

4x5HJN2 – ANTENNA STAKING (IØHJN)

Uno degli assilli di chi si dedica ai contest in VHF è tirare fuori quell'evanescente segnalino DX e, soprattutto riuscire a farsi sentire anche senza l'uso di potenze significative. L'attenzione, ovviamente è rivolta all'antenna che, nella convinzione di molti, deve avere un guadagno il più elevato possibile. Nel nostro gruppo di "Contesters" in portatile disponevamo della famosa 16jxx di Sandro. Una antenna veramente progettata con molta cura, con un Guadagno di tutto rispetto (14,3 dBd) e, soprattutto, un lobo di emissione estremamente pulito.

L'elevata direttività di tale antenna risultava da un lobo di irradiazione orizzontale di soli 30 gradi (a meno



3 dB) il che rendeva estremamente critico il puntamento per rendere comprensibile quel segnalino fantasma che si sentiva esserci ma ancora troppo impercettibile per essere copiato. Da qui nacquero infinite discussioni nel gruppo su quale fosse il sistema migliore per il controllo della rotazione dell'antenna.

Il rotore che usavamo era, per motivi di controllo dei costi, un semplice rotore di quelli che un tempo si usavano per le antenne TV. Il sistema era sicuramente economico ma presentava alcuni problemi. Era rumoroso, non sempre riusciva a mantenere il sincronismo fra posizione dell'antenna ed indicazione del control box ma, soprattutto, era estremamente lento. L'esperienza ben presto ci insegnò che la lentezza di rotazione non aiutava, come si poteva pensare, la ricerca del puntamento ottimale ma faceva perdere tanto tempo alla ricerca del massimo segnale col rischio di perdere l'attimo ottimale per copiare il segnalino DX.

A seguito di tale convinzione l'amico Roberto IKØBDO sviluppò di versi sistemi di controllo della rotazione con comando meccanico manuale. L'ultimo di tali sistemi sperimentato faceva uso di un vecchio cric da automobile che col comando a manovella agiva su una vite senza fine la cui rotazione veniva trasmessa al palo di sostegno dell'antenna. Si era così raggiunto l'obiettivo di una rotazione veloce dell'antenna ma richiedeva un secondo operatore solo per il comando della manovella.

Nel 2008, dopo l'utilizzo del sistema di rotazione meccanica nel Contest delle Sezioni, a seguito di una analisi dei risultati del contest da parte del gruppo, nacque l'ipotesi di sperimentare l'uso di antenne accoppiate verticalmente come del resto facevano i grossi team abitualmente vincitori di queste contese.

Nella foto potete vedere un esempio estremo di tale approccio. È la stazione di K1WHS nello stato del Main. Il sistema copre tutti gli Stati Uniti senza l'uso di alcun rotore. Il sistema di antenne è così composto:

- Nr 16 antenne 5 elementi 144 MHz con 9,1 dB di guadagno
- Angolo di irradiazione orizzontale 52 gradi
- Guadagno complessivo maggiore di 20 dBd
- Altezza del complesso 24 metri

Perché antenne accoppiate, quali caratteristiche offrono ?

- L'accoppiamento verticale di due antenne identiche può risultare in un incremento di Guadagno di 2,5 – 2,9 dB
- L'accoppiamento verticale riduce l'ampiezza verticale del lobo di irradiazione ma anche introduce extra lobi laterali sul piano verticale (elevazione). Quando le antenne sono accoppiate verticalmente il lobo di irradiazione orizzontale del sistema sarà lo stesso di quello della singola antenna.
- Se si esagera con la distanza di accoppiamento, aumentano gli extra lobi verticali mentre si assottiglia il lobo principale aumentandone il guadagno. Ne risulta una sottrazione di energia dal lobo principale ed aumentano i negativi effetti di riflessione dal terreno dagli extra lobi. Bisogna quindi evitare di esagerare con la distanza di accoppiamento.
- Al contrario, una minore distanza di accoppiamento mentre diminuisce il guadagno ottenuto dal lobo principale riduce anche gli extra lobi il che potrebbe essere un importante compromesso da raggiungere.

