MESURES AVEC LA NANOVNA

Partie 2 : Mesure des hautes impédances

Par Arie Kleingeld PA3A

Préface .

Il existe de nombreuses discussions sur les selfs de courant de gaine (également appelées selfs de mode commun). Ils doivent avoir une impédance élevée (5 kohms ou plus). Dans cet article, je teste si vous pouvez mesurer suffisamment bien des impédances aussi élevées avec le nanoVNA . Je peux déjà vous dire qu'il tient bon . _ _ Dans épisode 3 nous mesurerons ensuite différents chokes de la pratique afin que vous puissiez tester vos propres chokes avec le nanoVNA . Mais d'abord une description de la méthode de mesure qui peut être utilisée et les résultats des mesures d'essai .

Le nanoVNA mesure S11 et S21

S11 :

S11 est une mesure de la réflexion du port 1 vers le port 1. D'où le nom S11. On l' appelle aussi coefficient de réflexion . Avec cela , nous calculons , par exemple , le SWR que nous connaissons ou l' autre expression (plus sexy) de la réflexion , la " perte de retour " en dB. Dans le domaine du S11 , vous pouvez également calculer quel l'impédance apparaît sur le port de mesure CH0 du nanoVNA . Ceci est exprimé en R + jX , donc résistance plus réactance . Le programme nanoSAVER a cela et le met ensuite dans un graphique facilement lisible .

S21 :

S21 indique la quantité de signal entrant dans le port 2 (CH1) depuis le port 1 (CH0), d'où le nom S21. Avec cela , nous pouvons par ex . mesurer la caractéristique de transmission d'un filtre . Non seulement l'amplitude du signal transmis est mesurée et donc le degré d' amortissement en dB est déterminé , mais aussi la phase afin que le comportement capacitif ou inductif devienne visible.

Exporter les mesures dans un fichier

NanoSAVER peut exporter les valeurs de mesure d'un balayage vers un fichier afin que vous puissiez les enregistrer ou les importer dans un autre programme. Il s'agit du fichier S1P pour 1 port (dans notre cas les valeurs de S11) et du fichier S2P pour 2 ports (dans notre cas pour les valeurs de S21, entre autres). Nous utiliserons et traiterons l' exportation S2P plus tard avec Excel.
Le format de fichier utilisé par nanoSAVER est fixe et contient un certain nombre de colonnes comme suit :

Fichier S1P (3 col.) : Stim (ulus) Re (S11) Im (S11)
Fichier S2P (9 col.) : Stim (ulus) Re (S11) Im (S11) Re (S21) Im (S21) Re (S12) Im (S12) Re (S22) Im (S22)

Le stimulus est la fréquence utilisée et plus loin on voit les différentes transmissions. A chaque fois il y a un split en " Re " et " Im ". Ici, " Re " représente à nouveau la partie réelle et "Im" la partie imaginaire , de sorte que nous connaissons non seulement l'amplitude des signaux mesurés , mais également l'angle de rotation. Le nanoVNA fait pas mesurer S12 et S22, car il nécessite une source de signal dans le port 2 (CH1), ce qui n'est pas le cas. NanoSAVER exportera donc un zéro dans le fichier S2P à ces endroits.
Importé dans Excel , il ressemble à ceci :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	#	Hz	S	RI	R	50			
2	500000	0,317827	-5,33E-05	0,680673	-0,00019	0	0	0	0
3	795000	0,317765	0,000451	0,680574	-0,0002	0	0	0	0
4	1090000	0,317748	0,000244	0,680465	-0,00021	0	0	0	0

Attention : la première ligne ne donne pas les noms d' en-tête des colonnes mais renseigne quelque chose sur le fichier :

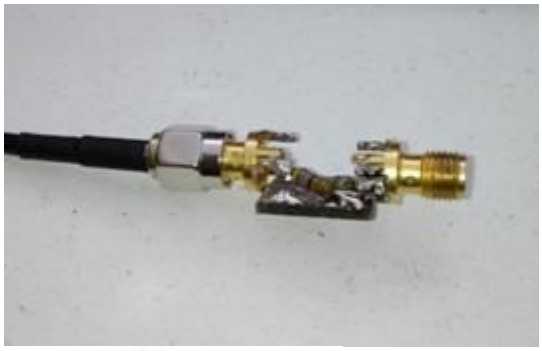
• Hz : la fréquence est exprimée en Hz

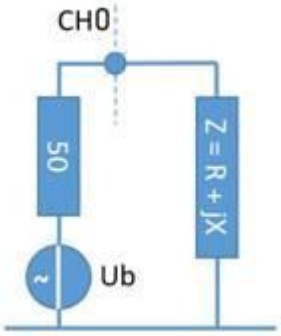
• S : il s'agit des paramètres S
• RI : le fichier est au format Re (Sxx) Im (Sxx) donc divisé en partie réelle et imaginaire
• 50 : l' impédance caractéristique (de mesure) est de 50 ohms.

