

# Afschermingseffectiviteit meten in de VIRC

## EMC: meer dan alleen maar testen tegen een norm (2)

In Elektronica 2012/10 is het principe beschreven van de VIRC, de Virtual Intrinsic Reverberation Chamber. In dit artikel bekijken we de meting van de afschermingseffectiviteit met behulp van de VIRC. Zulke metingen worden vaak uitgevoerd volgens de IEEE Standard 299 [3], maar deze procedure bepaalt de SE voor slechts een zeer beperkt aantal polarisaties en invalshoeken. In de meeste toepassingen zullen de elektronische modules echter worden blootgesteld aan EM-velden met verschillende polarisaties en invalshoeken.

FRANK LEFERINK,  
THALES  
NEDERLAND,  
HENGELO,  
UNIVERSITEIT  
TWENTE,  
ENSCHEDÉ

In de literatuur [4] is het gebruik van galmkamers voor metingen van afschermingseffectiviteit beschreven, evenals [5] een procedure voor het meten van de SE van materialen in geneste galmkamers. De galmkameratechniek vertegenwoordigt de EM-omgeving beter dan conventionele SE metingen.

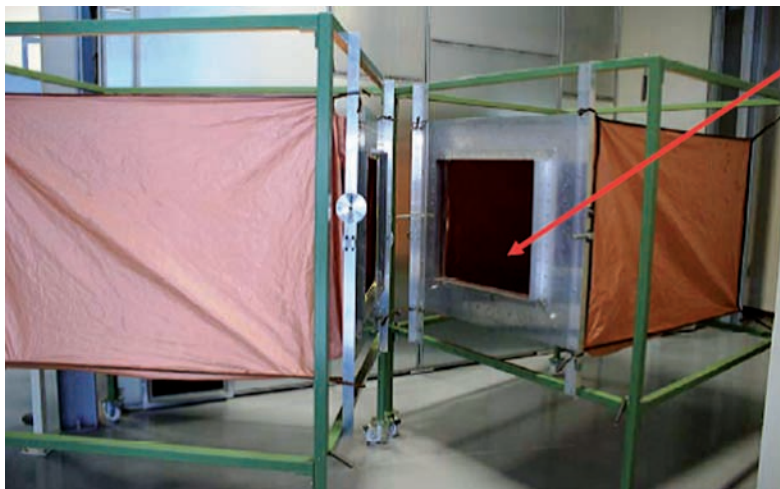
Een nieuwe techniek om de SE van complexe monsters te bepalen is beschreven in [6]. Met deze techniek worden twee Virtual Intrinsic Reverberation Chambers VIRC's verbonden door een opening in een gemeenschappelijke wand, via verschillende te testen materialen (MUT's, materials under test). Op deze manier worden de MUT's blootgesteld aan elektromag-

netische velden met alle mogelijke polarisaties en invalshoeken.

### Dubbele VIRC opstelling

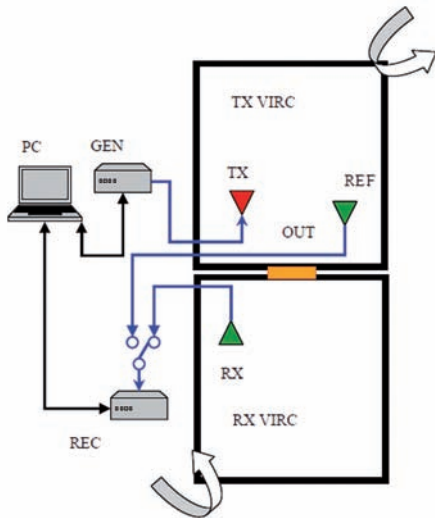
Twee VIRC's worden gecombineerd via een gemeenschappelijke wand met een opening die de interface tussen beide vormt. In de opening van de gemeenschappelijke wand is een luik met een MUT gemonteerd, zoals weergegeven in figuur 1. Het mixen in de VIRC's gebeurt met twee kleine DC-motoren, die zijn gemonteerd op een hoek van de VIRC. De verzendende VIRC ( $T_X$ -VIRC) wordt gebruikt voor het opwekken van een sterk elektromagnetisch veld en de ontvangende VIRC ( $R_X$ -VIRC) wordt gebruikt om kleine signalen te detecteren, die zijn gelekt door het te testen afschermingsmateriaal. Deze specifieke

