

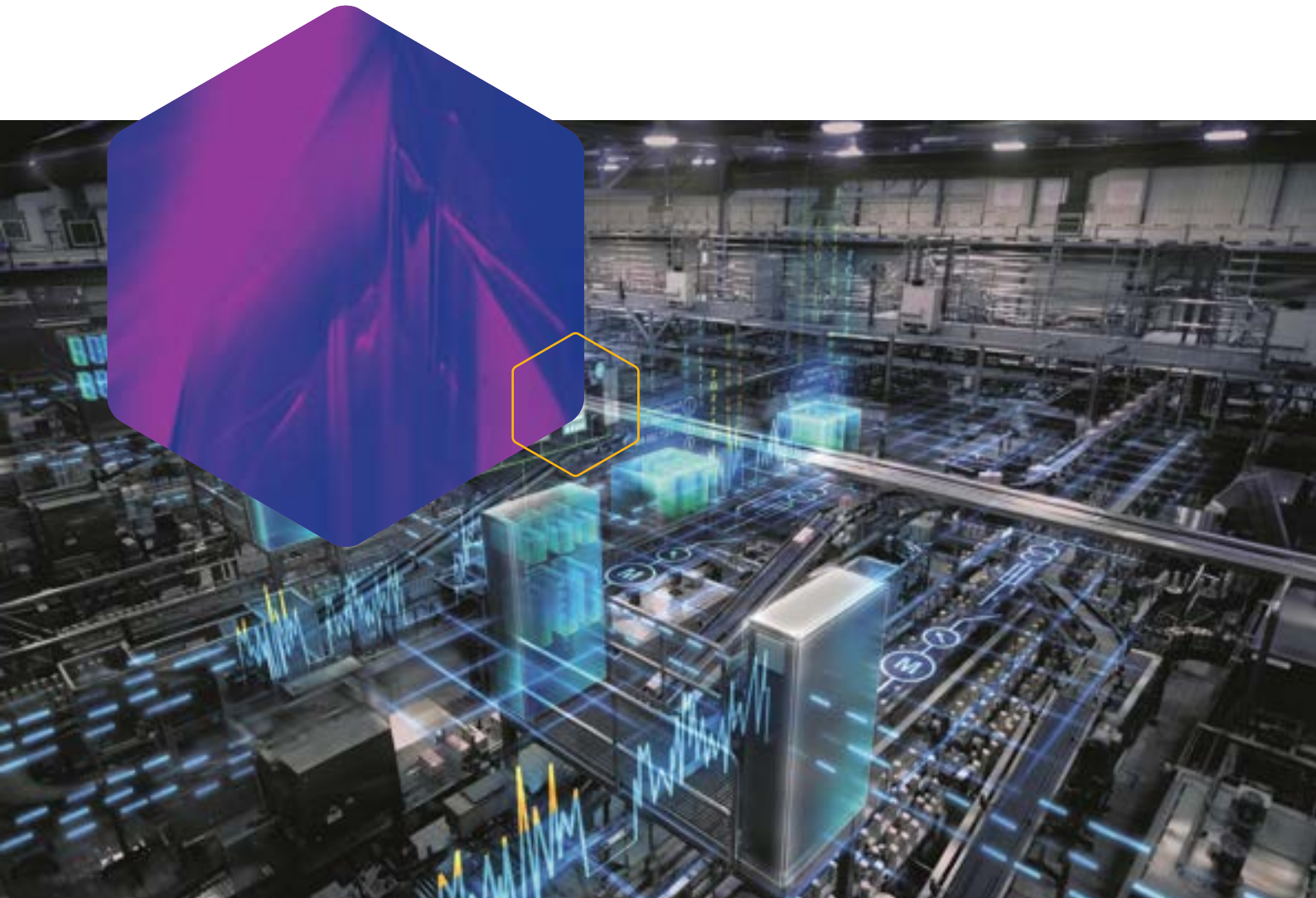
Grip op elektromagnetische stralingen

Hoe een betrouwbare afscherming
storingen kan voorkomen



Inhoud

1. De groeiende uitdagingen van elektromagnetische stralingen	3
• <i>Groeiende vraag naar effectieve EMC-afscherming</i>	4
• <i>Betekenis van de begrippen EMC en EMI, immuniteit en emissie</i>	5
• <i>EMC-richtlijn 2014/30/EU</i>	5
2. Hoe ontstaan EMC en EMI?	6
• <i>Stoorbronnen en stoorzenders</i>	6
• <i>Koppelingsmechanismen</i>	7
• <i>H-velden en E-velden</i>	8
• <i>Laagfrequent/hoogfrequent</i>	8
• <i>Kooi van Faraday</i>	9
• <i>Demping en transferimpedantie</i>	10
3. De gevolgen van EMC-storingen	13
• <i>Welke maatregelen kun je nemen?</i>	13
• <i>EMC-oplossingen</i>	14
4. Verantwoordelijkheden van de engineer en installateur	16
5. Conclusie	17



1. De groeiende uitdagingen van elektromagnetische stralingen

De hoeveelheid elektronica die elke dag in omloop is, is gigantisch: van smartphones en bluetooth apparatuur tot aan digitale besturingen, frequentieregelaars, vermogensomzetteren en micro smart grids. Al deze apparatuur zendt en ontvangt elektromagnetische straling die storing (interferentie) kan veroorzaken met andere elektronische of elektrische apparaten.

Deze ontwikkeling heeft invloed op het functioneren van apparatuur en machines. Elektromagnetische straling kan ervoor zorgen dat apparaten die in elkaars nabijheid staan elkaar nadelig beïnvloeden. Hierdoor kunnen storingen in bedrijfsprocessen ontstaan.

Hoe kun je je apparatuur betrouwbaar afschermen tegen elektromagnetische straling? In dit whitepaper lees je waar de knelpunten liggen en welke maatregelen je kunt nemen om je installatie elektromagnetisch compatibel (EMC) te maken.

