

Ottimizzare i filtri in cavità risonante per le UHF della Forem

di Armando Accardo

IK2XYP

Durante la fase di progettazione del ripetitore VoIP mi sono imbattuto nella ricerca delle informazioni circa i filtri in cavità risonante per poter realizzare un duplexer in grado di far lavorare un apparato ricevente e uno trasmettente contemporaneamente tra loro e realizzare così la funzione del ripetitore.

Per coloro che trafficano abitualmente con queste problematiche tutto quello che verrà detto in questo articolo potrà risultare semplice e già noto, ma per un'altra parte di radioamatori potrà essere un'interessante lettura.

Questo articolo non intende trattare la teoria dei filtri in cavità risonanti o fornire elementi di progetto di un ripetitore⁽¹⁾, bensì si prefigge di descrivere una semplice modifica per migliorare le caratteristiche di questi filtri della Forem che si possono trovare ai vari mercatini per OM.

Innanzitutto la necessità di adottare dei filtri RF connessi tra la parte radiante (antenna/e) e la parte radio (ricevitore+trasmettitore) del ripetitore dipende dal fatto che lo scopo è quello di

effettuare una trasmissione e ricezione contemporanea con apparati radio posizionati in vicinanza tra loro e operanti con la stessa antenna o antenne vicine. Infatti, a differenza di una stazione radio tradizionale dove ogni apparato viene usato in maniera singola e su bande diverse e con antenne separate, un ripetitore necessita di ricevere un segnale e trasmetterlo contemporaneamente un altro sulla stessa banda, con uno scostamento che può variare da 100kHz (in banda HF 29MHz) a 1,6MHz (nella banda delle UHF). Risulta piuttosto chiaro intuire come il trasmettitore rischi d'interferire il segnale presente nel ricevitore, posizionato a qualche centinaio di chilocicli dal segnale trasmesso. In questo caso l'effetto più evidente è costituito dalla riduzione di sensibilità del ricevitore a causa del trasmettitore. Poiché il ricevitore del ponte è quella parte che ne determina la sensibilità, l'effetto ottenuto sarebbe quello di continui sganci e agganci del ponte in presenza di segnali in ingresso piuttosto deboli. Infatti, in condizione di riposo, quando il ripetitore è diseccitato il ricevitore dispone di tutta la sua sensibilità, essendo il trasmettitore inattivo. Non appena viene ricevuto un segnale, il trasmettitore provvede a ritrasmetterlo sulla frequenza di uscita; se il segnale d'ingresso è sufficientemente

debole, l'effetto di de-sensibilizzazione del ricevitore porta il sistema a perdere il segnale in ingresso, diseccitando così il ponte. Questo consente al ricevitore di riacquisire nuovamente la sua sensibilità originaria e pertanto di poter ricevere ancora il segnale debole presente all'ingresso, rieccitando nuovamente il ripetitore. A questo punto il segnale trasmesso ridurrà nuovamente la sensibilità in ingresso e il ponte disattiverà nuovamente la trasmissione.

Inoltre gli effetti dei rientri indesiderati di RF, prodotti dal trasmettitore, possono portare ad un malfunzionamento generale di tutto il sistema.

In questo caso ciò che si deve fare è realizzare un buon isolamento tra il ramo trasmittente e quello ricevente. A questo si arriva con una serie di considerazioni che vanno dalla scelta dell'impianto radiante di antenna, la discesa dei cavi, l'uso di filtri in cavità e non ultimo i criteri d'isolamento RF da adottare per evitare l'interferenza tra apparecchiature radio (vedasi filtri sulle alimentazioni, apparati ben schermati, ecc.) vicine tra loro.

Senza entrare nel merito degli altri aspetti di questo progetto, soffermiamoci sui filtri in cavità risonante. Ne esistono di vari tipi, da quelli passa-banda a quelli elimina-banda (filtri notch) a quelli che combinano in un uni-

(1) Per maggiori informazioni circa i dettagli di progetto di un ripetitore si consiglia la lettura del documento di IK1IMG, Mauro, all'URL <http://www.webalice.it/max4000/r3valsusa/Consigli/Consigli.htm>.

co sistema i due effetti di passaggio e blocco del segnale.