Pour les nombres ci- dessous , le format mentionné précédemment est valable : fréquence (Hz), Re (S11), Im (S11), Re (S21), Im (S21) et les quatre zéros précités , puisque S12 et S22 ne sont pas mesurés .
Certains programmes génèrent la valeur totale de Sxx , exprimée sous la forme | Sxx |, plus le déplacement angulaire en radians ou degrés qui lui est associé . Cela peut prêter à confusion si vous voulez faire quelque chose avec ce fichier. Donc, si vous utilisez un programme autre que nanoSAVER pour exporter les valeurs, faites attention à ce qu'il y a dans le fichier.

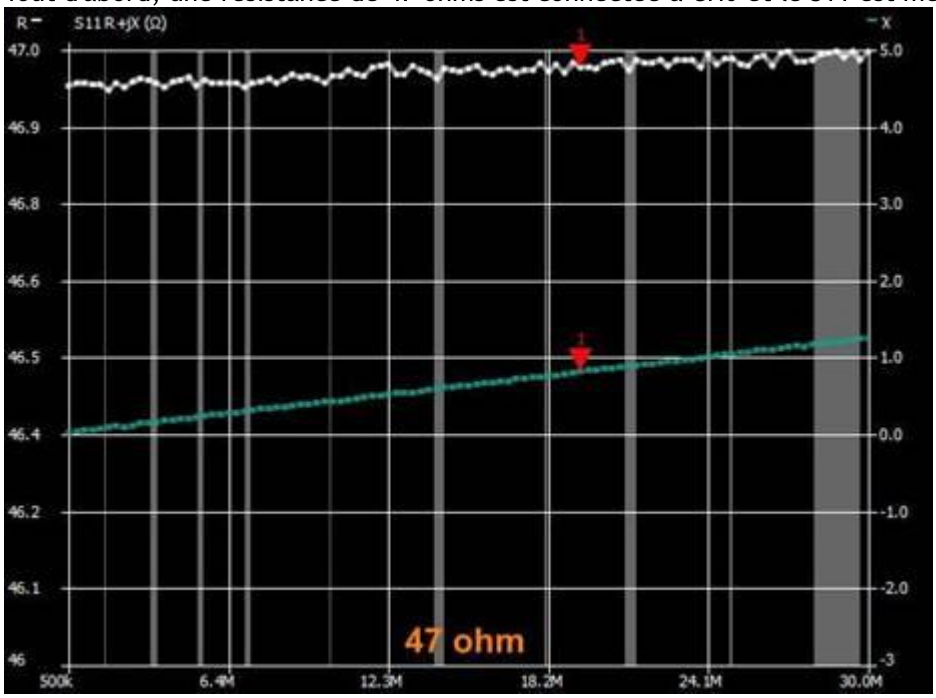
Mesurer la valeur d'un certain nombre de résistances au moyen de S11 :

Pour tester les performances du nanoVNA nous allons mesurer 4 résistances : 47, 470, 4700 et 10 000 ohms sur une plage de 500 kHz à 30 MHz. Une fois que nous comprenons comment le nanoVNA fonctionne (ou échoue), nous pouvons ensuite estimer la valeur des mesures sur une self de courant de gaine HF . L'intention est de mesurer pratiquement . Mesurer n'est donc pas le but ici , c'est n'est qu'un moyen de découvrir quelque chose . _ Toutes les mesures ci- dessous ont été réalisées avec le nanoVNA de type H3.2 lié au programme nanoSAVER . La résistance connectée dans le schéma ci- dessous a une impédance Z, composée de R + jX .



