

## Goed meten vereist een juiste interpretatie

# Audio-uitsturing

Richard van Everdingen

**Het lijkt zo simpel allemaal. Audioniveau meten doe je gewoon met een audioniveaumeter. In radio- en televisiestudio's en in bewakingscentra zijn ze dan ook prominent aanwezig, de Peak Program Meters (PPM). Rustig dansende oranje balken tot aan het 0 dB punt zetten het sein op veilig en dus is alles goed. Of niet soms? Nee dus!**

**D**e aanwijzing van een PPM moet voldoen aan wat in normen nauwkeurig is vastgelegd. Reden te meer om aan te nemen dat als zo'n meter het maximum toelaatbare aangeeft dit het bewijs is dat ook optimaal wordt uitgestuurd. In de praktijk blijkt echter meer dan eens dat de aanwijzing onjuist kan worden geïnterpreteerd. Met name in combinatie met FM-zenders kan dit tot flinke meetfouten en aanverwante misverstanden leiden. Dit kwam aan het licht na onderzoek door een grote Nederlandse kabelexploitant naar methoden van audio-inregeling in verband met de beruchte luidheidverschillen die nogal eens voorkomen tussen de verschillende radio- en televisieprogramma's.

Er zijn nogal wat verschillende normen die gekoppeld aan een bepaalde meterschaal de aanwijze-eigenschappen en referentieniveaus voorschrijven. Een belangrijke eigenschap is de integratietijd van 5 tot 10 ms die de stijgsnelheid van het volgen van het signaal bepaalt. Daarnaast is er ook sprake van een bepaalde terugvaltijd. Door de integratietijd loopt de aanwijzing van de meter de werkelijke piekniveaus in snelle transiënten mis maar dit is in combinatie met het gekozen referentiepunt globaal in overeenstemming gebracht met het hoorbare effect van vervorming in een analoog audiosysteem, zoals een bandrecorder. De PPM is daarmee aanzienlijk sneller dan de VU-meter maar toch zodanig traag dat het een rustige aanwijzing geeft. In Nederland wordt meestal gebruik gemaakt van een meter volgens de DIN45406-norm met een logaritmische schaal van -50 tot +5 dB. Voor digitaal audio worden meters gebruikt die sterk lijken op de gestandaardiseerde PPM maar hiervan wezenlijk afwijken door het ontbreken van integratietijd.

### Oversturingmarge

Juist doordat het werkelijke piekniveau hoger kan zijn dan dat wat de meter aangeeft is het van belang om bij systemen die kwetsbaar zijn voor oversturing een veiligheidsmarge te hanteren. Dit betekent dat het maximum modulatie-niveau op de PPM lager zou moeten worden gehouden dan de werkelijke grens om nog voldoende marge te bewaren. Bij analoge systemen, waar meestal wel wat rek zit in het dynamisch bereik, is het verschil tussen het PPM-niveau en de werkelijke piekwaarde nog wel enigszins op te vangen. Bij een koppeling met een digitaal systeem is dat zeker niet toereikend omdat een overschrijding het signaal direct doet vastlopen. Naast vervorming kan dit bij sommige systemen tot polariteitwisselingen leiden wat zich uit als heftig kraken van het geluid. In professionele distributiesystemen wordt dan ook een marge van 9, 12 dB of soms wel 18 dB aangehouden. Wanneer vanuit een radio of televisiestudio een FM-zender wordt aangestuurd dan is de situatie een stuk gecompliceerder. Om dit uit te leggen moet eerst iets over zenders worden verteld. De uitsturing van de FM-zender wordt uitgedrukt in zwaai en ligt voor de in Nederland gebruikte systemen op 75 kHz voor radio en 50 kHz voor televisie. Er wordt gebruik gemaakt van pré- en dé-emfase vanwege het feit dat bij de modulatie de ruis toeneemt met de frequentie van het over te dragen signaal (driehoeksruis). Om daar minder last van te hebben worden de hoge tonen extra versterkt bij de zender en in precies dezelfde mate verzwakt bij de ontvanger. Het eindresultaat is weer een vlakke amplitudekarakteristiek maar met een verbeterde signaal- en ruisafstand. De curve wordt bepaald en uitgedrukt in de RC-tijd van het correctienetwerk en is bij ons 50 ms. Hieruit

