

Bild 6.XX Bild des vervielfachten Oszillatorsignals

Unterabschnitt 6.2.8

Messung der Intermodulationseigenschaften an einem Spektrumanalysator und Zuordnung der Beobachtungen zu den Ursachen mit Hilfe zweier Meßsender

Da ein Spektrumanalysator einen sehr breitbandigen Eingang besitzen muß, gibt es eine Vielzahl von möglichen Intermodulationsprodukten, die sich in den Mischstufen und den Verstärkern und Filtern dazwischen ausbilden können. Betrachtet man nur ein Signal in einem kleinen Span, so macht sich dies normalerweise nicht bemerkbar. Etwas anders verhält es sich, wenn zwei unterschiedliche Signale mit maximal darstellbarer Amplitude vor dem Eingang reflexionsfrei und vollkommen passiv überlagert werden, für genauere Untersuchung hebt man diese zwei Signale noch um 5 bzw. 10 dB an. Bei dieser Meßmethode werden sowohl die dem Nutzsignal benachbarten Intermodulationsprodukte gerader Ordnung mit angezeigt, wie auch diejenigen ungerader Ordnung, die weit vom Nutzsignal entfernt sind.

Darüberhinaus kommen noch die unerwünschten Mischungen mit den im Empfänger verwendeten Oszillatoren hinzu, was sich bei der Suche nicht so leicht vorhersagen läßt wie die Intermodulationsprodukte, sondern sorgfältig über den ganzen Bereich durchgeführt werden muß. Diese liegen je nach Eingangsfrequenz auf einer bestimmten Ausgangsfrequenz, die nach einer Gleichung ($y=mx+b$) mit der Eingangsfrequenz gekoppelt ist. Ein solches Signal benötigt nur einen einzelnen Meßsender am Eingang, um ein unerwünschtes Signal zu erzeugen, da die internen Oszillatoren mit dem Signal in Wechselwirkung treten. Daher ist die Darstellung der einzelnen Meßergebnisse in einem Diagramm sinnvoll, auf welchem das Eingangssignal und die angezeigte Frequenz des Störsignals angetragen werden. Aus den einzelnen Meßpunkten läßt sich durch geeignetes Verbinden der Punkte ein Diagramm mit mehreren Geraden erzeugen, wobei jede einzelne Gerade für einen bestimmten Störmechanismus steht. Daran schließt sich die Umformung der Gerade in die ($y=mx+b$)-Form an, wobei m den Faktor der Erhöhung der Eingangsfrequenz zur Störung angibt, normal sind Werte wie 0.5, 1 und 2, aber es sind auch

andere Faktoren denkbar. Aus der Steigung ist abzulesen, welche Oberwelle oder Grundfrequenz mit welcher anderen Oberwelle oder Grundfrequenz interferiert, allerdings ist diese Suche nicht immer einfach. Der Wert der Variable b gibt den Grundversatz der erhaltenen Gleichung an und ist von den beiden beteiligten Frequenzen abhängig, manchmal läßt sich die eine Frequenz direkt ablesen. Die Suche nach den Oberwellen und den Störmechanismen, also der Entstehung der Oberwellenanteile und des Ortes der Überlagerung setzt allerdings viel Phantasie und sehr genaue Kenntnisse der Schaltung voraus. Im Blockschaltbild ist eine etwas vereinfachte Version eines Eingangsteils dargestellt, anhand dieser Zeichnung soll der Suchvorgang demonstriert werden. Es gibt mitunter allerdings auch singuläre Störstellen, die sich nicht in das Schema einfügen lassen. Solche Störstellen haben meist mit einer Beeinflussung über mehrere Baugruppen hinweg zu tun und sind nur sehr schwer einer konkreten Ursache zuzuordnen.

Besonders wichtig ist für diese Untersuchung, daß die Oberwellen des Meßsenders in ihrer Amplitude so weit gedämpft werden, daß sie nicht ihrerseits als "legitimes" Eingangssignal erfaßt werden können. Hier wird am besten mit verschiedenen schaltbaren Band- oder Tiefpässen gearbeitet, wenn der Generator nicht vorher genau an einem guten Referenzanalysator geprüft wurde.

