

Passieve intermodulatie in kaart

Tot op de centimeter nauwkeurig de afstand tot de bron bepalen

Passieve intermodulatie, kortweg PIM, is een probleem aan het worden waar we de komende jaren alleen maar meer last van gaan krijgen. Tot een aantal jaren geleden was het gegeven wel bekend, maar leverde nagenoeg geen problemen op. Maar nu de GSM-installaties wat ouder beginnen te worden, ontstaan er meer en meer problemen die om aandacht vragen. Anritsu kan daarbij een helpende hand bieden. Zij leveren sinds kort de meetapparatuur om de bronnen van passieve intermodulatie snel en eenvoudig op te sporen.

Wanneer twee signalen in een niet lineair element samen komen, ontstaan er mengproducten. Binnen de HF-techniek wordt daar immers veelvuldig gebruik van gemaakt. Helaas treedt dit effect ook geregeld op als dit niet gewenst is. Ook hier zijn voldoende voorbeelden van bekend. Veel onbekender is het feit dat er ook menging kan optreden op plekken waar we dat helemaal niet zouden verwachten. Te noemen zijn kabels, connectoren en zelfs stalen hekweken in de buurt van de zender.

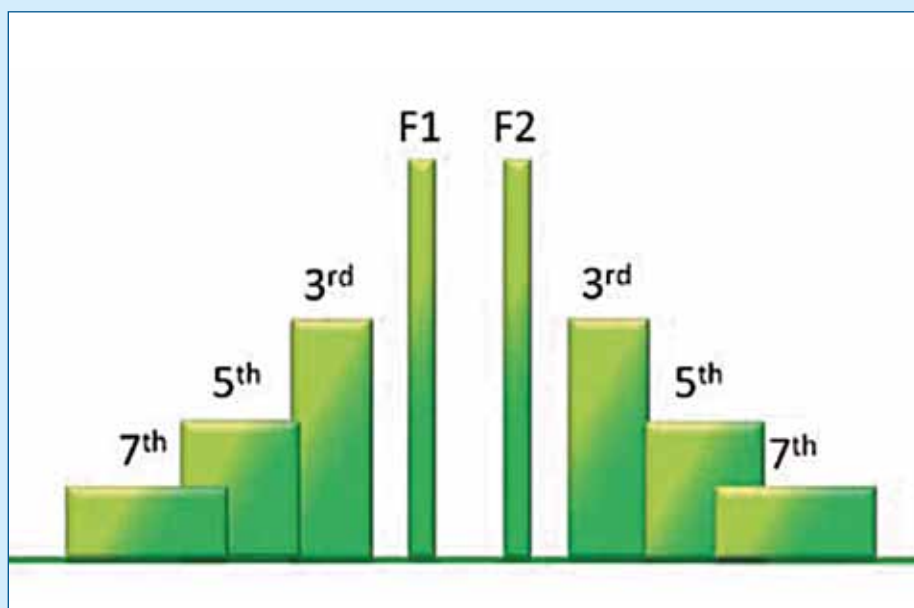
Nu is dit effect bij heel veel installaties niet nadelig of het treedt simpelweg niet op omdat er geen twee signalen zijn die mengen, maar bij de huidige GSM-installaties is dit wel het geval. Meerdere frequenties worden daar op het zelfde moment gebruikt met als gevolg dat er passieve intermodulatie op kan treden.

PIM bij GSM

Een GSM-installatie is niet het enige zendstation waar tegelijkertijd meerdere frequenties in gebruik zijn en waarbij op hetzelfde moment ook nog op weer een andere frequentie uitgeluisterd wordt. Het is op dit moment wel het meest voorkomende voorbeeld van een installatie die te maken kan

krijgen met de problemen met betrekking tot passieve intermodulatie.

De meerdere frequenties waarop het GSM-basisstation uitzendt, worden samengevoegd en via één kabel naar de antenne gevoerd. In deze gehele keten kan passieve intermodulatie optreden waarbij er vele verschillende signalen opgewekt worden. Het zijn met name de harmonischen die samen met de hoofdsignalen mengsignalen opleveren die binnen het bereik van de ontvanger vallen (zie figuur 1 en tabel 1). Deze zal daardoor gestoord worden, met als gevolg dat de communicatie aanzienlijk slechter wordt. Het product van $2 \cdot F_2 - 1 \cdot F_1$ kan in de bereik van de ontvanger van het basisstation vallen waardoor ontvangst sterk kan verslechteren en er dus geen ontvangst meer is. Omdat het uitgangsniveau van de hoofdsignalen behoorlijk hoog is, zullen ook de door passieve intermodulatie opgewekte signalen vrij sterk zijn. Daarbij komt dat de PIM-signalen veelal in de installatie zelf ontstaan. Dit alles levert stoorsignalen op die al snel sterker zijn dan de signalen die het station ontvangt van de gebruikers van de installatie. Door passieve intermodulatie kan het voor komen dat een gebruiker die op zijn telefoon ziet dat de verbinding maximaal is, toch geen goede verbinding krijgt omdat het



Figuur 1. Door menging ontstaan er rond de twee hoofdsignalen meerdere mengproducten die voor problemen kunnen zorgen.



signaal van zijn telefoon minder sterk is dan de door passieve intermodulatie opgewekte stoorsignalen.

