

WOORD VOORAF

Het belang van EMC (elektromagnetische compatibiliteit) neemt nog steeds toe, mede door de invoering van de EMC-richtlijn in 1996. Daaraan moeten alle toestellen en installaties voldoen: apparaten mogen elkaar niet nadelig beïnvloeden. Maar er zijn tegenwoordig halfgeleiders in plaats van relais, het motortoerental wordt frequentie gestuurd en PLC's hebben een grote opmars gemaakt. Daarnaast neemt het aantal vermogenomzetters alsmaar toe met de opkomst van lokaal opgewekte energie en opslag en met de introductie van micro smart grids (intelligente netten toegepast op de schaal van een enkele installatie). Bovendien zullen nieuwe halfgeleider-technologieën tot hogere schakelfrequenties leiden.

De goede werking van veel toestellen en installaties is pas gegarandeerd als de nodige maatregelen zijn getroffen. De installateur die deze kennis niet verwerft, zal zich uiteindelijk buiten de markt plaatsen. Naast een goede aardingsvoorziening is een goed doordacht EMC-ontwerp essentieel. De afscherming van apparaten en de bijbehorende kabels speelt daarin een belangrijke rol.

De theorie achter EMC is erg moeilijk. In dit boek leggen we de basisbegrippen op een eenvoudige manier uit. Daarbij bieden we concrete handvatten voor de installateur via ervaringsvoorbeelden van onze EMC-collega's en onszelf. Na het lezen van dit boek zijn de belangrijkste valkuilen in de praktijk te vermijden. In het geval van problemen met een installatie zal de lezer bovendien eerder in staat zijn te beoordelen of het ontbreken van EMC een rol speelt.

Op deze plaats willen we de nestors van de Nederlandse EMC-wereld, prof.dr.ir. P.C.T. van der Laan, dr. A.P.J. van Deursen en dr. J.J. Goedbloed, bedanken voor hun gedachtegoed dat we hier uitdragen.

September 2013

Dr.ir. Mark van Helvoort Ing. Mathieu Melenhorst

INLEIDING

Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) wordt vaak nog gezien als zwarte magie. Dit is niet terecht, want alle EMC problemen zijn oplosbaar met natuurkundige formules die al in 1873 door Maxwell zijn opgeschreven. Het rekenen met deze formules is echter zo lastig, dat het in veel praktijkgevallen niet haalbaar is. Maar de afgelopen 20 jaar is er zoveel onderzoek gedaan en materiaal uit de praktijk verzameld, dat er wel algemene richtlijnen te geven zijn om EMC-problemen op te lossen en te voorkomen. We beginnen het boek met de gemakkelijke onderwerpen en eindigen met de moeilijke.

Hoofdstuk 1 – EMC-problemen herkennen

Storingen in installaties kunnen vele oorzaken hebben. Wat zijn de mechanismen? Aan welke wetgeving moet een installatie voldoen? In welke situaties ligt een EMC-probleem voor de hand? In dit boek lichten we de verschillende aspecten toe via een voorbeeldinstallatie.

DEEL 1 – AARDING

De term ‘aarde’ wordt vaak gebruikt, maar wat is eigenlijk de betekenis in elektrotechnische zin? Dit deel gaat in op die betekenis en op de relevantie ervan voor EMC. Correcte aarding en het voorkomen van EMC-problemen gaan hand in hand.

Hoofdstuk 2 – Stroomstelsels

Alle stroomstelsels brengen elektrische energie bij de eindgebruiker. Ze verschillen echter in de manier waarop ze geaard worden. We bespreken het verband tussen stroomstelsels, bliksembeveiliging en EMC.

Hoofdstuk 3 – Eenpuntsaarding

Eenpuntsaardingssystemen gebruiken we om te voorkomen dat er stoorstromen gaan lopen. Helaas is dit concept in de praktijk moeilijker toepasbaar dan het lijkt. We tonen de haken en ogen en leggen uit waarom we eenpuntsaarding voor een hele installatie afraden.

Hoofdstuk 4 – Meerpuntsaarding

De IEC 61000-5-2 adviseert meerpuntsaarding. Juist door aardstromen te laten lopen, verlagen we de stoorspanning op kritische punten.

DEEL 2 – BEKABELING

In een meerpuntsaardingssysteem kunnen we de stoorspanning nog verder verlagen door een parallelle aardgeleider aan te leggen. Deze aardgeleider kan onderdeel zijn van een kabel of uitgevoerd worden als een aparte geleider.

Hoofdstuk 5 – Aardretour in kabels

De parallelle aardgeleider in een kabel kunnen we uitvoeren als extra ader, als kabelmantel of als combinatie daarvan. Voor bescherming over een breed frequentiegebied moet de mantel altijd aan beide zijden aangesloten worden.

