

FILTRE RÉJECTEUR À BANDE TRÈS ÉTROITE (VHF, UHF)

F6ETI, Philippe MARTIN, juillet 2011

Dans le cadre du projet de rapatriement de la balise 144 MHz corrézienne sur son site originel où est déjà installé un relais 145 MHz, il fallait préparer la cohabitation des deux équipements au même endroit, et trouver un filtre qui permettrait de régler cette cohabitation.

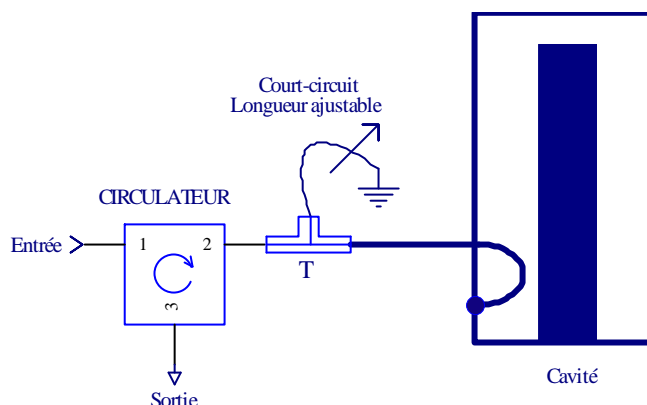
C'est F6DLA qui m'avait orienté vers la solution présentée ici en me communiquant, extrait de l'ouvrage de Peter VIZMULLER « RF DESIGN GUIDE », le paragraphe intitulé « Narrow-Notch Filters ».

Par chance, il s'est trouvé qu'au moment de la mise en service de la balise que le découplage entre l'antenne du relais (colinéaire verticale 3 dBd) et celle de la balise (big-wheel) était (déjà) de 52 dB. Et que la balise ne dégradait pas la réception du relais.

Il était quand même très intéressant d'expérimenter le montage décrit, qui permet de réaliser aisément un filtre réjecteur à bande très étroite. À toute fin utile, car ce principe peut avoir de nombreuses applications, comme par exemple réjecter une station indésirable dans la bande...

Sur le montage réalisé pour bande 144 MHz, la réjection obtenue atteint plus de 50 dB. La perte d'insertion est de l'ordre de 1 dB au-delà de +/- 150 kHz !

SCHÉMA DE PRINCIPE



RÉALISATION

Elle comprend un circulateur VHF Phelps Dodge, une cavité VHF TRT de récupération (diamètre 80mm et qui avait été rallongée de 415 mm à 590 mm en vue de son utilisation dans un duplexeur pour un relais 145 MHz), et un raccord N/femelle-N/mâle pour le court-circuit réglable.

Des images valant mieux qu'un long discours...





Connexion à la cavité



Le court-circuit réglable



Le court circuit connecté à la cavité



L'ensemble circulateur, court-circuit, cavité



Le montage de test

RÉGLAGES

Afin de bien voir ce qui se passe, un analyseur de réseaux est idéal. On trouve actuellement ces outils à des prix très abordables et avec des performances très honorables (« mini VNA » de IW3HEV, « VNWA » de DG8SAQ etc.) par rapport à de coûteux (et irréparables...) matériels de mesure de réforme.

On recherche la meilleure réjection possible sur la fréquence désirée.

Le réglage du court-circuit est très pointu (sa longueur est de l'ordre de 15mm), il se joue au quart de millimètre. Il est préférable que la cavité comporte une vis micrométrique.

Le circulateur utilisé ici comporte des capas ajustables, celle du port 2 aide bien à améliorer la réjection.

Un récepteur ou un analyseur de spectre permettent de « creuser le trou » au plus profond pour atteindre plus de 50 dB.

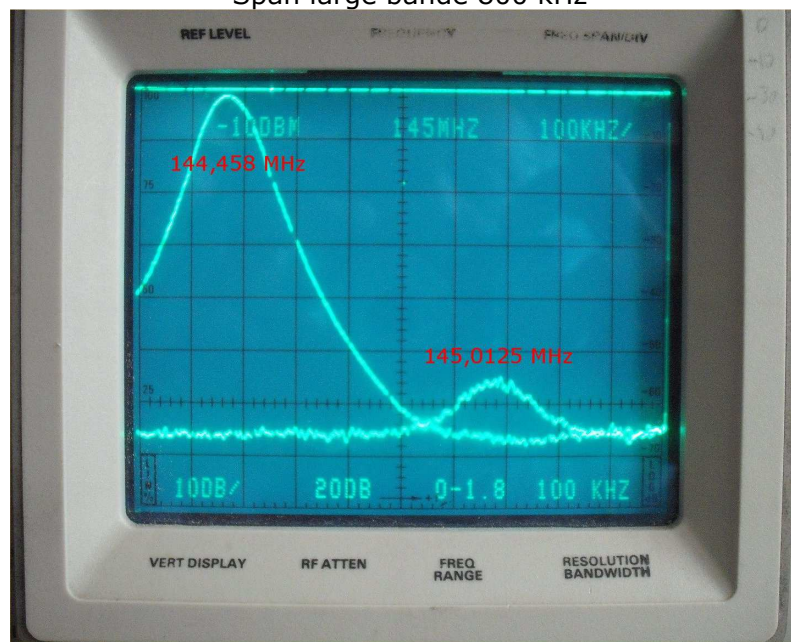
QUELQUES MESURES



Span de 100 kHz sur le signal réjecté



Span large bande 800 kHz



L'écart entre le signal utile et le signal réjecté atteint près de 55 dB.