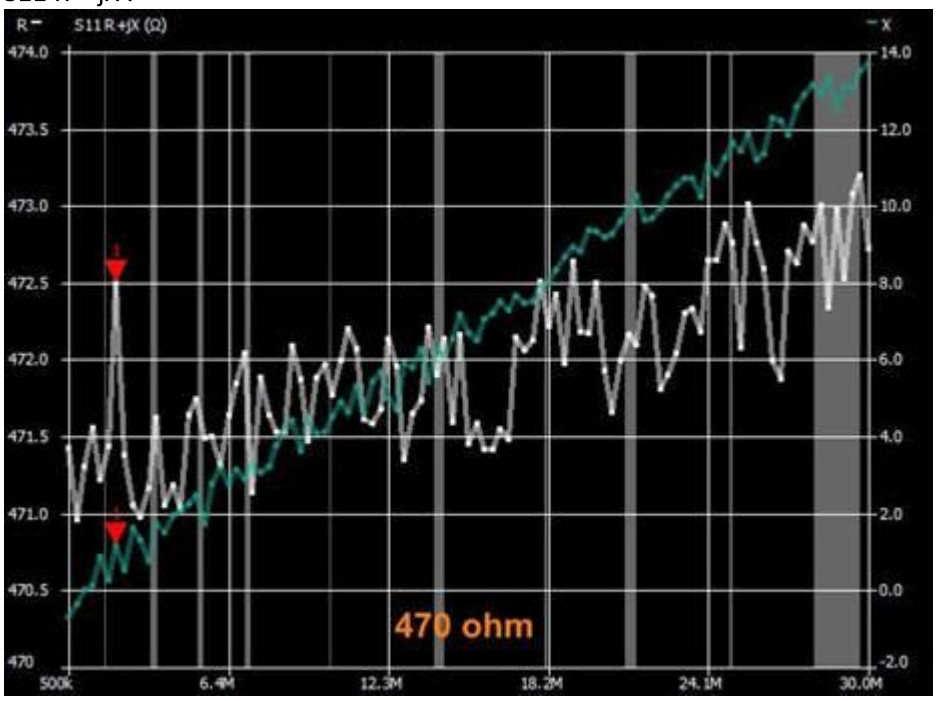


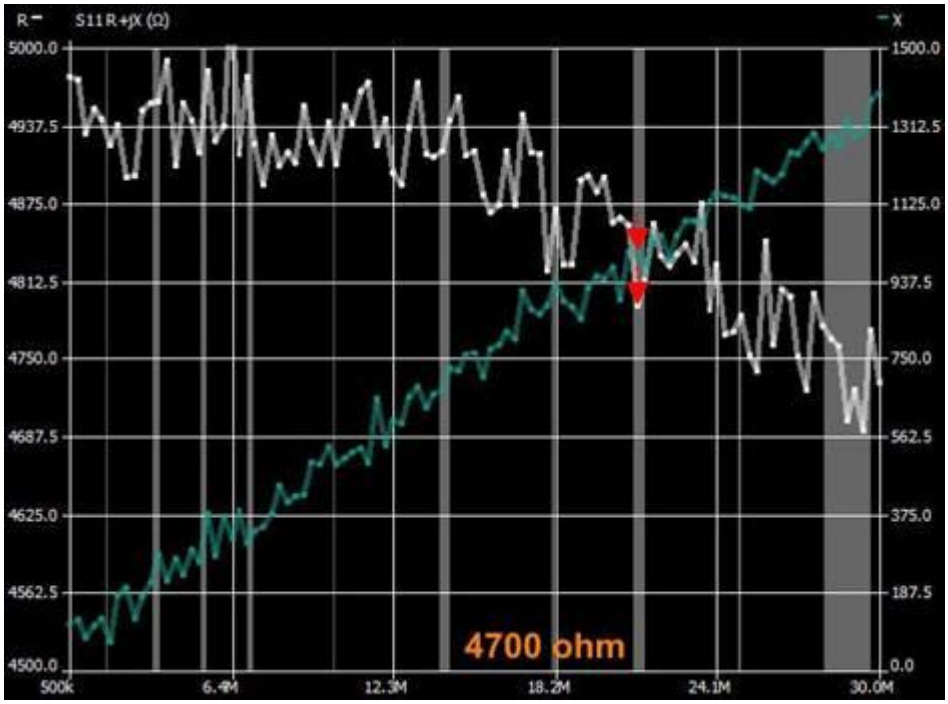
Tout d'abord, une résistance de 47 ohms est connectée à CH0 et le S11 est mesuré .

