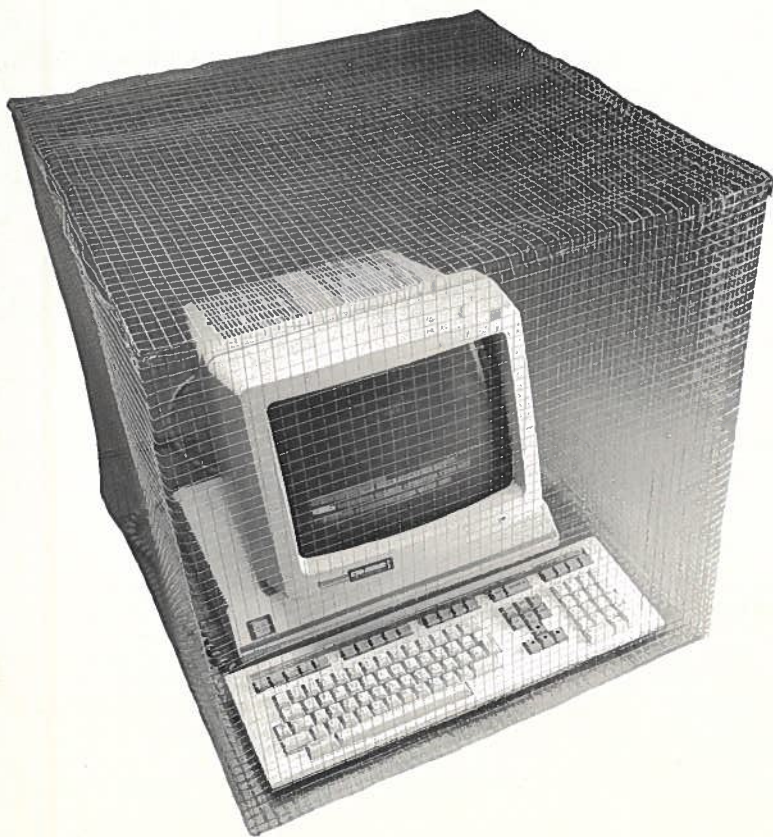


Themanummer EMC

Studieblad

12 | 44e JAARGANG
DECEMBER 1989

TECHNISCHE INFORMATIE VOOR PTT MEDEWERKERS



Studieblad

Uitgave

PTT Telecom (voorheen
AbvaKabo en CFO)

Hoofredacteur

drs. Y. M. van der Veen

Redactie

E. J. Boessenkool,
P. J. Boomgaard,
ing. N. Herwig,
ing. B. Kieboom,
A. Welling

Secretariaat

mw. F. Stulp-Huttema
tel. 050-853732

Correspondentie-adres

PTT Telecom Opleidings-
centrum, Postbus 13000,
9700 EA Groningen
Telefax 050-140990; telex
77053; Memocom NPS 1452

Abonnement

f 18,— per jaar. Voor niet-
PTT-ers f 30,— per jaar.
Verschijnt maandelijks

Vormgeving

Studio Dorèl, Groningen

Druk

Ten Brink, Meppel

Fotografie

PTT Research Neher
Laboratorium

© PTT Telecom

*Overname van (gedeelten van)
artikelen alleen na vooraf
verkregen toestemming van de
redactie en met uitdrukkelijke
bronvermelding: auteur, titel,
Studieblad PTT Telecom en
aflevering*

Bij de omslagfoto

EMC van toenemend belang...
maar natuurlijk in de praktijk
niet zo!

- Pagina 389 **EMC een zorg voor PTT**
drs. C. J. M. van Eekelen
- Pagina 397 **Normalisatie van EMC eisen voor
telecommunicatieapparatuur**
ir. P. J. van Kats
- Pagina 406 **EMI problemen voorkomen of oplossen**
P. J. M. Rijdsijk
- Pagina 411 **EMC en het gebruik van het radiospectrum:
immuniteit**
ir. V. H. A. E. Verhagen
- Pagina 418 **Het meten van de uitgestraalde storing**
ing. C. L. W. Lagendijk
- Pagina 425 **De invloed van ESD op elektronische
apparatuur**
ir. W. A. Pasmooij
- Pagina 431 **Studieblad Kort**
- Pagina 433 **Inhoudsopgave 1989**

De technische ontwikkelingen maken het noodzakelijk dat binnen PTT Telecom - van verkoop tot servicedienst, van werkvloer tot bestuurskamer – steeds meer rekening wordt gehouden met het fenomeen Elektro Magnetische Compatibiliteit (EMC). Daarbij gaat het om zowel de gevoeligheid van apparatuur voor elektromagnetische straling, als om het door de apparatuur zelf uitstralen van elektromagnetische velden.

Gevoeligheid (susceptibiliteit). Door de digitalisering is de ontvankelijkheid van telecommunicatieapparatuur voor elektromagnetische stoorsignalen toegenomen. Er is immers geen sprake van stoorsignalen die resulteren in een geleidelijke degradatie van de werking zoals bij analoge apparatuur, maar van het ‘omvallen van bitjes’ waardoor de goede werking van digitale systemen abrupt kan worden verstoord.

Ongewenste velden. Digitale schakelingen en met name snel schakelende circuits, produceren hoogfrequent (HF) stoorsignalen, die via de printbanen worden uitgestraald. Een deel van de HF energie komt bovendien op de aangesloten leidingen terecht, zoals het lichtnet, het telefoonnet en datalijnen. Als gevolg van het toenemend belang van lokale informatieverwerking, de toename van (lokaal) informatietransport met hoge transmissiesnelheden en de miniaturisering (almaar kortere koppelpaden) dreigt het interferentie-spook op steeds meer plaatsen. Zeker op die plaatsen waar telecommunicatieapparatuur is blootgesteld aan in principe onbekende elektromagnetische milieus (bijvoorbeeld in stedelijke gebieden of bij de klant thuis).

In dit themanummer van PTT Telecom Studieblad worden alle facetten van de EMC problematiek uit de doeken gedaan door de zes medewerkers van de EMC-projectcluster van PTT Research Neher Laboratorium (RNL).

Clemens van Eekelen, projectleider EMC van het RNL, gaat in het artikel *EMC een zorg voor PTT* in op wat EMC precies is. In een begrippenlijst worden de voornaamste termen die binnen het vakgebied spelen op een rijtje gezet.

Peter van Kats, PTT-vertegenwoordiger in nationale en internationale normcommissies voor Radiostoringen en Netwerkvervuiling, licht voor ons de deksels van de internationale normalisatiekeuken. Vanzelfsprekend is het

voor PTT uitermate belangrijk wat daar gebeurt, want als intensief spectrumgebruiker is PTT Telecom gebaat bij een goede controle over ongewenst of onbedoeld spectrumgebruik.

Peter Rijdsdijk, binnen de projectgroep EMC verantwoordelijk voor het realiseren van de benodigde apparatuur en hulpmiddelen, gaat in het artikel *EMI problemen voorkomen of oplossen* nader in op de maatregelen die mogelijk zijn om te voorkomen dat ongewenste elektromagnetische velden worden uitgestraald. Vooral de intra-systeem EMC komt hier dus aan bod.

De inter-systeem benadering van EMC staat centraal in *EMC en het gebruik van het radiospectrum: immuniteit* van Vincent Verhagen. Deze houdt zich binnen het EMC-project van het RNL vooral bezig met het immuniteitsvraagstuk. Sprekend praktijkvoorbeeld in zijn artikel is hoe via de bekabeling Anti Blokkeer Systeem (ABS) en autotelefoon elkaar kunnen beïnvloeden. De immuniteit van 'gewone' telefoontoestellen is een tweede praktisch voorbeeld.

Leo Lagendijk, verantwoordelijk voor het beheer van de EMC-metruimte ACCORD® en voor het ontwikkelen van emissie-metmethodes, gaat in *Het meten van de uitgestraalde storing* in op de uitstralingseigenschappen van telecommunicatieapparatuur en bekabeling.

Dat mensen zelf ook een gevaarlijke stoorbron kunnen zijn, wordt uiteengezet door Wim Pasmooij, die zich binnen het RNL vooral bezighoudt met de zeer kortstondige stoorsignalen op telefoonlijnen. In het artikel *De invloed van ESD op elektronische apparatuur* wordt duidelijk gemaakt hoe gevaarlijk de bekende 'tik' kan zijn die we soms voelen als in een koude en droge periode heen en weer is gelopen.

C.J.M. van Eckelen

Het is een belang van PTT Telecom dat in brede lagen van het bedrijf het inzicht wordt verdiept in wat Elektro Magnetische Compatibiliteit (EMC) precies is en wat de gevolgen kunnen zijn van een onvoldoende bekendheid met het fenomeen EMC. Immers overal waar elektrische stromen lopen of elektrische spanningen staan, worden elektromagnetische velden opgewekt en dreigt het EMI spook. Natuurlijk is het in een enkel geval daadwerkelijk de bedoeling dat elektromagnetische velden worden opgewekt, onder andere bij radiozenders en in elektromagneten. Meestal zijn dergelijke velden echter onbedoeld zoals de velden rond hoogspanningskabels. Maar ook in alle mogelijke apparaten, van koelkast tot telefooncentrale, worden door de elektronische circuits onbedoeld elektromagnetische velden opgewekt. Velden die door andere apparaten kunnen worden opgepikt en die daar de werking van de elektrische circuits of van bijvoorbeeld een correcte afwikkeling van het dataverkeer bedreigen. Als gevolg van elektromagnetische interferentie worden namelijk ongewenste stromen en spanningen opgewekt. 'Vreemde' stromen en spanningen die ervoor zorgen dat de elektronica van slag kan raken of soms zelfs beschadigd wordt. Ook voor iedereen binnen PTT – van verkoop tot servicedienst – een zaak om weet van te hebben en de laatste tijd zelfs sterker dan ooit door de toenemende schaalverkleining, de digitalisering, het verhogen van de bit-rates en het bij de klant plaatsen van complete telecommunicatienetwerken inclusief een omvangrijk scala aan telecommunicatieapparatuur.

Waarom zou PTT zich druk maken over Elektro Magnetische Compatibiliteit (EMC)? Inderdaad worden elektromechanische telefooncentrales er niet 'zenuwachtig' van wanneer een hoogfrequent spanning over de klemmen staat. Daarnaast levert de uitstraling van het analoge, laagfrequente (tot ± 10 kHz) telefoonnet nauwelijks problemen op voor de omgeving. De moderne ontwikkelingen in de telecommunicatie maken echter dat het wel degelijk noodzakelijk is met EMC rekening te houden.

Begrippen

EMC: Elektro Magnetische Compatibiliteit

Het vakgebied dat zich bezig houdt met de ongewenste beïnvloeding van elektronische apparatuur door elektromagnetische straling.

EMI: Elektro Magnetische Interferentie

Het minder goed functioneren van een apparaat als gevolg van elektromagnetische straling.

ESD: Electro-Static Discharge

Een elektrische ontlading van een persoon naar een apparaat, meestal door middel van het aanraken van het apparaat. De ontlading kan elektronische componenten beschadigen.

Elektromagnetisch veld

Het veld van een stralende bron. De elektrische component (E) en de magnetische component (H) van het verre veld hebben een vaste verhouding ($E/H = 377\Omega$ in lucht).

Emissie

Elektromagnetische uitstraling van een elektrisch of elektronisch apparaat.

Immunititeit

De mate waarin elektronische apparatuur bestand is tegen elektromagnetische instraling.

Susceptibiliteit

De mate waarin elektronische apparatuur gevoelig is voor elektromagnetische instraling.

Intra-systeem EMC

Vooral een zorg van de ontwerper, bijvoorbeeld aandacht voor de

PTT en EMC

Aan welke moderne ontwikkelingen dan precies moet worden gedacht? We noemen hier de belangrijkste.

Digitalisering. De ontvankelijkheid van digitale apparatuur voor stoorsignalen is toegenomen. Hoewel in principe niet gevoeliger dan analoge apparatuur, is de uitwerking van het stoorsignaal bij digitale apparatuur een andere. Treedt er bij analoge systemen een geleidelijke degradatie op van de werking, bij digitale systemen wordt deze abrupt verstoord. De consequenties zijn 'digitaal'.

Schaalverkleining. Kenmerkend voor moderne apparatuur is dat een groot aantal functioneel verschillende eenheden (bijvoorbeeld geheugens, multiplexers en voedingen) in een relatief kleine eenheid (toestel, ruif of rek) zijn samengebracht. Hierdoor wordt de onderlinge afstand tussen de apparatuur en dus de lengte van het koppelpad drastisch verkleind, met alle risico's van dien.

Toenemende bitsnelheden. De toegenomen en nog verder toe te nemen snelheid van digitale transmissie tot waarden van 140 Mbit/s en hoger, veroorzaakt harmonischen en mengproducten met steeds hogere frequenties. Deze frequenties zijn terug te vinden in de emissie van stoorsignalen, zowel door geleiding als in de vorm van straling.

Verandering van de omgeving. Bij invoering van complexe randapparatuur bij gebruikers zoals bedrijfstelecommunicatiecentrales of intelligente telefoontoestellen, moet men zich realiseren dat deze apparatuur aan in principe onbekende milieus wordt blootgesteld. Toenemend gebruik van het radiospectrum (private radio, draadloze telefoon etc.) op met name hoge frequenties zal ertoe leiden dat randapparatuur vooral in stedelijke centra aan hoge veldsterkten wordt blootgesteld.

Wat EMC is

EMC staat voor Elektro Magnetische Compatibiliteit, waar bij het begrip compatibiliteit enerzijds uitdrukking geeft aan het vermogen van een systeem om in zijn elektromagnetisch milieu bevredigend te kunnen functioneren, zonder aan de andere kant in dat milieu zelf onaanvaardbare storingen te veroorzaken.