Als erste Messung wird hier die Bestimmung von Intermodulationsprodukten zweiten und dritten Grades vorgestellt, zusammen mit der Messung der korrespondierenden Interceptpunkte. Je nach Spektrumanalysator muß hierzu der nutzbare Meßbereich (auf dem Schirm, nicht am Eingang!) ein wenig überschritten werden, um bei sehr hochwertigen Modellen diese Fehler überhaupt zu zeigen. Eine rückwirkungsfreie Überlagerung der zwei Eingangssignale ist hier unerlässlich, da sonst die Rückwirkungen des Leistungskopplers oder der Generatoren das Meßergebnis künstlich verschlechtern würden. Der beste Test ist die Amplitudenerhöhung der Intermodulationsseitenbänder bei einer Erhöhung des Eingangspegels, ihre Steigung ist größer als 1, wenn echte Intermodulation im Mischer vorliegt(FORM AUA!).

(Hier Bild von IM3 und IM2 (nah / weit) und dann ein XY-Diagramm mit den anderen Störstellen und den Ursachen in einem auch noch zu zeichnenden Blockschaltbild)

CF	500 MHz	Start	0 Hz
Span	1 GHz	Stop	1 GHz
Ref. Level	-2 dBm		
ATT	10 dB	Kategorie Spektrumanalysator	1
		Tracking Generator Level	--
RBW	300 KHz		
VBW	1 MHz		
SWP	2 sec		
Vert. Skalierung	10 dB/Div		
Anzeigemodus	logarithmisch		
Menüpunkt	--		
Marker	--		

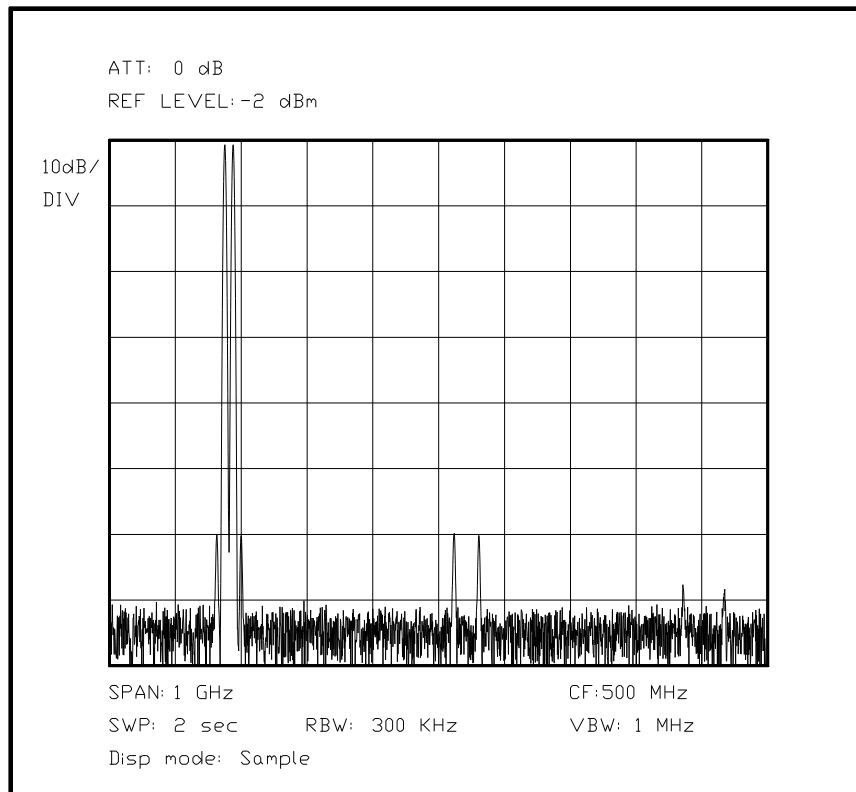


Bild 6.XX Darstellung der IM-Produkte 2. und 4. Ordnung

CF	105 MHz	Start	55 MHz
Span	100 MHz	Stop	155 MHz
Ref. Level	-2 dBm		
ATT	0 dB	Kategorie	1
		Spektrumanalysator	
RBW	100 KHz	Tracking Generator Level	--
VBW	300 KHz		
SWP	200 msec		
Vert. Skalierung	10 dB/Div		
Anzeigemodus	logarithmisch		
Menüpunkt	--		
Marker	--		