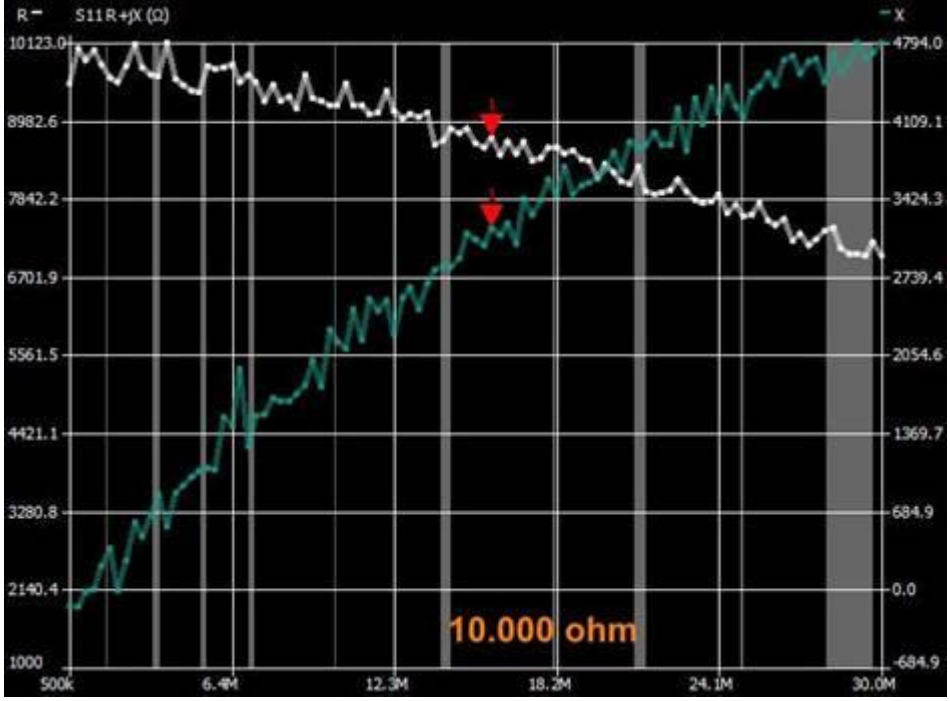


NanoSAVER rapporte du nanoVNA , entre autres , un graphe S11 pour R+ jX . Nous voyons que la valeur de résistance est de presque 47 ohms (ligne blanche, échelle de gauche) et a également une réactance inductive (la ligne verte avec l' échelle de droite). On voit que le X monte presque linéairement jusqu'à environ 1 ohm et ce n'est pas beaucoup . Cela correspond à une valeur de

bobine d' environ 5 nH. C'est conforme aux attentes quand on voit comment c'est mesuré . _ _ Il y a une petite boucle dans le chemin du signal [voir photo de la résistance].
Les autres résistances 470, 4k7 et 10k ont également été mesurées de cette manière avec les courbes de résultat suivantes pour S11 R + jX .







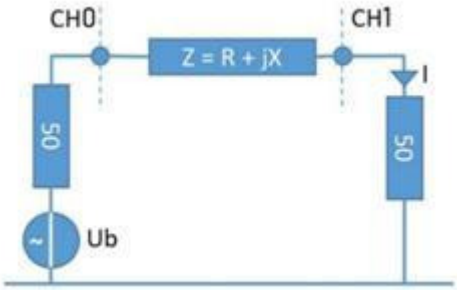
Vue d' ensemble des valeurs mesurées au moyen de S11, lues à partir des graphiques.

Resistance	S11 rapport R + jX (see graphs above)		Series L-value
	R	X	
47 ohm	R: 47	X: 0 – 1	5 nH
470 ohm	R: 470	X: 0 - 14	70 nH
4700 ohm	R: 4k9 – 4k7	X: 0 – 1k4	8 µH
10.000 ohm	R: 10k – 7k	X: 0 – 5k	about 30 µH

