

ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI



BIBLIOTECA TECNICA INTERNA

\*\*\*\*\*

*Balun* ovvero

**Trasformatori simmetrizzatori, a regola d'arte  
Realizzazione pratica**

Nico Michelini, IV3ALA

v. 2/2014

## INTRODUZIONE

La funzione di un simmetrizzatore è di bilanciare le correnti nei due rami di un'antenna e di conseguenza attenuare il più possibile la corrente di modo comune che tende a scorrere sulla superficie esterna del cavo coassiale con cui si alimenta comunemente un'antenna.

La corrente di modo comune tende a distorcere il diagramma di radiazione dell'antenna a causa del fatto che la parte esterna del cavo coassiale contribuisce alla radiazione elettromagnetica emessa dall'antenna. Da ciò se ne deduce che, oltre che essere irradiata fuori dalla stazione, parte dell'energia a radiofrequenza è condotta fino sulla carcassa dell'apparato ed oltre.

Viceversa, avviene anche il contrario, ossia tutto il rumore elettronico generato dentro la stazione radio o nelle vicinanze dalle varie apparecchiature presenti, mentre normalmente potrebbe essere talmente debole da non dare disturbo per irradiazione, è invece condotto tramite la superficie esterna del cavo coassiale fino all'antenna, e da lì rientra fino alla radio, con le ovvie conseguenze.

Da qui la necessità di isolare l'antenna dal resto degli impianti, cosa che si realizza inserendo un'impedenza che abbia effetto solo sulla superficie esterna della linea di trasmissione coassiale.<sup>1</sup>

Sarà quindi descritta la realizzazione pratica di due simmetrizzatori (*balun*) adatti ad essere usati nelle gamme delle onde corte da 1,8 a 30 MHz, realizzati con adatti materiali facilmente reperibili, relativamente economici, e soprattutto... funzionanti.

## REALIZZAZIONE PRATICA DI UN SIMMETRIZZATORE (BALUN) 1÷1 PER HF (tipo1)

Requisiti minimi per un simmetrizzatore valido:

- sufficiente impedenza di modo comune
- potenza sopportabile
- resistenza alle intemperie
- reperibilità dei materiali necessari
- costo

**Avvertenza: in queste realizzazioni è escluso l'uso di materiali isolanti per RF contenenti PVC, il quale a 50 Hz è un ottimo isolante mentre in HF questa caratteristica non è mantenuta. Usare polietilene o teflon.**

Saranno in realtà descritte due realizzazioni dello stesso tipo di simmetrizzatore, una realizzata con cavo coassiale su unico nucleo di ferrite e munito di connettori coassiali su entrambi i terminali, adatto ad essere inserito lungo la linea di trasmissione.

Il secondo realizzato con filo di rame isolato ed attorcigliato, avvolto su due nuclei di ferrite, questo installato in una scatola impermeabile più grande, munita di un connettore coassiale e dall'altro lato di due galletti per collegare i capi dell'antenna. Munito anche di un golphare per sospenderlo eventualmente dove necessario.

---

<sup>1</sup> Vedere la pubblicazione: Trasformatori simmetrizzatori a regola d'arte.

Il nucleo è stato acquistato presso il distributore tedesco WIMO ([www.wimo.de](http://www.wimo.de)) è di ferrite delle dimensioni di 58,5 x 34 x 12,5 mm, ha una permeabilità iniziale ( $\mu_i$ ) di circa 800. È stato prima avvolto con del nastro in fibre di vetro, ad esempio il 3M tipo 27. Questo allo scopo di ricoprire eventuali spigoli abrasivi sul nucleo rispetto al conduttore. Non proprio necessario, visto che in questo caso è stato usato del cavo coassiale, che deve essere privato della guaina esterna allo scopo di renderlo più flessibile, e che il nucleo di ferrite ha una resistività nell'ordine da  $10^5$  a  $10^9 \Omega/\text{cm}$ . Lo sarebbe stato sicuramente, invece, se fosse stato usato del filo di rame smaltato.<sup>2</sup>

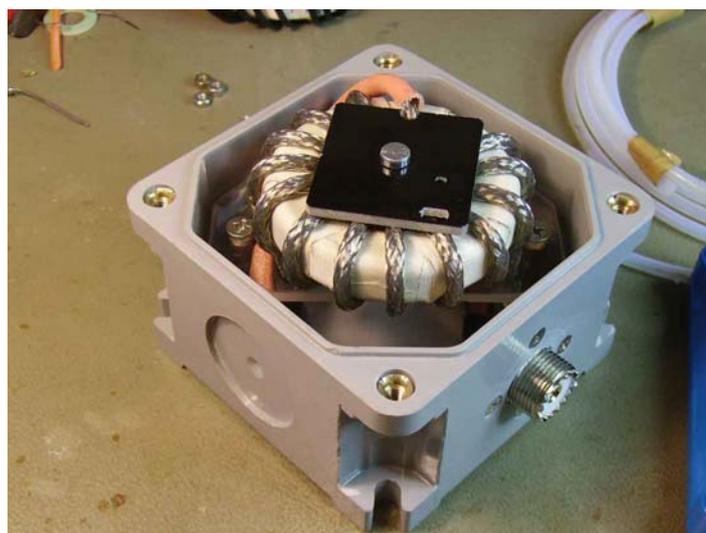
L'avvolgimento è costituito da 13 spire di cavo coassiale RG-58/U al quale deve essere tolta la guaina esterna per renderlo più flessibile e poterlo avvolgere meglio sul nucleo. I due capi dell'avvolgimento sono collegati ai due connettori coassiali SO239.

La scatola è della ditta Palazzoli serie TAIS, dimensioni 92 x 92 x 68, (codice Palazzoli 532035) ed è in resina termoindurente con coperchio munito di guarnizione che la rende protetta con grado IP67, beninteso se gli accessi all'interno sono adeguatamente sigillati con silicone. Vedi Fig.1

Le dimensioni sono le minime indispensabili, difatti l'avvolgimento è stato tenuto sollevato dal fondo per sfruttare tutto lo spazio disponibile nella scatola.



