

# Messung elektrisch langer Objekte mit einem Netzwerkanalysator

## Bessere Messergebnisse durch kleinere Frequenzverschiebung

**E**in Messobjekt mit großer elektrischer Laufzeit wie ein langes Kabel oder ein SAW-(Oberflächenwellen-)Filter stellt einen Netzwerkanalysator vor ungewöhnliche Messprobleme. Oft hängt die gemessene Anzeige von der Wobbelzeit des Analysators ab, und unkorrekte Daten können sich ergeben. Bei einer niedrigeren Wobbelrate scheint der Betrag der Anzeige kleiner zu werden und sieht verzerrt aus, während er bei langsameren Wobbelraten korrekt aussieht. Damit könnte man meinen, das Kabel hätte mehr Dämpfung als in Wirklichkeit oder, dass ein Filter eine ungewöhnliche Welligkeit im Durchlassbereich aufweist, die in der Realität nicht vorhanden ist. Der Beitrag beschreibt die Ursache dieses Verhaltens und, wie elektrisch lange Objekte richtig gemessen werden müssen. Zwei Beispiele werden gezeigt, um diese Effekte zu illustrieren.

### Grundlegende Funktion eines Netzwerkanalysators

Um dieses ungewöhnliche Verhalten zu verstehen, ist eine kurze Betrachtung der Funktion eines Netzwerkanalysators erforderlich. Jeder Netzwerkanalysator besteht aus zwei Teilen: einer Quelle und einem Empfänger. In einem vektoriellen Netzwerkanalysator ist der Empfangsteil ein abgestimmter Empfänger; er benutzt Mischer, um das Mikrowellensignal auf ein ZF-Signal niedrigerer Frequenz umzusetzen, bei dem die Betrags- und Phaseninformation gemessen wird.

Die Frequenzsteuerung stimmt den Empfänger ab, und das Ausgangssignal des Referenzkanals wird in einer PLL benutzt, um sicher zu stellen, dass die Quellen- mit der Empfangsfrequenz verriegelt wird. Das ZF-Filter stellt die Messbandbreite des Empfän-

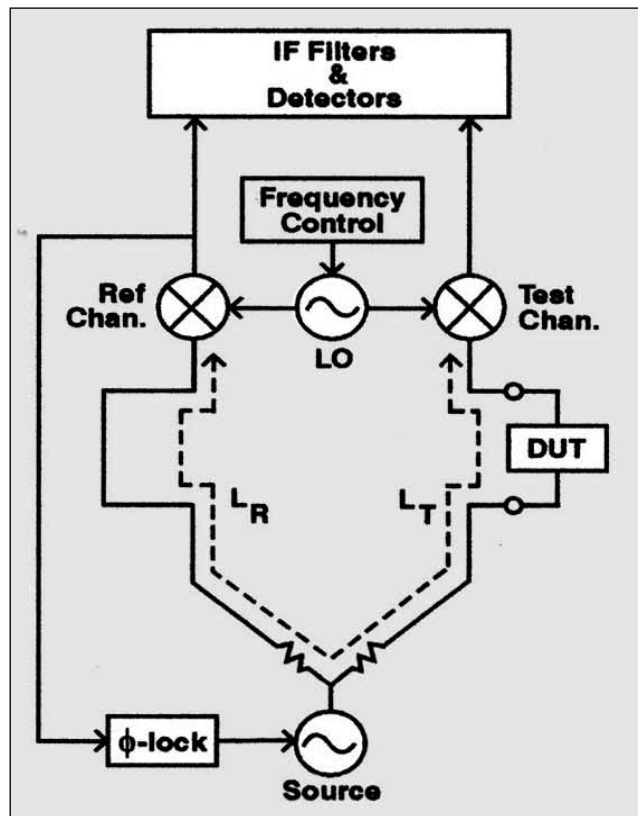


Abb. 1:  
Blockdiagramm eines  
Netzwerkanalysators

B.02

gers ein (typischerweise zwischen 100 und 3000 Hz) und die PLL stellt sicher, dass das ZF-Signal auf die Mitte der ZF-Bandbreite eingestellt wird. Dies gilt immer für den Referenzkanal, unabhängig von der Länge ,Lr'

(Abb. 1); und es gilt auch für den Testkanal, wenn gilt:  $L_r = L_t$ . Typischerweise sind VNAs so ausgelegt, dass diese beiden elektrischen Längen gleich sind, wenn ein Messkabel die beiden Messanschlüsse verbindet.