Groeiende vraag naar effectieve EMC-afscherming

Sinds de invoering van de eerste EMC-richtlijn in 1996 is het belang van elektromagnetische compatibiliteit alleen maar toegenomen. Apparaten mogen elkaar niet nadelig beïnvloeden, maar tegenwoordig wordt nagenoeg elke installatie digitaal aangestuurd. Relais zijn vervangen door halfgeleiders, motoren zijn steeds vaker frequentiegestuurd, het aantal vermogensomzetters neemt alsmat toe met de opkomst van lokaal opgewekte energie en opslag en met de introductie van micro smart grids. De nieuwe halfgeleidertechnologieën die hiervoor ontwikkeld worden, leiden tot hogere schakelfrequenties en vergroten de kans op emissieproblemen.

Ook de opkomst van E-mobility zorgt voor toenemende vraag naar EMC-oplossingen. Daarnaast zien we dat fabrikanten die elektrische en elektronische producten op de markt brengen, te maken krijgen met steeds strengere EMC-eisen. De goede werking van veel toestellen en installaties is pas gegarandeerd als de nodige maatregelen zijn getroffen.



Afb. 1: Hyperloop is een voorbeeld van nieuwe, moderne technologie waar we veel te maken hebben met elektromagnetische straling. EMC is hier van groot belang.



Betekenis van de begrippen EMC en EMI, immuniteit en emissie

EMC staat voor Elektromagnetische Compatibiliteit. Het doel van elektromagnetische compatibiliteit (EMC) is zorgen voor een juiste werking van de verschillende apparatuur, zonder inmenging van storende elektromagnetische invloeden. Samengevat: EMC zorgt ervoor dat apparaten elkaar niet nadelig beïnvloeden wanneer ze dicht bij elkaar worden gebruikt.

EMC heeft altijd twee kanten:

- Ongewenste elektrische interferentie opvangen die de werking van apparatuur in gevaar kan brengen.
- Zelf geen elektromagnetische storingen veroorzaken die andere producten kunnen beïnvloeden.

EMI staat voor Elektro Magnetische Interferentie en betekent 'storing' of 'ruis'. In dat geval is er dus geen EMC. Twee begrippen die hier veel mee te maken hebben zijn 'immuniteit' en 'emissie'.

- Immuniteit is de mate waarin een apparaat bestand is tegen elektromagnetische straling.
- Emissie: de mate waarmee een apparaat elektromagnetische straling uitzendt.

EMC-richtlijn 2014/30/EU

Om storingen te voorkomen, moeten elektrische toestellen voldoen aan de EMC-richtlijn 2014/30/EU die sinds 2016 van kracht is. Deze richtlijn behandelt de elektromagnetische compatibiliteit van apparaten en vaste installaties en verplicht de fabrikant van apparatuur tot CE-markering. Kabelwartels vallen niet binnen deze richtlijn. De fabrikant moet dan voldoen aan bepaalde emissie-eisen (uitstraling) en immuniteitseisen. Omdat er steeds meer gebruik wordt gemaakt van elektronica en steeds meer processen geautomatiseerd worden, worden de EMC-richtlijnen continu aangepast. Voor apparaten en vaste installaties zijn er geen specifieke limieten.





2. Hoe ontstaat EMC en EMI?

Stoorbronnen en stoorzenders

Smartphones, radiozenders, frequentieregelaars, elektromagnetische pulsen (EMP) en stroomstootspanningen kunnen kunstmatig elektromagnetische interferentie (EMI) veroorzaken. Dat zijn de stoorbronnen voor EMI. Maar ook natuurlijke invloeden zoals bliksem, elektrostatische ontlading (electrostatic discharge, ESD) en zonne-energie kunnen elektromagnetische straling opwekken en zo ongewenste storing veroorzaken in je bedrijfsproces. De stoorzender is het apparaat dat verstoord wordt en niet goed meer functioneert (bijvoorbeeld een datalijn of sensor). De koppelweg daartussen veroorzaakt de interferentie.

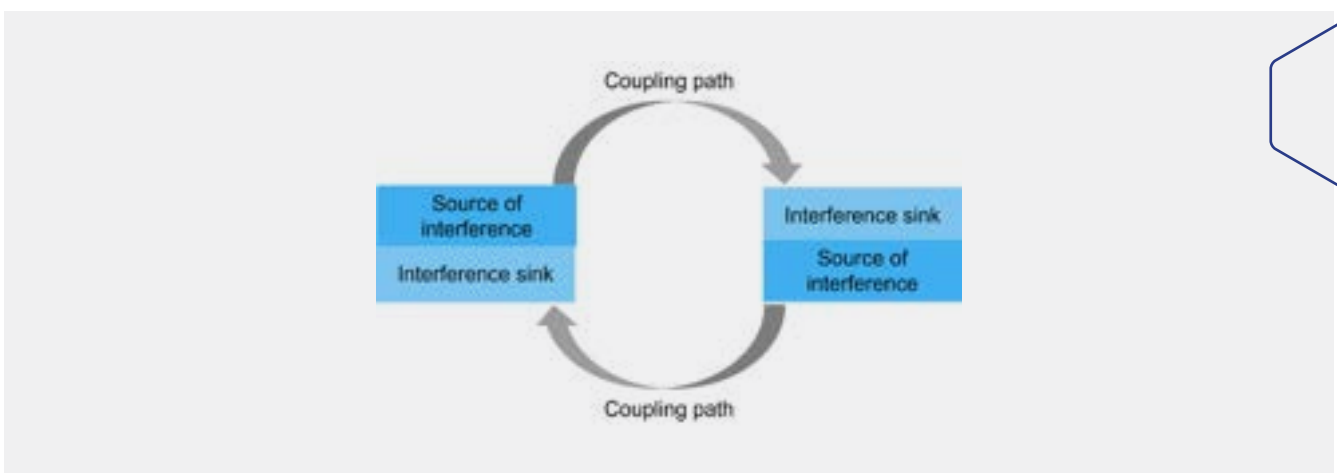


Fig. 1: De koppelweg tussen de stoorbron en de stoorzender veroorzaakt de interferentie.

