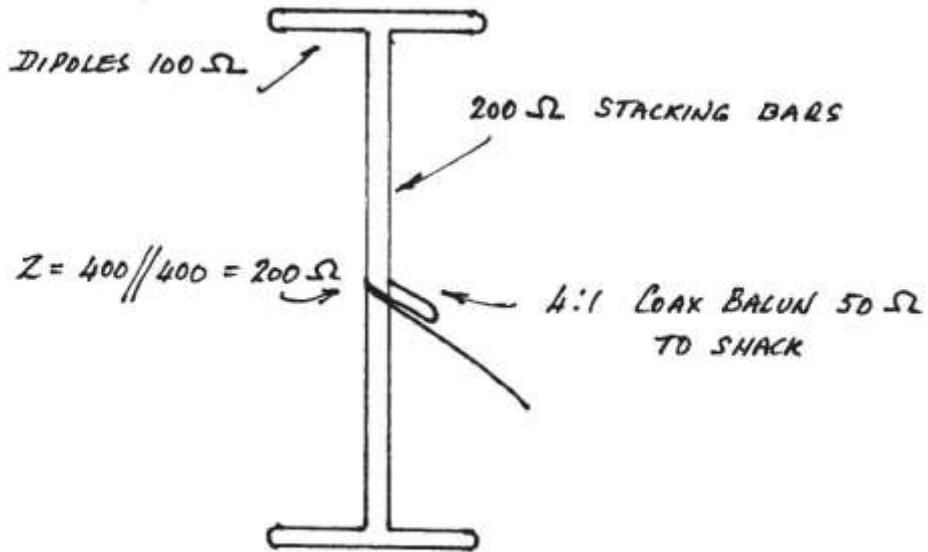


FIG 8a STACK OF TWO YAGIS.

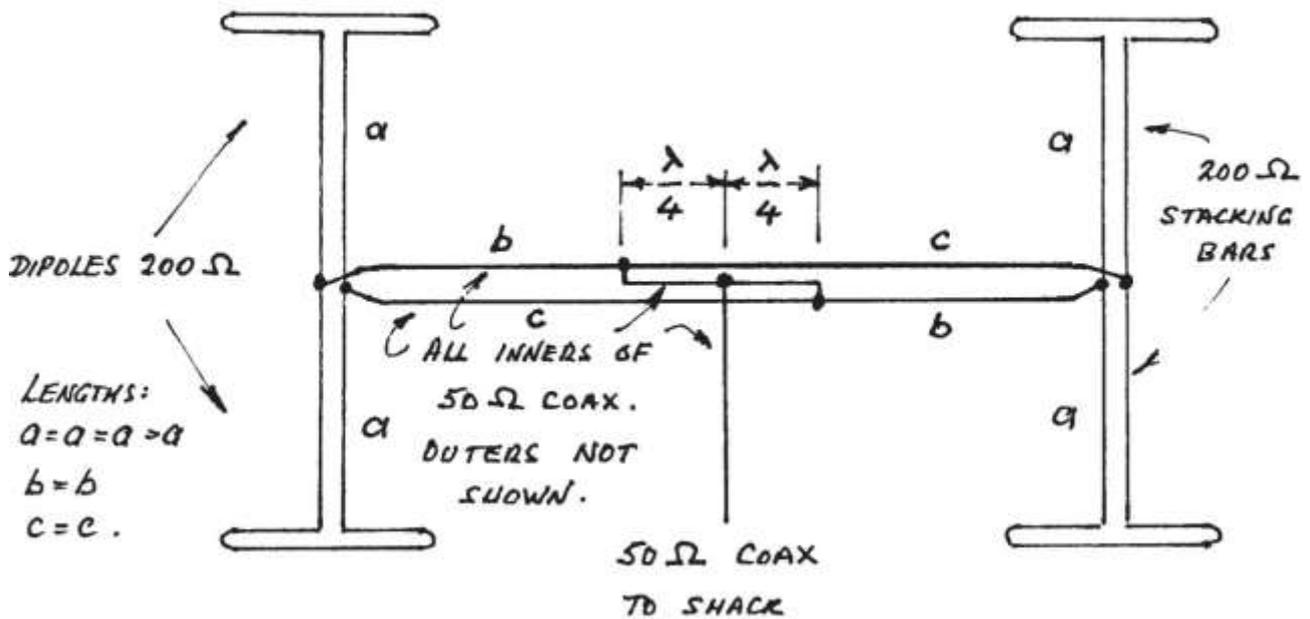


FIG 8b STACK OF FOUR YAGIS

Consulte la figura 8b. Esta es una pila de cuatro Yagis usando una conexión serie/paralelo que logra líneas planas, conversión de balance a desbalance y pérdidas mínimas y usa coaxial de 50 Ω . Es uno de mis favoritos porque es un original VK2ZAB.

Los dipolos están dispuestos para tener impedancias terminales de 200 Ω cada uno. Los Yagis en cada par apilado verticalmente están unidos por barras de apilamiento de 200 Ω de cualquier longitud. Por lo tanto, el centro de las barras de apilamiento está equilibrado en 100 Ω . Este punto está conectado al centro de 100 Ω de las barras de apilamiento del otro par Yagi mediante una línea de transmisión blindada de 100 Ω en forma de los interiores de dos líneas coaxiales de 50 Ω de cualquier longitud con sus exteriores unidos en puntos convenientes, como los extremos y las uniones. . Tenga en cuenta que el lado izquierdo de un conjunto de barras de apilamiento está conectado al lado de la mano de combate del otro conjunto. Cada una de estas líneas tiene una conexión en "T" en puntos de un cuarto de longitud de onda a cada lado del centro de las líneas coaxiales horizontales de 50 Ω , una a la derecha del centro y la otra a la izquierda. La impedancia en cada una de estas conexiones "T" es de 25 Ω a tierra y las señales presentes están en fase y desbalanceadas a tierra. Luego unimos estos dos puntos al cable de bajada al cable de bajada de 50 Ω a la cabaña a través de un divisor de potencia de dos patas de 50 Ω de impedancia que, por supuesto, puede ser un cable coaxial. Los dos puntos de 25 Ω se transforman a 100 Ω cada uno en paralelo en el centro del divisor y así presentan 50 Ω a la conexión del cable de bajada.

CONCLUSIÓN

El apilamiento de Yagis proporciona ganancia y control sobre el patrón de radiación más fácilmente y con menos tensión mecánica que con Yagis más grandes. ¡Hazlo!

Autor

GJMcDonald, VK2ZAB, 59
Wideview Road, Berowra
Heights, Nueva Gales del Sur.
2082.
Australia.

Teléfono/fax: (02) 9456 4163
Correo electrónico: VGMCD@bigpond.com

Agradecimientos

Richard Soulie VK2ARS por escanear el texto y los gráficos
Les Grant VK2KYJ para formatear y convertir a PDF