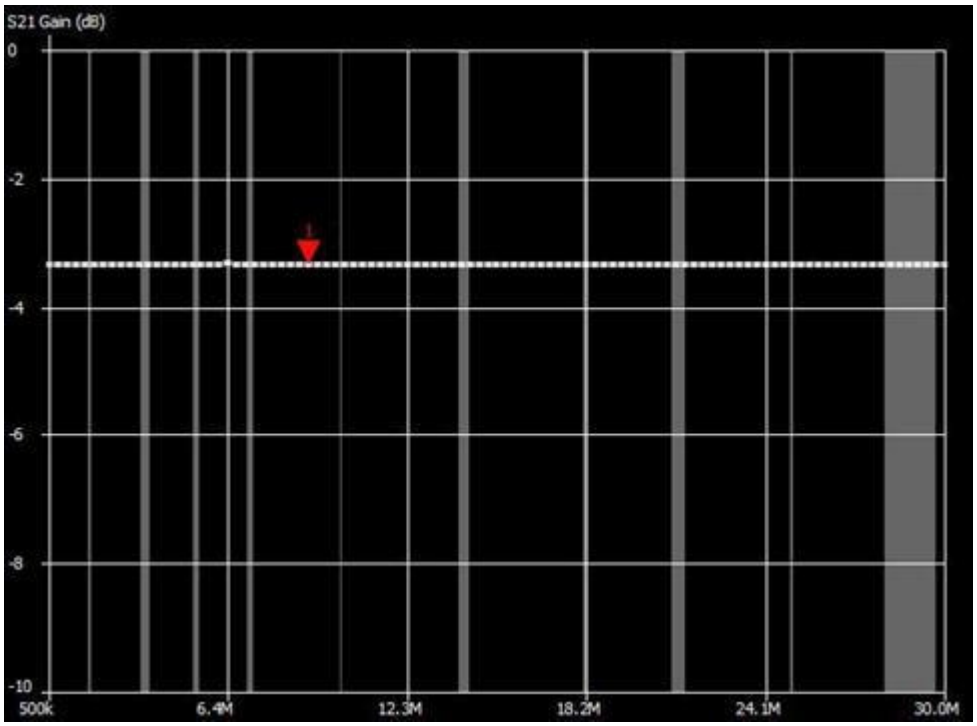
Constat : 47 et 470 ohms sont bien mesurés . Pour 4k7 et 10k, nous constatons des écarts et des valeurs d'inductance étonnamment élevées . La mesure de valeurs de résistance élevées apparaît également très sensible . Les influences incluent l' étalonnage récent du nanoVNA , le chauffage du nanoVNA et un connecteur suffisamment serré ou non. Veuillez noter, nous sommes dans une cabane à jambon , nous faisons donc " de notre mieux" ici . En résumé : mesurer 47 ohms et 470 ohms n'est pas un problème , mais si on se retrouve en kohms , la combinaison nano(VNA + SAVER) donne une mesure moins fiable via S11 R + jX .

Mesurez à nouveau ces résistances en vous basant sur le S21

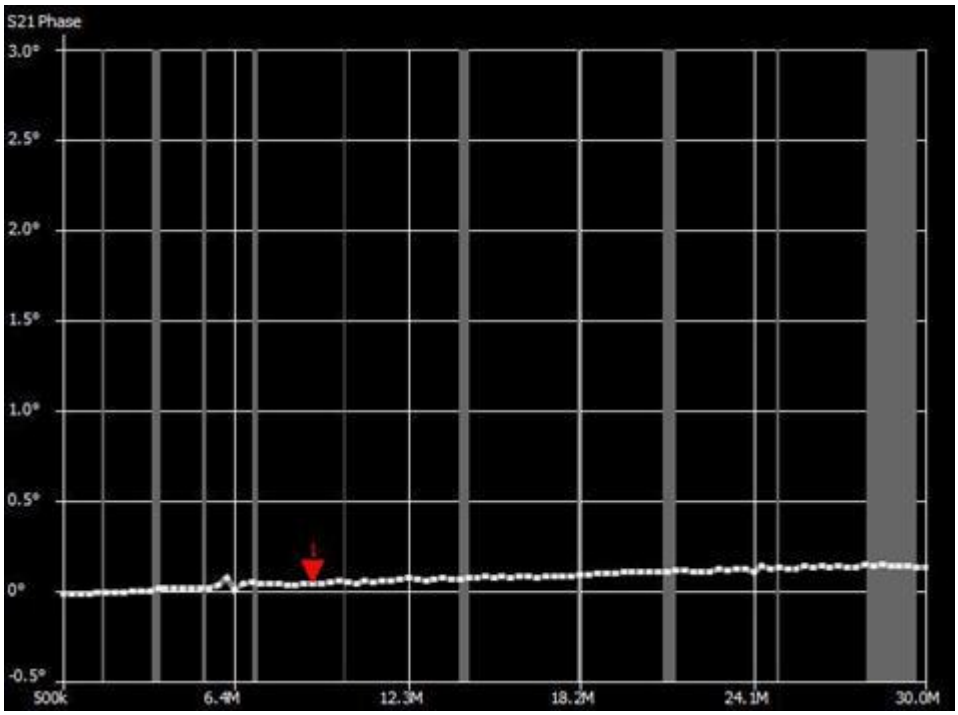
Nous allons maintenant voir comment se passe la mesure des résistances en les plaçant entre les deux ports nanoVNA . Ce n'est pas en soi une méthode inconnue . G3TXQ a déjà écrit à ce sujet (voir référence) en testant un certain nombre de bobines d'arrêt en mode commun avec différents matériaux de base . Cependant , il utilise un VNA plus cher .