volgt een versterking die oploopt van +3 dB bij 3 kHz tot maar liefst +14 dB bij 15 kHz. Bij de gemiddelde muziek en spraak neemt de amplitude af naarmate de frequentie stijgt. De hogere frequenties hebben dus een lager niveau dan die in het lage tonengebied. Die daling compenseert hiermee in zekere mate de versterking van de pré-emfase, alleen niet in gelijke mate. Er treedt dus toch een oplopende karakteristiek op waarbij de hogere frequenties boven de 3 kHz, de zender meer doen zwaaien dan de frequenties onder de 3 kHz.

Oversturing van de zender heeft al snel invloed op het signaal. Zonder pré-emfase stijgt de zwaai recht evenredig met de amplitude van het audiosignaal. Een voor het gehoor net waarneembare verhoging van het audioniveau van 1 dB geeft al een toename van de zwaai met 12%, +3 dB dat goed waarneembaar is geeft +41%, terwijl +6 dB overeenkomt met een volledige verdubbeling\*. Dat gaat dus hard, maar met de invloed van pré-emfase gaat het nog veel harder. Afhankelijk van de spectrale verdeling in het audio wordt aan het signaalniveau een extra slinger gegeven. Dit betekent in theorie en mits de zender dit volhoudt, dat de zwaai van de zender bij gelijkblijvend en nominaal aangeboden audioniveau +14 dB kan oplopen, wat overeenkomt met een vervijfvoudiging\*. Overschrijding van de norm heeft tot gevolg dat het signaal in de ontvanger gaat vastlopen in de filters die immers zijn berekend op de juiste bandbreedte van het signaal. Naast het aantasten van het FM-signaal gaat de amplitude van het hoogfrequentesignaal variëren; er ontstaat een AM-verstoring. Het hangt van de FM-detector in de ontvanger af in hoeverre overmodulatie invloed heeft op de geluidskwaliteit. In het algemeen zullen er verschillende vormen van niet-lineariteit ontstaan. Goed herkenbaar is de invloed bij scherpe 's'- en 't'-klanken die relatief veel energie bevatten in het hoog. Een autoradio, meestal uitgevoerd met krappe bandbreedtefilters voor extra HF-gevoeligheid, loopt daar al

gaww op stuk waardoor er slissende en krakende klanken worden weergegeven. De bandbreedte van het signaal neemt fors toe waardoor ook overspraak kan optreden met andere radiostations. Zonder afdoende begrenzing kunnen resten van het signaal onder invloed van pré-emfasetransienten ver buiten het normale gebied uitwaaiëren.

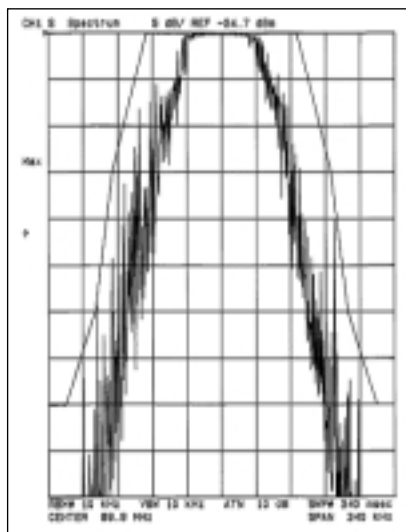
\* In werkelijkheid kunnen de getallen een paar procent afwijken door de modulatie van piloottoon, RDS en andere datasignalen, die los van het audiosignaal constant blijft.