opstelling maakt het mogelijk een zeer groot dynamisch bereik te behalen, zonder het gebruik van een versterker. Een belangrijk voordeel van een VIRC in vergelijking met een klassieke galmkamer is dat de modi gemakkelijker worden gemixed, wat leidt tot snellere metingen. Het nadeel van geneste galm is dat de binnenkamer relatief klein moet zijn, waardoor de hele opstelling alleen kan worden gebruikt voor relatief hoge frequenties. Dit nadeel wordt ondervangen met de dubbele VIRC. Het dynamisch bereik (DR) van de dubbele VIRC moet tenminste 5 dB lager zijn dan de SE van het MUT, zodat het vermogen dat wordt gemeten in de  $R_X$ -VIRC wordt veroorzaakt door energie die lekt en niet door de testfixtures of de bijbehorende connectoren, bekabeling enzovoort.



Figuur 1. Dubbele VIRC met gemeenschappelijke wand.

Aangezien de VIRC's zijn gemaakt van dun flexibel geleidend materiaal, is de afscherming van de wanden beperkt. Het is mogelijk dat energie wordt gekoppeld naar de  $R_X$ -VIRC door reflecties buiten de dubbele VIRC zoals getoond in figuur 2. Als dit het geval is, kan het dynamisch bereik alleen worden vergroot door verbetering van de SE van de wanden van de VIRC's. Om te testen of de reflecties van buitenaf van grote invloed zijn, moet het dynamisch bereik ook worden gemeten in een anechoïsche ruimte. Een andere mogelijkheid is dat de afscherming tussen beide VIRC's hoger is dan het veld in de  $T_X$ -VIRC. De gemeten  $P_{rx,geïsoleerd}$  is dan



**Figuur 2.** Reflecties van buitenaf kunnen het dynamisch bereik beperken.

ruis. In dit geval kan het dynamisch bereik worden verbeterd door het opwekken van een sterker veld in de  $T_x$ -VIRC, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een versterker.

### Bepalen van afschermingseffectiviteit

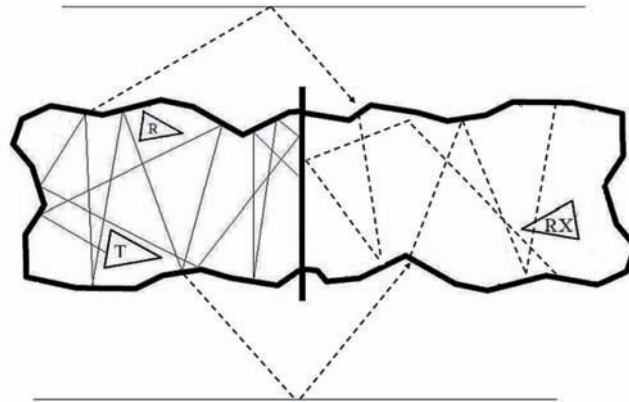
Afschermingseffektiviteit wordt gebruikt als parameter om te kwantificeren hoe goed een afscherming beschermt tegen EM-velden. De SE wordt doorgaans gedefinieerd als de verhouding van uitgezonden vermogen ( $P_t$ ) via het materiaal, en het binnenkomend (incident) vermogen ( $P_i$ ), dat wil zeggen:

$$SE = 10 \log \left( \frac{P_i}{P_t} \right)$$

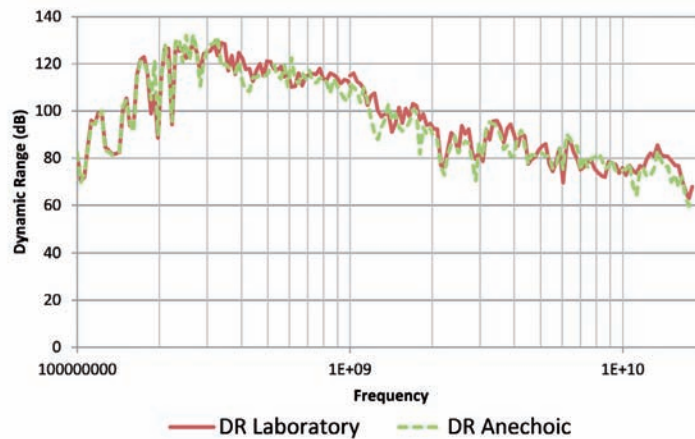
In de loop der tijd zijn verschillende benaderingen gebruikt voor de berekening van SE [7] ... [10]. Een vergelijking tussen deze methoden is beschreven in [11].

Een schematische opstelling voor SE-metingen is te zien in figuur 3. Een zendantenne is geplaatst in de  $T_x$ -VIRC en een ontvangstantenne in de  $R_x$ -VIRC om het vermogen te meten dat wordt gekoppeld naar de  $R_x$ -VIRC. Additioneel wordt een referentieantenne geplaatst in de  $T_x$ -VIRC om daar het veld te meten. De generator en analysatoren worden bestuurd door een pc.

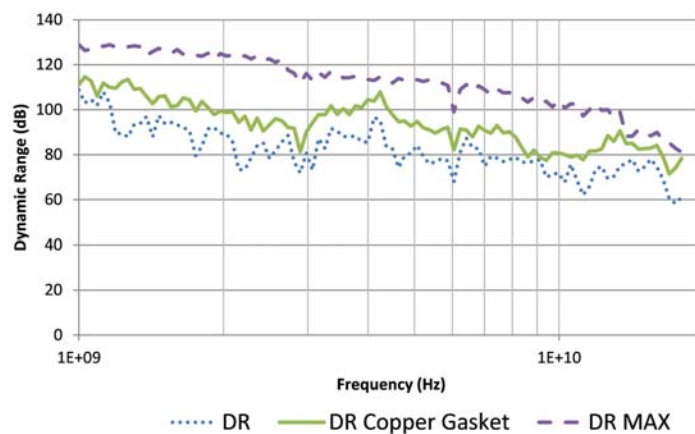
Metingen werden uitgevoerd in een frequentiegebied van 100 MHz tot 18 GHz. Voor frequenties van 100 MHz tot 1 GHz werden twee discone antennes gebruikt. Discone antennes zijn ontworpen voor 300 MHz tot 2 GHz, dus metingen onder 300 MHz vertonen een grote variabiliteit. Ook is het aantal EM-modes van de VIRC onder 300 MHz beperkt. Voor het gebied van 1



**Figuur 3.** Schematische opstelling voor SE-metingen



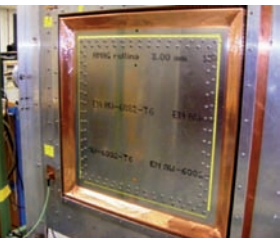
**Figuur 4.** Dynamisch bereik van de dubbele-VIRC opstelling, gemeten in een anechoïsche kamer in het laboratorium.