In deze definitie zijn twee kenmerken te herkennen:

- de werking van het systeem wordt niet verstoord door allerlei elektromagnetische invloeden van de omgeving,
- het systeem veroorzaakt geen storingen in apparaten uit de omgeving.

Over welke invloeden en verstoringen hebben we het eigenlijk? Elektromagnetische stoorsignalen die door elektrische circuits zijn opgewekt, kunnen een systeem op verschillende manieren verlaten. In de eerste plaats kunnen de signalen in de vorm van velden door het systeem worden uitgestraald. Maar het kan ook zijn dat de stoorsignalen binnen het systeem zelf allerlei onbedoelde stromen en spanningen veroorzaken, die op hun beurt via kabels en verbindingen het systeem weer kunnen verlaten. Het totaal van òn deze uitgestraalde velden òn de langs de kabels lopende stromen en spanningen, noemen we de *emissie* van een systeem. We onderscheiden daarbij: emissie door straling en emissie door geleiding.

Als deze emissie door andere apparatuur wordt opgepikt, dan kan in deze apparaten de werking van de elektronische circuits worden verstoord. De velden wekken dan onbedoelde stromen en spanningen op die ervoor kunnen zorgen dat elektronica van slag raakt of soms zelfs wordt beschadigd.

De mate waarin systemen – ondanks de aanwezigheid van elektromagnetische storingen – in staat zijn correct te blijven werken, noemen we de *immuniteit* van een systeem. Een andere term in dit verband is *susceptibiliteit*. Met deze laatste term wordt de gevoeligheid van apparatuur voor elektromagnetische storingen bedoeld, terwijl immuniteit slaat op de ongevoeligheid. We onderscheiden nu weer immuniteit voor elektromagnetische straling en immuniteit voor geleide storingen.

Storingsmodel

Alle elektromagnetische storingen (ofwel elektromagnetische interferentie, EMI) zijn te beschrijven met het basismodel uit afbeelding 1.



print-layout.

Inter-systeem EMC

Met name deze benadering is voor PTT van groot belang, omdat producten na installatie en in de geplande omgeving volgens specificaties moeten kunnen functioneren.

Breedbandige storing

Storing in een brede frequentieband meestal veroorzaakt door pulsvormige signalen.

Smalbandige storing

Storing op enkele frequenties meestal veroorzaakt door een zender of een oscillator.

Hoogfrequent

In EMC context het frequentiegebied van 30 MHz tot 1 GHz.

Kunstnetwerk

Netwerk dat gebruikt wordt om hoogfrequent signalen te meten of te injecteren op de bekabeling van apparatuur. Voor verschillende soorten lijnen zijn verschillende soorten kunstnetwerken nodig.

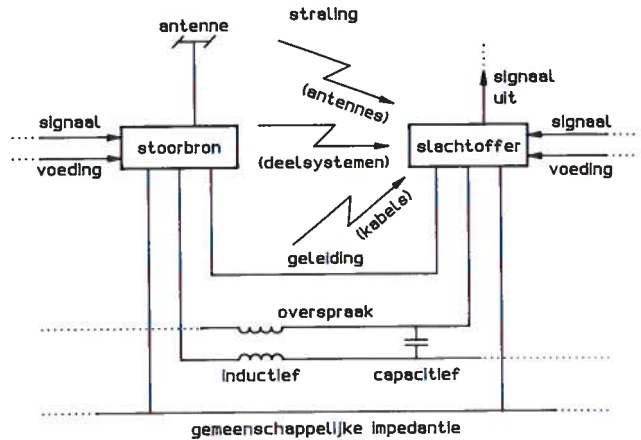
Anechoïsche ruimte

Ruimte waarin elektromagnetische straling op de wanden en het plafond geabsorbeerd wordt in plaats van gereflecteerd (echo).

Afbeelding 1
EMI Storingsmodel.

Natuurlijk is er bij een storing altijd een slachtoffer aan te wij-

Afbeelding 2
Verschillende koppelingen tussen
stoorbron en slachtoffer.



De bronnen, de slachtoffers en de koppelpaden kunnen allerlei vormen aannemen (zie afb. 2). Zo genereerde een terminal van een computersysteem dat voor tekstverwerking werd gebruikt regelmatig de meest vreemde letters doordat het systeem op dezelfde 220 V spanningsgroep was aangesloten als de kopieermachines van een naastgelegen reproductieafdeling. De bronnen bestaan in dit geval uit de aan- en uitschakelende motoren en flietsbuizen van de kopieermachines. De spanningspieken die deze bronnen produceren planten zich onder andere via het 220 V net voort en koppelen in de terminal in via de voeding, maar ook door overspraak van de netlijn op de datalijn. Een afzuigkap in de buurt van een omroepzender kan, zelfs als de stekker niet in het stopcontact zit, spontaan muziek ten gehore brengen. Het door de zender uitgestraalde veld koppelt hierbij in op de spoelen van de motor in de afzuigkap. Anderzijds wordt de gewenste ontvangst van een omroep- of communicatiezender vaak verstoord door ongewenste signalen zoals het vonken door de ontsteking van een auto.

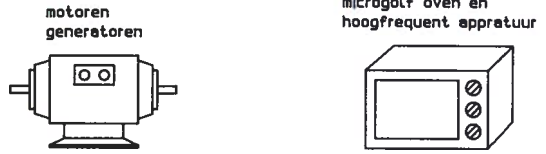
Een interferentieprobleem kan worden opgelost door of de stoorbron, of het slachtoffer of de koppelweg weg te halen. Het slachtoffer weghalen is meestal minder praktisch omdat we juist op die bepaalde plaats van het gestoorde systeem gebruik willen maken. Wel is het mogelijk om het systeem tot op zekere hoogte ongevoelig te maken voor elektromagnetische invloeden; dus door ervoor te zorgen dat het systeem over voldoende immuniteit beschikt.

De stoorbron weghalen is natuurlijk de beste manier om EMI problemen op te lossen. Meestal is dat totaal verwijderen echter ongewenst, omdat ook de stoorbron in z'n omgeving een waardevolle functie heeft; een auto zonder ontsteking werkt bijvoorbeeld niet. De emissie van apparatuur is natuurlijk wel in te perken door (wettelijke) emissie-eisen te stellen. Die eisen zijn er ook: auto's, veel huishoudelijke apparatuur en elektrisch gereedschap moet aan emissie-eisen (radio-ontstoring) voldoen om op de Nederlandse markt toegelaten te mogen worden.

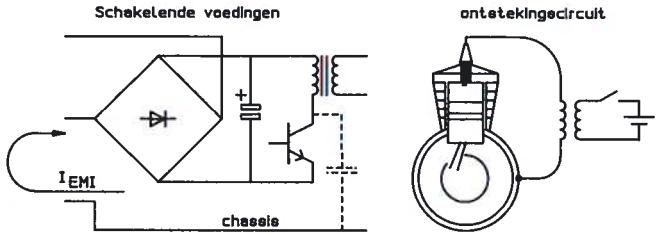
Foto 1

Het elektromagnetisch milieu is van invloed op de werking van elektronische apparatuur.





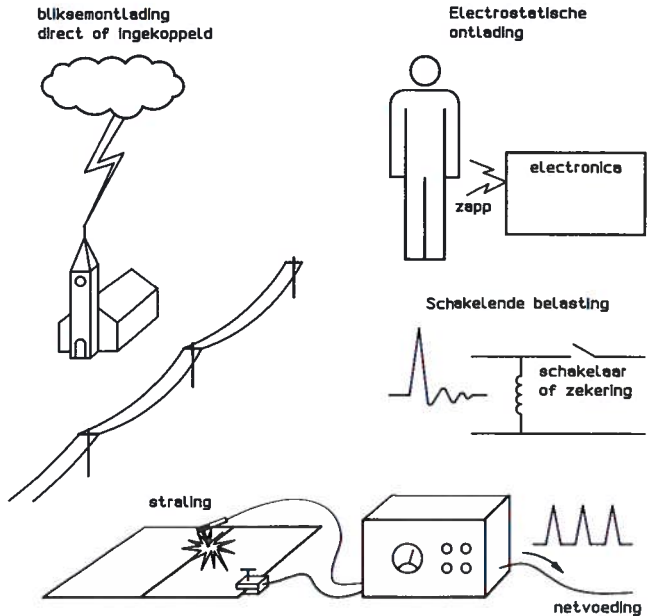
Afbeelding 3
Enkele bronnen van (quasi) continue verstoringen.



Elektromagnetisch milieu

De diverse elektromagnetische storingen kunnen naar gelang van hun gedrag in de tijd in twee groepen worden ingedeeld. Zijn storingen langdurig aanwezig (al dan niet fluctuerend) dan heten het (quasi) *continue verstoringen*. In afbeelding 3 zijn een aantal voorbeelden gegeven van continue stoorbronnen. Zijn de storingen zeer kortstondig dan noemt men ze *pulsvormige verstoringen*. Een aantal voorbeelden hiervan is te vinden in afbeelding 4.

Afbeelding 4
Enkele bronnen van pulsvormige verstoringen.



Om te kunnen bepalen aan welke elektromagnetische invloeden een systeem is blootgesteld, moet eerst het zogenaamde elektromagnetisch milieu in kaart worden gebracht. Het elektromagnetisch milieu is de beschrijving van alle elektromagnetische verschijnselen die zich in de omgeving waar we een systeem willen gebruiken voordoen. Deze beschrijving geeft bijvoorbeeld aan hoeveel hoogfrequentstromen er op de kabels lopen en welke veldsterkte ter plaatse heerst. Dit als functie van de frequenties. Ook vorm en sterkte van de pulsvormige signalen en hoe vaak deze voorkomen moet worden beschreven.

De beschrijving van het elektromagnetisch milieu vraagt veel statistisch onderzoek op allerlei lokaties. Is de statistische beschrijving eenmaal bekend, dan kan op grond daarvan worden bepaald hoe immuun een systeem moet zijn om in bijvoorbeeld 95% van de gevallen goed te werken. Voor de overige 5% van de gevallen moeten aanvullende maatregelen worden getroffen.

EMC eisen

Om een afdoende elektromagnetische compatibiliteit te bewerkstelligen, dient een systeem te voldoen aan:

- emissie eisen zodat de omgeving niet wordt vervuild;
- immuniteitsnormen waardoor het systeem bestand is tegen omgevingsinvloeden.

Het stellen van EMC eisen is echter alleen dan zinvol als tegelijkertijd ook de meetmethode wordt beschreven waarmee is getoetst of het apparaat aan de eisen voldoet. In de beschrijving van de meetmethode moet onder andere worden vastgelegd hoe het apparaat is opgesteld en hoe de kabels moeten worden weggelegd die met het apparaat zijn verbonden. Het koppelpad tijdens de testmetingen wordt hierdoor eigenlijk gestandaardiseerd.

EMC eisen moeten worden gezien als kwaliteitseisen en dienen daarom opgenomen te worden in de functionele specificaties van een systeem. Er wordt naar gestreefd om EMC eisen en meetmethoden zoveel mogelijk internationaal te normaliseren. Op het ogenblik is voor de meeste apparatuur alleen nog maar de emissie genormaliseerd. Aan internationale immuniteitseisen wordt momenteel gewerkt.



Foto 2

ENC onderzoek is voortgekomen uit onderzoek naar de emissie-eisen ter bescherming van de omroepdiensten.

Nogmaals PTT en EMC

PTT Telecom is al sinds vele jaren betrokken bij de radiostoringsproblematiek. Voor velerlei apparaten zijn inmiddels emissie-eisen ontwikkeld met als doel de omroep – eveneens een PTT dienst – te beschermen. Daaruit is ook de bewustwording gegroeid dat de Elektro Magnetische Compatibiliteit van telecommunicatieapparatuur voor PTT van essentieel belang is. Door onophoudelijk te wijzen op het belang van EMC voor een goede dienstverlening, zowel binnen PTT als daarbuiten, is bereikt dat bij de aanschaf van telecommunicatieapparatuur steeds vaker met EMC, als onderdeel van de kwaliteitseisen, rekening wordt gehouden. Zo staat er in de wettelijke eisen voor toelating van apparatuur op het Nederlandse telefoonnet, dat voldaan moet worden aan de emissie-eisen EN 55022.¹ Er is echter nog veel voorlichting en overtuigingskracht nodig om iedere PTT-er, van verkoop tot servicedienst, van werkvloer tot bestuurskamer, voldoende bewust te maken van het kwaliteitsaspect: EMC.

Want elektromagnetische interferentie houdt zich niet aan organisatiegrenzen, maar bedreigt alle schakels van onze telecommunicatie-netten en diensten.

¹ Zie hiervoor elders in dit nummer het artikel *Het meten van de uitgestraalde storing; benevens Technische eisen voor Telecommunicatie Randapparatuur*, zoals vastgesteld door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, de Hoofddirectie Telecommunicatie en Post (HDTP).

P.J. van Kats

De normalisatie van eisen voor de Elektro Magnetische Compatibiliteit van telecommunicatieapparatuur en randapparatuur staat momenteel sterk in de belangstelling. Enerzijds omdat de huidige Europese EMC Richtlijn vereist dat in 1992 een aantal EMC normen van kracht is, die het vrije handelsverkeer in deze apparatuur binnen de Europese gemeenschap mogelijk maken. Tegelijkertijd vragen de digitalisering en de brede toepassing en verspreiding van telecommunicatieapparatuur en allerhande randapparatuur om een invulling van toekomstige EMC normen. Hierdoor kunnen ò de bedrijfszekerheid ò de kwaliteit van de dienstverlening veilig worden gesteld. Protectie van het radiospectrum zal slechts een onderdeel zijn van die toekomstige normen. Op korte termijn is een grote inspanning vereist om tot realistische en voor alle betrokken partijen aanvaardbare EMC normen te komen. De belangentegenstellingen van de in het overleg betrokken partijen (overheden, PTT's en industrie), leiden binnen de verschillende organen voor EMC normalisatie vaak tot tegenstrijdige resultaten. In dit artikel wordt een kijkje geboden in de internationale normalisatiekeuken en wordt verklaard waarom het zo noodzakelijk is dat een vergaande normalisatie van EMC eisen voor telecommunicatieapparatuur van de grond komt. Daarnaast wordt uiteengezet welke organisaties bij de EMC normalisatie betrokken zijn en wat de huidige stand van zaken is.