Nous commençons avec 47 ohms et voyons les graphiques suivants dans nanoSAVER : S21 Gain et S21 Phase.

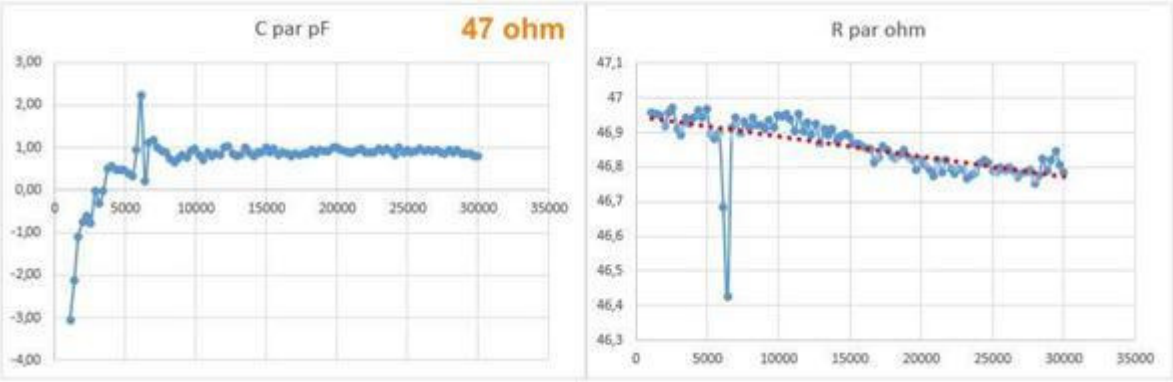


Gain S21

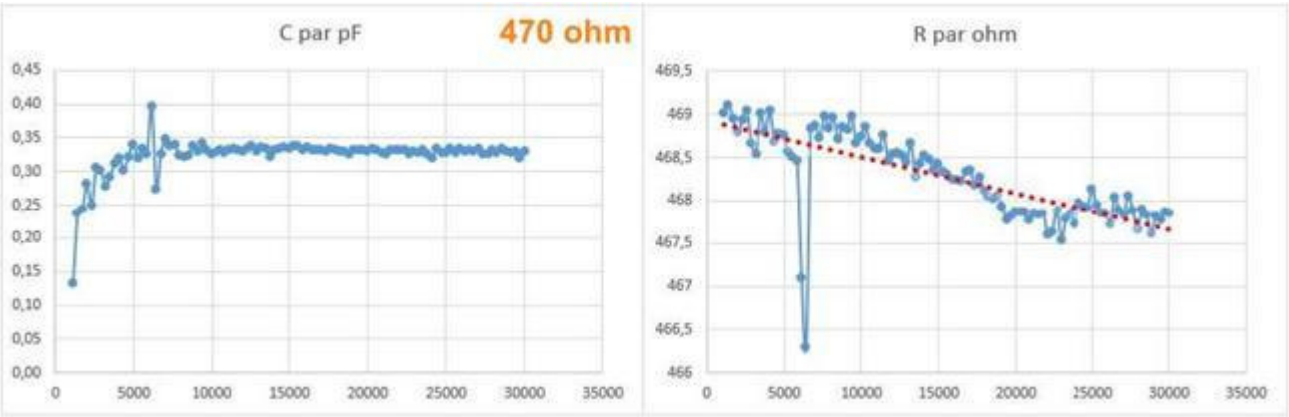


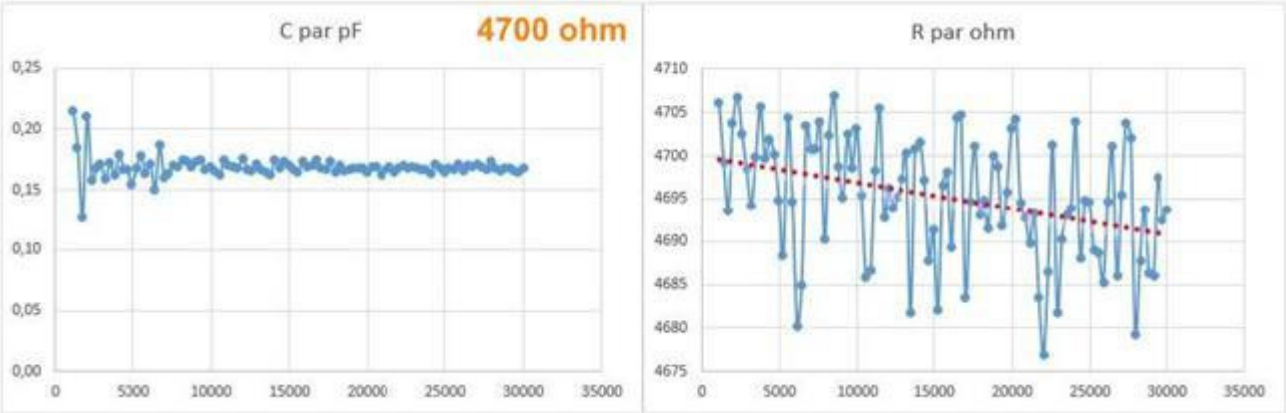
Phase S21

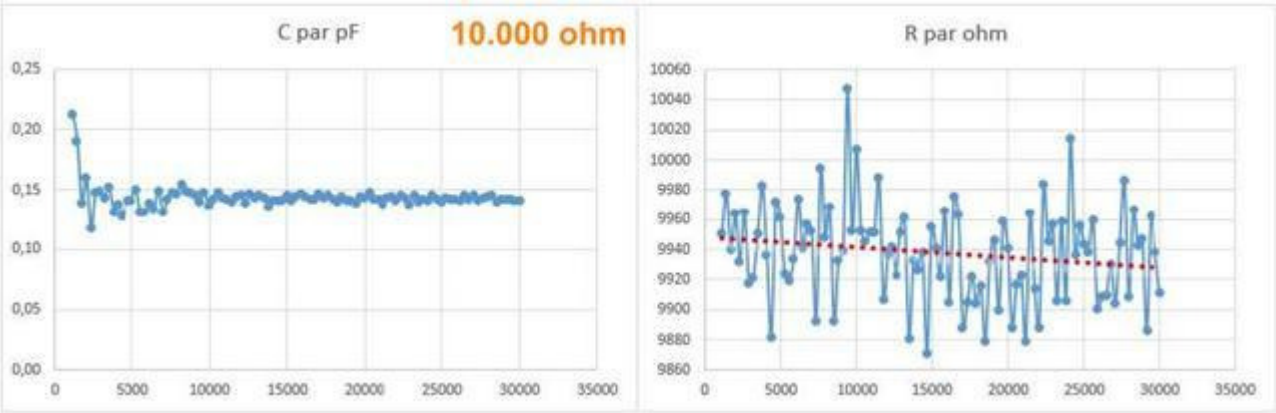
Il semble y avoir un amortissement constant et attendu de 3,3 dB (calcul voir encadré 1) et un léger déplacement angulaire croissant positif, ce qui indique un comportement légèrement capacitif qui augmente avec la fréquence . Cela signifie qu'il doit y avoir un condensateur (parasite) parallèle à la résistance . Nous voyons que avec les trois autres résistances également , l' amortissement attendu (par exemple . 40dB à la résistance 10k) avec l'augmentation de l'angle de phase.
Malheureusement , nanoSAVER n'a pas d' algorithme qui convertit les valeurs S21 en une connexion parallèle de Rp et jXp , ni en une connexion série de Rs + jXs .
La solution est une conversion manuelle des valeurs S21 du fichier S2P. Les formules de l' article précédemment cité de G3TXQ ne fonctionnent pas avec l' export nanoSAVER , donc de nouvelles formules ont été dérivées . L'encadré 2 montre le