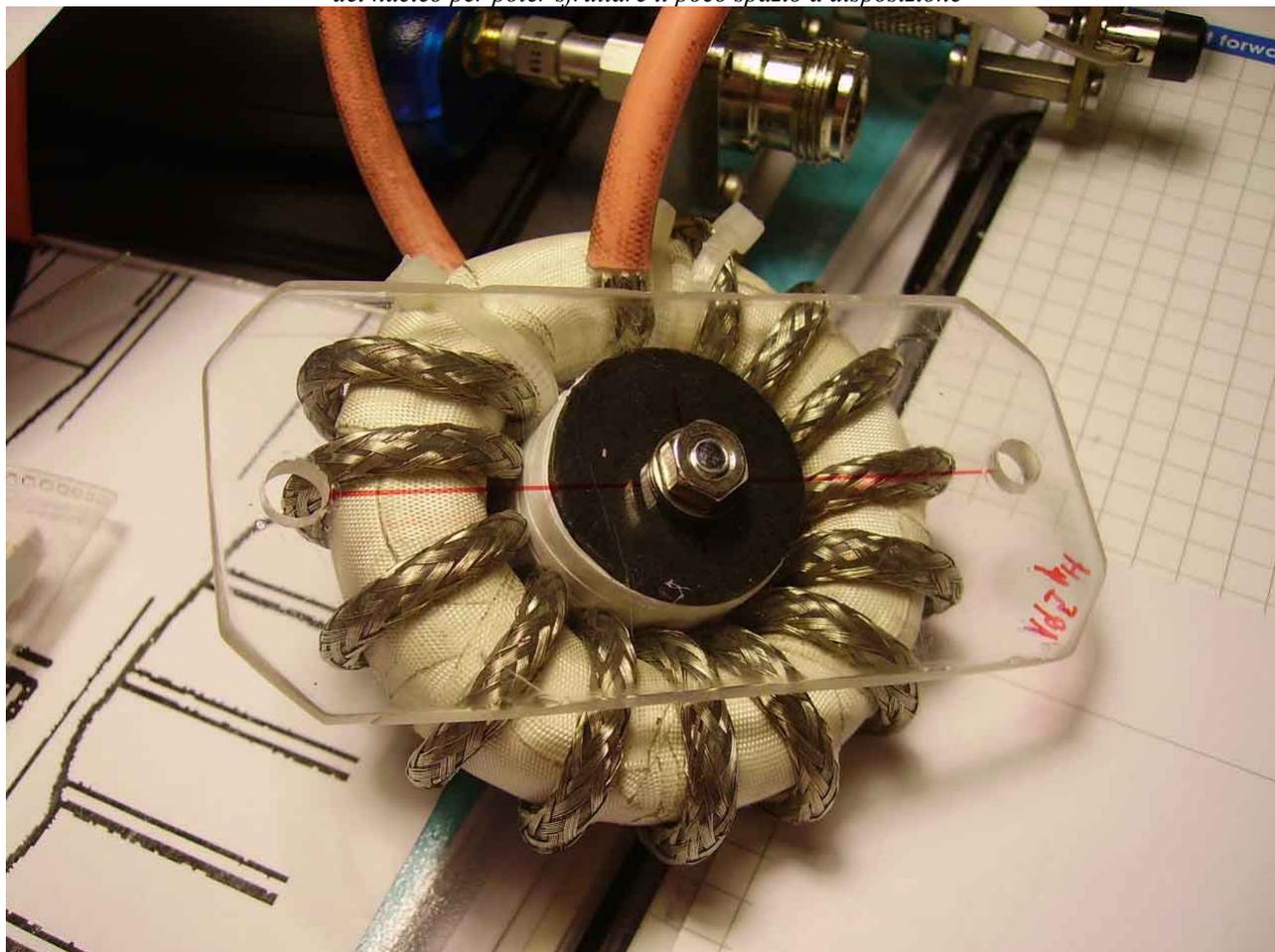
*Fig.1 – Sigillatura del connettore, anche sulle teste delle viti all'esterno è stata applicata una goccia di sigillante. Non serve esagerare con quest'ultimo.*



*Fig. 2 – Aspetto del simmetrizzatore montato. Notare il montaggio sollevato.*

<sup>2</sup> I nuclei in ferro polverizzato, peraltro non adatti a costruire questi dispositivi, hanno una resistività nell'ordine di  $10^{-2} \Omega/\text{cm}$ .

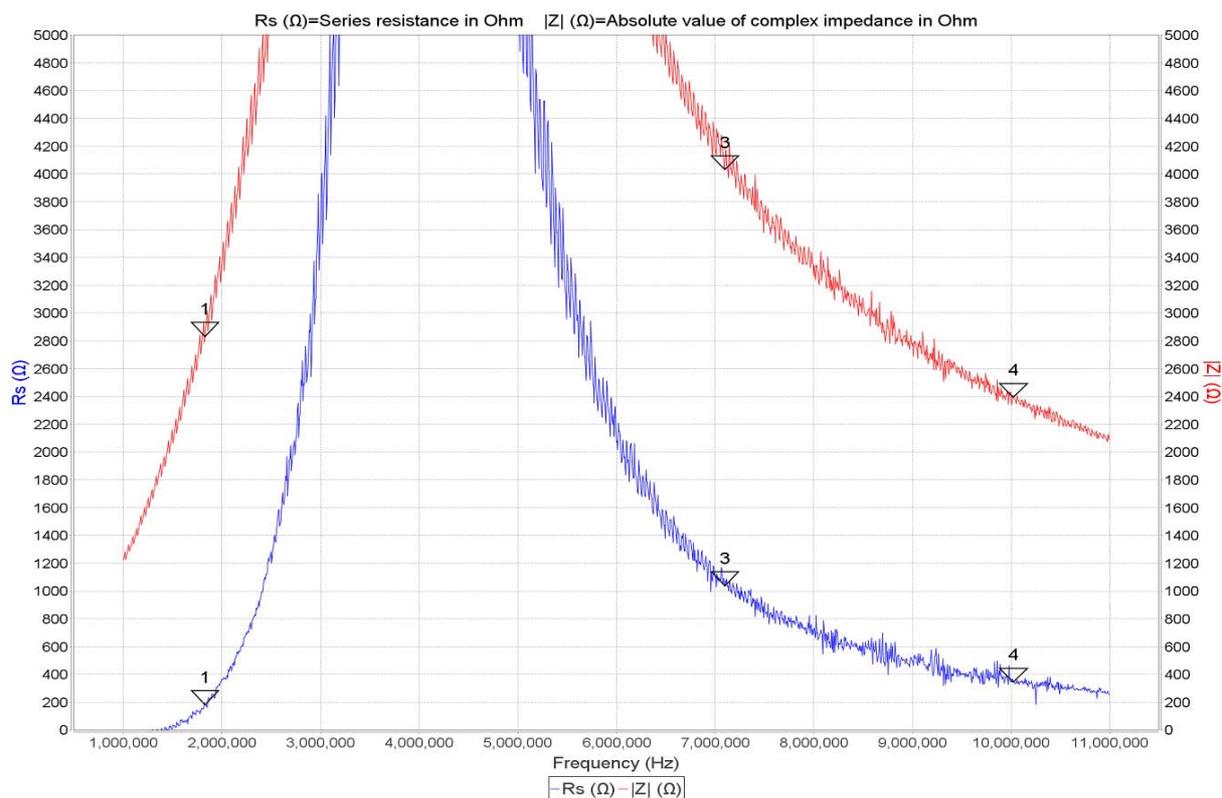
*del nucleo per poter sfruttare il poco spazio a disposizione*