In tegenstelling tot huishoudelijke apparatuur is de normalisatie van EMC eisen voor telecommunicatieapparatuur pas laat op gang gekomen. De oorzaak hiervan is tweeledig. Ten eerste werd men bij het gebruik van huishoudelijke apparatuur, zoals boormachines, keukenapparatuur enz. al gauw geconfronteerd met storingsproblemen; vooral op de midden-golfomroep. Om deze breedbandstoringen – meestal veroorzaakt door collectormotoren – aan banden te leggen werd een aantal aanbevelingen ontworpen die het radiospectrum moesten beschermen. Deze 'radiostoringsbenadering' is later uitgroeid tot EMC (Electro Magnetische Compatibiliteit). Toen het besef groeide dat niet kon worden volstaan met enkel eisen te stellen aan de stooremisatie, maar dat ook een zeke-

re mate van 'eigen' bescherming (immunititeit) vereist is, kwam de EMC normalisatie van huishoudelijke apparatuur en consumenten electronica (radio, televisie) van de grond. Vooral fabrikanten stimuleerden deze ontwikkeling.

De op dat moment merendeels analoge telecommunicatieapparatuur bevond zich voornamelijk in de veilige infrastructuur. De netwerkbeheerders waren baas in eigen huis en op mogelijke storingsproblemen kon afdoende worden ingespeeld.

Waarom normalisatie van EMC eisen?

Pas met het digitaliseren van de netwerken en de telecommunicatiesystemen treedt ook hier de noodzaak tot normalisatie van EMC eisen voor het voetlicht. De meest uiteenlopende soorten randapparatuur zijn dan al gemeengoed geworden en vaak op plaatsen geïnstalleerd die elektromagnetisch gezien aanzienlijk 'vervuild' kunnen zijn. Bovendien is het digitale signaal zelf een niet te verwaarlozen stoorbron. Digitaal telecommunicatieverkeer stelt daardoor aanzienlijk hogere eisen aan de afscherming van de bekabeling. Een ontwerp voor een LAN met bijvoorbeeld 10 Mbit signalen over symmetrische lijnen is vanuit EMC oogpunt bijvoorbeeld onverantwoord. Doordat als gevolg van de miniaturisering digitale systemen ook nog eens dichter op elkaar komen te staan, zijn strenge eisen aan de afscherming steeds onontkoombaar geworden. PTT Telecom, als intensief spectrumgebruiker, heeft belang bij een goede controle over ongewenst of onbedoeld spectrumgebruik in verband met de verdeling van de beschikbare frequentieruimte voor nieuwe diensten.

Dit betekent dat de EMC normalisatie in de normcommissies loyaal moet worden ondersteund. De bedrijfsvoering van kwalitatief hoogstaande produkten en diensten waaronder telecommunicatie, vereisen echter een bredere invulling van de EMC normalisatie dan tot dusver gebruikelijk is. De inspanningen van PTT in de diverse normcommissies zullen hierop gericht moeten zijn.

Waar en hoe vindt EMC normalisatie plaats?

Het werken aan de normalisatie van EMC eisen voor telecommunicatieapparatuur en randapparatuur speelt zich af binnen

een groot aantal normalisatie-organisaties. Op een drietal niveaus zijn deze actief: internationaal (mondiaal), binnen Europa en nationaal¹. Globaal kunnen de overkoepelende organisaties die in dit werk thans een rol spelen worden verdeeld in een tweetal groepen.

- Organisaties die zich traditioneel en in z'n algemeenheid richten op de normalisatie van EMC eisen. De afdelingen voor informatieverwerkende apparatuur, waartoe ook de telecommunicatieapparatuur hoort, zijn binnen deze organisaties nog een betrekkelijk jong werkgebied. Op internationaal, Europees en op nationaal niveau wordt achtereenvolgens door IEC, CENELEC en NEC aan EMC normalisatie gewerkt.
- Organisaties die zich vrijwel uitsluitend bezig houden met de normalisatie van functionele specificaties voor telecommunicatieapparatuur en randapparatuur. EMC wordt door deze clubs meer en meer opgevat als een essentieel onderdeel van de kwaliteitsnormstelling: bedrijfszekerheid en veiligheid van de betreffende apparatuur. Internationaal verricht CCITT studies; binnen Europa werkt ETSI aan een reeks EMC aanbevelingen.

Internationaal werkt de IEC (International Electrotechnical Commission) aan een wereldwijde standaardisatie op het gebied van de elektrotechniek en de elektronica. Bij het IEC zijn 42 landen aangesloten. Het normalisatiewerk wordt verricht door TC's (Technical Committees) die op hun beurt weer sub-comité's (SC's) en werkgroepen (WG's) kunnen instellen. Een TC is meestal actief op een bepaald vakgebied en benadert de EMC problematiek daarom vanuit die specifieke vakrichting. De coördinatie tussen de TC's wordt verzorgd door een coördinerend adviesorgaan: de ACEC (Advisory Committee for Electromagnetic Compatibility).

Hoewel er geen TC is die zich uitsluitend op de produktensector richt, is het werk van de volgende TC's van belang voor de telecommunicatieapparatuur en de randapparatuur.

TC-22: Vermogenslektronica

TC-65: Meet- en regelapparatuur

TC-77: Netspanningsvervuiling

TC-CISPR: Radiostoringen

Eén sub-comité is specifiek verantwoordelijk voor de EMC eisen ten behoeve van informatieverwerkende apparatuur

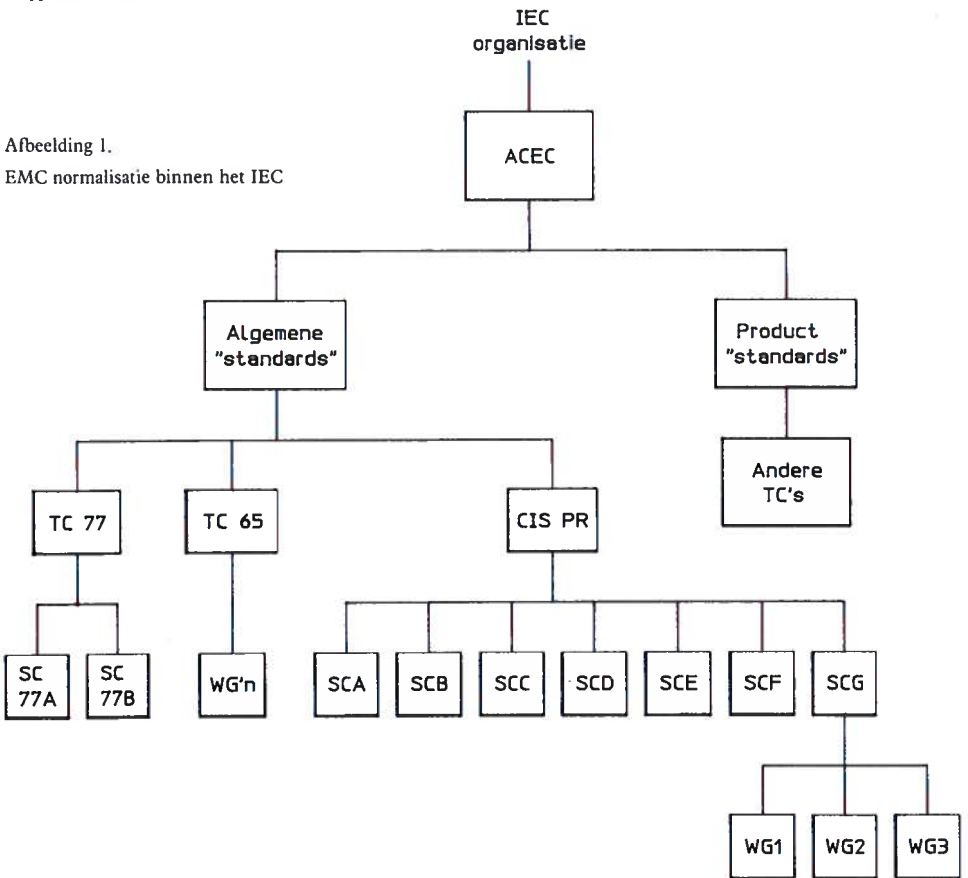
¹ Het valt buiten het bestek van dit artikel om in z'n algemeenheid in te gaan op samenstelling en werkwijzen van de verschillende organisaties. Hiertoe wordt verwezen naar het themanummer 'Kwaliteit' van PTT Telecom Studieblad: P.D.C. Reefman, *Normalisatie en kwaliteit*, september 1989, pagina 268-272.

(ITE), hiertoe behoren zoals al eerder gezegd ook de telecom-
 communicatieapparatuur en randapparatuur. De werkzaamheden
 van dit sub-comité zijn in verband met de vereiste specialisti-
 sche kennis verdeeld over een drietal werkgroepen met de vol-
 gende taken:

² CISPR publicatie 22: *Limitieten en
 meetmethoden voor
 radiostoringseigenschappen van
 informatieverwerkende
 apparatuur*, 1985.

- WG1 – wijziging en amending van CISPR publicatie 22²
- WG2 – uitbreiding van CISPR publicatie 22 met eisen voor
 telecommunicatielijnen, signaalijnen enz.
- WG3 – immuniteit van ITE

Afbeelding 1.
 EMC normalisatie binnen het IEC



Binnen Europa houdt het CENELEC (European Committee
 for Electrotechnical Standardization) zich bezig met normali-

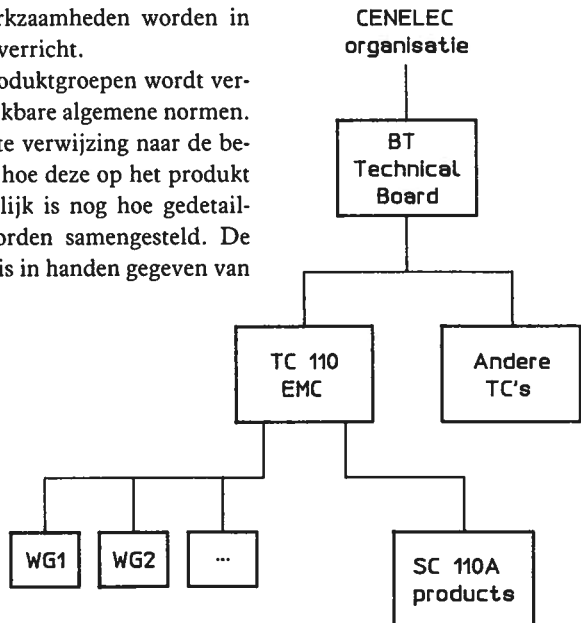
satie en harmonisatie. Bij het CENELEC zijn de nationale comité's van 18 Europese landen aangesloten. De organisatie en werkwijze zijn nagenoeg gelijk aan die van IEC waarbij men inhoudelijk vrijwel uitsluitend uitgaat van de binnen IEC geproduceerde resultaten.

De coördinatie tussen de verschillende TC's binnen CENELEC is in handen van de Technical Board (BT) die recentelijk heeft besloten tot de oprichting van een overkoepelende TC, TC-110 voor EMC. In de CENELEC TC-110 vergaderingen zijn de nationale commissies van de lidstaten elk met een delegatie vertegenwoordigd. Op Europees niveau draagt zo'n delegatie de standpunten uit, die door de nationale commissies zijn ingenomen.

In haar werkwijze maakt TC-110 onderscheid tussen een tweetal normontwerpen:

- algemene normen: hierbij wordt niet verwezen naar specifieke toepassingen maar wordt voor elke categorie elektromagnetische verstoringen een gedetailleerde beschrijving gegeven van meetmethoden, de test, het instrumentarium en de proefopstellingen, alsmede een aantal mogelijke limieten en/of testniveaus. De werkzaamheden worden in (adhoc) werkgroepen van TC-110 verricht.
- produktnormen: voor bepaalde produktgroepen wordt verwezen naar een keuze uit de beschikbare algemene normen. Volstaan kan worden met een korte verwijzing naar de betreffende norm en een aanwijzing hoe deze op het produkt moet worden toegepast. Onduidelijk is nog hoe gedetailleerd produktgroepen moeten worden samengesteld. De ontwikkeling van produktnormen is in handen gegeven van het Sub-committee 110A.

Afbeelding 2.
CENELEC TC 110 organisatie



In Nederland is het Nederlands Elektrotechnisch Comité (NEC) de instantie die belast is met de totstandkoming van normen op het gebied van elektrotechniek en elektronica. Het normalisatiewerk wordt uitgevoerd in normcommissies, subcommissies en werkgroepen die verantwoordelijk zijn voor een specifiek vakgebied. Binnen de normcommissies worden veelal IEC en CENELEC documenten behandeld en bestaat het werk onder meer uit het formuleren van het Nederlandse standpunt en het indienen van eigen Nederlandse voorstellen in internationale commissies. Een normcommissie is samengesteld uit vertegenwoordigers van overheid, bedrijven en instellingen die op het betreffende gebied actief zijn.

In het CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee) wordt binnen de studiegroep SG V 'Protection against electromagnetic effects' in mondiaal verband gewerkt aan aanbevelingen betreffende de EMC voor telecommunicatiesystemen. Bij deze studies richt men zich voornamelijk op externe elektromagnetische beïnvloeding van kabels (bliksem, aarding). Recentelijk zijn studievragen op het gebied van de emissie van (symmetrische) telecommunicatielijnen geformuleerd.