résultat de la conversion de S21 en connexion série Rs + jXs . L'encadré 3 montre la conversion des valeurs de série Rs et Xs en valeurs parallèles Rp et Xp. La dérivation de toutes les formules utilisées peut être trouvée à : https://pa3a.nl/wp-content/uploads/2021/07/Math-for-nanoVNA-S2Z-and-Z2S-Jul-2021.pdf
La conversion du fichier S21 pour la mesure de 47 ohms donne l' image suivante (Xp a déjà été converti en capacité en pF) :



Quelques points sont frappants : Il y a quelques valeurs déviantes autour de 6 MHz. Il s'agit d'un problème mineur dans le nanoVNA . A basse fréquence , la capacité est négative . Cela indique qu'une certaine inductance est encore visible avant que le parallèle C ne prenne le relais dans le courant . Pour la grande image , ce n'est pas le cas matière . Vous pouvez en fait mesurer cette résistance de 47 ohms plus rapidement avec le S11 R + jX .
Pour l'ensemble des résistances 470, 4k7 et 10k , nous convertissons immédiatement l' amortissement en Rp et jXp avec la conversion de jXp en une valeur de capacité. Dans l'ensemble, nous obtenons une image complètement différente avec la mesure S21 , par rapport à la mesure S11 précédente .