Koppelingsmechanismen

We onderscheiden vier verschillende koppelingsmechanismen waardoor elektromagnetische storingen zich kunnen verspreiden:

- Geleidend (conductive): bestaat als elektrische stromen van verschillende verbruikers over gemeenschappelijke aardgeleiders stromen. De EMI-bron is een transmissielijn, draad, kabel of metalen behuizing.
- Radiatief (radiative): grote afstand tussen storingsbron en het apparaat dat nadelig beïnvloed wordt. De EMI-bron is een radioantenne
- Inductief (inductive): kleine afstand tussen storingsbron en het apparaat dat nadelig beïnvloed wordt. EMI-storingen worden veroorzaakt door een variërend magnetisch veld.
- Capacitief (capacitive): kleine afstand tussen storingsbron en het apparaat dat nadelig beïnvloed wordt. De EMI-bron is een variërend elektrisch veld.

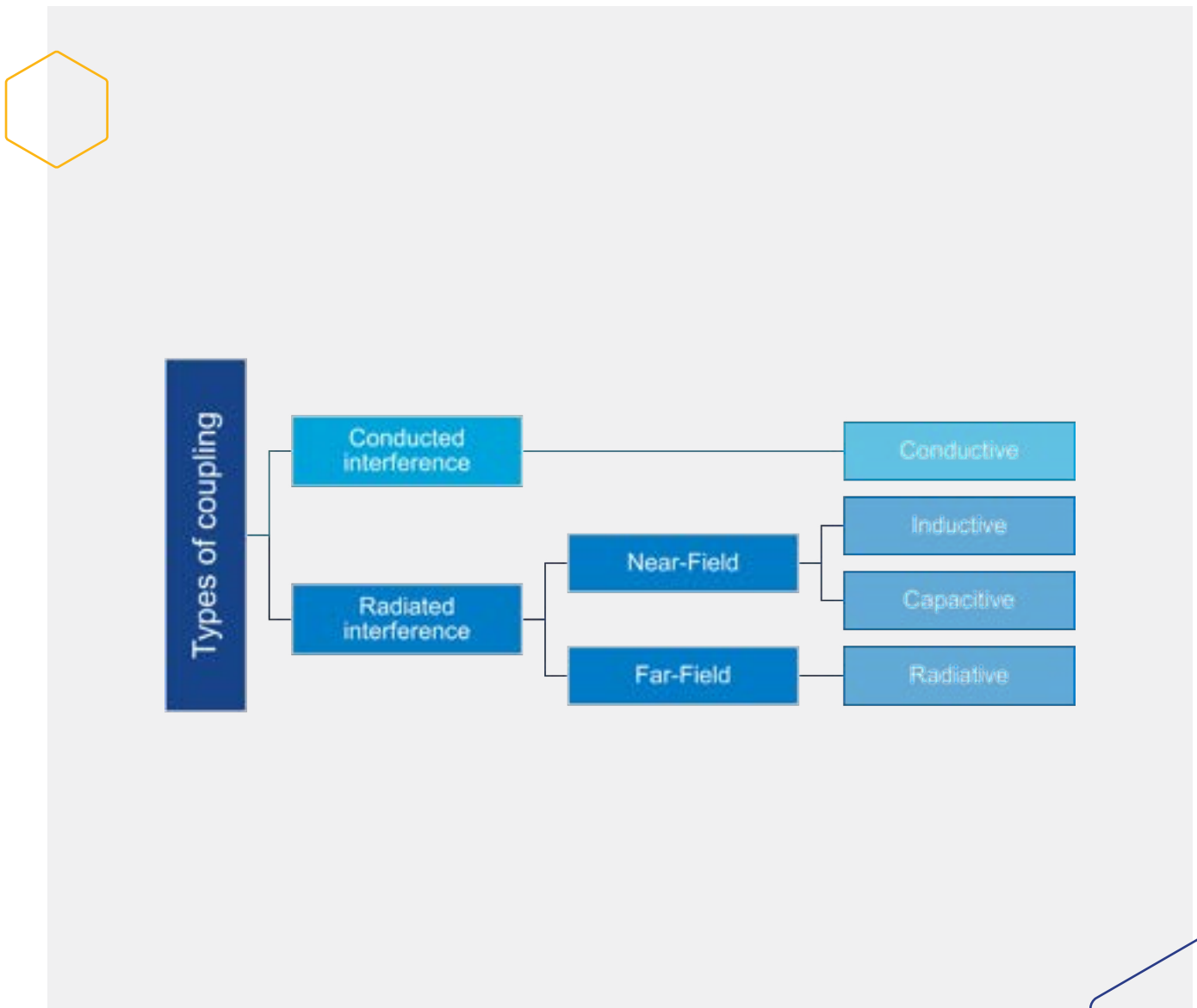
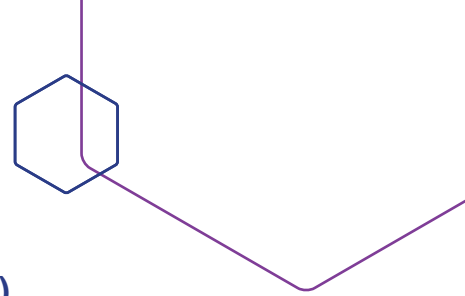


Fig. 2: soorten koppelingsmechanismen



Elektrische (E-velden) en magnetische velden (H-velden)

Elektrische en magnetische velden zijn overal rondom ons aanwezig. Computers, mobiele telefoons, televisie, radio en microgolfovens brengen allemaal velden voort. Een **elektrisch** veld ontstaat door de aantrekkings- of afstotingskracht die elektrische ladingen op elkaar uitoefenen. Het is aanwezig zodra er elektrische ladingen bestaan (elektronen, ionen) en het is krachtiger naarmate die ladingen talrijker zijn. Een **magnetisch** veld ontstaat bij een verplaatsing van elektrische ladingen (elektronen), met andere woorden: wanneer er een elektrische stroom circuleert. EMC-afgeschermd producten bieden een goede afscherming tegen elektrische velden. bron: www.tennet.eu.