Binnen Europa is het European Telecommunication Standardization Institute (ETSI) het aangewezen orgaan voor standaardisatie van telecommunicatie apparatuur. De werkwijze binnen ETSI is vrij eenvoudig en vertoont gelijkenis met de werkwijze binnen de IEC werkgroepen. In de werkgroepsvergaderingen van de TC-EE4 (EE = Equipment Engineering) worden, onderwerpsgewijs, EMC aanbevelingen opgesteld voor telecommunicatieapparatuur en randapparatuur.

Waar EMC normen aan moeten voldoen

EMC eisen zijn primair bedoeld om de werking van allerhande elektrische en elektronische apparatuur niet in gevaar te brengen door onderlinge beïnvloeding. Of om die beïnvloeding waar deze in de praktijk toch optreedt, tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen.

Het is vervolgens de taak van EMC experts deze praktijksituaties te veralgemenen en in normen onder te brengen. Hierbij speelt de afweging van bedrijfsrisico's en de kosten die bevei-

liging van apparatuur met zich brengt een belangrijke rol. Normen geven naast limietwaarden ook aanwijzingen voor de toepassing van meetmethoden ten behoeve van specifieke producten of produktgroepen. Daarbij spelen de factoren eenvoud en reproduceerbaarheid een belangrijke rol. Het traject van praktijksituaties naar zo algemeen mogelijk toepasbare normen is het terrein van onderzoekers op het gebied van de modelvorming. Dit is een belangrijk werkteerrein van de EMC groep van PTT Research Neher Laboratorium.

Modelvorming vereist investeringen in voorzieningen die niet direct toepasbaar zijn voor routinematig gebruik; de spin-off is echter gelegen in een verantwoorde, internationaal geaccepteerde normstelling die gestaafd kan worden met moderne hulpmiddelen. Een voorbeeld hiervan is de EMC meetruimte ACCORD[®], die in het juninummer van PTT Telecom Studieblad aan de orde is geweest.

Normalisatie van EMC eisen binnen telecommunicatieorganen als ETSI en CCITT is erop gericht om alle risicodragende elektromagnetische verstoringen in aanbevelingen onder te brengen. De doelstelling daarbij is de kwaliteit en de bedrijfszekerheid in de typische gebruiksomgeving te garanderen op basis van een inschatting van de beoogde dienstverlening. Hierbij wordt gestreefd naar een betrouwbaarheid waarbij een bepaald percentage storingevallen wordt geaccepteerd. Afhankelijk van de te leveren dienst varieert dit percentage tussen 0 en 10%.

Hoewel de EMC Richtlijn (die in volgende paragraaf wordt toegelicht) het normalisatieproces binnen de aangesloten lidstaten van de EG in een stroomversnelling heeft gebracht, is de primaire doelstelling van de Richtlijn: het creëren van een *vrije handelsmarkt* voor telecommunicatieapparatuur en randapparatuur.

CENELEC zal als Europees normalisatie-orgaan een belangrijk deel van de EMC normen ontwerpen. Afhankelijk van de inbreng van de netwerkgebruikers/beheerders zal het resultaat van dit proces beantwoorden aan de eisen die ETSI aan EMC normen stelt en waarin de *kwaliteit* van de dienstverlening voorop staat.

Een evenwichtige samenstelling van vertegenwoordigers van industrie, gebruikers en overheid in de nationale EMC normalisatiecommissies is daartoe een eerste vereiste.

Stand van zaken

Voor een overzicht van de stand van zaken op het gebied van de EMC normalisatie voor telecommunicatieapparatuur, ligt het voor de hand te kijken naar de Europese situatie. Op 3 mei 1989 is immers, na goedkeuring van het Europees Parlement, de EMC Richtlijn (89/336/EEC) door de Europese Minister-raad aangenomen.

Doel van de Richtlijn, die op 1 januari 1992 van kracht wordt, is het opheffen van de handelsbelemmeringen tussen lidstaten van de EG voor alle apparatuur die elektromagnetische storingen kan voortbrengen of daardoor zelf in haar werking kan worden gestoord (met uitzondering van motorvoertuigen).

De inhoud van de Richtlijn zelf beperkt zich slechts tot het formuleren van procedures en verwijst voor de technische implicaties naar European Standards (EN's). Deze EN's worden vervolgens door de nationale regelgevende instanties in de nationale wetgeving ondergebracht. In Nederland gebeurt dit onder verantwoording van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat: de Hoofddirectie Telecommunicatie en Post (HDTP).

Het CENELEC is opgedragen de EN's te leveren. Een aantal hiervan zijn gereed, voornamelijk op het gebied van de consumenten elektronica:

EN 55 014 Radiostoringen van huishoudelijke apparatuur

EN 55 015 Radiostoringen van lampen

EN 55 020 Immuniteit van omroepontvangers en audio/video apparaten

EN 60 555 Laagfrequent emissie op het lichtnet van huishoudelijke apparatuur, lampen, TV ontvangers

EN 55 022 Emissie van informatieverwerkende apparatuur inclusief telecommunicatieapparatuur en randapparatuur.

CENELEC TC-110 heeft thans een groot aantal EN's in voorbereiding. Deze zijn:

prEN 55 011 Radiostoring van hoogfrequentapparatuur voor industriële, wetenschappelijke en medische toepassingen (ISM)

prEN 55 013 Radiostoring van radio en TV ontvangers

prEN 50 065 Radiostoring van apparatuur voor lichtnetcommunicatie.

Voorts wordt met de hoogste prioriteit gewerkt aan een EN

die de immuniteit van ITE (informatieverwerkende apparatuur) moet vastleggen.

De ETSI TC-EE4 heeft inmiddels een aanbeveling gereed voor de ESD test (Electrostatic Discharge) op telecommunicatieapparatuur en randapparatuur. Onduidelijkheid bestaat echter over de status van deze aanbevelingen in het licht van de EMC Richtlijn. In principe is het mogelijk de inhoud van de ETSI aanbevelingen voor EMC om te zetten in een ETS (European Telecommunication Standard). Om te voorkomen dat ETS en EN ieder een eigen leven gaan leiden, is vanzelfsprekend de nodige afstemming tussen ETSI en CENELEC vereist.

Hoe de toekomst eruit ziet

Het is noodzakelijk dat op korte termijn duidelijk wordt hoe de EMC aanbevelingen die door ETSI voor telecommunicatieapparatuur en randapparatuur worden voorbereid, in de Europese EMC normalisatie worden ingebracht. Op dit ogenblik is er op werkgroepniveau een goede samenwerking tussen ETSI en CENELEC, die wel louter is gebaseerd op persoonlijke inzet. Dit vereist bovendien veel extra inspanning en leidt soms ook tot dubbel werk!

Technisch gezien is er op het gebied van de telecommunicatieapparatuur en de randapparatuur grote behoefte aan een verdere invulling van de emissie standaard voor ITE, de EN55022. Hierbij gaat het met name om de volgende aspecten:

- specificatie van een meetmethode voor grote systemen zoals telecommunicatiecentrales,
- limieten en meetmethodes voor geleide stooremisatie op telecommunicatielijnen (LAN's, ISDN). Hieraan wordt nu reeds gewerkt binnen IEC en CENELEC TC-110A.
- immuniteit van ITE met als uitgangspunt de voorlopige norm prEN 55101 bestaande uit een aantal afzonderlijke delen: immuniteit voor ESD, stoerpulsen, radiozenders, laagfrequent magnetische velden enz.

Afhankelijk van de inzet, expertise en vindingrijkheid van de vertegenwoordigers uit de telecommunicatiewereld zullen EMC normen in 1992 de Europese EMC Richtlijn voor deze sector tot een waardevol document kunnen maken.

EMI problemen voorkomen of oplossen

Reeds in de ontwerpfase van elektronische apparatuur verdienen Elektro Magnetische Compatibiliteit (EMC) en Elektro Magnetische Interferentie (EMI) de volle aandacht van de ontwerper. Met name de schakelende elementen op de printplaten zijn potentiële stoorbronnen. Onvoldoende aandacht bij de ontwerper voor het thema dat centraal staat in dit nummer van PTT Telecom Studieblad, leidt er in het gebruik toe dat uitstraling van stoorsignalen plaatsvindt via de printbanen met hoogfrequent stromen over de aangesloten lijnen tot gevolg. Door bij de bron al voorzieningen te treffen als afscherming en het gebruik van filters, kan uitstraling worden gereduceerd. In het algemeen zal de betrokken apparatuur hierdoor tevens ongevoeliger worden voor stoorinvloeden van buitenaf.

P.J.M. Rijsdijk

In alle elektronische apparaten of dat nu gaat om computers, printers, modems of telecommunicatieapparatuur, zijn schakelende componenten als klokoscillatoren, delers en processoren aangebracht. Deze digitale schakelingen, en met name de snel schakelende circuits, produceren hoogfrequent (HF) stoorsignalen. Digitale signalen met steile flanken van bijvoorbeeld 10 ns bevatten harmonischen tot tenminste 30 MHz. Deze signalen kunnen onder andere via de printbanen worden uitgestraald. Immers geleiders, dus ook printbanen fungeren min of meer als antennes.

Ook komt een deel van de opgewekte HF energie op de aangesloten leidingen terecht, zoals het lichtnet, het telefoonnet en datalijnen. Door de antennewerking van deze leidingen wordt de energie vervolgens voor een deel weer uitgestraald. Hoeveel wordt uitgestraald hangt af van de configuratie, de lengte van de bekabeling, het soort kabels en dergelijke.

Stoorbronnen op printplaten

Aangezien veel apparatuur in een kunstof behuizing is ondergebracht is de kans op emissie vrij groot. Naast de vervuiling van het spectrum, waardoor de ontvangst van omroepzenders en telecommunicatiemiddelen kan worden gestoord, is het niet denkbeeldig dat ook andere apparatuur wordt beïnvloed. Het kan zelfs voorkomen dat schakelingen op printplaten niet

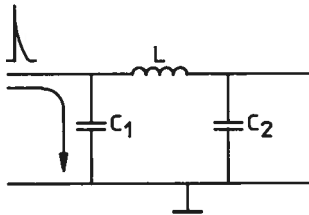
juist functioneren door stoorbronnen elders op dezelfde printplaat.

Bij het ontwerpen van printplaten moet dus zoveel mogelijk rekening worden gehouden met de plaatsing van de componenten en de verbindingen daartussen. Door middel van spectrumanalyse is inzicht te verkrijgen omtrent niveau en frequentiegebied van ongewenste signalen.

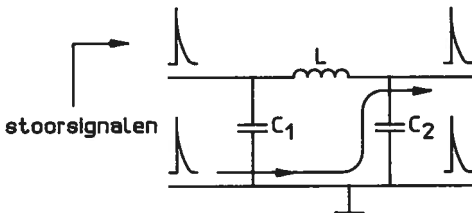
Terugdringen van ongewenste signalen

Zoals eerder opgemerkt, wordt een deel van de HF stoorspanningen in de aangesloten leidingen geïnduceerd. Om deze leidingen vrij te houden van stoorsignalen worden in de praktijk filters toegepast. In apparatuur worden filters gebruikt met de bedoeling het lichtnet en andere aangesloten leidingen vrij te houden van ongewenste stoorspanningen. Door filtering kunnen die stoorspanningen aanzienlijk worden teruggebracht. Belangrijk is wel het type filter alsmede de wijze waarop dit is aangebracht.

Bij een filter in een leiding worden HF stoorspanningen naar een aardpotentiaal afgeleid.



In de praktijk is gebleken dat, afhankelijk van de frequentie, de gespecificeerde demping van filters niet altijd wordt gehaald. De oorzaak hiervan is dat bij hoge frequenties tussen twee 'aardes' veelal een complexe impedantie aanwezig is. De 'aarde' kan zelf ook HF spanningen voeren. In dat laatste geval kan de werking van een filter geheel teniet worden gedaan.

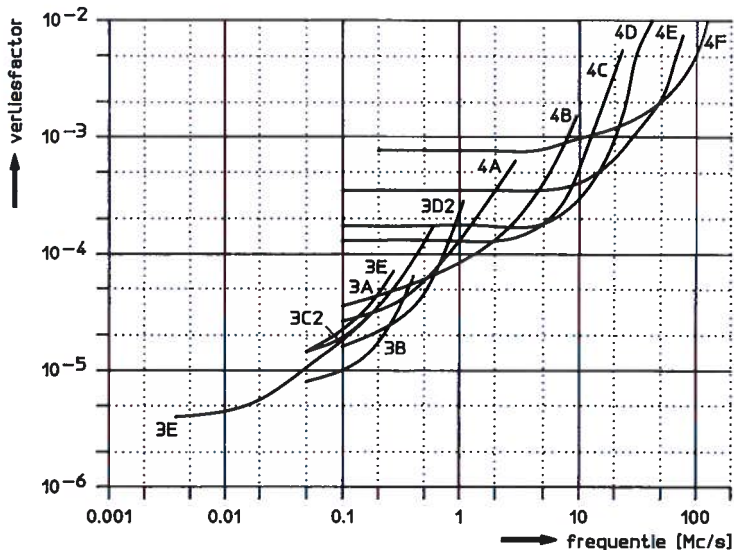


In afbeelding 2 is te zien dat de stoorsignalen op een lijn, via C 2 van het filter op het aangesloten apparaat worden geïnjecteerd. Deze situatie komt vaak voor bij netfilters die volgens dit principe werken. De randaarde van het lichtnet is hier zelf 'vervuild'. Bij dubbelgeïsoleerde apparatuur waar geen randaarde kan worden aangesloten, is een netfilter volgens afbeelding 2 niet effectief.

Toepassing ferrietmateriaal als filter

In de industrie wordt ferrietmateriaal toegepast onder andere in radio- en TV-ontvangers. Van dit materiaal worden transformator-kernen, schroefkernen, ringkernen e.d. vervaardigd. Ferriet is in diverse soorten (mu-waarde) en vormen verkrijgbaar¹. Smoorspoelen waarin ferriet is gebruikt, worden toegepast in filterschakelingen. Iedere soort met zijn eigen specifieke eigenschappen.