Hoofdstuk 6 – EMC-kwaliteit van kabelmantels

De uitvoering en aansluiting van een kabelmantel bepaalt het uiteindelijke EMC-gedrag van de kabel. De kwaliteit van een tweezijdig geaarde kabelverbinding drukken we bij voorkeur uit met de verhouding tussen de stoorspanning in de kabel en de stoorstroom over de kabel. De stoorspanning wordt opgewekt door de stoorstroom. Dit noemen we de ‘transferimpedantie’. We besteden ook

aandacht aan het in de praktijk minder bruikbare begrip shielding effectiveness, omdat we dit nog vaak tegenkomen in productspecificaties.

Hoofdstuk 7 – Robuuste signaaloverdracht

We kunnen ook op elektronische wijze de stoorspanning als gevolg van de stoorstroom reduceren. Deze methode passen we toe in veldbussen en twisted pair ethernetnetwerken. Theoretisch kan de stoorspanning tot 0 gereduceerd worden. In een praktische uitvoering is dit echter niet mogelijk. Dan kan het toevoegen van een kabelmantel extra bescherming bieden. We bespreken dit aan de hand van een discussie over UTP en FTP.

DEEL 3 – BESCHERMING VAN KABELS

De IEC 61000-5-2 adviseert het gebruik van parallelle aardgeleiders of PEC's (parallel earthing connectors) om extra bescherming te bieden aan kabels.

Hoofdstuk 8 – Buizen voor bescherming van kabels

De hoogste beschermingsgraad halen we door het toepassen van buizen als extra aardgeleider. We laten dit zien aan de hand van berekeningen en metingen. We tonen ook de invloed van spleten aan en bekijken het verschil in gedrag tussen stalen en non-ferro buizen.

Hoofdstuk 9 – Bescherming door aluminium kabelgoten

In de installatiepraktijk zijn buizen lastig toe te passen. Meestal worden er wel kabeldraagsystemen toegepast, zoals kabelgoten en kabelladders. Als we deze op de juiste wijze aanleggen en monteren, dragen ze in hoge mate bij aan de EMC-kwaliteit van de installatie. Met een eenvoudige formule kunnen we het gedrag van een aluminium kabelgoot voorspellen.

Hoofdstuk 10 – Bescherming door stalen kabeldraagsystemen

De meeste kabeldraagsystemen zijn niet van aluminium gemaakt maar van plaatstaal. Deze kunnen eveneens de EMC-kwaliteit helpen verhogen, ook al is de transferimpedantie iets hoger. Om het gedrag van deze goten te voorspellen, moeten we moeilijkere formules gebruiken. In plaats van formules kunnen we ook grafieken inzetten om een afschatting te maken. We delen de meetresultaten voor een aantal in de handel verkrijgbare kabeldraagsystemen.

Hoofdstuk 11 – Grote stromen door stalen kabeldraagsystemen

Als kabelgoten goed geïntegreerd zijn in het aardingssysteem, kunnen ze in foutsituaties grote stromen voeren, zoals bij kortsluiting of blikseminslag. Door hun grote koelende oppervlak en de goede EMC-eigenschappen is dit geen probleem. Bij stalen goten moeten we wel voorzichtig zijn met het gebruik van de transferimpedantie. Er kunnen vreemdsoortige stoorspanningen ontstaan, die niet te verklaren zijn met de transferimpedantie. Voor grondkabels bespreken we verder het gebruik van beschermleidingen tegen blikseminslag.

DEEL 4 – BESCHERMING DOOR KASTEN EN GEBOUWEN

In een meerpuntsgeaard systeem laten we bewust stromen lopen om storingen te verlagen. We moeten er natuurlijk wel voor zorgen dat deze stromen niet over gevoelige elektronica gaan lopen. We kunnen kasten en de staalstructuur van gebouwen gebruiken om stromen om te leiden en stoorvelden buiten te houden.

Hoofdstuk 12 – Stoorstromen omleiden

Veel EMC-problemen ontstaan doordat lange kabels of losse aardingstructuren gemakkelijk

storingen oppikken en stoorstromen naar gevoelige elektronica voeren. Door de aardgeleiders aan elkaar te koppelen, kunnen we de stoorstromen omleiden. De elektronica blijft hierdoor storingsvrij werken.

Hoofdstuk 13 – Kabels afmonteren in praktijk

Als het koppelen van de aardgeleiders alleen de stoorspanning niet voldoende verlaagt, moeten we een apparaatkast gebruiken teneinde de stroom om te leiden. Als we een kabel gebruiken met mantel, dan moeten we deze op de juiste wijze monteren. Als we een kabel gebruiken zonder mantel, dan moeten we filters op de kastwand monteren.

Hoofdstuk 14 – Magnetische velden en actieve afscherming

Transformatoren, middenspanningskabels en inductieve ovens veroorzaken magnetische velden die gevoelige apparatuur kunnen verstoren. We laten de effecten zien aan de hand van een voorbeeld en bespreken maatregelen die we kunnen nemen om de storing te verlagen.