*Fig. 3 – Aspetto dell'avvolgimento sul nucleo. Si nota la lastrina di plexiglass ed il cilindro interno ricoperto con nastro di teflon per il supporto del simmetrizzatore. Le estremità dell'avvolgimento sono infilate in tubetto di fibra di vetro ricoperto con gomma di silicone (non indispensabile).*

È perfettamente inutile misurare il ROS di questo dispositivo collegato ad un carico fittizio da 50 ohm, (ovvio, no?) Se possibile, misurare e tracciare il grafico dell'impedenza di modo comune con un analizzatore di reti, ad es. il *miniVNA*, oppure anche il *RigExpert* (o meglio un *hp8714*) e verificare di trovare una curva molto simile a quella visibile nella pagina seguente.

# BALUN 1 ÷ 1 tipo 1



Marker	Freq. (Hz)	RL (dB)	RP (°)	TL (dB)	TP (°)	SWR	Z  (Ω)	Rs (Ω)	Xs (Ω)
1	1,829,010	-0.02	2.02	0.00	0.00	79.91:1	2831.3	182.3	2825.4
2	3,620,947	-0.06	0.26	0.00	0.00	14.61:1	12849.3	10495.8	7412.2
1-2	1,791,937	0.04	1.76	0.00	0.00	---	10018.0	10313.6	4586.8
3	7,096,412	-0.06	-1.37	0.00	0.00	13.18:1	4029.8	1037.2	-3894.1
4	10,023,455	-0.05	-2.37	0.00	0.00	32.64:1	2393.6	344.6	-2368.6

Fig. 4 – Nucleo singolo WIMO

Osservate la tabella associata alla Fig. 4, come si nota, a 1829 kHz (punto 1, curva rossa o superiore) l'impedenza di modo comune ( $Z_{cm}$ ) è 2831 ohm (colonna  $|Z|$ ), con un picco maggiore di 5000 ohm a 3620 kHz, per scendere a 2393 ohm a 10023 kHz. Per cui questo simmetrizzatore funziona bene nelle bande basse fino a circa 11 MHz, ed accettabilmente a 14 MHz. Oltre non ha un'impedenza  $Z_{cm}$  sufficiente.

La potenza massima sopportabile dal dispositivo dipende in massima parte dalla temperatura che raggiungerà il nucleo durante il funzionamento. Raggiungendo la temperatura cosiddetta di Curie, il nucleo perderebbe ogni caratteristica (per questo materiale la  $T_{Curie}$  è di 150°C). Dipende anche dalla  $Z_{cm}$  ottenuta, ed in ultimo dal grado d'isolamento dei materiali impiegati.

Per questi motivi si deve ottenere la maggiore impedenza  $Z_{cm}$  possibile, col minor numero di spire avvolte. Questo non è possibile utilizzando nuclei di ferro polverizzato, ad es. tipo T200-2 o T200-6 ossia quelli che comunemente sono rispettivamente contraddistinti dalla verniciatura rossa e gialla.

## REALIZZAZIONE PRATICA DI UN SIMMETRIZZATORE (BALUN) 1÷1 PER HF (tipo2)

Il secondo modello di simmetrizzatore realizzato differisce dal primo principalmente perché adatto ad essere installato nel punto di alimentazione dell'antenna. È infatti dotato di galletti da un lato e di un connettore coassiale dall'altro, e di un golfare sulla parte superiore nel caso necessiti essere appeso al supporto per non gravare sull'antenna stessa.

Allo scopo di potervi applicare una potenza maggiore (stimata in  $500 W_{pep}$ ) è stato realizzato con due nuclei sovrapposti, dello stesso tipo precedente, tenuti assieme con nastro in fibre di vetro già visto prima. Tra le superfici di contatto tra i due nuclei vi è applicato uno strato del suddetto nastro.

L'avvolgimento è costituito da 8 spire di due fili di rame accoppiati e attorcigliati. L'isolamento dei fili è di polietilene.

Con l'occasione si ribadisce un concetto: non è possibile utilizzare fili isolati con PVC in questi dispositivi, a 50 Hz il PVC è un ottimo isolante, ma non è più lo stesso in alta frequenza.

La scatola è sempre della Palazzoli, serie TAIS, dimensioni  $125 \times 92 \times 68$ , ed è in resina termoindurente con coperchio munito di guarnizione che la rende protetta con grado IP67, beninteso se gli altri accessi all'interno sono adeguatamente sigillati con silicone.

È munita di isolatori passanti in resina epossidica, allo scopo di migliorare l'isolamento in condizioni di scatola bagnata. Non proprio necessari, ma usati, dato che erano disponibili. Ogni oggetto che penetra le pareti della scatola è adeguatamente sigillato con silicone, senza esagerare.