H-velden komen meestal tot 1 MHz voor:

- Kan alleen effectief afgeschermd worden met bepaalde materialen, bijvoorbeeld Mu metaal
- Materiaaldikte moet relatief dik zijn om de velden van binnenuit weg te houden

E-velden komen voornamelijk voor vanaf 1 MHz:

- Kunnen relatief eenvoudig afgeschermd worden
- Materiaal moet voldoende geleidend zijn
- Een dikte van enkele μm is reeds voldoende

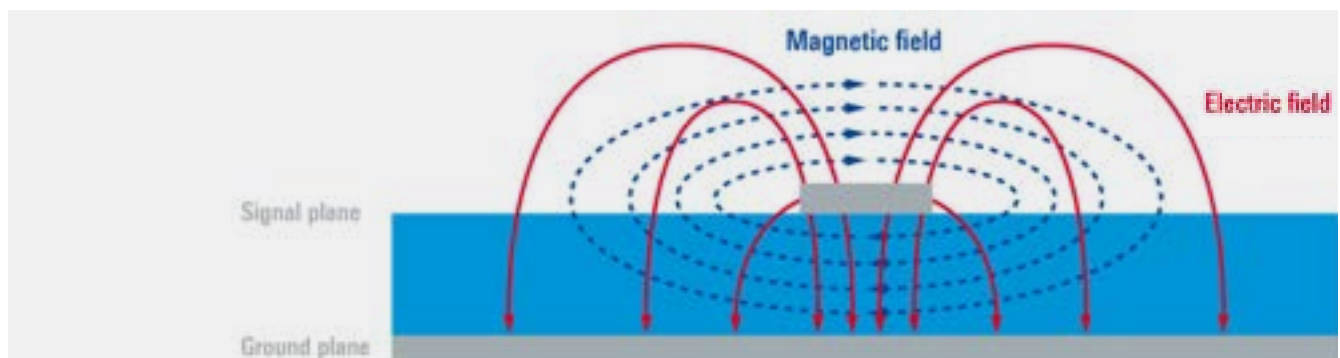


Fig. 3: H-velden en E-velden | Bron: <https://www.rohde-schwarz.com/my/applications>

Frequentiebereik

Elektrische en magnetische velden hebben naast een veldsterkte ook een frequentie. Deze frequentie geeft aan hoe vaak per seconde het veld van richting wisselt. Hoe hoger de frequentie, des te meer energie de velden kunnen overbrengen.

Laagfrequent-bereik (tot 30 kHz)

- Contactweerstand en doorsnede zijn relevant voor de stroomvoerende capaciteit
- Impedantie van de kabel is belangrijk voor de ontlading van de piekstroom

Hoogfrequent-bereik (vanaf 30 kHz)

- Kabellengte is relevant
- Dwarsdoorsnede van de kabel heeft bijna geen effect - maar de vorm en het oppervlak van de kabel wel (impedantie en skinn-effect)



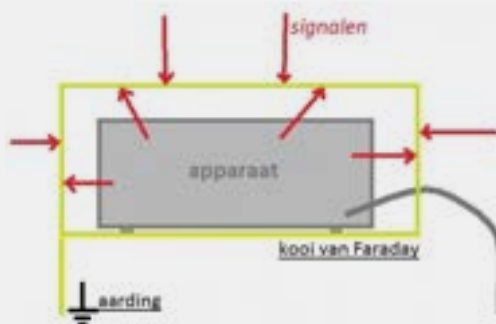
Kooi van Faraday

Een van de meest bekende stoorbronnen is bliksem. Ondanks zijn kracht kan een vliegtuig zonder problemen door een onweersbui vliegen. De metalen romp vormt een kooi van Faraday die de bliksemstroom over de buitenkant afleidt. De elektronica binnenin het vliegtuig wordt zo beschermd tegen elektromagnetische straling.

Werking van de kooi van Faraday

De Technische Universiteit Eindhoven heeft een proefopstelling gemaakt die de werking van de Kooi van Faraday laat zien. De vliegtuigromp wordt nagebootst door een stalen buis waar een 50Hz stroom van 50A doorheen wordt gestuurd. De stoorspanning aan de binnenkant van de buis is een factor 70 lager dan de spanning aan de buitenkant van de buis.

Fig. 4: Kooi van Faraday



Kooi van Faraday

De Kooi van Farady (genoemd naar de Britse natuur- en scheikundige Michael Faraday) is een benaming voor een behuizing (kooi) die gemaakt is van materiaal dat elektriciteit goed geleidt.

Demping (shielding effectiveness)

Met andere woorden: de buis verlaagt de storing met een factor 70, dit noemen we demping of shielding effectiveness (SE). Omdat bij hogere frequenties de storing binnenin alsmaar lager wordt, wordt de shielding effectiveness erg groot. Om de getallen behapbaar te houden, worden in de praktijk decibellen gebruikt. In dit geval: $SE = 20 \log_{10} 70 = 37 \text{ dB}$. Dit effect is niet afhankelijk van de vorm van de kooi. We kunnen ook probleemloos de sigaarvormige uitvoering van een vliegtuig vervangen door een rechthoekige doos. Of we kunnen zelfs twee rechthoekige dozen nemen die onderling verbonden worden door een buis (zie afbeelding).



Fig. 5: Kooien van Faraday kunnen allerlei vormen hebben. Een praktische uitvoering van de laatste vorm is een tweetal apparaatkasten die met een afgeschermd kabel met elkaar verbonden zijn. In de installatiepraktijk zien we de laatste variant terug in apparaatkasten die door middel van afgeschermd kabels met elkaar verbonden zijn.

Hoge dempingswaarden zijn essentieel om stoorsignalen te voorkomen die gevoelige gegevensoverdracht kunnen belemmeren, zoals meetresultaten en gegevens in de radarengineering, aandrijf- en besturingstechniek en telecommunicatie. De [blueglobe TRI EMC-wartel van Pflitsch](#) heeft bijvoorbeeld uitzonderlijk hoge dempingswaarden.