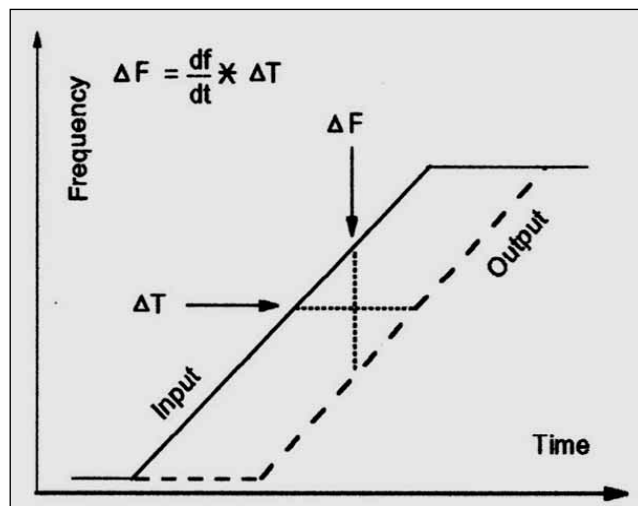


Abb. 2:  
Frequenzversatz  
zwischen Ein- und  
Ausgangssignal an  
elektrisch langen Mess-  
objekten

#### ► Autor

DIETER DAHLMAYER ist als freier Mitarbeiter für Agilent Technologies tätig; Gartenstraße 8a, D-61250 Usingen  
Fon: 06081/12384, Fax: +49/6081/687499  
E-Mail: ddahlmeyer317@aol.com

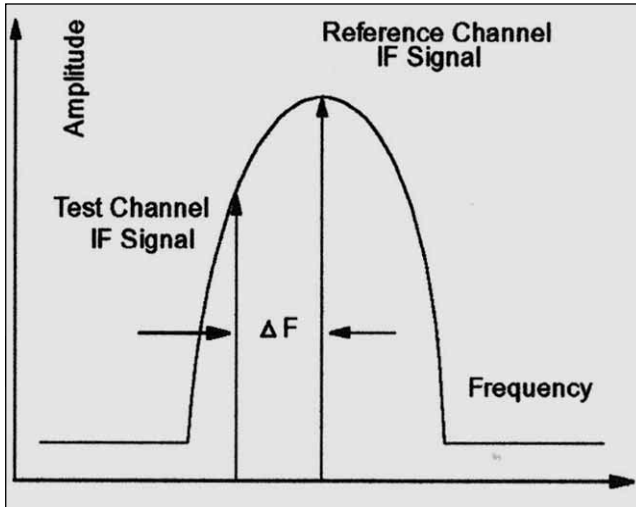


Abb. 3: Das Testsignal wird bei der Messung elektrischer langer Objekte neben die Mitte des ZF-Filters gemischt, weil auf den Referenzkanal verriegelt wird