Per questo tipo di dispositivo è stata scelta una scatola leggermente più grande per sistemare il nucleo e gli isolatori passanti

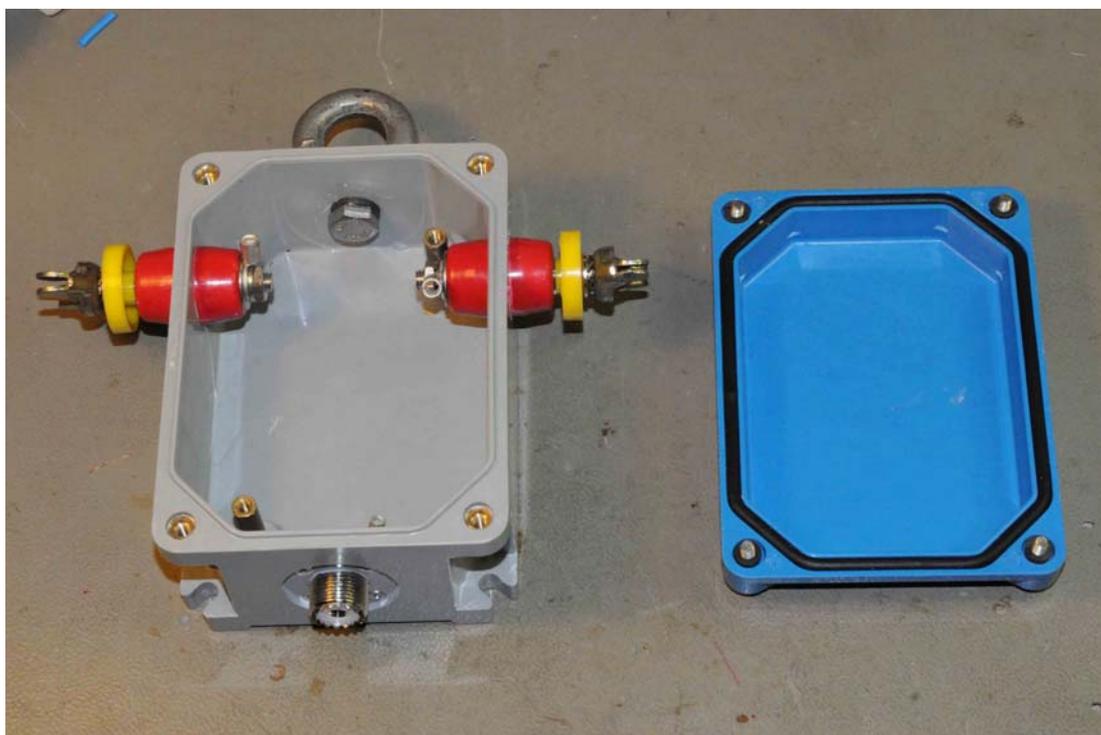
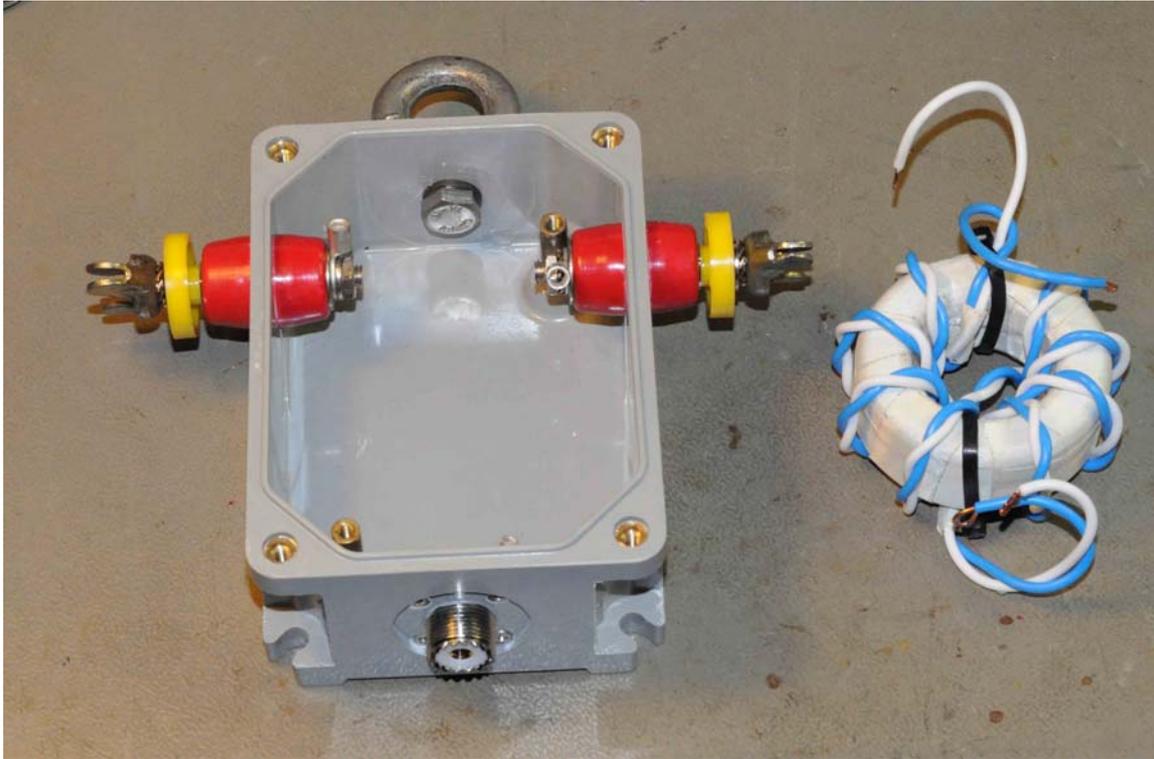
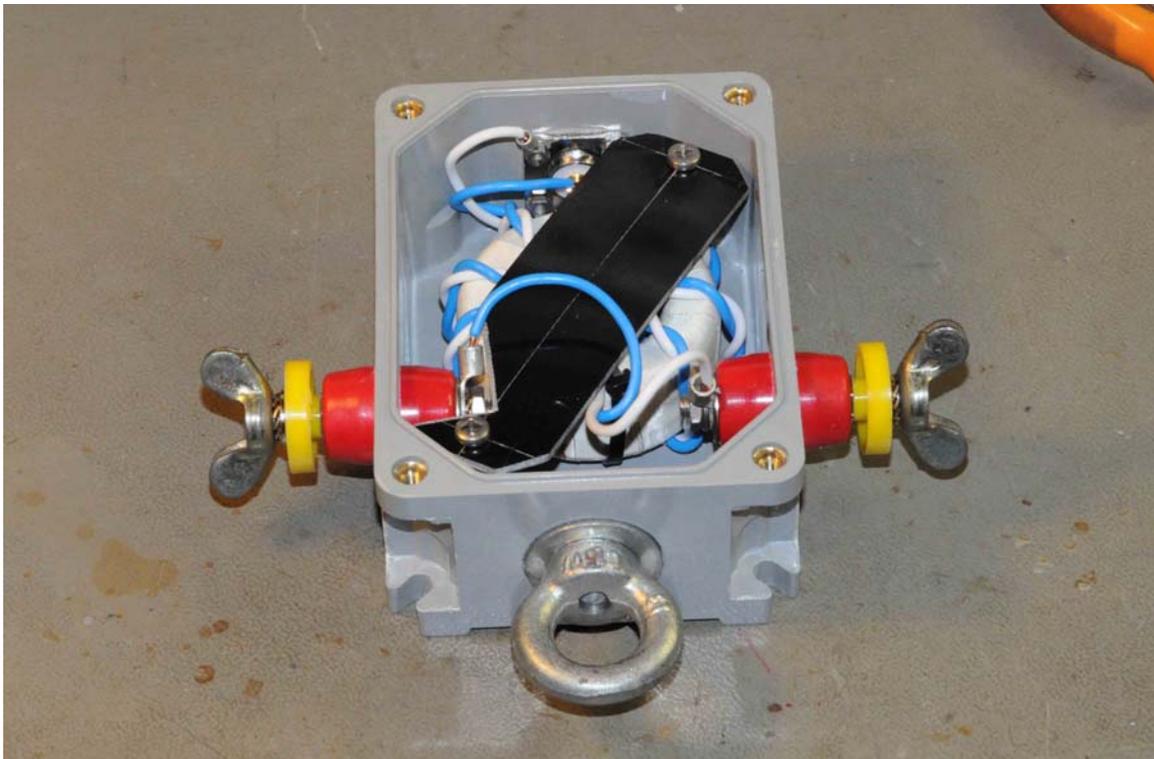