Come dicevo, nel 2008 decidemmo di investigare la possibilità di usare antenne accoppiate nel Contest VHF del Lazio. Per prima cosa sono stati identificati gli obiettivi da raggiungere e i limiti che avevamo nella sua realizzazione come di seguito specificato:

- Massima altezza del palo di cui disponevamo: 8 metri
- Minima altezza antenna più bassa: 3 metri
- Guadagno del complesso: Uguale o maggiore della 16JXX (14.30 dBd)
- Angolo di Irradiazione orizzontale: Abbastanza ampio da coprire tutto il Nord Italia dal Lazio

Per definire quali e quante antenne dovevano costituire il complesso, ho analizzato i diversi tipi di antenne VHF che avevo sviluppato negli anni e che erano presenti nel cartella di Yagi Optimizer del mio computer.

Da questa analisi ho tratto la tabella che segue dove ho elencato le caratteristiche salienti delle antenne prese come riferimento.

ANTENNE DI RIFERIMENTO						
Nr El.	File	G dBd	F/r dB	Gradi orizz.	Imped.	Lungh. Boom
2	2hjnprov	4,02	9,42	70	47	0,4
3	3hjngold	6,65	10	60	34,3	1,08
4	4light	7,33	12	56	45	1,00
5	5hjn2	9,01	25	50	28	2,00
6	6bdosan	9,89	22	46	33,5	2,50
7	7hjn2	11,32	18	36	28	3,45
8	8light	10,53	34	44	24	3,90
9	9hjngold	11,66	22	36	27	3,95
10	10hjn2	13,01	25	32	30	6,00
16	16jxx	14,30	28	30	28	9,30

Di queste antenne ho poi esaminato le varie ipotesi di staking. Nelle ipotesi di accoppiamento di 3 o 4 antenne ho poi elencato il massimo Guadagno ottenibile e a quale distanza di accoppiamento. Nella colonna a fianco viene poi evidenziato il Guadagno ottenuto con una distanza di accoppiamento inferiore basata sulla massima altezza del palo disponibile.

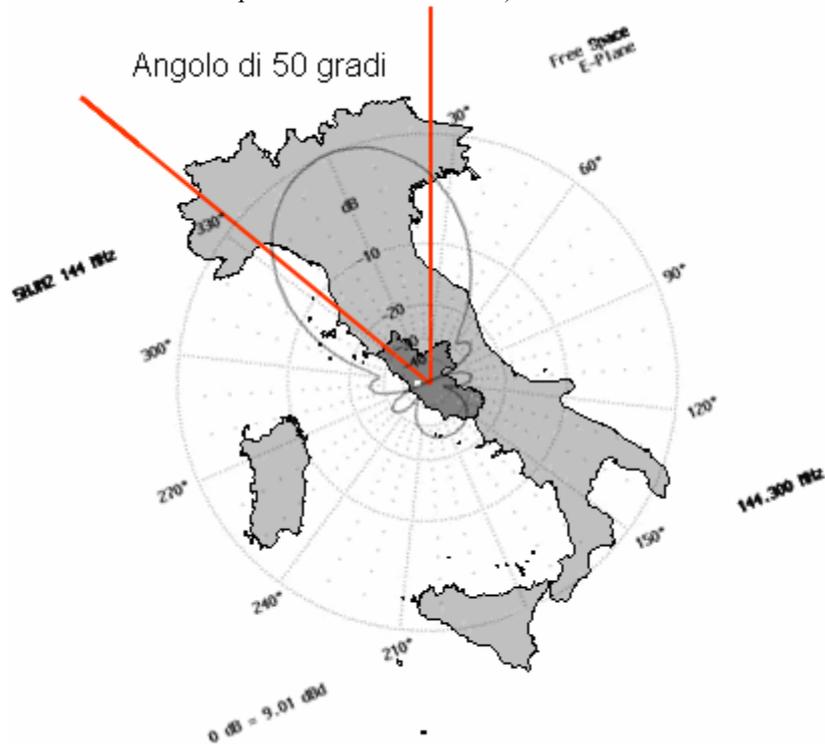
Nella tabella che segue sono evidenziate in giallo le possibilità di Guadagno superiore alla 16JXX come da obiettivo postoci. Come risulta evidente, la scelta finale è caduta sull'accoppiamento di 4 antenne 5HJN2 per il loro Guadagno di circa 1 dB superiore alla 16JXX e per l'angolo di irradiazione di 50 gradi. È da notare come le limitazioni imposteci dalla massima lunghezza del palo di supporto ci abbia costretto a rinunciare ad avere un Guadagno di 16 dBd ottenibile con una spaziatura di 2,60 metri contro 1 metro e 60 cui siamo stati costretti.