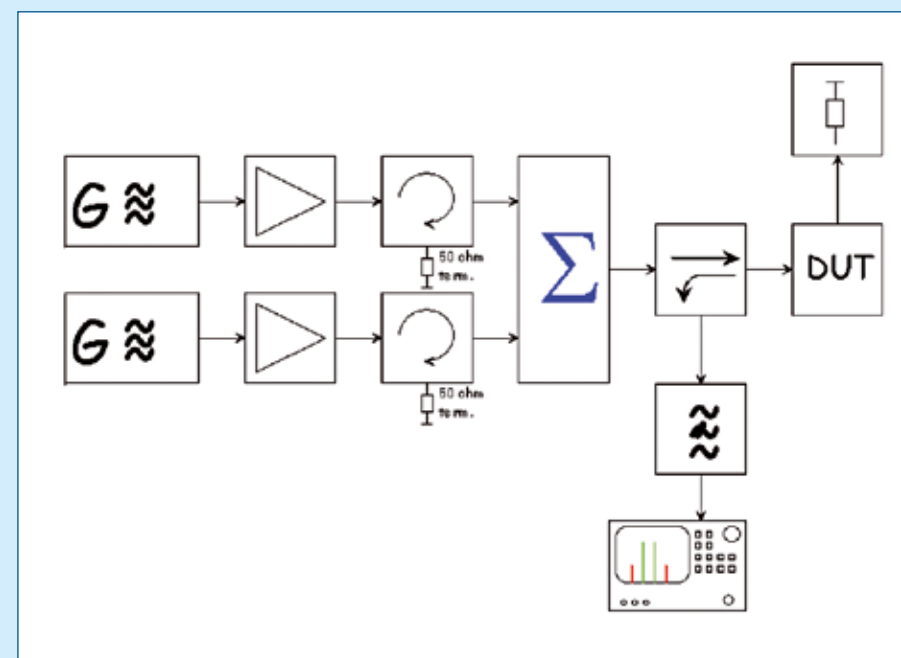
Waarom ontstaat PIM

Passieve intermodulatie is een lastig te hanteren fenomeen omdat het in feite overal in op kan treden. Dat wil dus zeggen dat ook kabels, connectoren en de antenne passieve intermodulatie op kan leveren. Het zijn met name die stukken waar niet lineair gedrag in op kan treden. Te noemen valt slechte overgangen en geoxideerde oppervlakken (oxides kunnen voor natuurlijke diodes zorgen) maar ook ijzer en nikkel levert door de hysteresis in het materiaal passieve intermodulatie op. Dit wil dus zeggen dat de bron van passieve intermodulatie overal kan zitten in de keten. Slechte connectoren, niet goed aangesloten kabels en zelfs roestvorming op de antenne kan passieve intermodulatie veroorzaken. Er is zelfs bij sommige connectoren een duidelijk verschil te meten tussen de hoeveelheid passieve intermodulatie als de connector met de hand is aangedraaid of is vastgezet met de juiste kracht. De handvast connector levert meer passieve intermodulatie op dan de op de juiste manier vastgedraaide connector.

De storing te lijf

Om te kunnen zien of er in een installatie sprake is van passieve intermodulatie, dient er gemeten te worden. Wat daar voor nodig is, valt te zien in figuur 2. Als eerste zijn er twee bronnen nodig die op nagenoeg dezelfde frequentie werken. Na versterking tot een behoorlijk vermogen, moeten de twee aparte signalen samengevoegd worden waarna de signalen via een richtkoppelaar aan het te testen onderdeel gevoerd worden. Het in de DUT gereflecteerde signaal wordt met de richtkoppelaar naar een spectrumanalyser gevoerd waarop als het goed is alleen maar de twee hoofdsignalen zichtbaar zijn. Als er sprake is van passieve intermodulatie, dan zullen er naast de twee hoofdcomponenten ook mengproducten zichtbaar zijn, zoals in figuur 1 is weergegeven.