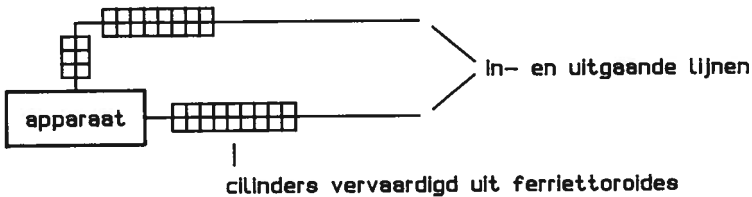
¹ M.F. 'Doug' DeMaw, *Ferromagnetic-core design and application handbook*, New Jersey, 1981.



Afhankelijk van de soort (3B, 4C enz.) is het ferriet in een bepaald frequentiegebied effectief. In de grafiek is af te lezen dat in de verschillende kernmaterialen de verliezen bij hogere frequenties toenemen.

In de EMC-techniek wordt ferrietmateriaal vaak toegepast voor experimentele doeleinden, waarbij van deze eigenschap

gebruik wordt gemaakt. In situaties waar filters niet optimaal functioneren, kan ferriet uitkomst bieden. Hoogfrequent stoorspanningen uit apparatuur veroorzaken stromen in de aangesloten leidingen, die door hun antennewerking vervolgens een veld opwekken. Afhankelijk van de lengte en de loop van de aangesloten kabels kan de sterkte van de stroom sterk variëren. Het gebruik van ferrietringkernen, eventueel samengesteld tot cilinders kan die stromen gedeeltelijk onderdrukken (zie afb. 4). Ferrietcilinders worden in de EMC-techniek gebruikt indien overspraak optreedt tussen meetkabels.



Door de toepassing van ferrieten wordt voor hogere frequenties een extra impedantie geïntroduceerd, waardoor stoorstromen over kabels – zonder het gewenste signaal noemenswaardig te beïnvloeden – worden onderdrukt. Bij toepassing van meerdere windingen om een ferrietringkern zal de parasitaire capaciteit tussen de windingen de maximaal te bereiken demping beperken.

Niet in alle gevallen worden hoogfrequent stromen gereduceerd. Het kan ook voorkomen dat een apparaat zelf zoveel uitstraalt, dat door het geproduceerde veld de aangesloten leidingen opnieuw worden 'vervuild'. De werking van het beste (ferriet)filter zal hierdoor worden gedegradeerd.

Maatregelen

Behalve het filteren van kabels, is het vaak efficiënter om de uitstraling al zoveel mogelijk aan de bron te onderdrukken. Een verscheidenheid van mogelijke maatregelen staat de ontwerper daarbij ter beschikking.

Het in een metalen behuizing onderbrengen van de elektronische schakelingen is één van die maatregelen. In de industrie worden om economische en produktietechnische redenen vaak kunststof behuizingen toegepast. Overigens is niet alle

apparatuur volledig af te schermen tegen uitstraling, bijvoorbeeld beeldschermapparatuur. Een aparte afscherming van de schakelingen in het apparaat is dan soms noodzakelijk. Iets wat trouwens niet altijd te realiseren is (temperatuurproblemen, beeldschermen).

Door bij het ontwerpen van printplaten reeds rekening te houden met EMC kan uitstraling worden verminderd. Uit proeven is gebleken dat bij de vervaardiging van een print het zoveel mogelijk laten zitten van geleidend materiaal een gunstige uitwerking heeft op de emissie. De geleidende vlakken tussen de printbanen vormen namelijk een referentie-aardvlak. Door de aanwezigheid van een aardvlak functioneren de op de print gemonteerde filters beter.

Indien de maatregelen tegen uitstraling (emissie) met zorg zijn uitgevoerd, wordt de betrokken apparatuur in het algemeen ook ongevoeliger voor verstoring door externe velden (immunititeit). Op deze wijze werkt het op printplaatniveau beheersen van de uitstraling tevens als bescherming tegen uitwendige stoorinvloeden.

V. H. A. E. Verhagen

Bij onvoldoende immuniteit kan elektronische apparatuur die in de omgeving van een zendinstallatie is geplaatst, in zijn goede werking worden verstoord. Het spreekt dus voor zich dat elektronische apparatuur een bepaalde immuniteit tegen elektromagnetische (EM) velden moet hebben, zodanig dat de apparatuur in ieder geval goed blijft functioneren in de aanwezigheid van radio-omroep, mobilofoon, autotelefoon en andere systemen die gewenste EM-velden opwekken. Immuniteitseisen vormen in de EMC-techniek de tegenhanger van de emissie eisen. Emissie eisen limiteren in het algemeen de uitstraling van zendapparatuur buiten de zendfrequentie. Op de zendfrequenties zullen zich echter immuniteitsproblemen kunnen voordoen, omdat een bepaald zendvermogen daar nu eenmaal noodzakelijk is.

In een omgeving waar grote veldsterktes worden opgewekt, zal elektronische apparatuur extra beschermd dienen te worden om goed te kunnen blijven functioneren. De mate waarin apparatuur tegen hoogfrequente instraling bestand is, komt tot uitdrukking in het immuniteitsniveau (de maximale veldsterkte waarbij de apparatuur nog correct functioneert). Enkele praktische situaties waarin zich immuniteitsproblemen voordoen, zijn in dit artikel beschreven. Met welke testmethodes de immuniteit van apparatuur kan worden getoetst, is toegelicht aan de hand van een voorbeeld: de test van een telefoontoestel.

Immuniteit voor radiovelden

Zoals hierboven is aangegeven, zijn voor het ontstaan van een immuniteitsprobleem een tweetal kenmerken van betekenis:

- er moet een storende bron aanwezig zijn,
- de apparatuur die slecht functioneert is (over)gevoelig voor EM-straling.

Is van één van deze twee kenmerken sprake, dan kunnen immuniteitsproblemen optreden.

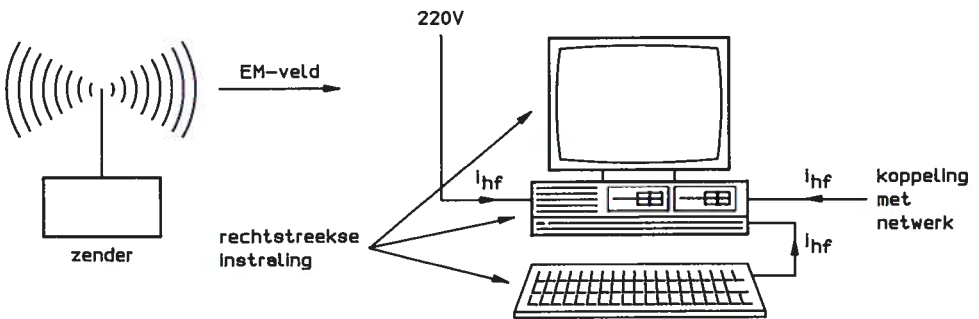
Wat storende bronnen betreft, valt hierbij te denken aan de diverse apparatuur in de 27 MHz-band. Deze frequentieband wordt onder andere gebruikt voor industriële en medische toepassingen zoals diathermie-apparatuur bij fysiotherapeuten¹ of seal-apparatuur voor plastic. Beide hebben een vrij

¹ Apparatuur om menselijk weefsel door middel van elektromagnetische straling te verwarmen.

hoog emissieniveau. Maar ook de zendinstallaties van auto-telefoon, mobilfoon en van radiozendamateurs kunnen in hun directe omgeving storingen teweeg brengen.

Het elektromagnetische veld dat door zo'n bron wordt gegenereerd, kan op twee manieren de elektronica van daarvoor gevoelige apparatuur bereiken. Als een apparaat onvoldoende is afgeschermd (door enkel een kunststof behuizing), dan kan *directe instraling* de werking ervan verstoren. Een tweede mogelijkheid is dat het veld wordt *ingekoppeld via de bekabeling* van de apparatuur. In dit laatste geval veroorzaakt het EM-veld een hoogfrequent stroom die over de bekabeling in de elektronische circuits terecht komt. In afbeelding 1 is het mechanisme van de inkoppeling weergegeven.

Afb. 1
Mechanisme van inkoppeling van een elektromagnetisch veld.



In de meeste gevallen treedt inkoppeling op via de bekabeling omdat kabels zich ten aanzien van hoogfrequent velden als een antenne gedragen. Afhankelijk van de frequentie van het veld en de lengte en ligging van een kabel, is die antennewerking sterker of minder sterk.

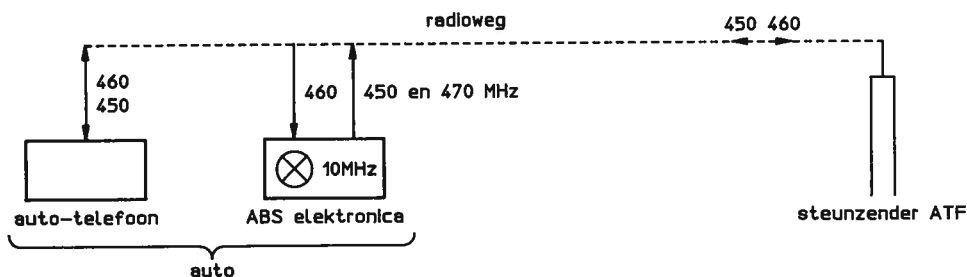
Direkte instraling speelt alleen een rol als de afmetingen van de apparatuur ongeveer overeenkomen met de halve golflengte van het storende EM-veld. Bij apparatuur die klein is ten opzichte van de halve golflengte van het EM-veld, zal alleen de inkoppeling via de bekabeling van belang zijn.

Inkoppeling via bekabeling

Een voorbeeld uit de praktijk illustreert het mechanisme van inkoppeling via de bekabeling. Het probleem deed zich voor in een auto uitgerust met zowel ABS (Anti Blokkeer Systeem)

als met een autotelefoon. De autotelefoon zendt op een frequentie van 460 MHz naar de steunzender en ontvangt signalen op een frequentie van 450 MHz. Het uitgezonden signaal wordt echter ook ontvangen door de bekabeling van het ABS en vervolgens naar de elektronica gevoerd. Omdat het ABS met een klokfrequentie van 10 MHz werkt, ontstaan in het elektronische circuit mengcomponenten van $460 + 10$ MHz. Deze componenten komen via de bekabeling weer naar buiten, waar de 450 MHz component door de autotelefoon wordt ontvangen en zodoende een storing veroorzaakt. Schematisch is dit verschijnsel als volgt voor te stellen:

Afb. 2
Schema van immuiniteitsprobleem tussen ABS en autotelefoon.



Het probleem kan op verschillende manieren worden opgelost. Filteren aan de ingang van de ontvanger van de autotelefoon is zinloos omdat het storende signaal dezelfde frequentie heeft als het te ontvangen signaal. Wel zou men aan de ingang van de ABS-elektronica kunnen filteren, waardoor het 460 MHz-signaal deze elektronica niet weet te bereiken. Een andere oplossing is het gebruiken van een andere klokfrequentie zodat er geen mengfrequenties ontstaan op de ontvangfrequentie van de autotelefoon.

Testmethoden met betrekking tot immuiniteit

Immuiniteitseisen specificeren een bepaald immuiniteitsniveau voor alle frequenties waarop een apparaat niet gevoelig mag zijn. Om dit te kunnen controleren zijn immuiniteitstesten noodzakelijk. Het testen van apparatuur op immuiniteit gebeurt door middel van twee elkaar aanvullende testen:

- injectie van een hoogfrequent stroom op de voedingslijn en op de signaallijnen; met deze methode worden over de be-

kabeling lopende HF-stromen gesimuleerd;
 - het met een EM-veld aanstralen van apparatuur; hiermee wordt directe instraling gesimuleerd.

Omdat een storend EM-veld vaak op een of andere manier gemoduleerd is (AM, FM, in- en uitschakelend veld) wordt bij immuniteitstesten standaard een AM-gemoduleerd signaal gebruikt met een modulatie diepte van 80% en een modulatiefrequentie van 1kHz. Een probleem bij immuniteitstesten is, dat vaak niet bekend is aan welke specifieke foutcriteria moet worden voldaan. Wil men bijvoorbeeld een kleine bedrijfs-telefooncentrale *volledig* op immuniteit testen, dan zouden *alle* functies van die automaat getest moeten worden terwijl de bedrijfscentrale in een EM-veld staat. Doordat de immuniteit van de functies ook nog eens voor *meerdere* frequenties moet worden getest, neemt het aantal af te nemen testen met een x -tal toe. De totale test wordt dan een bijzonder tijdrovende en dure zaak.

Vandaar dat meestal getest wordt op bepaalde functies die onder geen beding uit mogen vallen of dat getest wordt op functies waarvan men uit de ervaring weet dat ze, onder invloed van EM-velden, als eerste uitvallen.

Een voorbeeld van het laatste is de immuniteitstest op telefoontoestellen. Bij een telefoontoestel wordt de demodulatie van hoogfrequent signalen hoorbaar in de vorm van pieptonen, muziek of spraak in de hoorn. Dit effect wordt als zeer hinderlijk ervaren en in de pers verschenen hierover indertijd artikelen waarin dergelijke klachten met betrekking tot de Twintoon aan de kaak werden gesteld². In veel gevallen wordt dan ter plekke de veldsterkte gemeten en vastgesteld of bij een veldsterkte van bijvoorbeeld 0.2 V/m (als immuniteitsgrens wordt 0.3 V/m aangehouden) de telefoon niet goed werkt. Wat niet gecontroleerd wordt, is de hoogfrequent stroom die over de kabel loopt. Het kan best zo zijn dat er bij een lage veldsterkte een onevenredig grote hf-stroom via de kabel door het toestel gaat, waardoor de immuniteitsgrens wel degelijk overschreden wordt. In de praktijk is het dus belangrijk om zowel de hf-stroom als de veldsterkte ter plaatse van het toestel te meten.