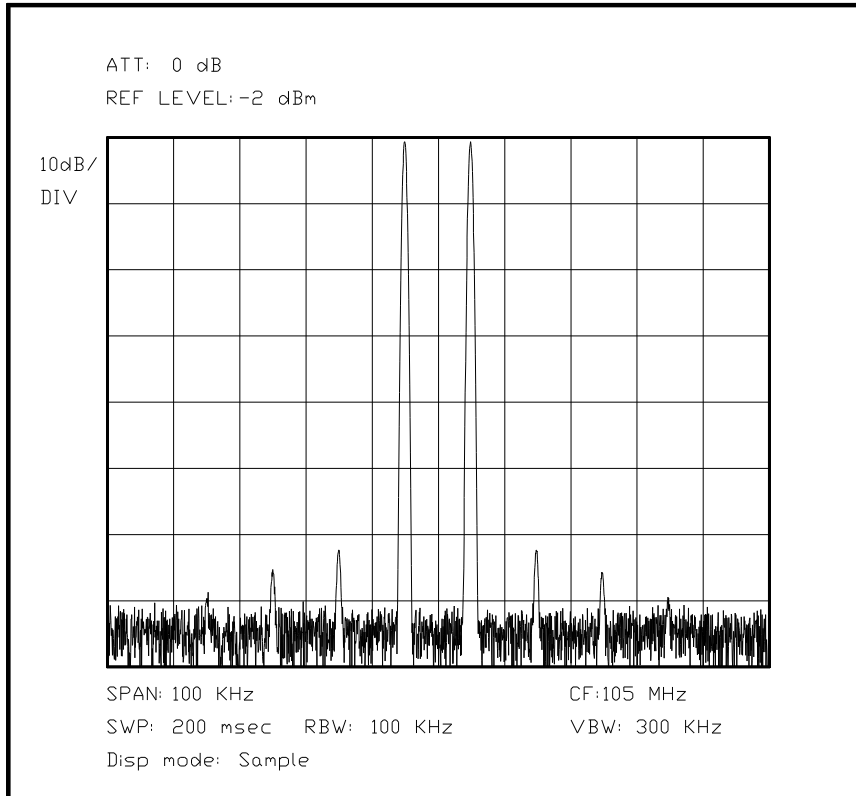


Bild 6.XX Darstellung des Zweitonsignals mit den IM-Produkten 3., 5. und 7. Ordnung

Hier das Blockbild des für die Untersuchung verwendeten Spektrumanalysators. Hierbei [wird von der Annahme ausgegangen, daß zwei Signale IM-frei und oberwellenfrei überlagert werden] seien oberwellenfreie und intermodulationsfrei überlagerte Eingangssignale angenommen, die auch nicht durch Rückwirkungen aus dem Eingang des Spektrumanalysators gestört werden können.