Als er sprake is van passieve intermodulatie en er wordt met de meetopstelling uit figuur 2, slechts één onderdeel getest, dan is het opsporen van de PIM-bron niet zo ingewikkeld, maar veelal moet er gemeten worden aan een complete installatie. Bij een GSM-basisstation is dat de kabel omhoog, de antenne en alles wat er nog meer in en rond de installatie te vinden is. In dat geval is het niet verstandig om elk stukje apart door te meten, want daar-



Figuur 2. De meetopstelling om PIM te kunnen vaststellen.

mee is niet te garanderen dat de PIM-bron boven water komt. Een slechte connector kan in eens weer goed gaan werken als hij losgedraaid wordt en een rammelende kabelverbinding kan in eens weer beter contact maken. Om echt te zien of er sprake is van passieve intermodulatie, dient de complete installatie doorgemeten te worden om zo een reëel beeld te krijgen van de situatie als de installatie in bedrijf is.

Als nu is vastgesteld dat er sprake is van passieve intermodulatie en de mengsignalen een dusdanig niveau hebben dat er daadwerkelijk verstoring op kan treden, dan dient de bron of de bronnen opgespoord te worden. Dit is een lastige klus. Alles demonteren en langslopen, wil niet zeggen dat ook daadwerkelijk de oorzaak gevonden wordt. Het opsporen wordt dan eerder een kwestie van trail-en-error, met als gevolg dat het oplossen van het probleem een dure aangelegenheid zal worden. Vooral als de bron zich niet in de installatie bevindt, maar bijvoorbeeld veroorzaakt wordt door een verroest hekwerk rond de antennemast, dan is het maar de vraag of het probleem echt gevonden wordt. Het alleen maar meten van de hoeveelheid passieve intermodulatie met behulp van de meetopstelling uit figuur 2 is dan ook niet echt de oplossing. Toch moest er tot voor kort op deze manier gewerkt worden, omdat andere meetapparatuur niet beschikbaar was.

Distance-to-PIM

Om op een goede manier de oorzaak van passieve intermodulatie te lijf te gaan, is het handig als het meetapparaat aan kan geven wat de afstand is van de aansluiting tot aan de bron. Op dat moment weet u immers veel meer. Uit de afstandsmeting is immers na te meten of het gaat om de connectoren, de kabel, de antenne of dat de bron ergens buiten het systeem gezocht moet worden. Nu is met de meetopstelling uit figuur 2 niet de afstand af te lezen. Anritsu heeft echter de meetopstelling weten uit te breiden zodat wel aan de hand van de looptijd van het HF-signaal de afstand tot de PIM-bron bepaald kan worden. Het apparaat waar we het over hebben is de PIM Master (zie figuur 3). Deze bestaat uit twee delen. In de koffer zitten de twee signaalbronnen plus alle benodigde elektronica om de signalen samen te voegen en het gereflecteerde signaal naar buiten te voeren. Op dit deel wordt een speciale handheld spectrumanalyzer aangesloten

die geschikt is voor PIM-metingen. In de analyzer zit alle benodigde software om de PIM Master aan te sturen en de uiteindelijke meetresultaten op een beeldscherm weer te geven. Dat wat het instrument aangeeft, is naast het spectrum ook een grafiek waaruit de passieve intermodulatie als functie van de afstand is af te lezen. In figuur 4 is een dergelijke weergave te zien. In de grafiek is de afstand af te lezen plus de sterkte van het door passieve intermodulatie gemaakte signaal. Uit beide valt in de eerste plaats af te lezen waar de bron zich bevindt, maar ook hoeveel storing de bewuste bron aan het totale door passieve intermodulatie opgewekte stoorsignaal bijdraagt. Uit beide valt dan op te maken of het noodzakelijk is om de bewuste bron aan te moeten pakken.

Werk aan de winkel

Omdat veel van de GSM-installaties al menig jaartje staan, is er een verhoogde kans dat passieve intermodulatie een probleem gaat worden. Alle invloeden van buiten, zoals vocht, maar ook wind hebben er in de loop van de tijd voor gezorgd dat connectoren en antennes niet meer oxidevrij zijn en wind heeft alles mechanisch verzwakt. Hierdoor nemen de problemen met passieve intermodulatie alleen maar toe en is het voor de netwerkkoperators een zaak om geregeld de installaties langs te lopen en te kijken of passieve intermodulatie geen rol van betekenis is gaan spelen.