Filtri notch

Personalmente ho fatto alcuni esperimenti con i filtri passa-banda di una ditta italiana, la Forem, che ne ha realizzati alcuni per la banda alta delle UHF che possono facilmente essere risintonizzati sulla gamma amatoriale delle UHF.

Nella figura 1 potete vedere in alto a sinistra una batteria di 6 celle di questi filtri in cavità risonante per le UHF con i loro connettori di connessione superiori e le staffe di assemblaggio in modo che il tutto costituisca un blocco unico.

Ho scelto di modificare questi filtri in modo da passare da una configurazione di tipo passa-banda a quella di filtro notch. Le ragioni principali sono dovute al tipo di configurazione che volevo ottenere, in cui poter separare bene il ramo ricevente da quello trasmettente pur contenendo le perdite d'inserzione su ogni ramo.

Va considerato che ogni filtro passa-banda viene messo in serie alla linea di trasmissione e comporta una perdita complessiva; infatti, oltre all'attenuazione piuttosto elevata che viene introdotta appena prima e dopo la frequenza centrale a cui il filtro risuona, esiste sempre una perdita dovuta all'inserzione dei cavetti e connettori oltre all'accoppiamento del segnale tra l'ingresso e l'uscita della cella. Purtroppo queste perdite possono essere dell'ordine di 0.5dB o più per cella, pertanto inserendone 3 in serie si può facilmente ottenere una perdita complessiva per ramo anche superiore a 1.5dB. A queste vanno aggiunte le perdite complessive della linea di trasmissione, per cui se pensassimo al ramo ricevente questo potrebbe comportare una notevole perdita di sensibilità. Se dal lato trasmettente possiamo compensare le perdite incrementando leggermente la potenza, sul lato di ricezione do-



Fig. 1 - Batteria di 6 cavità Forem in uso in un ripetitore amatoriale in UHF

vremmo impiegare un preamplificatore di antenna, tenendo conto della cifra di rumore complessiva che si vuole ottenere. Quindi è buona cosa curare con attenzione la scelta e la configurazione di questi filtri.

Premesso che la separazione necessaria prodotta dai filtri tra il ramo di ricezione e quello di trasmissione dipende molto dalla configurazione delle antenne, consideriamo il caso peggiorativo che è quello in cui l'impianto disponga di un'antenna singola. Sebbene questa scelta porti ad alcuni vantaggi quali l'aver una discesa unica, un'omogeneità nei lobi di radiazione in ricezione e trasmissione, comporta anche un maggior effetto di separazione necessario, rispetto l'installazione con due antenne separate sul piano verticale e perfettamente in asse (in modo da ridurre gli effetti di guadagno reciproco a causa dei lobi laterali di ogni antenna).

In questo caso bisogna disporre di una separazione di circa 90dB in modo da non far sentire al ricevitore gli effetti del trasmettitore.

Tipicamente un duplexer del genere consiste nell'uso di una batteria di 6 cavità risonanti, di

cui 3 vengono poste sul lato ricevente e le altre 3 su quello trasmettente. Personalmente volevo evitare una perdita elevata sul ramo ricevente, dal momento che non volevo impiegare un preamplificatore d'antenna, pertanto ho deciso di adottare la configurazione a notch. In questo caso ho riutilizzato i filtri Forem apportando una semplice modifica che consente d'incrementare l'attenuazione introdotta da ogni cella del passa-banda, in modo tale da poter usare 2 celle per ramo e ridurre gli effetti delle perdite d'inserzione.

Innanzitutto in configurazione notch faremo lavorare le cavità risonanti su un connettore solo e pertanto anziché essere inserite in serie al ramo da trattare verranno collegate in derivazione allo stesso. Questo ci porta ad avere una perdita complessiva molto inferiore a beneficio dei segnali desiderati che potranno passare senza troppa attenuazione.