**Figuur 5.** Verbetering van het DR na aanbrengen van een afdichtingspakking.

GHz tot 18 GHz werden drie hoornantennes gebruikt. Alle metingen zijn uitgevoerd met een resolutiebandbreedte van 300 Hz en een videobandbreedte van 1000 Hz. De sweeptijd is ingesteld op 100 ms en het aantal sweeppunten bedraagt 501. Voor lage frequenties, dat wil zeggen van 100 MHz tot 1GHz, was de meettijd 5 seconde voor elke

frequentiestap. Voor hogere frequenties, 1 GHz .. 18 GHz, werd de meettijd ingesteld op 2 seconde voor elke frequentiestap. De SE werd berekend voor elke frequentie aan de hand van de opgenomen maximale waarden. Het is ook mogelijk de SE te berekenen op basis van de opgenomen gemiddelde waarden, maar het voordeel van de



**Figuur 6.** Een geklonken constructie.

maxima is dat een hogere DR kan worden bereikt, vergeleken met de gemiddelde waarden. Het nadeel is een hogere variabiliteit in de resultaten.

## Dynamisch bereik

Om de DR van de dubbele VIRC te meten is een massief koperen luik geplaatst in de opening van de gemeenschappelijke wand. Het ontvangen vermogen in de  $R_X$ -VIRC,  $P_{RX, \text{geïsoleerd}}$  lag ruim boven het ruisniveau. De DR werd ook gemeten in de anechoïsche ruimte om te zien of de reflecties van buitenaf de DR degradeerden. Resultaten zijn te zien in figuur 4. De DR blijkt hoger dan 80 dB tot 7 GHz. Vanaf 7 GHz neemt hij af tot 60 dB bij 18 GHz. Het blijkt ook dat de DR in de anechoïsche ruimte hetzelfde is als in het lab. Geconcludeerd kan worden dat energie via de opening in de RX-VIRC is gekoppeld. Uiteraard lekt de energie niet door het koperen luik, maar door de naden tussen de wandopening en het luik. Deze lekkage kan worden verminderd door een pakking aan te brengen op de rand

van het luik. Met de pakking verbetert het dynamische bereik aanzienlijk, zoals te zien in figuur 5. Het blijkt dat de DR boven de 80 dB blijft in het hele frequentiegebied. In deze figuur is ook de maximaal haalbare DR uitgezet, begrensd door het ruisniveau van de apparatuur.

## Metingen van afscherming

Er zijn verschillende SE-experimenten uitgevoerd op een MUT met een geklonken constructie, zoals getoond in figuur 6. De  $SE_1$ ,  $SE_2$  en  $SE_3$  (zie [11]) zijn gemeten en de resultaten zijn te zien in figuur 7.

In figuur 8 is het  $SE_3$  en  $SE_4$  resultaat te zien van een geleidend gaas.  $SE_4$  blijkt iets hoger dan  $SE_3$ .

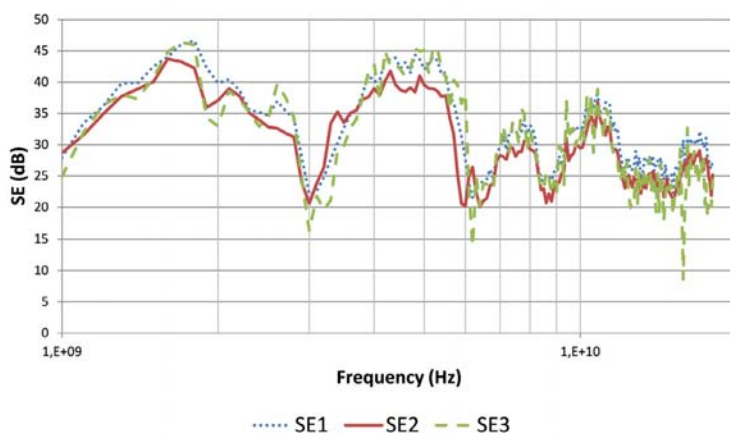
## Effectiever

De vibrerende intrinsieke galmkamer is significant effectiever in het creëren van een galmveld ten opzichte van conventionele galmkamers. Er is een dual-VIRC ontwikkeld volgens in principe