Fig. 5 – Aspetto della scatola corredata di isolatori, connettore e golfare. Notare la guarnizione del coperchio e la posizione delle viti chi chiusura che non penetrano all'interno del compartimento stagno.



*Fig. 6 – Vista della scatola e dell'avvolgimento*



*Fig. 7 – Vista della scatola dall'altro lato, l'avvolgimento sistemato all'interno e la piastrina nera in fibre di vetro per il fissaggio del simmetrizzatore*



Fig. 8 – Vista dell'avvolgimento sui nuclei sovrapposti.

### MATERIALI PARTICOLARI<sup>3</sup>

Nucleo magnetico Ferrite	WIMO	codice 40094.58	58 x 34 x 13 mm
Contenitore ermetico IP67	Palazzoli	codice 532035	92 x 92 x 68 mm
Contenitore ermetico IP67	Palazzoli	codice 532045	125 x 92 x 68 mm
Nastro in fibra di vetro	3M	tipo 27	

NOTA: IP67 significa,  
 6 - impermeabile alla polvere;  
 7 - Protezione contro l'immersione momentanea

### RIFERIMENTI

Tom Rauch, W8JI  
 Jerry Sevick,  
 Owen Duffy, ex VK1OD, ora VK2OMD; (<http://owenduffy.net/blog/>)  
 Catalogo Palazzoli  
 Ditta Wimo, Germania ([www.wimo.de](http://www.wimo.de))  
 miniradiosolutions  
 Catalogo 3M

<sup>3</sup> L'Autore non tiene rapporti commerciali di alcun genere con le ditte menzionate nel testo. È possibile utilizzare altri materiali purché di pari caratteristiche.

# MISURA DELL'IMPEDENZA DI MODO COMUNE

## BALUN 1 ÷ 1 tipo 1/2

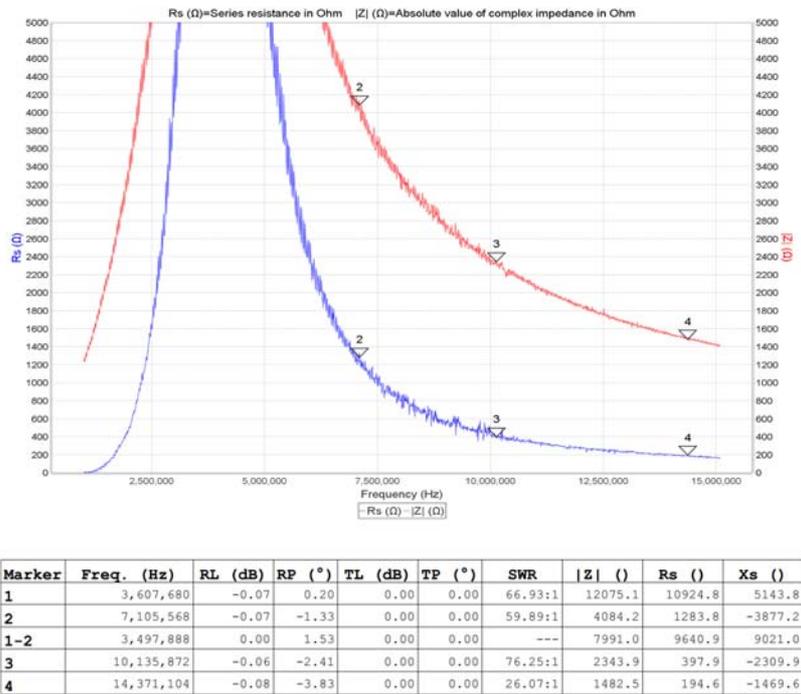


Fig. 9 – Avvolgimento su doppio nucleo WIMO, dati fino in banda 20 m.