File	Stack 2x		Stack 3x			Stack 4x		
	Max G		Max G		G	Max G		G
	dBd	Dist	dBd	Dist	a 2.5m	dBd	Dist	a 1.66m
2hjnprov	7,90	3,42	9,98	3,60	8,14	12,69	1,62	-
3hjngold	9,88	3,76	11,77	3,88	11,37	13,15	2,14	12,61
4light	10,46	3,52	12,33	3,76	12,21	14,21	1,72	14,13
5hjn2	12,48	3,00	14,46	2,70	14,26	16,02	2,62	15,20
6bdosan	13,29	3,12	15,19	2,88	14,85	16,46	2,76	15,51
7hjn2	14,65	3,42	16,48	3,42	15,71	17,73	3,48	16,18
8light	13,91	2,94	15,78	2,82	15,61	17,03	2,70	15,86
9hjngold	15,01	3,42	16,88	3,48	15,99	18,14	3,54	16,40
10hjn2	16,20	3,66	18,04	3,78	16,86	19,33	3,78	17,12

Angolo di irradiazione orizzontale

Per convenzione si definisce angolo di irradiazione orizzontale quell'angolo entro cui il Guadagno dell'antenna scende di 3 dB rispetto a quello massimo. Nella figura che segue è stato riportato sulla cartina d'Italia il lobo di irradiazione della 5HJN2, ottenuto da YO, centrandolo sul Lazio. Con le linee rosse si è poi indicato l'angolo di 50 gradi per dare una idea dell'area geografica coperta senza necessità di rotazione dell'antenna. È poi da tenere presente che anche agli estremi dei 50 gradi si ha pur sempre il notevole Guadagno di oltre 12 dBd il che consente agevolmente di coprire tutto il Nord Italia che è il bacino di utenza

più interessante per i contest in 144 MHz. Ovviamente i vantaggi di tale ampia apertura si manifestano sia in trasmissione (non è necessario ruotare l'antenna per farsi sentire) che in ricezione (si hanno più possibilità di sentire segnali anche se non in linea col puntamento dell'antenna).



Adattamento con cavo coassiale

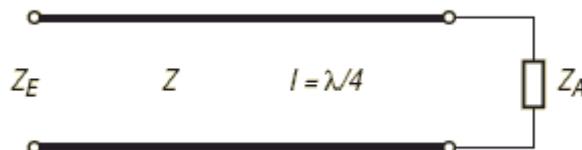
Una volta definite quali e quante antenne accoppiare è necessario stabilire in quale modo tali antenne vengono collegate per presentare una impedenza finale di 50 Ohm per la connessione al cavo di discesa verso l'apparato ricetrasmittente.

In commercio esistono degli accoppiatori coassiali per collegare due o quattro antenne ma perché ricorrere al commercio quando è possibile sfruttare lo spirito di autocostruzione dei Radioamatori ?

Il compito è stato affidato a Roberto IK0BDO che ha suggerito di realizzare gli accoppiamenti sfruttando la capacità di trasformazione di impedenza delle linee di trasmissione. Nel nostro caso con l'utilizzo di cavo coassiale.