## Stokke-masker

De heer K.N. Stokke die deel uitmaakt van de Noorse delegatie voor de ITU-studiegroepen heeft een methode uitgedacht om de uitsturing van FM-zenders te kunnen controleren. De methode is gebaseerd op een meting van de bandbreedte van het FM-signaal en wordt sinds een aantal jaren toegepast door de Nederlandse overheid (Agentschap Telecom, de voormalige Rijksdienst voor Radiocommunicatie). Door middel van een masker op het beeldscherm van een HF-spectrumanalyser kan worden beoordeeld of er een overschrijding plaatsvindt van de norm. Aangezien de bandbreedte een rechtstreekse relatie heeft met de zwaai in combinatie met de frequentiesamenstelling van het audiosignaal, resulteert een piek in modulatie zich direct in een piek bandbreedte. De aanwijzing in het Stokke-masker is door het momentele principe (frequency sweeping) een toevalstreffer, maar in principe kan elke piek, hoe kortstondig dan ook, resulteren in een overschrijding en dus een resultaat van afkeuring. De Stokke-meting is daarmee dus een zeer snelle piekmeting en heeft een directe relatie met de werkelijke amplitude van het signaal dat de zender verwerkt.

De Stokke-maskermethode niet erg praktisch voor een radio- of televisiestudio. Er is een spectrumanalyser noodzakelijk waarbij de bediening en interpretatie van de meetresultaten specialistische aandacht vragen. Bovendien is er met Stokke nauwelijks in te regelen aangezien de overschrijding van het masker niet direct in audio-dB's is te vertalen. Het is dan ook erg moeilijk om te zien hoe ver

een niveau terug moet of vooruit kan om binnen het masker te blijven. Naast de invloed van pré-emfase wordt bij FM-radio ook de stereo-informatie bepalend voor het eindresultaat. Ook tellen de mogelijk aanwezige datasignalen zoals RDS op een bepaalde manier bij het audiogedeelte op. Afhankelijk van de onbalans- en faserelatie tussen links en rechts, verandert de verdeling tussen de onderband (0 tot 15 kHz) en de bovenband (23 tot 53 kHz) in het MPX-spectrum. De inhoud van dit spectrum is van directe invloed op de inhoud en verdeling van de bandbreedte van het frequentie gemoduleerde signaal.



Meting met het Stokke-masker waar het radiosignaal net binnen blijft.

## Limiters

De eigenschappen van de PPM schieten in meerdere opzichten tekort als het om de aansturing van FM-zenders gaat. Dat het werkelijke elektrische signaalniveau hoger kan zijn dat de PPM aangeeft, dat mag als bekend worden verondersteld. Maar dit stelt nog niets voor bij de invloed van pré-emfase. De meter is opgenomen in het normale audiocircuit en mist die corrigerende invloed. Voorts zorgt de integrerende werking van het meetinstrument dat het juist niet gevoelig is voor de door pré-emfase flink opgefokte transienten. De eigenschappen die de PPM kenmerken zijn voor de controlerende Stokke-meting ook helemaal niet relevant. De pieken die voor een afkeuring resultaat zorgen gaan grotendeels aan het wakend oog van de PPM voorbij. Sterker nog, wanneer het audio ook nog eens wordt bewerkt, zoals door een equalizer of