## BALUN 1 ÷ 1 tipo 2

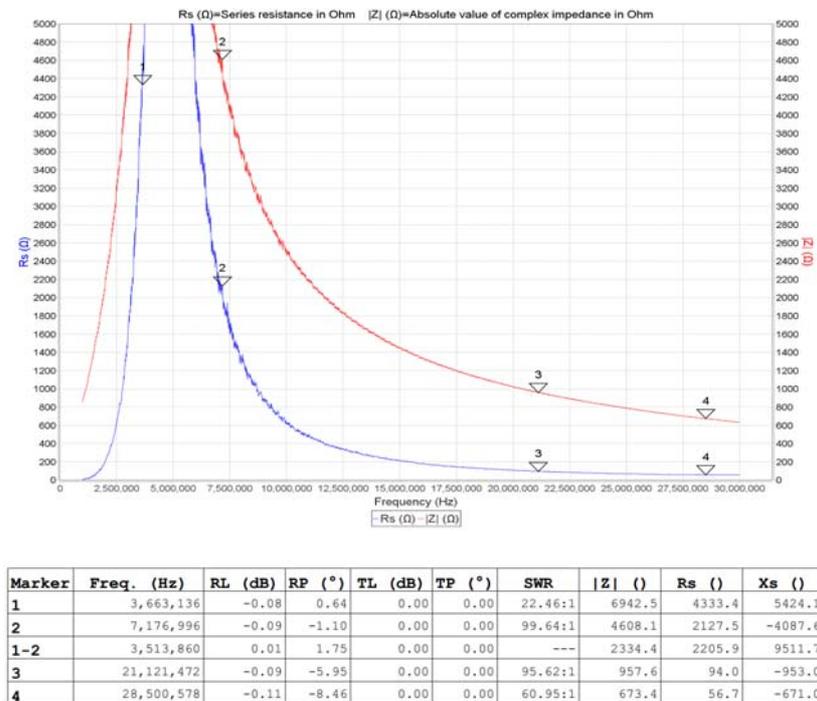
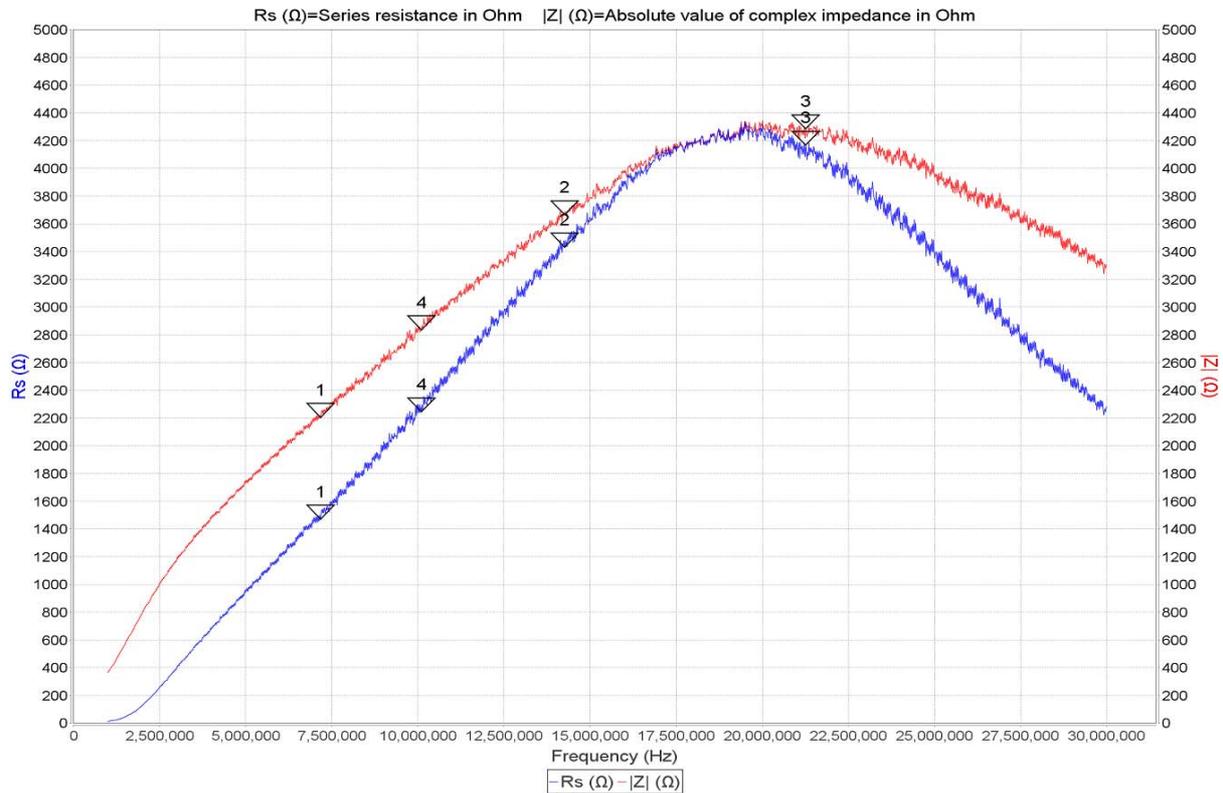


Fig. 10 – Avvolgimento su doppio nucleo WIMO, dati fino in banda 10m.

Avanzando un corto spezzone del bifilare che si vede nelle foto, avvolgendo 7 spire su un unico nucleo si ottengono le curve sottostanti. Notare i punti caratteristici visibili nella tabella più sotto, l'impedenza  $Z_{cm}$  è sufficiente solo da circa 4 MHz a ben oltre i 30 MHz, per essere precisi fino a 51 MHz.