Vue d' ensemble des valeurs mesurées au moyen de S21, lues à partir des graphiques ci -dessus.

Resistor	S21 report → Rp + jXp		from Xp: C-value
47 ohm	Rp: 46,9	± 0,1	1 pF
470 ohm	Rp: 468	± 1	0,33 pF
4700 ohm	Rp: 4,69 k	± 0,01 k	0,17 pF
10.000 ohm	Rp: 9,94 k	± 0,05 k	0,14 pF

Ce sont en fait des résultats incroyablement bons et stables . Considérant que le nanoVNA 3.2 n'a pas exactement une résistance d' entrée de 50 ohms sur CH1. Apparemment , le calibrage se passe bien et PA3A pourrait aussi avoir de la chance avec ses mesures .

Conclusion

Avec l'aide du nanoVNA et de quelques calculs, vous pouvez mesurer des résistances avec des valeurs assez élevées en utilisant la méthode S21 . Un étalonnage sans ambiguïté est requis .
Dans la partie 3 de cette série , nous mesurerons l' impédance des selfs de mode commun trouvées sur le terrain . On s'attend à ce que la mesure S21 produise des valeurs fiables de R + jXs .

Encadré 1.
On aurait pu s'attendre à des 3,3 dB. En cas de court-circuit entre les deux ports (voir le schéma électrique) : $I_0 = Ub100$
Avec une résistance de 47 ohms insérée c'est : $I_{47} = Ub147$
Le rapport des courants est alors $I_{47} I_0 = 100147$
Avec cela , le gain est de :
$Gain = 20 * \log(100147)$ = - 3,3 dB

Box 1.

We could have expected the 3.3 dB. In case of a short circuit between the two ports (see the circuit diagram):

$$I_0 = \frac{Ub}{100}$$

With a 47 ohm resistance inserted it is:

$$I_{47} = \frac{Ub}{147}$$

The ratio of the currents is then

$$\frac{I_{47}}{I_0} = \frac{100}{147}$$

With that, the gain is:

$$Gain = 20 * \log\left(\frac{100}{147}\right) = -3{,}3 \text{ dB}$$

Encadré 2.
Convertir S21 (amortissement D) en rs + jxs R $(S21) = Dr$ $and\ Im\ Im\ Im\ Im$ $Im\ (S21) = Di\ Rs = 100\ (\mathrm{dr} - (\mathrm{di}_2 + \mathrm{dr}_2))\ \mathrm{di}_2 + \mathrm{dr}_2\ Xs = -100\ DiDr_2 + Di_2$
Dans Excel , ces formules sont faciles à utiliser.

Box 2.

Convert S21 (damping D) to Rs+jXs

$$Re(S21) = Dr \ \ and \ \ Im(S21) = Di$$

$$Rs = \frac{100\left(\mathrm{Dr} - (\mathrm{Di}^2 + \mathrm{Dr}^2)\right)}{\mathrm{Di}^2 + \mathrm{Dr}^2}$$

$$Xs = \frac{-100\ Di}{Dr^2 + Di^2}$$

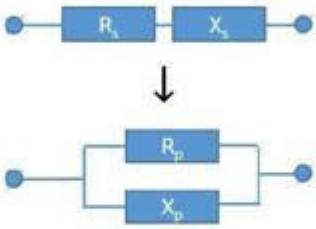
In Excel these formulas are easy to use.

Encadré 3.
Conversion des séries Rs et Xs en un circuit parallèle composé de Rp et Xp.

$Rp = Xs\ 2\ Rs + Rs\ Xp = Rs\ 2\ Xs + Xs$

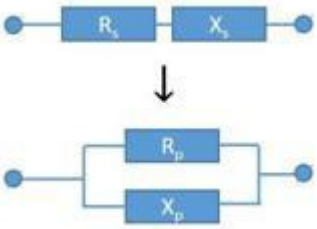
Box 3.

Converting series Rs and Xs to a parallel circuit consisting of Rp and Xp.



$$Rp = \frac{Xs^2}{Rs} + Rs$$

$$Xp = \frac{Rs^2}{Xs} + Xs$$



73,
Arie Kleingeld PA3A
Référence : Radioamateur (G3TXQ) - Chokes en mode commun : http://www.karinya.net/g3txq/chokes/#measurement