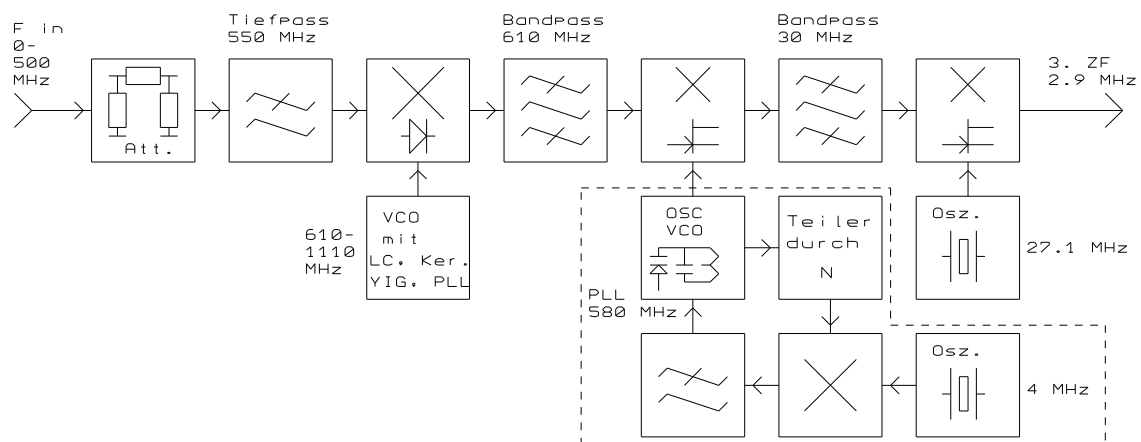


Bild 6.XX Blockbild des Spektrumanalysator-Eingangsteils für das folgende Diagramm

Für die Untersuchung der einzelnen Punkte im folgenden Diagramm sind zunächst die aufgenommenen Meßpunkte dargestellt, und im zweiten Diagramm - aufbereitet - die Meßpunkte durch geeignete Linien verbunden dargestellt. Fast alle Meßpunkte, bei denen ein störendes Signal gemessen wird, lassen sich nach genauer Untersuchung einem

bestimmten Phänomen zuordnen, wie etwa einer Oberwelle im Eingangssignal, die sich mit einer Oberwelle des VCO mischt, oder einer Rückwirkung eines weiter hinten im Signalweg angeordneten Oszillators. Versucht man, die einzelnen Meßpunkte zu verbinden, stößt man im allgemeinen auf die Schwierigkeit, daß nicht bei allen untersuchten Frequenzen eine der Regel folgende Störung beobachtet werden kann. Zu diesem Zweck beobachtet man die Störungen, und verschiebt die Oszillatorfrequenz des Meßsenders um einen kleinen, genau bekannten Betrag, aus der resultierenden Verschiebung auf dem Schirm können erste Rückschlüsse auf den Störmechanismus (die Steigung der vom Punkt aus interpolierten Geraden) gezogen werden. Findet man mehrere passende Punkte, aus denen sich eine Gerade konstruieren läßt, so kann eine Ursache deutlich leichter bestimmt werden, da Einfluß von Eingangssignal und Oszillatoren gut abzulesen sind. Aus diesem Grund werden bei der Messung nicht nur die Punkte in das erste Diagramm eingetragen, sondern auch ihre Amplitude und die Steigung der vermuteten Geraden. Auf diese Weise lassen sich Ursache und Größenordnung einer Störung je nach Frequenz leichter den Ursachen zuordnen. Das erste Diagramm stellt das Ergebnis der Untersuchung dar, es sind jeweils Pegel und Steigung der beobachteten Störung an die Punkte angetragen.