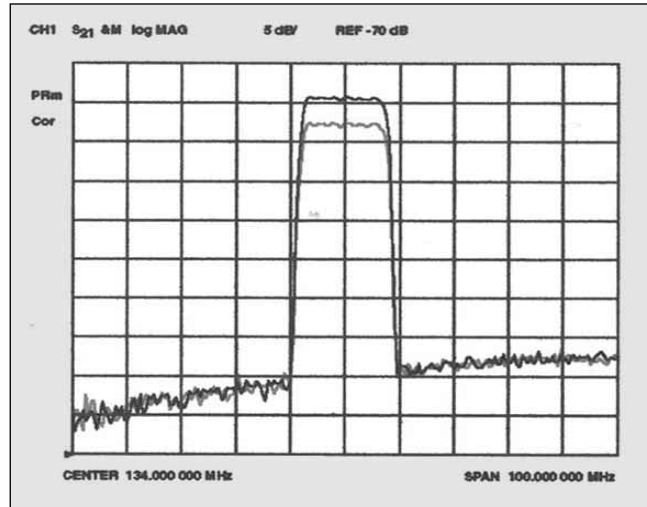


Abb. 4: Richtige und fehlerhafte Bildkurve bei der Messung eines SAW-Filters

### Das Problem bei der Messung elektrischer langer Objekte

Was passiert nun, wenn ein Netzwerkanalysator für die Messung eines Objekts benutzt wird, das eine lange elektrische Verzögerung  $\Delta T$  aufweist? Da das Eingangssignal des Messobjekts eine gewobbelte Frequenz ist, verursacht die Zeitverzögerung des Messobjekts eine Frequenzverschiebung zwischen seinem Ein- und Ausgangssignal (Abb. 2). Die Frequenzverschiebung  $\Delta F$  entspricht dem Produkt aus Wobbelrate und Zeitverzögerung:  $\Delta F = df/dt \cdot \Delta T$ . Im Empfänger des Netzwerkanalysators unterscheiden sich nun die Frequenzen der Eingangssignale von Test- und Referenzkanal um  $\Delta F$ . Der Empfänger wird auf die Referenzsignal-Frequenz abgestimmt, weil die Frequenzkontrollschleife auf die ZF des Referenzkanals verriegelt wird, somit unterscheidet sich die Frequenz des Testsignals geringfügig von der Frequenz des Empfängers. Dies hat zur Folge, dass das ZF-Signal des Testkanals nicht mittig im ZF-Filter liegt, was wiederum dazu führt, dass der VNA bei der Messung von Betrag oder Phase einen Fehler erzeugt (Abb. 3). Je schneller die Wobbelrate des Netzwerkanalysators, desto größer wird  $\Delta F$  und umso größer wird der Fehler im Testkanal.

Manche Netzwerkanalysatoren wobbeln nicht mit konstanter Wobbelrate. Der Frequenzbereich wird in mehreren Bändern abgedeckt und die Wobbelrate kann in den einzelnen Bändern unterschiedlich sein. Wenn der Benutzer also eine breitbandige Wobbelung bei minimaler Wobbelzeit einstellt, ist der Fehler bei der Messung eines langen Objekts in den einzelnen Bändern unterschiedlich und die Daten weisen an den Bandgrenzen Unstetigkeiten auf. Dies kann zu sehr irritierenden Ergebnissen führen, und es ist

schwierig, die wirkliche Antwort zu bestimmen.

Dieser ZF-Fehler kann auch in anderen Messsystemen auf der Grundlage abgestimmter Empfänger auftreten, wie in Spektrumanalysator-/Trackinggenerator-Kombinationen. Er tritt jedoch nicht in skalaren Netzwerkanalysatoren auf, weil der skalare Analysator breitbandige Detektoren anstelle eines abgestimmten Empfängers verwendet.

### Verbesserung der Messergebnisse

Um den Fehler in derartigen Messungen zu reduzieren, muss die Frequenzverschiebung  $\Delta F$  verkleinert werden.  $\Delta F$  kann verkleinert werden, indem die Wobbelrate verkleinert wird oder, indem die Zeitverzögerung  $\Delta T$  reduziert wird. Die Wobbelrate kann natürlich verkleinert werden, indem die Wobbelzeit des Analysators vergrößert wird. Abbildung 4 zeigt die Daten von zwei Messungen eines SAW-Filters, das eine Laufzeit von  $1,6 \mu s$  hat, auf einem Netzwerkanalysator 8510 B/C. In der ersten Messung wurde die minimale Wobbelzeit (45 ms) des Analysators benutzt, während die Wobbelzeit in der zweiten Messung auf 400 ms vergrößert wurde. Der Fehler der ersten Messung ist gänzlich auf die Frequenzverschiebung zurückzuführen, die entsteht, wenn dieses elektrisch lange Objekt bei zu hoher Wobbelrate gemessen wird.

Die Wahl einer geeigneten Wobbelzeit richtet sich nach dem zu messenden Objekt. Je länger die elektrische Laufzeit des Messobjekts, desto langsamer muss die Wobbelrate sein. Eine gute Möglichkeit, festzustellen, wann die Wobbelrate langsam genug ist, besteht darin, den VNA in die Stepped-Frequency-Wobbelbetriebsart zu bringen und die Da-

ten zu vergleichen. Diese Betriebsart kann im Sweepmenu des VNAs als ‚List Frequency Sweep‘ oder ‚Step Sweep‘ bezeichnet sein. In dieser Betriebsart wobbelt der VNA die Frequenz nicht, sondern er geht schrittweise auf jeden Frequenzpunkt, hält an, macht eine Messung und geht dann zum nächsten Punkt. Somit tritt der Fehler in der Stepped-Frequency-Betriebsart nicht auf und man kann diese zur Überprüfung der Daten benutzen; der Nachteil besteht darin, dass die Betriebsart langsamer ist als die normale Wobbelung.

#### Beitrag als PDF im Internet:

[www.duv24.net](http://www.duv24.net)

more @ click TK4B0201



## How to use more @ click !

1. [www.duv24.net](http://www.duv24.net)
2. ‚more@click‘-Code eingeben
3. Anbieter kontaktieren – diskutieren – recherchieren