² De gevoeligheid van de

Twintoon 10 voor hoogfrequent signalen is medio '88 door het Neher Laboratorium van PTT Research gemeten. De fabrikant van het toestel heeft korte tijd later een verbeterde versie van het toestel uitgebracht, de Twintoon 10N, waarvan de EMC eigenschappen sterk verbeterd zijn.

Het testen van een telefoontoestel: de injectiemethode

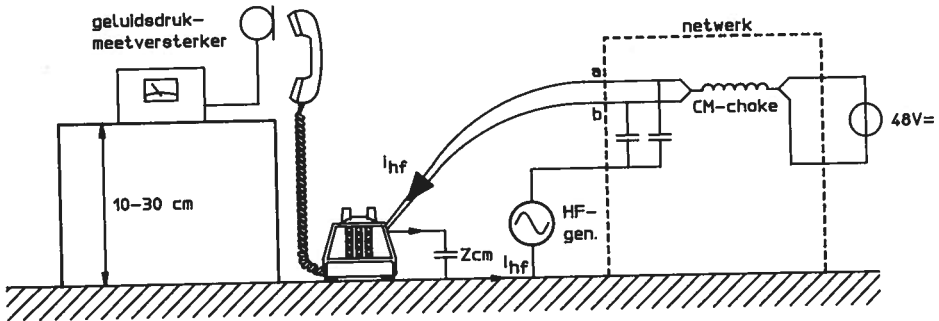
De twee genoemde testmethoden zullen hieronder worden

beschreven met als toepassing het voorbeeld van het telefoon-toestel. Als foutcriterium wordt de demodulatie gekozen omdat dit meestal veel eerder optreedt dan bijvoorbeeld kiesfouten ten gevolge van HF-signalen. Het geluid dat ten gevolge van demodulatie van het HF-signaal in de hoorn ontstaat, is dan direct een maat voor de immuniteit van het toestel.

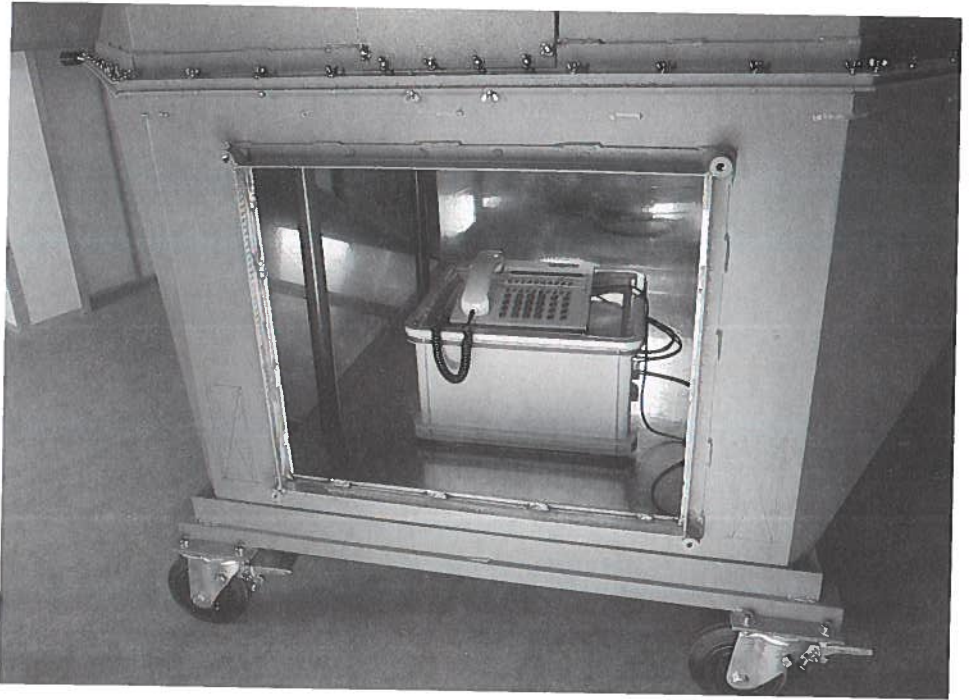
Bij de injectiemethode wordt gebruik gemaakt van een netwerk dat voor differential-mode signalen transparant is en dat dus geen invloed heeft op de normale werking van de telefoon. Voor common-mode signalen heeft het netwerk een richtwerking (dit wordt gerealiseerd met een common-mode smoorspoel) zodanig dat de hoogfrequent stromen geïnjecteerd worden in de richting van de telefoon. De hele opstelling wordt op een geleidende plaat (referentievlak) geplaatst en ziet er voor het testen van een telefoon uit als in afbeelding 3 is aangegeven.

Afb. 3

Injectiemethode toegepast op een telefoontoestel



De geïnjecteerde stroom vloeit via de capaciteit tussen het toestel en de plaat naar het referentievlak en terug naar de generator. De grootte van de hoogfrequent stroom wordt dan bepaald door de common-mode impedantie van toestel naar referentievlak. Om deze impedantie te standaardiseren wordt de capaciteit zo groot mogelijk gemaakt (common-mode impedantie = Z_{cm} klein) door het toestel direct op de referentieplaat te zetten. In de praktijk is dit een 'worst case' (= slechtste geval) benadering waarbij het toestel bijvoorbeeld op een metalen bureau staat. Staat het toestel niet in de buurt van een geleidend vlak, dan zal de immuniteit vanzelfsprekend beter zijn omdat een grote Z_{cm} de hoogfrequent stroom verminderd. De elektronica in de telefoon zal de HF-stroom



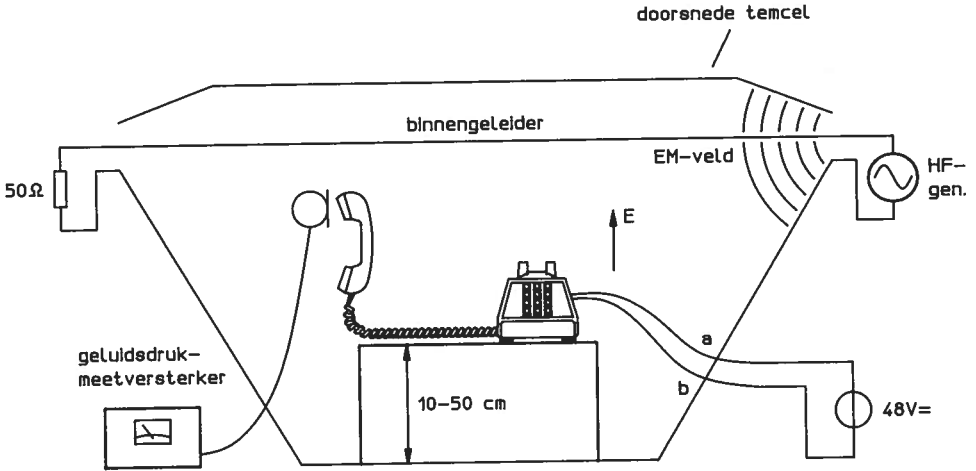
Telefoontoestel opgesteld in TEM-cel t.b.v. een immuniteitstest.

demoduleren waarna het gedemoduleerde signaal hoorbaar wordt in de hoorn. De geluidsdruk wordt gemeten met een audio-meetversterker.

Het testen van een telefoontoestel: aanstraling

Het aanstralen van een apparaat met een EM-veld kan gebeuren met een antenne. Een nadeel is dat er dan in een afgeschermd ruimte gewerkt moet worden om de omgeving te beschermen.

Een alternatief is het gebruik van een TEM-cel (Transversaal Elektro Magnetische cel). Een TEM-cel is een gesloten geheel waardoor er geen uitstraling naar de omgeving plaatsvindt. Omdat de ruimte in de cel beperkt is, is een TEM-cel alleen geschikt voor kleinere apparatuur (telefoons, PC's etc.). In principe is een TEM-cel een opgeblazen coax waarvan de buitenkant rechthoekig is gemaakt terwijl de binnengeleider de vorm van een plaat heeft. Op deze manier ontstaat een ruimte tussen binnengeleider en buitenwand, waarbinnen het elektromagnetische veld staat en waarin een apparaat geplaatst kan worden. De opstelling voor het middels aanstraling testen van een telefoon is geschetst in afbeelding 4.



Afb. 4
Methode voor aanstralen van een telefoontoestel met een EM-veld.

De abonneelijn naar het toestel wordt in de proefopstelling zo kort mogelijk gehouden om de kans op inkoppeling van het veld via de kabel te minimaliseren. Het hoogfrequent gemoduleerd signaal in de TEM-cel wordt aangestuurd vanuit een generator. Het meten van de geluidsdruk gebeurt op dezelfde wijze als bij de injectiemethode.

Op het moment wordt onderzocht of voor de injectiemethode een standaard test ontwikkeld kan worden om telefoontoestellen te toetsen op hun immuniteit tegen HF-instraling. Voor veel andere apparatuur moeten immuniteitstesten nog gedefinieerd worden.

Op diverse punten zoals:

- het ontwikkelen van injectiemethoden (injectienetwerken) voor diverse apparatuur en signaallijnen (datalijnen, quads, coaxiaal);
 - het opstellen van foutcriteria voor diverse soorten apparatuur;
 - het gebruik van ACCORD³ bij immuniteitstesten (het met een EM-veld aanstralen van apparatuur);
 - het normaliseren van immuniteitstesten in mondiaal en in Europees verband;
- valt er nog veel onderzoek te verrichten.

³ Voor ACCORD[®], de EMC-metruimte van PTT Research Neher Laboratorium, zie PTT Telecom Studieblad, juni 1989, pagina 174-178.

Het zal evenwel duidelijk zijn dat in een omgeving waar steeds meer verschillende soorten apparatuur bij elkaar komt te staan, immuniteit een 'must' is om er zeker van te kunnen zijn dat alle geïnstalleerde apparatuur goed blijft functioneren.

Het meten van de uitgestraalde storing

C. L. W. Lagendijk

Zoals voor allerlei huishoudelijke apparaten, geldt ook voor telecommunicatieapparatuur en computers dat de emissie van elektromagnetische velden aan beperkingen gebonden is. Deze beperkingen zijn in eerste instantie in het leven geroepen ter bescherming van de radio-omroepen. Zowel door straling als via geleiding kan de storing een radio bereiken als beide tenminste op het lichtnet zijn aangesloten. Stoorsignalen opwekkende componenten in computers en digitale telefooncentrales zijn onder andere processoren en oscillatoren. Door de invoering van digitale telefooncentrales en datacommunicatienetten die bijvoorbeeld werken met 2 Mbit per seconde, is een nieuw probleem ontstaan: snelle digitale signalen bevatten spectrale componenten die in de banden zitten van de radio-omroepen. Met de invoer van LAN's, ISDN en de digitale infrastructuur moet er dus op worden gelet dat kabels en kasten gewenste signalen niet ongewenst gaan uitstralen.

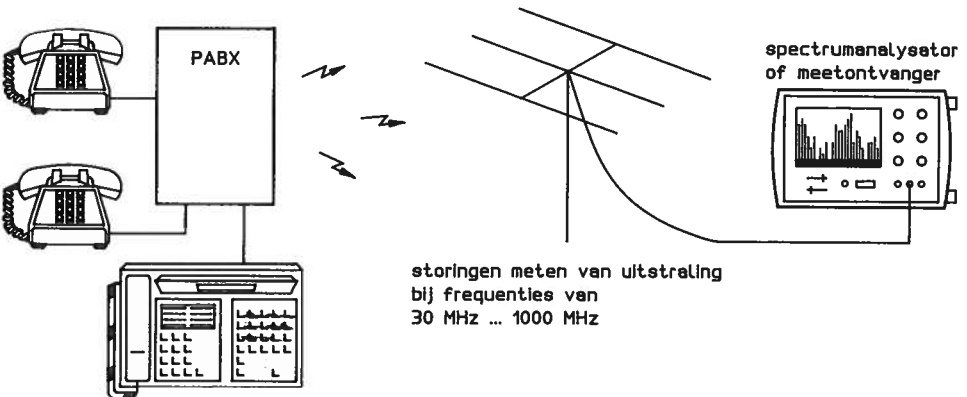
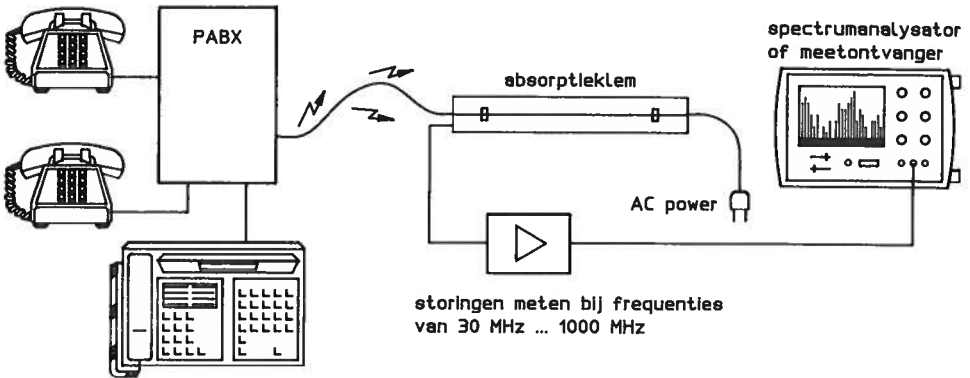
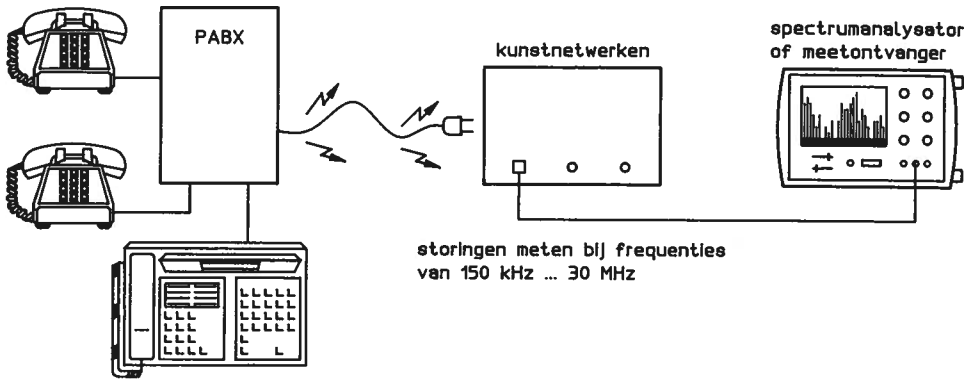
¹ EN55022: Europese Norm gebaseerd op de eerste editie van CISPR publikatie 22 (1985): *Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of information technology equipment.*

De emissie van apparatuur is aan banden gelegd volgens de norm EN55022¹. Deze norm bevat zowel de meetmethode als de limieten voor uitgestraalde en geleide stoorsignalen. De meetmethode omvat twee gebieden: stroommetingen en stralingsmetingen. De stroommetingen gelden voor frequenties van 150 KHz tot 30 MHz en de stralingsmetingen vanaf 30 MHz tot 1 GHz.