Een **hoge stroombelastbaarheid (current-carrying capacity)** is belangrijk als er hoge stroomniveaus door de afscherming van de kabel vloeien die betrouwbaar afgevoerd moeten worden naar de behuizing. Kabelwartels zonder voldoende stroombelastbaarheid kunnen gemakkelijk oververhit en beschadigd raken waardoor ook de afscherming niet meer gegarandeerd is. Vooral in e-mobility is stroombelastbaarheid erg belangrijk.

Transferimpedantie

In de afbeelding hieronder zien we dat een stoorstroom over de kasten en kabels leidt tot een stoorspanning in de kast. De verhouding tussen stoorspanning en stoorstroom noemen we transferimpedantie. Dit is een andere maat voor de kwaliteit van de afscherming. Het gebruik van transferimpedantie heeft twee voordelen ten opzichte van de demping (shielding effectiveness):

- Transferimpedanties kun je in de praktijk makkelijker gebruiken.
- Transferimpedanties kun je bepalen van de verschillende onderdelen waaruit een installaties is opgebouwd.

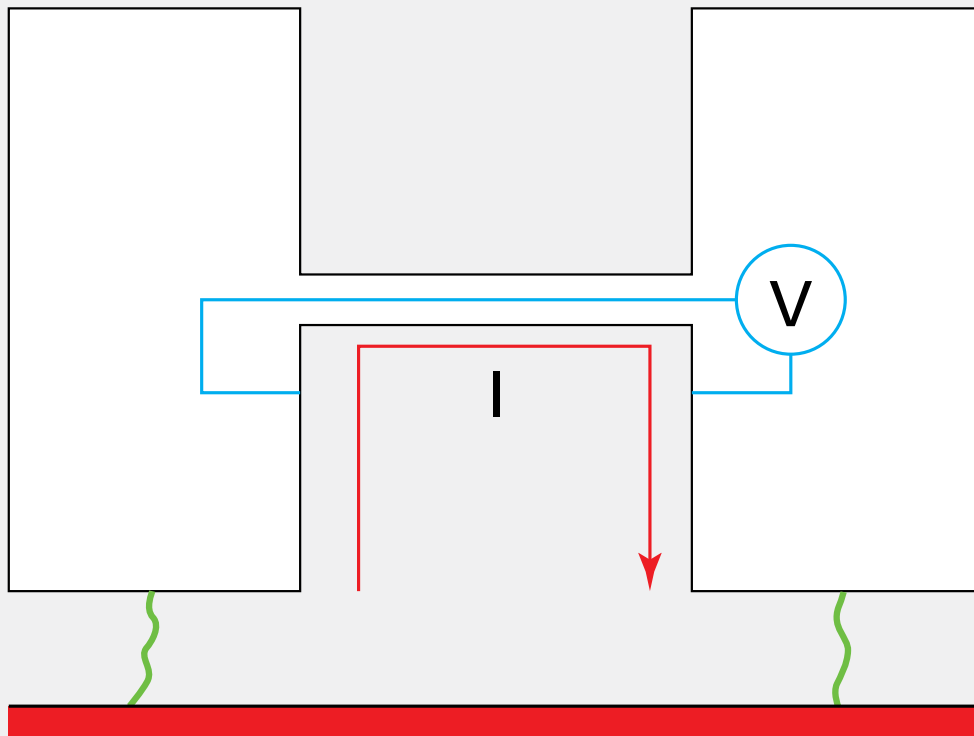
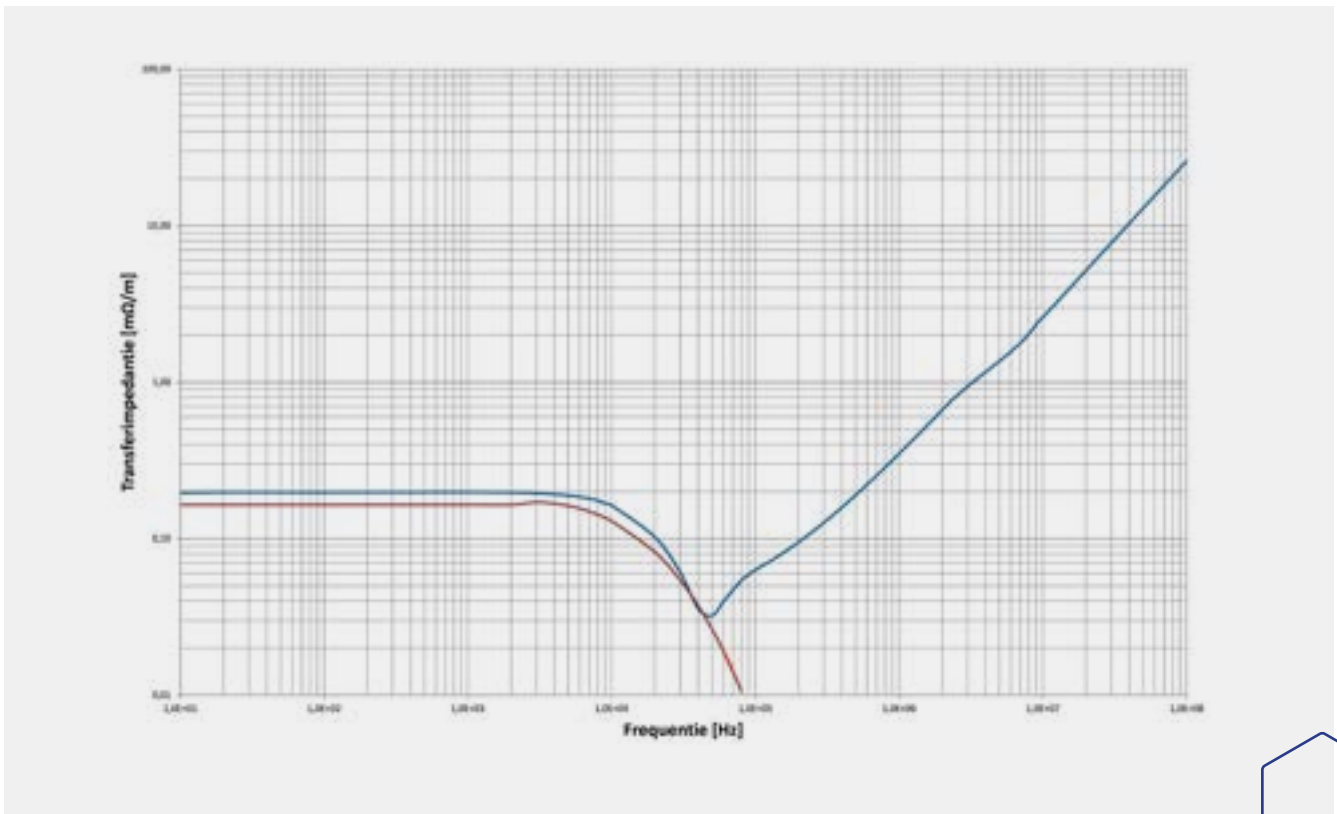