Infatti il principio su cui lavorerà il sistema è molto semplice e per descriverlo useremo un esempio pratico. Supponiamo di voler realizzare un duplexer da impiegare sulle frequenze di un ripetitore RU1 (TX: 430.025MHz

– RX: 431.625MHz) e consideriamo il ramo ricevente. In questo caso dovremo tarare i due filtri usati come notch per bloccare la frequenza di TX 430.025MHz. Di conseguenza, agendo sulla taratura dei filtri che mostrano una risposta in frequenza di una tipica campana (più o meno accentuata in funzione del Q del filtro), faremo in modo che il segnale di 430.025MHz possa avere una bassa attenuazione. Il filtro è posto in derivazione, ovvero la linea di ricezione viene interrotta da un "T" in modo che si possa realizzare la parte passante che va dall'antenna al ricevitore, introducendo in derivazione il collegamento con l'unico connettore del filtro in cavità. Poiché alla frequenza di risonanza (ricordiamo che è stata tarata sui 430.025MHz) il filtro consente al segnale di passare con bassa attenuazione, il segnale della frequenza di trasmissione, iniettato dal trasmettitore sulla linea ricevente, verrà "assorbito" dal ramo in derivazione dove è presente la cavità e non raggiungerà il ricevitore. In questo caso lungo la linea principale potremo vedere che la frequenza di TX viene molto attenuata rispetto

al segnale sulla frequenza di RX. Inserendo due di questi filtri (realizzando degli appositi cavi di connessione tra filtri dello stesso ramo) si può aumentare l'effetto di attenuazione del segnale su 430.025MHz presente nel ramo di ricezione. Ovviamente sul ramo di trasmissione si effettua la taratura simile ma sulla frequenza opposta, ovvero su 431.625MHz, in modo che le spurie generate dal trasmettitore, che andrebbero a cadere sulla frequenza del ricevitore, possano essere attenuate dal notch. Sul ramo del trasmettitore si potrebbe anche aggiungere una cavità usata come passa-banda in modo da limitare gli effetti dovuti alle spurie che inevitabilmente verranno generate dal trasmettitore del ponte.

La modifica alle cavità Forem

La modifica che viene proposta consente di migliorare l'attenuazione di ogni cella portandola dai circa 25dB presenti (per uno scostamento di 1.6MHz) a circa 35dB. Infatti va considerato che le Forem venivano usate in applicazioni con 5 o 10MHz di

scostamento tra RX e TX, per cui volendole fare lavorare a soli 1.6MHz bisogna aumentarne il Q, permettendo di ottenere dei buoni livelli di attenuazione già con l'uso di due celle per ramo.

La modifica consiste nel modificare il link di accoppiamento tra il connettore N, montato sul filtro, e il cilindro interno che realizza la capacità variabile della linea L-C del filtro risonante.

Infatti in ogni connettore N viene realizzata una spira di filo rigido che consente di accoppiare il segnale con il pistone regolabile (attraverso la vite esterna di taratura della frequenza di risonanza del filtro) che realizza la linea risonante. Per aumentare l'attenuazione del filtro, oltre alle dimensioni del link viene inserito in serie un condensatore variabile di poche decine di pF (circa 1-20pF). La figura 2 mostra un tipico esempio da cui si può vedere l'aspetto di questi condensatori.

Come si può immaginare il condensatore è di tipo a montaggio da pannello e viene inserito nella piastrina che sorregge il connettore N stesso; pertanto la connessione avviene solo ad uno dei suoi contatti, mentre la parte filettata costituirà la connessione verso la massa del filtro (la carcassa del cilindro metallico stesso).

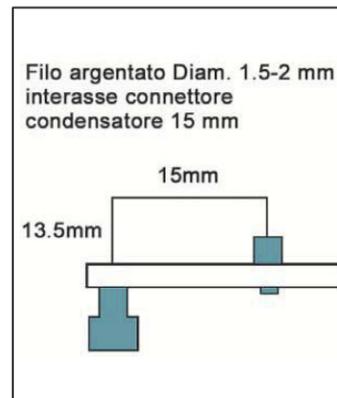
Nella figura 3 potrete vedere le dimensioni per realizzare questo link con filo argentato di 1.5mm.