Hoofdstuk 15 – Kasten als passieve afscherming

Een van de maatregelen die we kunnen nemen om de storing door een veld te verlagen, is een kast als afscherming gebruiken. We bespreken hoe de afschermende werking verloopt als functie van de frequentie en laten de invloed van gaten en spleten zien.

DEEL 5 – BEWIJSVOERING EN BORGING

In de EMC-richtlijn staat vrij vertaald dat men geen storing mag veroorzaken en dat voldoende immuniteit gegarandeerd moet zijn. De normen schrijven een aantal metingen voor die we moeten uitvoeren. Zelfs bij gebruik van een EMC-beheersmethode kunnen nog kleine problemen ontstaan gedurende de levensduur. Met eenvoudige hulpmiddelen kunnen we deze opsporen.

Hoofdstuk 16 – Normen en richtlijnen

De belangrijkste norm voor EMC is de IEC/TR EN 61000. Verder bespreken we een aantal andere normen en richtlijnen die belangrijke raakvlakken hebben met EMC, zoals de NEN 1010 (veiligheid), de NEN-EN-IEC 62305 (bliksembeveiliging), de ATEX-richtlijnen (explosieveiligheid), de ICNIRP (personele veiligheid) en de EN 50160 (power quality).

Hoofdstuk 17 – Meetapparatuur

We verrichten EMC-metingen om te laten zien dat ons apparaat, systeem of installatie aan de normen voldoet. Om deze metingen goed uit te voeren en de resultaten te kunnen begrijpen, geven we een kort overzicht van de meetapparatuur.

Hoofdstuk 18 – Meetopnemers

Bij de meetapparatuur moeten we de juiste sensoren, of meetopnemers, gebruiken om het EMC-gedrag in kaart te brengen.

Hoofdstuk 19 – Meetfaciliteiten

In veel gevallen schrijven de normen voor dat de metingen uitgevoerd worden in een speciale testkooi. Als dat niet mogelijk is, moeten we ter plaatse (in situ) meten.

Hoofdstuk 20 – Troubleshooting

Zelfs bij een zorgvuldige planning, controle en uitvoering zijn de compliance-metingen spannend. Duidelijk wordt dat een goede voorbereiding het halve werk is en zich zeker zal terugverdienen.

Verder geven we aan hoe men met een beperkt budget probes kan maken voor diagnostische toepassingen. We laten zien hoe we deze gebruiken om een storing te vinden in de voorbeeldinstallatie.

Hoofdstuk 21 – Beheersbaarheid van EMC

De werelden van organisatie en product komen samen in de plannen en documenten die we opstellen om aan te tonen dat we aan de EMC-richtlijn voldoen. Voor de situaties waarin we niet kunnen terugvallen op een productnorm, beschrijven we twee gangbare alternatieven, het technische constructiedossier en het EMC-bouwwerk. Literatuur Wij hebben beoogd een boek te schrijven met praktische waarde voor de installateur en bouwer van grote systemen. Diepgaande wetenschappelijke onderbouwingen en gedetailleerde informatie over de EMC van elektronica hebben we daarom achterwege gelaten. Voor de lezer die verdere diepgang of verbreding zoekt, vermelden we in de literatuurlijst aanvullende publicaties.

Bronnen van beeldmateriaal In dit overzicht staan de bronnen van onze afbeeldingen. De foto's, grafieken, tekeningen en schema's zijn van heel diverse andere bronnen of van onszelf.

BIJLAGEN

Bijlage A – Lijst van symbolen

Voor de overzichtelijkheid en begrijpelijkheid zijn in deze bijlage de symbolen uit het boek met een korte toelichting op een rij gezet.

Bijlage B – Lijst van begrippen

We lichten hier kort EMC-basisbegrippen toe die we regelmatig gebruiken.

Bijlage C – Rekenen met decibellen EMC-metingen maken meestal gebruik van decibellen.

We bespreken de rekenregels die horen bij het werken met decibellen en geven enkele voorbeelden.

Bijlage D – Experiment met stalen buizen: skin-effect en coaxiale structuur

Het EMC-gedrag van stalen buizen heeft veel aspecten. We bespreken deze op diverse plaatsen in het boek. In deze bijlage hebben we de experimenten overzichtelijk bij elkaar gezet.

Bijlage E – Overspanningsbeveiliging

In een goed EMC-ontwerp proberen we het optreden van overspanningen zoveel mogelijk te voorkomen. Soms lukt dat niet en moeten we overspanningsbeveiliging toepassen.

Bijlage F – EMC-overzicht van componenten

Het invullen en bijhouden van een componentenmatrix helpt bij het beheersbaar houden van EMC.

Bijlage G – Bron-slachtoffermatrix

Het invullen en bijhouden van een bron-slachtoffermatrix helpt bij het vroegtijdig onderkennen van aandachtspunten in de installatie.