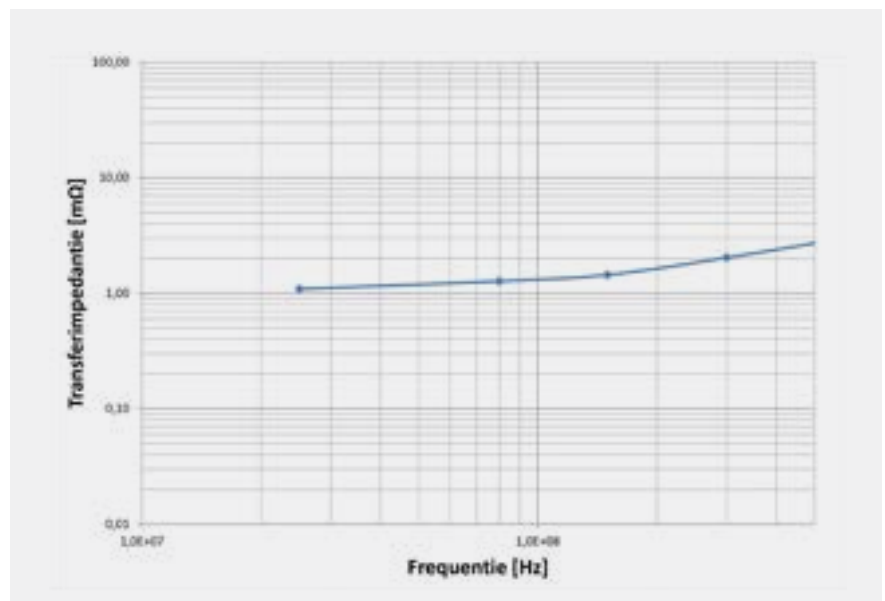
Fig. 6: De stroom over de apparaatkasten en kabel veroorzaakt een stoorspanning binnenin. De verhouding tussen stoorspanning en stroom noemen we transferimpedantie en is een andere maat voor de kwaliteit van de afscherming.

In het grafiek hieronder laten we de transferimpedantie van een gesloten buis zien (rode curve). Omdat de demping bij hoge frequenties steeds groter wordt zal de stoorspanning en dus ook de transferimpedantie afnemen. In dezelfde afbeelding laten we ook de transferimpedantie zien van een buis met een spleet (blauwe curve). Door gaten en spleten neemt de transferimpedantie juist weer toe bij hoge frequenties: de kooi van Faraday is lek. Als je een goede kooi van Faraday hebt, kunnen externe factoren niet binnenkomen. Bovendien kan storing veroorzaakt door de apparatuur binnenin je kast ook niet naar buiten komen.



Grafiek 1: transferimpedantie bij buizen. Rode lijn: bij een gesloten buis, blauwe lijn: bij een buis met spleet.

De transferimpedantie van de Pflitsch EMC-wartel, de blueglobe® TRI, in grafiek 2 is verwaarloosbaar ten opzichte van de transferimpedantie van een meter buis met spleet (zie grafiek 1). Afhankelijk van het type EMC-wartel kan het kabelscherm binnen de kast doorlopen. Dit heeft voordelen in die situaties waarin stoorbronnen, zoals frequentie-omvormers en gevoelige elektronica zoals PLC's, in dezelfde kast gemonteerd zijn. Je krijgt dan als het ware een afscherming binnen een afscherming.



Grafiek 2: transferimpedantie van de Pflitsch blueglobe TRI EMC-wartel.

3. De gevolgen van EMC-storingen

De gevolgen van storingen door elektromagnetische interferentie lopen erg uiteen.

Als de storingsimmunititeit te laag is, kunnen er in het apparaat ongewenste effecten optreden.

De meest voorkomende verschijnselen zijn het 'onverklaarbaar' uitvallen van functie(s) of ongewenst starten van machines tot (herhaaldelijk) falen van besturingstechnische componenten.

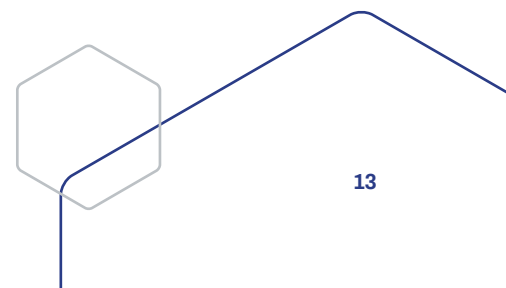
Het kan zelfs voorkomen dat een machine stilgezet moet worden. Hieronder enkele voorbeelden:

- Bij gebruik van transformatoren ontstaan er extra opwarming en ijzerverliezen. Ook kan verzadiging optreden.
- Bij vermogenselektronica kunnen problemen ontstaan in de signaalvorm: commutatie, synchronisatie, superponeren, etc.
- Bij regelapparatuur, tellers, etc. kunnen onjuiste metingen en onnauwkeurigheid ontstaan.