Fig. 2 - Esempio di connettore N con il link induttivo e la capacità variabile in serie.



RDD11-05

Fig. 3 - La distanza tra il foro che ospita il condensatore e l'N è di 15mm.



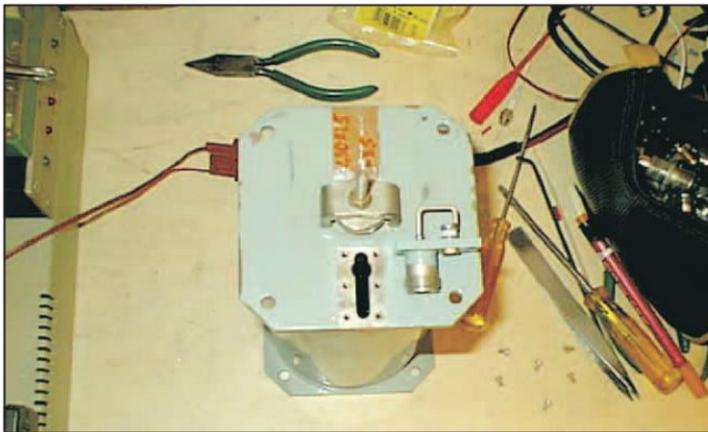


Fig. 4 - Foto d'insieme della modifica alla cavità Forem.



Fig. 5 - Particolare del connettore con il link in filo argentato e il condensatore

Vediamo adesso una serie di foto che possono darci un'idea d'insieme circa la modifica. Premesso che essa risulta semplice tale da poter essere eseguita anche da persone non munite di particolari attrezzature meccaniche, servirà infatti un buon trapano. I filtri Forem dispongono già di un foro ad una distanza di quasi 15mm dal connettore N; questo foro contiene una vite che consente di cortocircuitare il link originale in modo da variare la

risposta del filtro entro certi limiti. E' possibile trovare dei condensatori a vite che dispongono di un diametro esterno che consente di usare il foro presente nella piastrina senza che venga allargato ulteriormente. Nella scelta di questi condensatori bisogna evitare di scendere troppo con il diametro altrimenti si rischia di non raggiungere il valore di capacità voluto e quindi l'incremento di attenuazione potrebbe non essere quello aspettato.

Segue la figura 4 che mostra la modifica apportata al filtro, da cui è possibile vedere il link rifatto con filo argentato e l'applicazione del condensatore avvitato sul foro presente nella piastrina. Vi è inoltre una svasatura per favorire l'ingresso del corpo del condensatore nel cilindro del filtro; ovviamente questa particolarità dipenderà dal condensatore scelto.

Sempre dalla foto si può notare che il secondo connettore è stato rimosso e al suo posto è stata applicata una pellicola metallica per chiudere il foro. Infatti come descritto nell'articolo il filtro userà solo un connettore dal momento che verrà sfruttato come notch da mettere in derivazione alla linea.

La foto successiva mostra un'ulteriore particolare del connettore con saldato il nuovo link e il condensatore in serie.

Infine a realizzazione completa ecco in fig. 6 come si presenterà il filtro con il suo connettore modificato.

Per vedere la realizzazione completa con 6 celle usate come notch, ecco un esempio di as-

Fig. 6 - Cavità Forem modificata. Si noti la vite di regolazione della capacità.