I cavi di accoppiamento sono fatti con multipli dispari di spezzoni di cavo lunghi $\lambda/4$. essi usano la caratteristica di trasformazione di impedenza di una linea Lambda quarti come qui sotto sintetizzato:

$$Z_E = Z^2 / Z_A$$

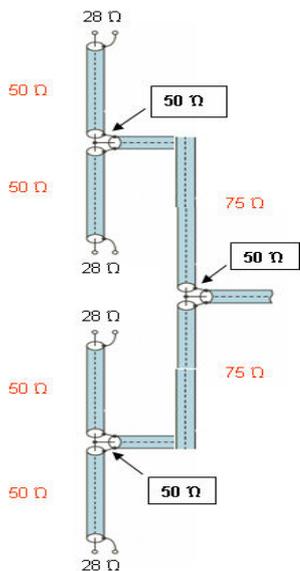


- Dove
- Z_E = Impedenza della linea verso l'RTX
 - Z = Impedenza della linea di accoppiamento lunga un numero dispari di $\lambda/4$
 - Z_A = Impedenza dell'antenna

Usando il cavo coassiale, per calcolare la lunghezza di $\lambda/4$ occorre tenere presente il fattore di velocità V del cavo utilizzato. Ad esempio, per il cavo RG213 il fattore di velocità è 0,66 per cui a 144,300 MHz lo spezzone $\lambda/4$ diventa:

$$\lambda/4 = \frac{c}{f} \times \frac{1}{4} \times fv = \frac{299,8}{144,300} \times \frac{1}{4} \times 0,66 = 0,343 \text{ metri}$$

- Dove
- c = velocità della luce
 - f = Frequenza in MHz
 - fv = Fattore di velocità del cavo



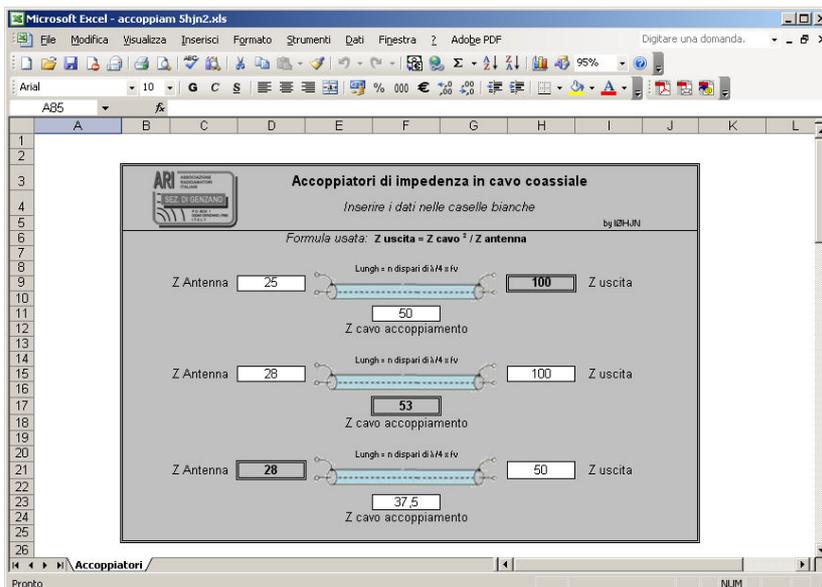
Roberto IK0BDO, a cui era stato affidato il compito di definire la rete di accoppiamento delle antenne, ha sviluppato la soluzione indicata a fianco dove tutti i tronconi di cavo coassiale sono multipli dispari di $\frac{1}{4}$ d'onda.

Applicando la formula precedente per il calcolo dell'adattamento di impedenza si può evidenziare che:

- Il primo troncone di cavo a 50 Ohm trasforma l'impedenza dell'antenna di 28 Ohm in 100 Ohm.
- Nella giunzione delle prime due antenne quindi si trovano due impedenze di 100 Ohm in parallelo col risultato di una impedenza di 50 Ohm come indicato in figura.
- Il troncone di cavo a 75 Ohm trasforma i 50 Ohm di ciascuna coppia di antenne in 100 Ohm.
- Infine, le due coppie di antenne in parallelo producono una impedenza finale di 50 Ohm consentendo così l'accoppiamento necessario coi 50 Ohm del cavo di discesa verso la ricetrasmittente.