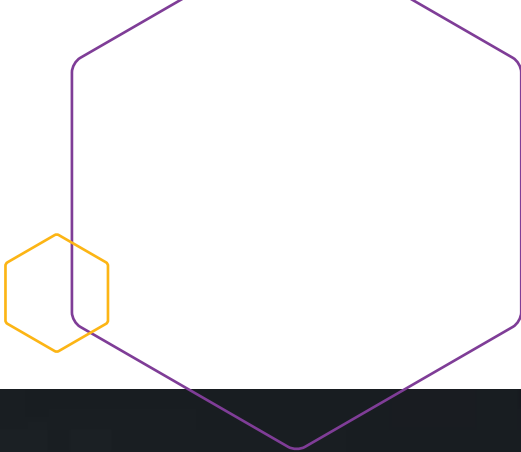
Welke maatregelen kun je nemen?

Wanneer je de juiste maatregelen neemt, kun niet alleen voorkomen dat elektromagnetische straling de werking van je apparaten belemmert (immunititeit), maar ook dat je apparatuur zelf elektromagnetische storingen veroorzaakt (emissie).

1. Check of je apparaat of apparatuur voldoet aan de EMC-richtlijn.
2. Zorg ervoor dat je kabels en apparaatkasten betrouwbaar tegen elektromagnetische straling zijn afgeschermd.
De aansluiting van de kabelmantel op de apparaatkast is hierbij een cruciaal punt. In de praktijk zijn het vaak apparaatbesturingskasten die met afgeschermd kabels verbonden zijn. Het zwakke punt zit hem vaak in de overgang van de kabels naar de apparaatbesturingskast. Wanneer deze niet juist op het gestel zijn afgemonteerd, kunnen elektromagnetische invloeden al snel tot dure storingen of stilstand leiden.
3. Controleer de gestelverbinding: is de oppervlakte van het contactvlak 360° rond afgemonteerd en is het aardscherm laagohmig, inductief en aan beide zijden aan aarde geplaatst? Een goede verbinding met je kast is een voorwaarde om te voorkomen dat storingssignalen je kast binnendringen. Daarmee biedt je gelijk de hoogste dempingswaarden.
4. Check of het kabelmanagement eenduidig is vastgelegd en/of uitgevoerd. Is er een doordachte kabellay-out (welke kabels leg je waar) aanwezig?
5. Check of niet alleen de losse onderdelen maar het geheel van componenten (kast, behuizing, kabels en kabelwartels) van metaal zijn, dit is vereist om EMC te realiseren. Dit zijn allemaal onderdelen van de Kooi van Faraday. Hierbij wordt de kabel vaak vergeten. Als er geen EMC-kabel toegepast wordt, werkt de kabel als een antenne en ontstaat er gegarandeerd interferentie in je installatie.
6. Maak eenduidige afspraken met toeleveranciers



EMC-oplossingen



EMC-kabelwartels

Om je installatie EMC te maken, adviseren wij je om EMC-kabelwartels toe te passen. Deze wartels maken ontlading van stoorstromen mogelijk direct voordat ze de behuizing binnengaan. Ze zorgen voor een hoge demping van externe interferentie naar binnen en een hoge demping van interne storingen naar buiten.