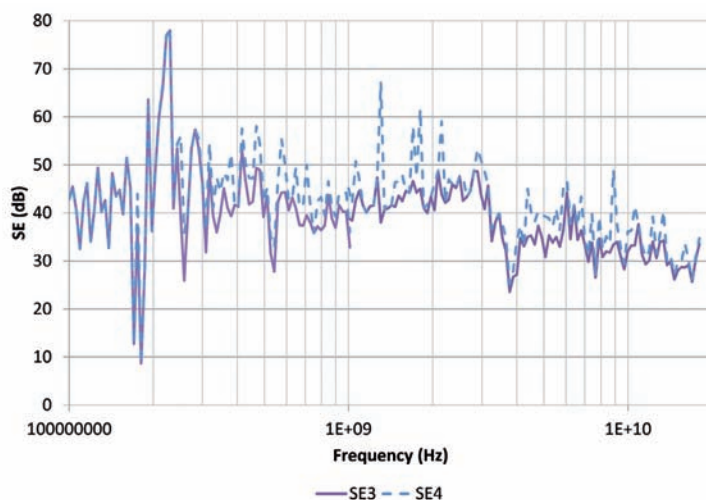
hetzelfde concept als de geneste galmtechniek. Het grote voordeel van de dubbele VIRC is dat de metingen veel sneller kunnen worden uitgevoerd bij veel lagere frequenties. De VIRC's zijn gemaakt van een dun geleidend flexibel materiaal, maar het dynamisch bereik is 120 dB bij 300 MHz, afnemend tot meer dan 80 dB bij 18 GHz. Veel metingen zijn uitgevoerd en de dual-VIRC wordt continu gebruikt voor verschillende soorten experimenten. ■

## Referenties

- [1] Frank B. J. Leferink, Jean-Claude Boudenot, and Wim C. van Etten, "Experimental Results Obtained in the Vibrating Intrinsic Reverberation Chamber," IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, vol 2, 2000
- [2] Frank B.J. Leferink, W.C. van Etten, *Optimal Utilization of a Reverberation Chamber*, 4th European Symposium on Electromagnetic Compatibility, Brugge, 2000, pp. 201-206
- [3] *Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures*, IEEE Std. 299, 1991.
- [4] Frank B.J. Leferink, B.R.M. Puylaert, *Accurate shielding effectiveness measurements using a reverberation room*, 10th International Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility, Zurich (Switzerland), 1993, pp. 635-640
- [5] *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-21: Testing and measurement techniques - Reverberation chamber test methods*, IEC 61000-4-21, 2003.
- [6] Frank B.J. Leferink, J. Schipper, and R. Serra, *Dual Vibrating Intrinsic Reverberation Chambers for High-Dynamic Range Shielding Effectiveness Measurements*, in International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics, Ottawa, 2010.
- [7] M. O. Hatfield, "Shielding Effectiveness Measurements Using Mode-Stirred Chambers: A Comparison of Two Approaches," IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility, vol. 30, no. 3, August 1988.
- [8] T.A. Loughry and S.H. Gurbazani, "The Effects of Intrinsic Test Fixture Isolation on Material Shielding Effectiveness Measurements Using Nested Mode-Stirred Chambers," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 37, Aug. 1995.
- [9] Christopher L. Holloway, David A. Hill, John Ladbury, R. Garzia, and Galen Koepke, "Shielding Effectiveness Measurements of Materials Using Nested Reverberation Chambers," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 45, no. 2, May 2003.
- [10] Angelo Gifuni and Maurizio Migliaccio, "Use of Nested Reverberating Chambers to Measure Shielding Effectiveness of Nonreciprocal Samples Taking into Account Multiple Interactions," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 50, no. 4, November 2008.
- [11] Stefan van de Beek, Robert Vogt-Ardatjew, Hans Schipper, Frank Leferink, *Vibrating Intrinsic Reverberation Chambers for Shielding Effectiveness Measurements*, EMC Europe 2012.



**Figuur 7.** SE van een geklonken constructie.



**Figuur 8.**  $SE_3$  en  $SE_4$  van een geleidend gaas.