### BALUN 1 ÷ 1 tipo 3

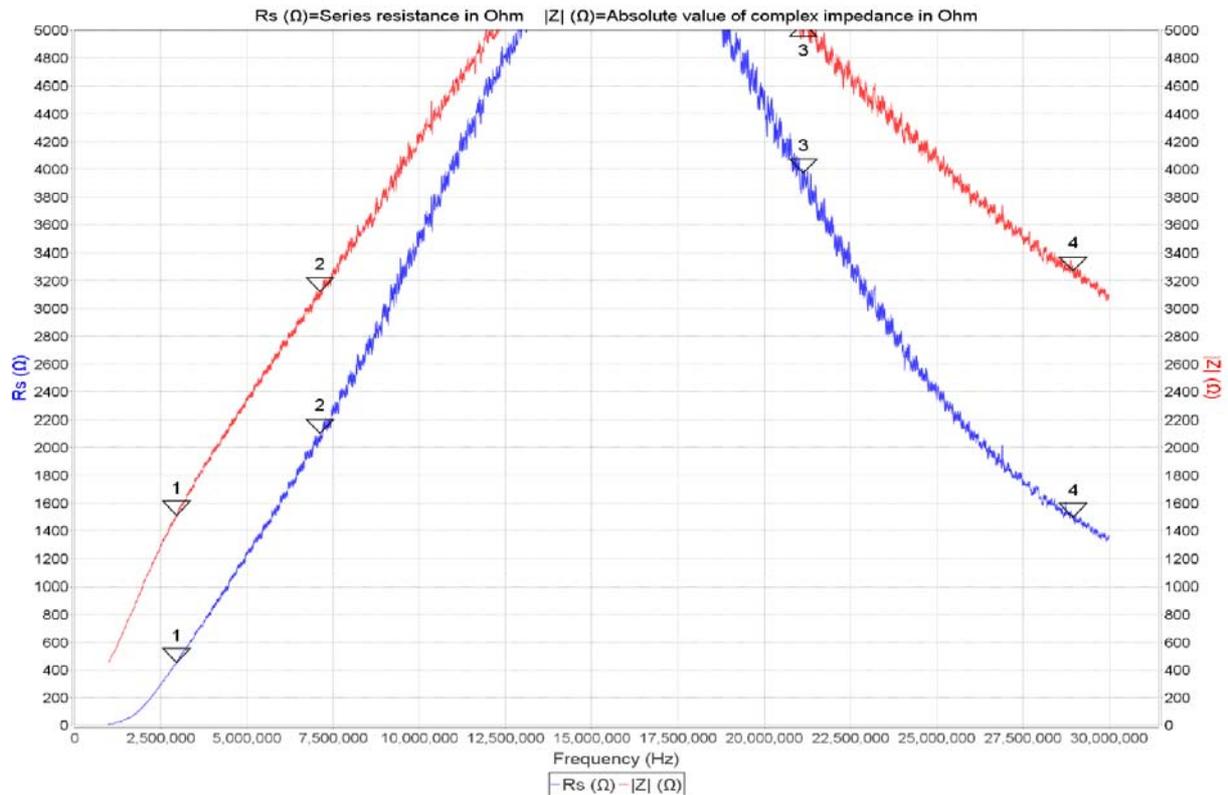


Marker	Freq. (Hz)	RL (dB)	RP (°)	TL (dB)	TP (°)	SWR	Z  (Ω)	Rs (Ω)	Xs (Ω)
1	7,176,996	-0.26	1.94	0.00	0.00	66.06:1	2203.9	1471.0	1641.2
2	14,260,198	-0.22	0.55	0.00	0.00	78.29:1	3665.6	3432.6	1286.2
1-2	7,083,202	0.04	1.39	0.00	0.00	---	1461.7	1961.5	355.0
3	21,250,930	-0.20	-0.31	0.00	0.00	88.11:1	4285.5	4168.7	-993.7
4	10,099,048	-0.24	1.23	0.00	0.00	71.61:1	2835.3	2245.5	1731.2

Fig. 11 – Singolo nucleo WIMO con 7 sp bifilare, dati fino in 10m,  $Z_{cm}$  minima di  $\approx 1500$  ohm da 3,5 MHz a 30 MHz e fin oltre i 50 MHz.

Avvolgendo invece 8,5 spire su un unico nucleo si ottengono le curve sottostanti. Notare i punti caratteristici visibili nella tabella più sotto, l'impedenza  $Z_{cm}$  è  $\approx 1500$  ohm solo da circa 2,9 MHz a ben oltre 30 MHz, per essere precisi fino a 51 MHz.

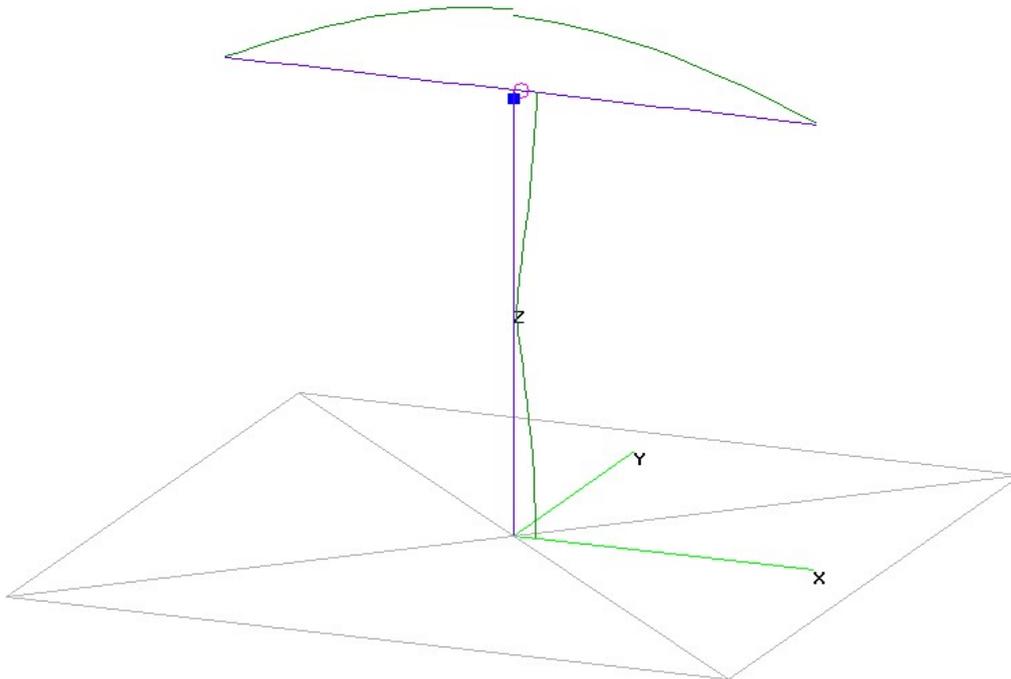
### BALUN 1 ÷ 1 tipo 3



Marker	Freq. (Hz)	RL (dB)	RP (°)	TL (dB)	TP (°)	SWR	Z  (Ω)	Rs (Ω)	Xs (Ω)
1	2,960,364	-0.17	3.61	0.00	0.00	01.09:1	1512.8	453.2	1443.3
2	7,121,514	-0.19	1.36	0.00	0.00	92.72:1	3123.1	2104.3	2307.7
1-2	4,161,150	0.02	2.26	0.00	0.00	---	1610.3	1651.1	864.4
3	21,139,966	-0.14	-0.70	0.00	0.00	28.59:1	5055.2	3975.0	-3123.3
4	28,944,434	-0.12	-1.56	0.00	0.00	42.96:1	3270.9	1497.0	-2908.2

Fig. 12 – Unico nucleo WIMO con 8,5 spire bifilare, utile da 3 MHz a 30 MHz ed oltre.