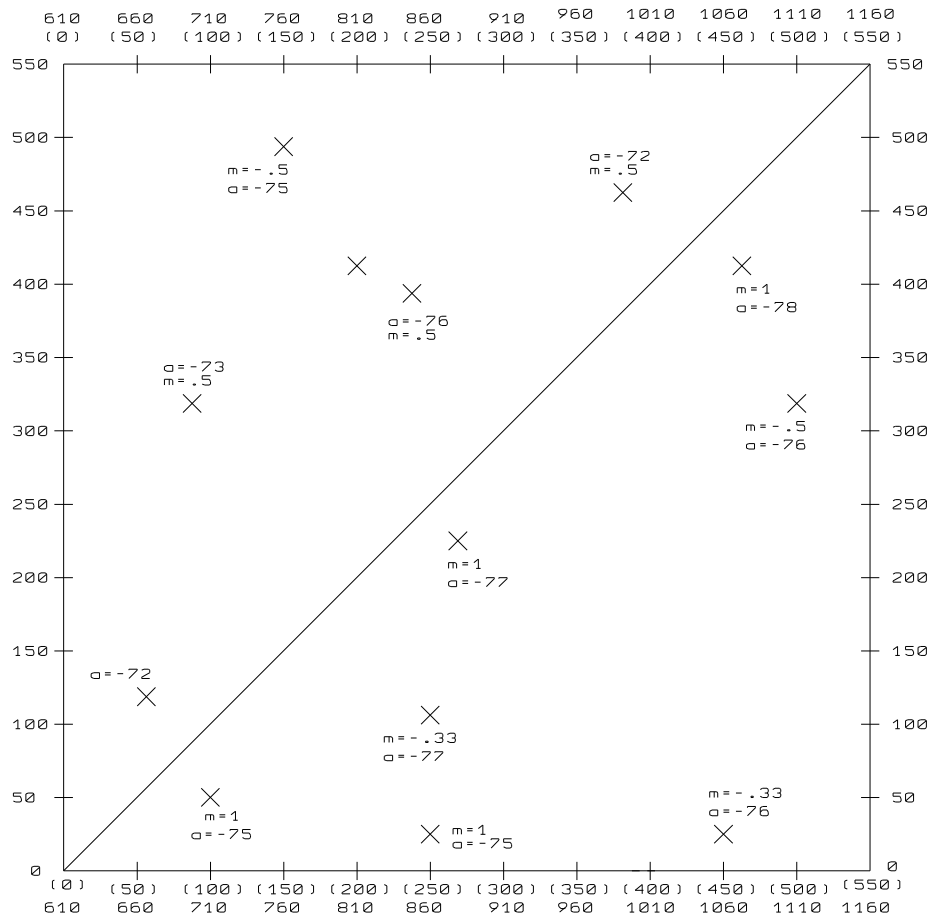


Bild 6.XX Diagramm der unerwünschten Störstellen, wie gemessen

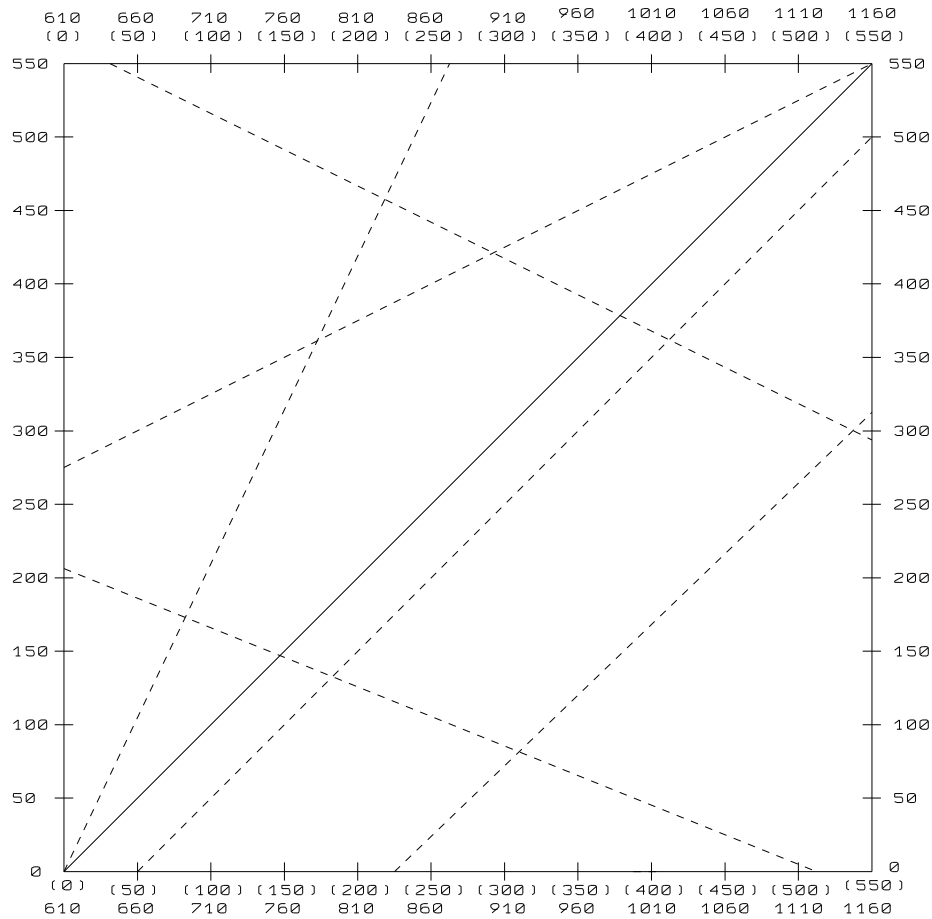


Bild 6.XX Diagramm der gemessenen Punkte, mit den entsprechenden Geraden versehen

Nach der Zuordnung beginnt die eigentliche Arbeit - die Störungen müssen unterdrückt werden, je nach Ursache muß hier auf die verschiedensten Maßnahmen zurückgegriffen werden. Isolierte Störpunkte müssen besonders genau untersucht werden, um auch hier Abhilfe zu schaffen. In extremen Fällen liegt möglicherweise eine Resonanz eines Abblockkondensators vor, oder eine Kabellänge hat im Gerät ist exakt ein Vielfaches von einem Viertel der fraglichen Wellenlänge (unter Berücksichtigung des Dielektrikums!). In einem solchen Fall kann ein einfaches Kabel sehr unglücklich die Gesamtleistung eines Gerätes beeinträchtigen.

Um die Vielfalt der möglichen Störlinien darzustellen, sei im folgenden Diagramm jeweils bis zur dritten Oberwelle eine Mischung von Eingangssignal, 1. Mischfrequenz und 2. Mischfrequenz entsprechend dem obigen Blockschaltbild dargestellt. Aus dieser Vielzahl der möglichen Störlinien wird in der Praxis nur eine sehr kleine Anzahl wirklich nachzuweisen sein, aber diese Zeichnung verdeutlicht die Wichtigkeit guter Abschirmung und Isolation der Baugruppen untereinander. Auch wird deutlich, wie vielfältig sich Oberwellen, die an Nichtlinearitäten und Fehlanpassungsstellen entstehen, im Eingangszweig störend auswirken können.

Die von unten links nach oben rechts verlaufende Diagonale - nicht gestrichelt dargestellt - ist das einzige erwünschte Ergebnis dieser Mischstufen. Alle anderen Linien sind unerwünschte Signale.

Die vertikale Achse stellt die Eingangsfrequenz dar, die horizontale Achse stellt die Frequenz des VCO (1. LO) dar, in eckigen Klammern die Frequenz des gewünschten Mischproduktes bei der jeweiligen VCO-Frequenz.