De gedachte hierachter is dat, als het apparaat klein is ten opzichte van de golflengte, de emissie voornamelijk via de bekabeling plaatsvindt. Bij de hogere frequenties gaat ook de emissie van de kast een rol spelen (zie afb. 1).

Stroommetingen volgens EN55022

Voor de stroommetingen aan kabels wordt gebruik gemaakt van kunstnetwerken. Het is niet zo moeilijk het hoogfrequente signaal te onderscheiden van bijvoorbeeld 220 VAC 50 Hz. Met filters wordt het signaal van de bekabeling afgetapt. Dit signaal kan vervolgens worden gemeten met een spectrum-analyzer of een meetontvanger. Om reproduceerbaar te kunnen meten is het van belang dat de kabelligging nauwkeurig beschreven is en dat het kunstnetwerk een gedefinieerde impedantie heeft. De ligging van de kabels en de impedantie van



het kunstnetwerk zijn in de norm beschreven.

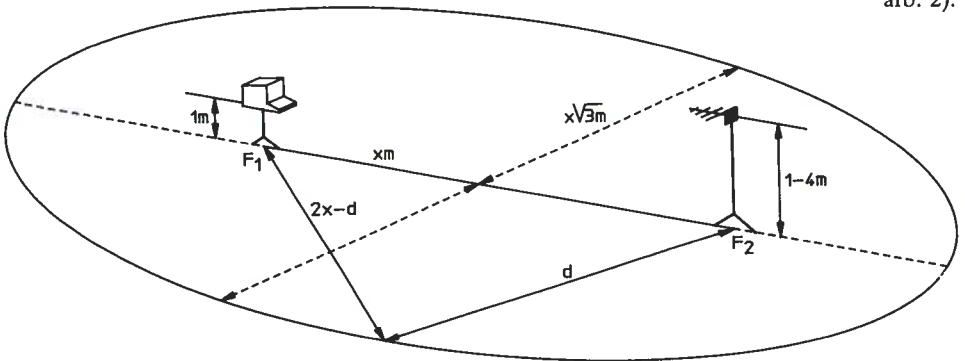
Veldsterktemetingen volgens EN55022

Het meten van de uitstraling is heel wat moeilijker. De uitstraling van een apparaat wordt door allerlei factoren beïnvloed. Zo is bijvoorbeeld de kabelligging van belang, maar

Afb. 1

Voorbeelden van het meten van uitgestraalde storing.

ook de positionering van een apparaat. Ook de omgeving, zoals tafels, stoelen, kasten en muren, kan van invloed zijn op de uitstraling van een apparaat. Om desondanks gedefinieerd te kunnen meten, wordt een apparaat uit zijn omgeving weggenomen en op een gedefinieerde meetbaan opgesteld. Deze meetbaan bestaat uit een metalen grondvlak met daarop een draaitafel en een antennemast. Het te testen apparaat wordt op normale werkhoopte op de draaitafel neergezet. De antennemast staat op minstens drie meter van de draaitafel opgesteld. In de omgeving van de meetbaan mogen geen obstakels staan die het stralingspatroon kunnen beïnvloeden. Zo mogen ook de antennemast en de draaitafel de straling niet reflecteren. De kabelligging van het apparaat wordt goed beschreven, zodat er reproduceerbaar wordt gemeten (zie afb. 2).

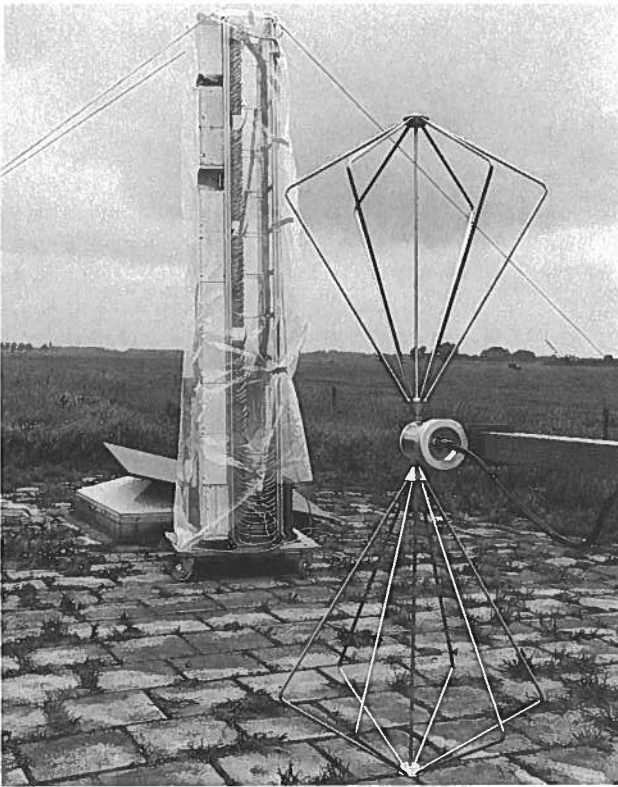


Afb. 2

Opstelling op een meetbaan.
Binnen de ellips mogen geen
(reflecterende) objecten staan.

Elk apparaat heeft een eigen uitstralingsprofiel. Dit profiel is daarnaast ook nog eens afhankelijk van de frequentie. Om de grootste uitstraling te kunnen vinden, wordt het apparaat tijdens de test over 360 graden rondgedraaid. Omdat de totale opstelling zich op een metalen grondvlak bevindt – vanwege de interferentie met de grondreflectie – wordt de antenne op de mast op en neer bewogen. Een computergestuurde tafel en mast zijn zeer wenselijk om snel de maximale emissie te achterhalen.

De uitstraling wordt zowel voor de horizontale als voor de verticale polarisatie met behulp van een spectrumanalyzer of een meetontvanger bekeken. Deze ontvangers zijn uitgerust met detectoren die eveneens in de norm zijn beschreven. Als de uitstraling bij een bepaalde frequentie en positie de limiet overschrijdt, wordt een apparaat afgekeurd.



Afb. 3
Opstelling op open meetterrein.

Volgens de meetmethode van EN55022 moet de kabelligging van het apparaat zodanig zijn dat een maximale emissie wordt bewerkstelligd. Overschrijdt de emissie dan nog steeds niet de limiet, dan wordt een apparaat goedgekeurd.

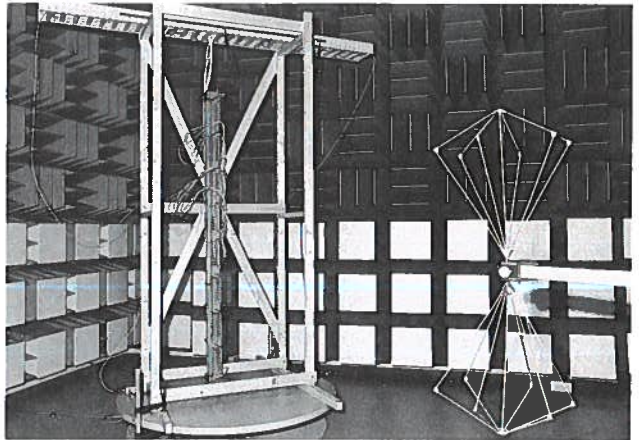
Bij grote systemen zoals telefooncentrales is het natuurlijk moeilijk om volgens de norm te meten. Denk maar aan de hoeveelheid kabels en aan de onmogelijkheid om een wijkcentrale op een draaitafel te zetten. Internationaal wordt daarom uitvoerig gesproken over de problemen die uit het hanteren van de norm voortvloeien. De EMC-werkgroep van PTT Research Neher Laboratorium (RNL) is in dat overleg betrokken om ongewenste verrassingen te voorkomen.

Veldmetingen binnenshuis

Een probleem bij het buiten meten is dat moeilijk valt te onderscheiden of een storing afkomstig is van het geteste apparaat of uit de omgeving. Compenseren is lastig omdat het spectrum uit de omgeving sterk wisselt als gevolg van bijvoorbeeld mobiele telefonie, radiozendamateurs etc. Daaraan moet nog worden toegevoegd dat ook de weersomstandigheden de meetresultaten beïnvloeden. (zie afb. 3)

Het streven is er daarom op gericht de metingen binnen plaats te laten vinden onder veldcondities zoals die ook buiten worden aangetroffen, echter zonder de incidentele stooreslementen van een bepaalde omgeving op een bepaald moment. De oplossing hiervoor is een grote kooi van Faraday waarvan wanden en plafond bekleed zijn met straling-absorberende materialen. De vloer is, zoals ook de meetbanen buiten, bedekt met een metaalgaas of een metaalplaat. Het absorberende materiaal op de wanden bestaat uit puntvormige polystyreen blokken, geïmpregneerd met koolstof. Dit materiaal zet de elektromagnetische straling, zonder deze te reflecteren, om in warmte. De kwaliteitseis is dat een veldsterkte die binnen wordt gemeten, niet meer dan 3 dB mag afwijken van wat men aan hetzelfde apparaat op een meetbaan buiten zou meten. Een nadeel van deze zogenaamde anechoïsche ruimtes is dat deze nogal prijzig zijn.

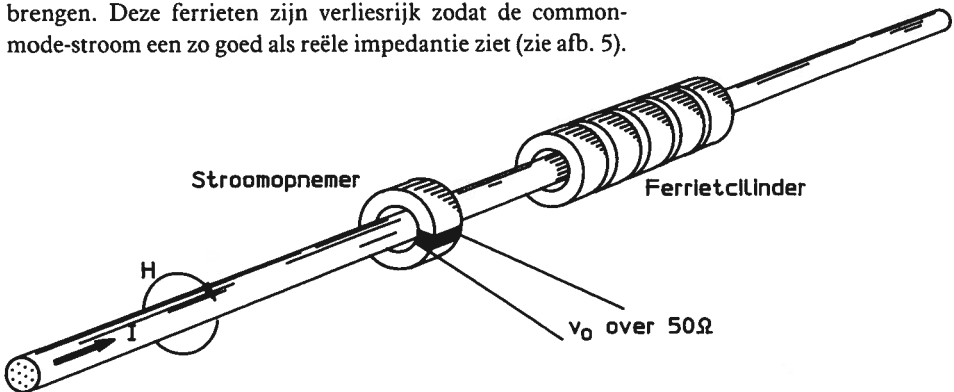
Afb. 4
De anechoïsche ruimte
ACCORD® van PTT Research
Neher Laboratorium.



Op afbeelding 4 is de anechoïsche ruimte ACCORD® van PTT Research te zien. Deze EMC-faciliteit wordt door PTT onder meer gebruikt om apparatuur te beproeven op emissie-eigenschappen en op immuniteit. In PTT Telecom Studieblad van juni 1989 is ACCORD® (Anechoic Chamber for COmpatibility Research and Development) uitvoerig beschreven.

Andere meetmethodes

Naast het meten met antennes of kunstnetwerken bestaan er ook methodes om de geëmitteerde storing te meten. Zo kunnen stroommetingen bijvoorbeeld ook gedaan worden met stroomtangen. Dit zijn een soort ringkerntransformatoren die om een kabel kunnen worden geklemd met primair een halve winding (de kabel) en een aantal secundaire windingen. Het signaal op de secundaire windingen kan worden gemeten met bijvoorbeeld een spectrumanalyzer en is een maat voor de hoogfrequent common-mode-stroom door de kabel. Door de kabel een gedefinieerde impedantie te laten zien, wordt de meetmethode reproduceerbaar. Dit kan worden gerealiseerd door na de stroomtang een aantal ringkernferrieten aan te brengen. Deze ferrieten zijn verliesrijk zodat de common-mode-stroom een zo goed als reële impedantie ziet (zie afb. 5).