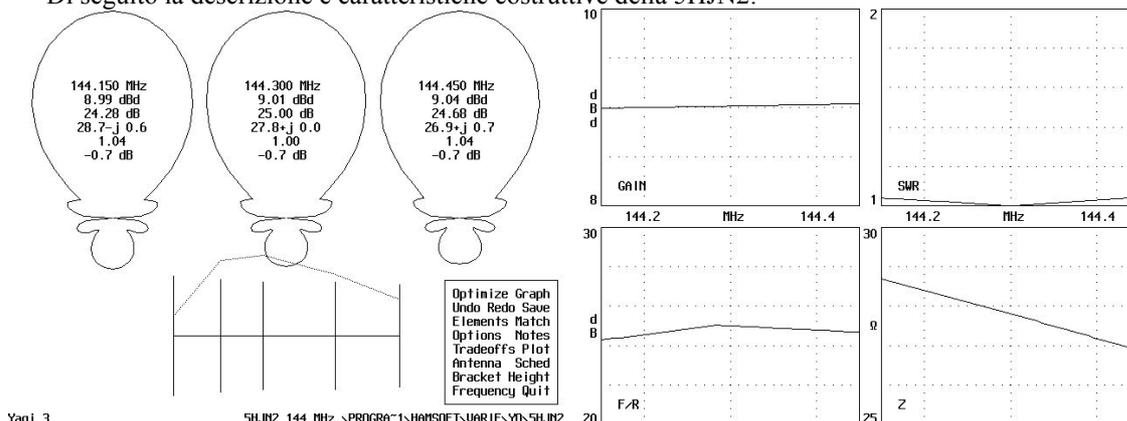
La definizione di questo tipo di accoppiamento ha, di conseguenza, indotto la necessità di progettare le antenne con una impedenza di 28 Ohm. Inoltre, nella progettazione si è favorito ottenere il massimo angolo di cattura orizzontale a discapito del massimo guadagno ottenibile.

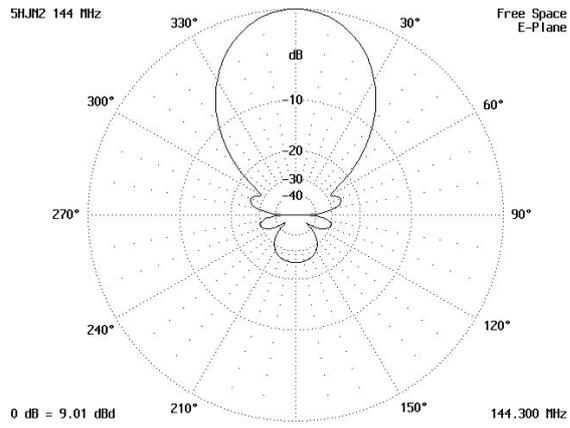
Per facilitare l'analisi e la definizione di una rete di accoppiamento di antenne, ho riportato la formula dell'adattamento di impedenza in un foglio di calcolo la cui schermata si presenta come segue:



Il File del Foglio di calcolo è reperibile sul sito www.grca.eu alla pagina Autocostruzione/Software. Immettendo i dati nei campi in bianco viene calcolata l'incognita evidenziata nei campi in grigio. Nel File sono inoltre riportati diversi esempi di accoppiamento di due o quattro antenne sia con disposizione verticale che ad H per un uso satellitare o moon bounce.

Di seguito la descrizione e caratteristiche costruttive della 5HJN2:





5HJN2 144 MHz	
144.150	144.300 144.450 MHz
5 elements, millimeters	
	5.0000
0.0000	523.4929
404.9834	493.6089
780.8304	471.2679
1407.5751	468.2689
1970.0000	447.4898



73 de Gaetano IØHJN