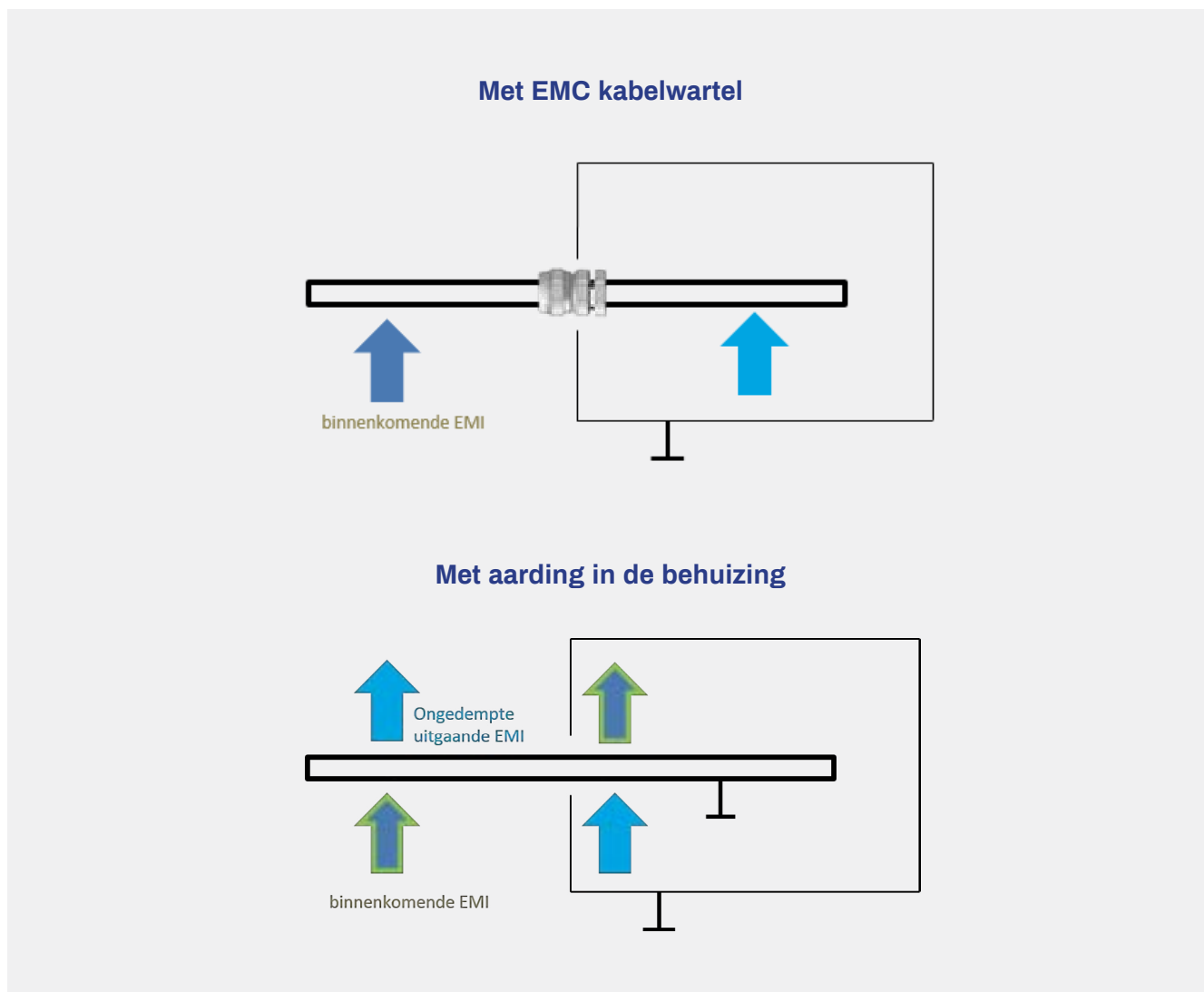


Fig. 7: EMC-wartels maken ontlading van stoorstromen mogelijk direct voordat ze de behuizing binnengaan.

Figuur boven: met EMC-wartel. Figuur onder: met aarding in de behuizing, bijv. met aardingsklem.

Naast EMC-wartels zijn er nog meer mogelijkheden om je installatie aan de vereiste EMC-richtlijnen te laten voldoen en je besturingskast EMC-bestendig te krijgen. Denk onder andere aan afschermd connectors, geleidende doorvoerblokken/-frames of metalen kabelgoten.

Een nadeel van connectors is dat je de kabel moet afknippen en de contrasteker in de kast moet monteren, wat extra werk is. Geleidende doorvoerblokken zitten vaak binnenin de kast, waardoor de ruis in de kast blijft of uit de kast komt en dat wil je juist voorkomen.



4. Verantwoordelijkheden/rol van de engineer en installateur

Rol van de engineer

Wanneer vooraf, in het ontwerpstadium van de machine, bekend is in welke omgeving de machine komt te staan, dan is dat een groot voordeel. De engineer kan dan rekening houden met EMC-eisen en de juiste materialen adviseren. Want als er een EMC-incident plaatsvindt of als er sprake is van economische schade door EMC-problemen, dan is van de machinebouwer of eigenaar van de productielijn aansprakelijk.

Rol van de installateur

Net zo belangrijk is een juiste bekabeling en aardaansluiting van de verschillende apparaten en elektrocomponenten. Want als deze niet op de juiste manier gemonteerd worden, kan dit grote gevolgen hebben. De rol en professionaliteit van de installateur is dus ook van groot belang. In NEN 1010, bepaling 444, worden maatregelen beschreven die de installateur bij installatie kan toepassen.

Belangrijk daarbij is om EMC-bewustzijn te creëren binnen je bedrijf, dat alle betrokken partijen zich bewust zijn van de grote gevolgen van een EMC-storing.

5. Conclusie

Elektromagnetische invloeden kunnen de werking van machines belemmeren en storingen veroorzaken. Zelfs op de langere termijn kunnen er nog negatieve gevolgen optreden. Soms zal een productieproces zelfs stilgezet moeten worden om het probleem op te lossen. Deze kostenpost wil je natuurlijk voorkomen. EMC realiseren binnen de machinebouw is daarom van groot belang.



Hemmink, kennispartner voor EMC

Wij ondersteunen machinebouwers, installateurs en system engineers die actief zijn in de industrie en industriële installaties. Samen met onze leveranciers Pflitsch, Flexa en Wiska bieden wij oplossingen en trainingen op het gebied van kabeldoorvoer, kabelgeleiding en kabelbescherming. Denk daarbij aan thema's als elektromagnetische compatibiliteit (EMC), voedselveiligheid en explosieveiligheid.

Onverklaarbare storingen, onjuiste meetresultaten, etc. en daardoor productie-onderbrekingen en zelfs downtime kunnen zomaar door elektromagnetische straling worden veroorzaakt. Wij delen onze EMC-kennis en geven advies hoe je je installatie en apparatuur betrouwbaar kunt afschermen tegen elektromagnetische interferentie.

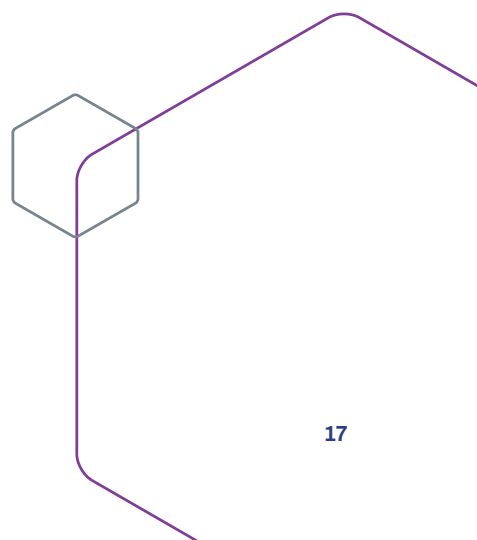
Met de eenvoudig te monteren EMC-kabelwartels van Pflitsch én de kennis van Hemmink bieden wij je de tools om hoogwaardige installaties op te leveren die voldoen aan de eisen van de EMC-richtlijn. Dit is zeker waardevol in situaties waar gekwalificeerd personeel niet direct beschikbaar is.

Wij komen graag met je in contact

Heb je vragen of wil je graag advies over een specifieke situatie? Neem contact op met onze specialisten Industrieel Kabelmanagement via tel. 038-4698200 of info@hemmink.nl.



Bekijk alle EMC-wartels
in ons productenportaal.





Onderdeel van HANZESTROHM

Popovstraat 1
8013 RK - Zwolle
Postbus 40013
8004 DA - Zwolle
T. 038 - 46 98 200
info@hemmink.nl
hemmink.nl