compressor met flink wat versterking in het hoog, dan wordt dit gapende gat alleen nog maar groter. Natuurlijk zijn er nog de zendlijnbegeerders (limiters) als redders in de nood. De meeste houden in zekere mate rekening met de invloed van pré-emfase. Afhankelijk van de constructie van de limiter wordt het signaal begrensd met zo min mogelijk negatieve invloed op de audiokwaliteit maar het mag duidelijk zijn dat dit lastig haalbaar is als het apparaat continu moet ingrijpen. Vaak treedt er dan ook nog wat uitslingering op die bij een controle niet aan het kritische Stokke-oog ontsnapt. Verder mag tussen de uitgang van de limiter en de zender geen frequentieafhankelijk groeplooptijdverschil optreden aangezien de pieken in het signaal daarmee van plaats verschuiven en het werk van de limiter gedeeltelijk teniet wordt gedaan. Een relatief lange analoge kabel is hierbij al funest en ook het scherpe, meestal met analoge techniek uitgevoerde 15 kHz ingangsfiler speelt hierin een rol. Bewerkingen van codecs kunnen eveneens voor ongewenste verrassingen zorgen. Om het dan alsnog uit de hand lopende Stokke-masker te bedwingen wordt er soms in de praktijk dan maar nog een limiter geplaatst, als een paard achter de wagen. Hoe de zendlijnbegeerders wordt aangestuurd en ingeregeld en wat het effect is van compressors op de FM-zwaai is in de studio een groot vraagteken omdat dit met de PPM nauwelijks zichtbaar is. Ook heeft het weinig zin het signaal nog eens te meten met een PPM achter de limiter, zoals vaak wel wordt gedaan, laat staan dat het signaal er mee te bewaken is dat in de ether wordt uitgezonden. Het is ongeveer hetzelfde als klok kijken met een zonnwijzer in plaats van een quartz-uurwerk. Het meten van de echte luidheid is weer een ander verhaal. De PPM is hier niet geschikt voor omdat het piekwaarden meet. Luidheid wordt meer bepaald door de energie-inhoud waarbij frequentieverdeling en tijdsduur van de componenten door de specifieke eigenschappen van het gehoor eveneens een grote rol spelen. Het meten hiervan vereist een speciale methodiek zoals de Leq-meting (energy equivalent level) en staat los van het meten van de uitsturing van het piek-niveau. Juist door een verkeerde manier van meten kan een luid klinkende FM-zender minder vervormen dan een relatief zacht klinkende, als bij

de laatste geen zicht wordt gehouden op de overmodulatie die kan optreden in pré-emfasepieken.

Uit het onderzoek van de kabelexploitant bleek dat een ander soort meter nodig was die een resultaat geeft dat meer in overeenstemming is met hoe de zender wordt gemoduleerd. Nu zijn er wel systemen voor het bepalen van FM-zwaai maar die zijn meestal alleen te vinden in de vorm van zeer kostbare meetapparatuur voor een lab-opstelling of in de vorm van een zenderbewakingssysteem. Naast de hoge kostprijs is zo'n apparaat door de manier waarop de meetresultaten worden getoond niet echt goed bruikbaar in een studio-omgeving. De Stokke-meting met de spectrumanalyser is dat al helemaal niet. Het zou juist prettig zijn een meter te hebben die er uitziet als een vertrouwde PPM, maar dan met eigenschappen die een beter zicht geven op de FM-zender. Omdat het in de markt eenvoudigweg niet beschikbaar was werd door de kabelexploitant besloten het dan maar zelf in praktische en betaalbare vorm te ontwikkelen. Het voordeel daarvan was dat het

nog beter kon worden afgestemd op de omgeving. Zo is uiteindelijk een meetapparaat ontstaan dat eigenschappen heeft die met recht vernieuwend genoemd kunnen worden. Om die reden is dan ook octrooi aangevraagd en verleend op het werkingsprincipe dat geregistreerd is onder octrooinummer 1005993 door het Bureau voor de Industriële Eigendom te Rijswijk ([www.bie.nl](http://www.bie.nl))

## Conclusie

De PPM is bedoeld om te worden gebruikt in een systeem waarin er voldoende uitsturingmarge beschikbaar en vastgelegd is tussen het referentiepunt en het werkelijke systeemmaximum. In het gevecht om het recht van de luidste is bij FM-zenders die marge al lang gereduceerd tot nul. Bovendien is het meetapparaat blind voor de forse grensverleggende invloed van pré-emfase. De PPM is daardoor een onzuivere maatlat geworden. Om een betere grip te krijgen op hoe het signaal uiteindelijk



**Monitor Unit MU-02.**

de ether in gaat moet op een manier gemeten worden die meer synchron loopt met de uitsturing van de zender. In dat geval wordt niet alleen optimaal bewaakt hoe de limiter wordt aangestuurd, maar wordt ook de invloed van compressors en codecs en dergelijke op het eindresultaat veel begrijpelijker. Daarnaast geeft het een beter vergelijkend inzicht in het resultaat zoals dat door de controlerende overheid wordt gemeten met het Stokkemasker en kan rechtstreeks worden vergeleken met het signaal voor en achter de limiter en zoals het in de ether aanwezig is. Elke afwijking in de keten komt dan direct aan het licht. □