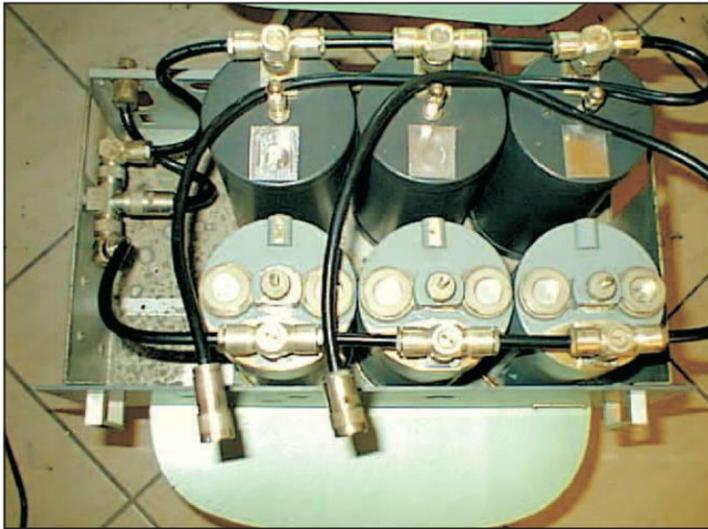


Fig. 7 - 6 celle notch assemblate e pronte all'uso. Notare i raccordi a T su ogni cella.

semblaggio come mostrato in figura 7.

Come si può notare ogni cella dispone di un solo connettore, inoltre sono stati realizzati degli appositi cavetti che consentono di effettuare la connessione passante tra elemento ed elemento e la giunzione in derivazione del notch. In questa realizzazione il punto di connessione tra i due rami TX e RX (lato sinistro della foto) è costituito da un giunto a T; per migliorare il disaccoppiamento tra TX e RX si può usare un circolatore che permette di isolare ulteriormente di altri 10dB circa.

Realizzazione pratica e note finali

Bene, arrivati a questo punto non rimane che vedere dove poter recuperare il materiale necessario per questa modifica.

Personalmente ho trovato sia i condensatori che il filo argentato presso un negozio specializzato in materiale RF che dispone di un catalogo via web a cui è possibile accedere attraverso la URL: <http://www.rfmicrowave.it>.

Per quanto riguarda i condensatori potrete cercare nel catalo-

go il modello CVG (condensatori variabili gigatrimmer) tipo N o similari. In alcuni casi il diametro esterno del condensatore richiederà un leggero lavoro di allargamento del foro già presente nella piastrina della cavità Form. A questo punto dovrete smontare un connettore completo di piastrina e chiuderne il foro con una di quelle pellicole metalliche (tipo carta stagnola per intenderci) in modo da proteggere l'apertura. Infine dovrete procurarvi dei raccordi a T e costruirvi dei cavi di raccordo tra le celle come visto in figura 7.

A proposito di questi cavi, essi dovranno essere realizzati in base a dei quarti di lunghezze d'onda elettriche precise, considerando anche l'effetto dovuto al connettore. In tal caso si dovrà effettuare il calcolo del cavo in funzione del suo fattore di velocità e l'effetto dei connettori, in modo da aggiustare la lunghezza di questi spezzoni. Questo è un fatto molto importante, dal momento che una scelta casuale di queste lunghezze di cavi produrrebbe una curva di risposta del filtro completamente inadeguata.

Per quanto riguarda la taratura dell'intero sistema necessitano

degli strumenti appropriati quali un analizzatore di spettro, possibilmente con generatore di tracking e un ponte riflettometrico. Si consiglia di partire prima con la taratura di ogni singola cella, verificandone il valore di SWR mediante il ponte riflettometrico alla frequenza desiderata di risonanza. Infine si potrà controllare la risposta del filtro alla frequenza voluta. Una volta tarate le singole celle, si potrà procedere ad un affinamento con tutte le celle di un ramo collegate insieme dagli spezzoni di cavo di raccordo. In questa fase potrebbe essere necessario verificare la lunghezza dei raccordi per ottenere una curva ottimale. Infine si potrà procedere con la verifica del sistema nel suo insieme, con i due rami connessi in modo da realizzare il duplexer.

Se la modifica viene effettuata in modo corretto (e con essa le tarature) si potranno ottenere dei buoni valori di attenuazione da un sistema a 4 celle che utilizzi un circolatore come giunzione tra il ramo TX e RX per alimentare la singola antenna.

Si ringrazia IWORBY, Paolo, per aver fornito il materiale fotografico della sua realizzazione e per aver fornito interessanti spunti di valutazione per migliorare questi filtri commerciali.