CONCLUSION

Cette description ne prétend pas rentrer dans les détails de son fonctionnement, mais montre que des résultats encourageants peuvent être obtenus avec ce montage tout compte fait assez simple à mettre en œuvre sur les bandes V/UHF. Elle devrait inspirer plus d'un à l'expérimenter...

Traduction sommaire du principe de fonctionnement

Une technique de construction de filtres réjecteurs à bande très étroite est présentée ici. Une largeur de bande de 50 kHz est aisément obtenue en VHF/UHF. Les connections entre le circulateur, le T et la cavité doivent être aussi courtes que possible.

La bande passante du réjecteur qui peut être obtenue est bien plus étroite qu'avec une cavité seule. Ce filtre a la propriété additionnelle intéressante que son impédance d'entrée est résistive à la fréquence de réjection.

L'utilisation d'un circulateur permet une plus faible perte d'insertion. S'il n'est pas disponible ou utile, un simple diviseur (splitter) suffit.

Le principe de fonctionnement repose sur le fait que lorsque l'impédance présentée au port 2 du circulateur est égale à 50 ohms, il n'y a pas de sortie au port 3. La question qui se pose est : comment pouvons nous obtenir une résistance pure de 50 Ohms vue par le port 2 alors qu'il n'y a que des composants réactifs de connectés ?

Cette résistance requise est le résultat du coefficient de surtension élevé de la cavité non amortie, qui apparaît comme une très haute résistance en parallèle dans le circuit, et qui est transformée en 50 ohms par le réglage de la ligne de dérivation et par l'accord de la cavité à Q élevé.

Comme la transformation d'impédance est si pointue, la bande passante où le port 2 voit une charge de 50 ohms est très étroite, ainsi l'objectif visé est atteint. La cavité et la ligne de dérivation doivent être soigneusement réglées et isolées contre les chocs mécaniques et thermiques pour atteindre une réjection stable.

En regardant le circuit du point de vue de la conservation d'énergie, on observe que toute l'énergie introduite dans l'entrée (circulateur port 1) doit être dissipée dans la cavité à la fréquence de réjection.

Comme la résistance équivalente parallèle du résonateur est haute, la tension RF à l'intérieur de la cavité peut être très élevée. En fait, il s'agit d'un principe similaire à ce que Nicolas TESLA a utilisé dans ses célèbres expériences sur les bobines.

Par conséquent, la configuration de ce montage peut également être utilisée pour générer des tensions RF très élevées en utilisant une cavité du facteur de qualité requis.

Bibliographie

RF DESIGN GUIDE, Peter VIZMULLER. ISBN : 0890067546. Artech House, Boston, London.

Merci à F1VL pour l'aide à la traduction...

2.10.3 Narrow-Notch Filters

A technique for constructing very narrow-notch filters is shown in Figure 2.74; a 50-kHz-wide notch at UHF is easily achievable. The connections between the circulator, T-connector, and cavity must be kept as short as possible.

The notch bandwidth that can be obtained is much narrower than using the cavity alone. This filter has the additional interesting property that its input impedance at the notch frequency is resistive; it does not achieve selectivity by reflection and impedance mismatch. Using a circulator results in the lowest insertion loss; if this is not required, a simple power splitter will work just as well. The principle of operation relies on the fact that when the impedance presented at circulator port 2 is equal to $50\ \Omega$, then there is no output at port 3. A reasonable question might be how can we get a $50\text{-}\Omega$ resistive impedance from the circuit connected to port 2, noting that it only contains reactive components?

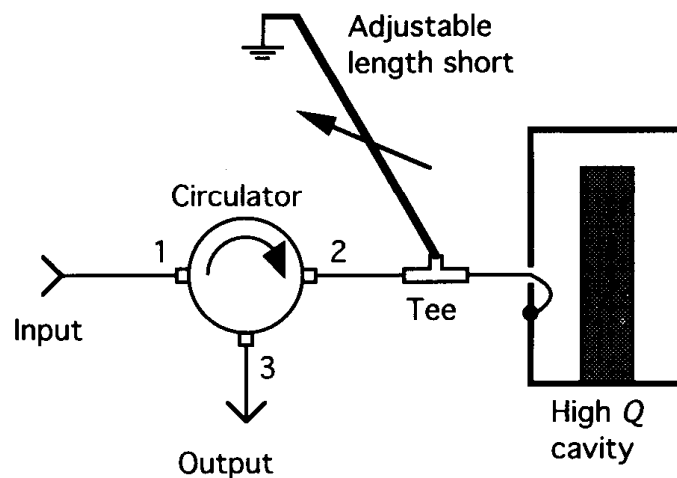


Figure 2.74 Narrowband absorptive notch filter.

The required resistance comes from the cavity's unloaded Q , which appears as a very high parallel resistance in the circuit, which is transformed to $50\ \Omega$ by the shunt tunable line and high Q cavity tuning. Since the impedance transformation is so extreme, the bandwidth over which port 2 sees a $50\text{-}\Omega$ load is very narrow, and so the desired objective has been achieved. Both the cavity and the shunt line must be carefully tuned and isolated from mechanical and thermal shocks to achieve a stable notch. Other configurations of this basic topology are also possible [23].

Looking at the circuit in Figure 2.74 from an energy conservation point of view, we observe that all energy fed into the input (circulator port 1) must be dissipated in the cavity at the notch frequency. Since the resonator's equivalent parallel resistance is high—see (4.63), the RF voltage inside the cavity can be quite high; in fact, this is a similar principle that N. Tesla used in his famous coil experiments. Therefore, the setup in Figure 2.74 can also be used to generate very high RF voltages by employing a cavity of the required high quality factor.