## BALUN, REGOLA DEI 500 OHM



*Fig. 13 – Simulazione della corrente di modo comune lungo una linea di trasmissione*

Qui sopra è visibile un modello per la simulazione di un dipolo effettuata col programma 4NEC2. Il conduttore verticale simula il percorso della corrente di modo comune su un cavo coassiale, il quadrato blu vicino alla sommità rappresenta il modello di un balun con un'impedenza di  $5 + j500$  ohm. Il cerchio rosso rappresenta la sorgente che eccita il modello dell'antenna (100 W). In questo modo si simula comunemente l'alimentazione coassiale di un dipolo.

La soluzione calcolata mostra la magnitudo della corrente sui conduttori. Come si nota, c'è una non trascurabile corrente di modo comune sulla linea di trasmissione, ciò stante, la regola dei 500 ohm d'impedenza di modo comune considerata come la minima per un balun, non sembra sufficiente a ridurre tale corrente a valori insignificanti. (Rif. Duffy 2014).

Si ricorda che la corrente di modo comune non è diretta solo dall'antenna all'interno della stazione radio, in trasmissione, ma anche dall'interno della stazione (rumore) all'antenna, e quindi in ingresso al ricevitore.

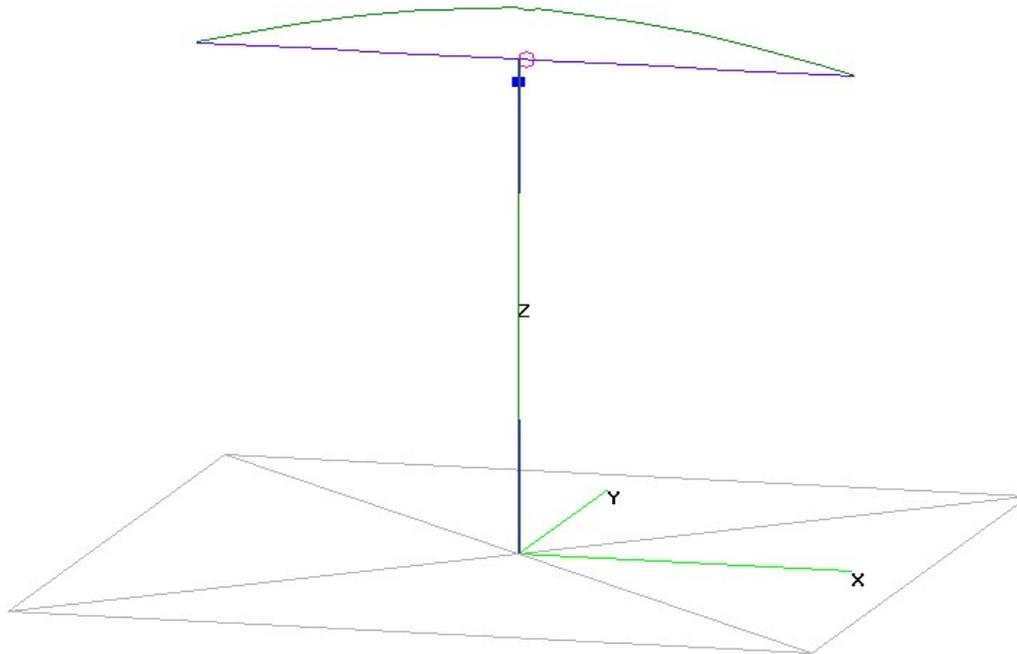


Fig. 14 – Simulazione della corrente di modo comune lungo una linea di trasmissione con Balun con un'impedenza di modo comune di  $2100+j2300$  ohm

Anche in Fig. 14, è visibile un modello per la simulazione di un dipolo effettuata col programma 4NEC2. Il quadrato blu vicino alla sommità rappresenta il modello di un balun con un'impedenza di modo comune di  $2100 + j2300$  ohm a 7100 kHz.

Come si nota, in questo caso la corrente di modo comune sulla linea di trasmissione è trascurabile, quindi l'impedenza di modo comune realizzata con con questo balun sembra essere sufficiente a ridurre tale corrente a valori insignificanti anche con una potenza applicata di 500 W.

### NON È ANCORA FINITA

Oltre a tutto quanto detto fin qui, c'è ancora qualcosa di cui tenere conto. Una resistenza di modo comune è meglio di una reattanza di modo comune (anche se la parte reattiva è esente da perdite) perché il sistema indesiderato è un sistema in serie. Se il resto del sistema crea un'impedenza di modo comune di segno opposto a quella offerta dal balun, e se la reattanza di modo comune è minore di due volte quella del sistema nel punto in cui è inserito il balun, inserendo il balun la corrente di modo comune aumenterà. L'unica impedenza che in ogni condizione farà sempre diminuire la corrente di modo comune è la parte resistiva dell'impedenza stessa. Un altro fatto di cui tenere conto, è com'è posata la linea di trasmissione. Se posata parallelamente all'antenna, i campi emessi dall'antenna potrebbero indurre correnti di modo comune sulla linea stessa. In ogni caso, data una certa impedenza di modo comune di un balun, dove è inserito il balun, come è posata la linea, quanto è lunga, come è messa a terra, tutto contribuisce a determinare la corrente di modo comune. Tutto ciò è un sistema, e può essere anche un problema, estremamente complesso, anche se a prima vista non appare.

PAGINA INTENZIONALMENTE IN BIANCO