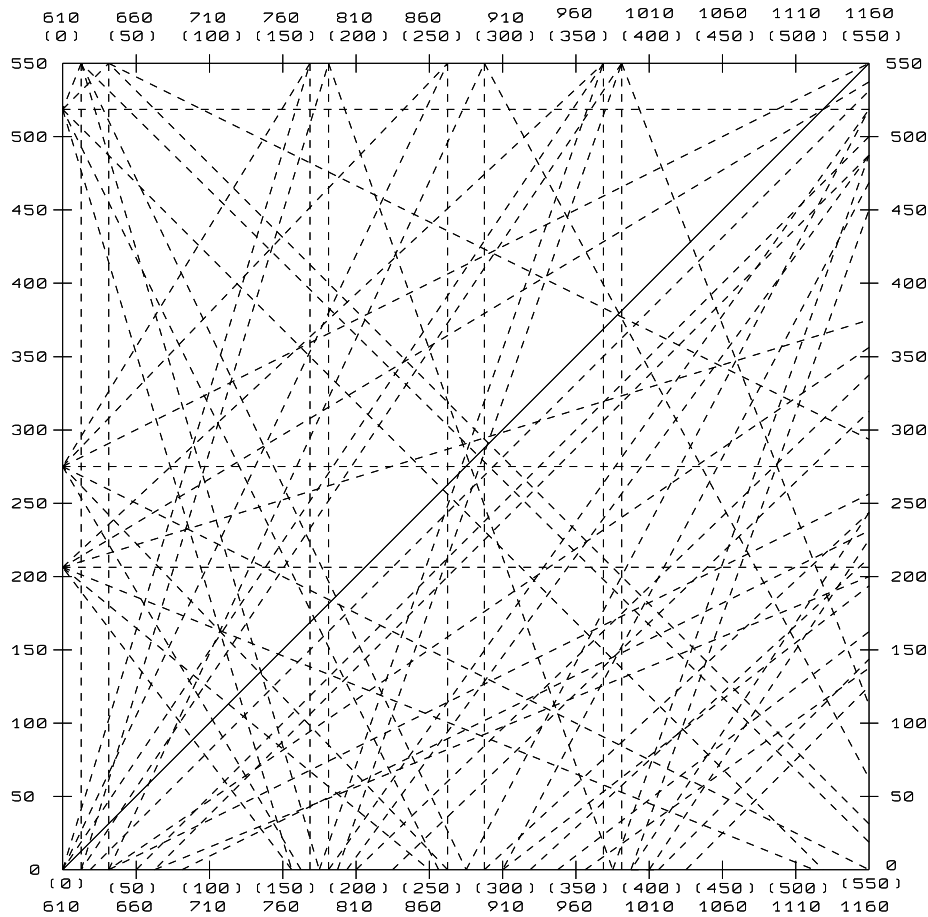


Bild 6.XX Diagramm mit allen rechnerisch möglichen Störlinien bis zur 3. Oberwelle

Unterabschnitt 6.2.9

Überprüfung der Darstellungseigenschaften eines Spektrumanalysators im Frequenzbereich

Wie im Kapitel XX erläutert, gibt es verschiedene Darstellungsmodi für die digitalisierte Information, die sich in ihren Eigenschaften teilweise deutlich unterscheiden. Besonders die Samplingrate im Verhältnis zur Signalbandbreite ist für das Ergebnis entscheidend, eine wichtige Rolle fällt dabei auch der Quantisierung zu. Ist die Samplingrate bei breiten Spans und recht schmalen Filtern zu niedrig, schwankt die Amplitude der angezeigten Peaks je nach Feineinstellung der Frequenz um einige dB. Die Quantisierung ist für die Qualität der Flankendarstellung maßgeblich, die Samplingrate ist für die genaue Ermittlung des Peaks zwischen zwei benachbarten Abtastwerten interessant(AUA!).

Um diese möglichen Fehler genau zu untersuchen, benutzt man am besten ein stark oberwellenhaltiges Signal, in Kap. 5.11.2 wird eine solche Hilfsschaltung als Beispiel vorgestellt. Ein solches Signal stellt eine große Anzahl Peaks in der Anzeige dar, mit kleinen Spans kann man die genaue Amplitude der einzelnen Anteile untersuchen. Betrachtet man die Signale alle zusammen mit einem sehr breiten Span, so werden die einzelnen Anteile nur noch wenige Pixel breit dargestellt, im Extremfall nur noch einen einzigen Pixel breit. Wird nun die Mittenfrequenz der Anzeige in sehr kleinen Schritten verändert, so schwanken die einzeln angezeigten Signalamplituden um einen bestimmten Betrag, aus dem sich die Abtastrate des Systems und die Qualität der Darstellung deutlich ablesen läßt. Zur Verdeutlichung dient die folgende Skizze: Man denke sich die Lage der Abtastpunkte beliebig, aber gleichmäßig verteilt über den Schirm. Dann stellt jedes einzelne Signal sich (wenn es schmalbandig genug ist) als Abbildung der kegelförmigen Kurve des jeweils gewählten Auflösungsfilters dar. Besonders im Full-Span-Modus tritt der Fall auf, daß die Filterbandbreite teilweise geringer ist als der Abstand zwischen zwei benachbarten