Behalve bij GSM-installaties kan er bij meer systemen die tegelijkertijd op meerdere frequenties uitzenden, problemen met passieve intermodulatie voor komen. Het P2000-netwerk is daarvan een tweede voorbeeld. Bedenk wel dat het alleen tot echte problemen leidt als de signaalsterkte van de zenders behoorlijk hoog is. Er is zeker een uitgangsvermogen van enkele tientallen watt's nodig om in passieve componenten mengsignalen op te wekken die een dusdanig niveau hebben dat ze de ontvanger kunnen storen. Draadloze systemen voor computernetwerken die ook gebruik maken van meerdere zendsignalen, zullen dan ook vanwege het lage vermogen geen last van passieve intermodulatie hebben. Overigens moet de installatie ook in full duplex werken. Is dit niet het geval en wordt er alleen uitgeluisterd als er niet gezonden wordt, dan is passieve intermodulatie ook geen probleem.

| Order | Frequencies | | Tone 1 | Tone 2 |
|-----------|-------------|-------------|---------|---------|
| 1st Order | f_1 | f_2 | 100 MHz | 101 MHz |
| 2nd Order | f_1+f_2 | f_2-f_1 | 201 MHz | 1 MHz |
| 3rd Order | $2f_1-f_2$ | $2f_2-f_1$ | 99 MHz | 102 MHz |
| 4th Order | $2f_1+f_2$ | $2f_2+f_1$ | 301 MHz | 302 MHz |
| | $2f_2+2f_1$ | $2f_2-2f_1$ | 402 MHz | 2 MHz |
| 5th Order | $3f_1-2f_2$ | $3f_2-2f_1$ | 98 MHz | 103 MHz |
| | $3f_1+2f_2$ | $3f_2+2f_1$ | 502 MHz | 503 MHz |
| 7th Order | $4f_1-3f_2$ | $4f_2-3f_1$ | 97 MHz | 104 MHz |
| | $4f_1+3f_2$ | $4f_2+3f_1$ | ... | ... |
| 9th Order | $5f_1-4f_2$ | $5f_2-4f_1$ | 96 MHz | 105 MHz |
| | $5f_1+4f_2$ | $4f_2+3f_1$ | ... | ... |
| e.t.c. | | | | |

Tabel 1. Een aantal rekenvoorbeelden waaruit de problematiek meer dan duidelijk blijkt.

Tot slot

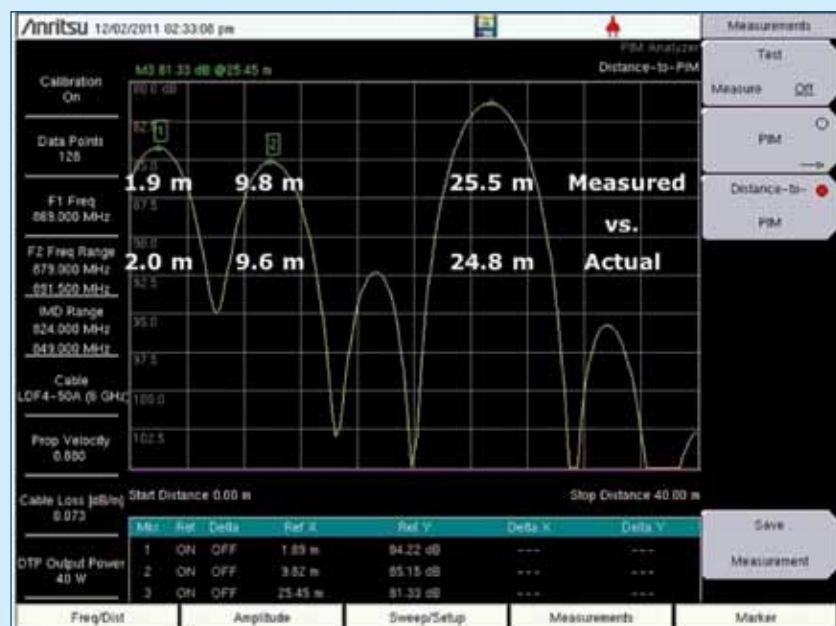
Omdat de problemen rondom passieve intermodulatie vrij specialistisch zijn en lang niet iedereen die met hoogfrequent werk hiervan op de hoogte is, is het aan te raden om eens het nodige leeswerk te doen. Wij hebben op onze site een aantal PDF-documenten geplaatst waarin dit fenomeen uitgebreid aan de orde komt. Wie dus meer wil weten, kan daarom beginnen op de site van e-totaal.

Voor meer informatie www.etotaal.nl/ achtergrond. Artikel "Passieve intermodulatie in kaart".

Ewout de Ruiter



Figuur 3. De Pim Master van Anritsu kan niet alleen de hoeveelheid PIM aantonen, maar kan ook de afstand tot de bron bepalen.



Figuur 4. Aan de hand van deze grafiek kan vrij gemakkelijk de oorzaak van PIM opgespoord worden.