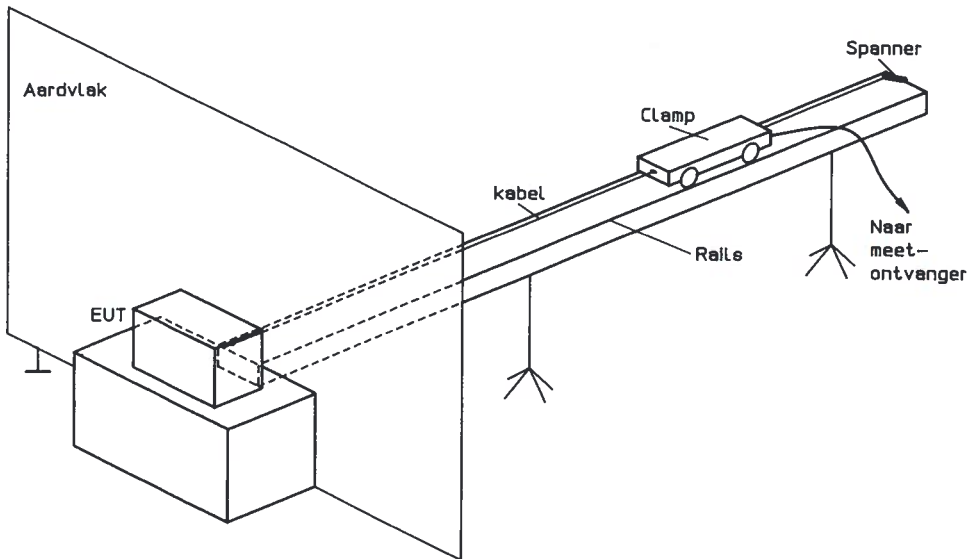


Afb. 5

De absorberende stroomtang.

Deze combinatie van stroomtang en ferrieten wordt ook wel de absorberende stroomtang genoemd.

Als een anechoïsche ruimte niet beschikbaar is, is deze meetmethode een redelijk alternatief. De kastemissie wordt dan echter niet gemeten, waardoor deze methode matig geschikt is voor grote systemen. Om bij hoge frequenties reproduceerbaar te kunnen meten is het van belang, in verband met de staande golven, de absorberende stroomtang over de kabel heen en weer te bewegen en het maximum te zoeken. Er moet wel een omrekening van common-mode-stroom naar veldsterkte op bijvoorbeeld 3 meter worden gemaakt om te bepalen of een apparaat vermoedelijk meer dan het toegestane emitteert. In afbeelding 6 is een gestandaardiseerde opstelling met de absorberende stroomtang afgebeeld.



Afb. 6
 Gestandaardiseerde meetopstelling
 met de absorberende stroomtang.
 De stroomtang wordt over de rails
 heen en weer bewogen.

Veldmetingen kunnen op kleine schaal worden uitgevoerd met zogenaamde snuffelantennes, waarmee storingsbronnen gelokaliseerd kunnen worden.

EMC-meetmethoden en research

Op het Neher Laboratorium van PTT Research wordt in de anechoïsche ruimte ACCORD® onderzoek verricht naar emissie-meetmethodes. Daarbij is een automatisch meet-systeem ontwikkeld dat de maximale emissie van een apparaat onderzoekt. Volgens EN55022 moet er op open meetbanen gemeten worden met gebalanceerde dipolen en meetontvangers. Dit is in de praktijk nogal omslachtig en uitermate tijdrovend. Het automatisch meetsysteem werkt met breedbandantennes en een spectrumanalyser.

Het onderzoek omvat onder meer het vergelijken van de meetresultaten, die zowel binnen als buiten zijn verkregen en het toetsen van de betrouwbaarheid van het automatisch meet-systeem.

De expertise en de meetfaciliteiten die op deze wijze op het gebied van emissiemetingen worden verkregen, zullen in de toekomst van nut zijn bij verder onderzoek naar de uitstralings-eigenschappen van telecommunicatie-apparatuur, zoals van verdelerrekken, LAN's, de PABX en velerlei ISDN-apparatuur. Ook de emissie-eigenschappen van het netwerk en de invloed van de kabelkeuze kunnen (voor bijvoorbeeld ISDN en LAN's) worden onderzocht.

W.A. Pasmooij

Iedereen kent wel de ervaring van de flinke 'tik' die gevoeld wordt nadat in een droge en koude periode heen en weer is gelopen en een metalen object wordt aangeraakt. We hebben hier te maken met wat in het Engels heet 'Electro Static Discharge' (ESD). Voor PTT zijn zulke momenten potentieel gevaarlijk omdat telecommunicatie-apparatuur dan beschadigd kan raken of in zijn juiste werking verstoord. Aan de hand van enkele praktijkvoorbeelden wordt duidelijk hoe elektronische apparatuur, vaak via verrassende koppelwegen, door elektrostatische ontladingen kan worden beïnvloed.

De in dit hoofdstuk beschreven risico's van Electro Static Discharge worden in de typische telecommunicatiecentra reeds geruime tijd onderkend. Daar zijn voorzorgsmaatregelen dus gebruikelijk. De tendens is echter om ook bij de klanten aan huis steeds meer telecommunicatie-apparatuur te installeren, waarbij te denken valt aan PABX'en en voor straks natuurlijk aan ISDN-apparatuur. Uit EMC-oogpunt is de omgeving bij de klant vaak veel minder gecontroleerd en behalve voor de eerder beschreven stoorsignalen geldt dat zeker ook voor ESD.

Dit hoofdstuk beoogt om juist voor bovengenoemde probleemsituaties enige richtlijnen te geven ten behoeve van het 'ESD veilig' maken van de werkomgeving.

Het proces van statische oplading

Strikt genomen is deze term onjuist. Alleen het opladen is immers een min of meer statisch gebeuren van wrijving tussen twee verschillende materialen waarvan minstens één een goede isolator is. Door de wrijving wordt een migratie van elektronen bewerkstelligd naar één van de twee materialen. Het hangt verder ondermeer af van de oppervlakteweerstand en de luchtvochtigheid, of deze lading aanwezig blijft. Isolatoren kunnen geladen blijven, geleiders zijn gevaarlijk door de mogelijkheid van ontlading. Voor wat de geleidbaarheid betreft is er gelukkig een tussengebied van 'antistatische' materialen die enerzijds te slecht geleiden om er een ontlading op te kunnen bewerkstelligen, maar die anderzijds weer te goed geleiden om de lading vast te houden. Deze materialen zijn zeer

geschikt om een omgeving ESD veilig te maken, bijvoorbeeld door de vloerbedekking of het werkblad van een bureau hiervan te voorzien.

Klimaatbeheersing is eveneens een middel om statische oplading tegen te gaan. Dat het opvoeren van de relatieve luchtvochtigheid (RV) een effectieve maatregel is, komt in de tabel duidelijk naar voren. De spanning is die van een mens die over tapijt heen en weer loopt als functie van de RV.

Materiaal	RV = 50%	RV = 20%
Nylon	1-3 KV	6-11 KV
'Antistatisch nylon'	0-1 KV	2-4 KV
Acryl en polyester	0-2 KV	0-8 KV

De ontlading

In tegenstelling tot het opladen is de ontlading uiterst dynamisch. Al met al is het, fysisch beschouwd, een zeer extreem proces dat als volgt omschreven kan worden: seconden doen we er over om met nanoampères opgeladen te worden tot een spanning van enkele Kilovolts, hetgeen in minder dan een microseconde ongedaan valt te maken doordat er een stroom van enige honderden ampères gaat lopen!

Vanuit EMC standpunt zou hieraan nog toegevoegd kunnen worden: om voor Megaflorijnen aan elektronische apparatuur te beschadigen, tenzij adequate voorzorgsmaatregelen zijn getroffen.

De beïnvloeding en beschadiging van elektronische apparatuur door ESD vormt sinds jaar en dag een niet te onderschatten probleem. Een niveau van een paar honderd volt kan al volstaan om een component onherstelbaar te beschadigen. Als je je bedenkt dat er minstens 2 KV nodig is om hiervan zelf wat te voelen, of 5 KV om de 'tik' te kunnen horen en 10 KV om er ook maar iets van te zien, dan moge duidelijk zijn dat het een misverstand is om te denken dat het allemaal wel meevalt. Binnen PTT dienen we met name op drie verschillende types van ontlading bedacht te zijn.

Directe ontlading op een component. Een directe ontlading op een elektronische component is een van de ernstigste bedreigingen gedurende de fabricage, het transport en de omgang met elektronische onderdelen en schakelingen. Iedereen die

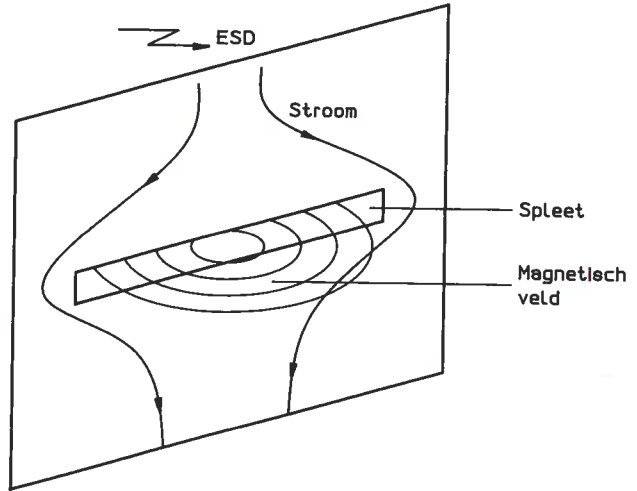
in directe aanraking kan komen met ESD gevoelige onderdelen (b.v. MOS IC's), of met printkaarten die zulke onderdelen bevatten, dient maatregelen te treffen om te voorkomen elektrostatisch opgeladen te worden. Vaak wordt echter vergeten dat het niet alleen de mens is die door wrijving statisch kan worden opgeladen, maar dat hetzelfde ook kan gebeuren met allerlei voorwerpen uit de werkomgeving. Denk hierbij maar aan een bureaustoel of aan een karretje op wielletjes. Deze bevatten metalen uitsteeksels die gemakkelijk tegen een metalen tafel of kast kunnen stoten, waarop ESD kan volgen zonder dat de mens hierbij betrokken is.

Verder kunnen allerlei niet geleidende attributen als plastic mappen, cellotape, koffiebekertjes, maar ook het beeldscherm van een monitor statische elektriciteit vast houden. Aanraking hiervan kan lading op de mens overbrengen.

Directe ontlading op een metalen behuizing. Voor zover het de vatbaarheid van elektronische schakelingen voor ESD betreft, kleven er zowel voor- als nadelen aan metalen behuizingen. Enerzijds werkt een metalen kast als een afscherming tussen de ESD stroom (welke door het skineffect aan de buitenkant blijft) en de electronica die zich binnenin bevindt. Anderzijds biedt de metalen behuizing juist de mogelijkheid tot het zeer nabij de electronica plaatsvinden van een ontlading. ESD moet hierbij niet gezien worden als een lokaal verschijnsel waarbij alleen de vonk en het elektrische veld er omheen bepalend zijn voor de stoorpotentie. Het is daarentegen eerder het totale 'retourpad' naar aarde die door de ESD stroom wordt afgelegd, waarmee rekening moet worden gehouden. 'Laagfrequent denken' leidt ertoe dat het retourpad verkeerd wordt ingeschat. Aangezien ESD zich hoogfrequent manifesteert, zal de kortste weg naar aarde in de meeste gevallen niet via lange kabels lopen, ook al zijn deze geaard. De 'verdeelde' capaciteit van een metalen behuizing naar aarde, die in de meeste gevallen al gauw 50 pF bedraagt, vormt wat dat betreft een lagere impedantie dan menige aardverbinding. Gevolg: over de hele kast zwermen de stromen uit.

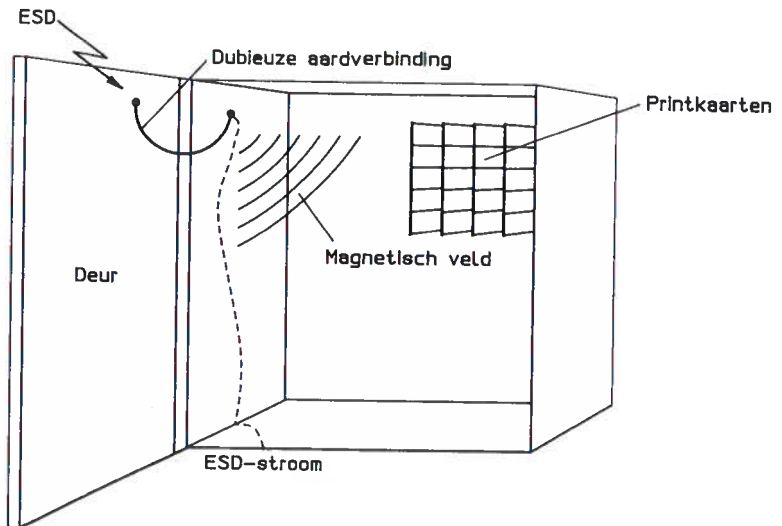
De praktijk leert dat een integrale afscherming, die om deze reden wenselijk is, moeilijk te realiseren valt. Via spleten in de kast en door openingen gevormd door knoppen, meters en interfaces, worden de stromen afgebogen met als resultaat een magnetisch veld dat naar binnen straalt (zie afb. 1).

Afbeelding 1.
Het effect van spleten en gaten in een metalen behuizing.



De volgende beschouwing geeft een vuistregel voor de maximale afmetingen van deze discontinuïteiten in de afscherming. Uit experimenten is gebleken dat de stijgtijd van een ESD gemakkelijk 1 ns kan bedragen. Dit houdt tevens in dat het frequentiespectrum zeker tot 300 MHz significant doorloopt (overeenkomend met een golflengte van 1 meter). Voor een goede continuïteit in de afscherming kan de vuistregel gebruikt worden dat geen openingen mogen worden toegelaten die groter zijn dan een tiende van de golflengte, in dit geval dus zo'n 10 cm. Ook dient bedacht te worden dat bij deze frequentie een 'aardstrip' van 25 cm reeds een zeer effectieve an-

Afbeelding 2
Een 'aardstrip' als effectieve ESD antenne.



tenne vormt. Een constructie als geschetst in afbeelding 2 is daarom uit den boze.

Indirecte ontladingen. Begin jaren '70 hoopte men door de massale introductie van plastic behuizingen voor een groot deel verlost te zijn van het ESD-spook. Het tegendeel bleek echter waar!

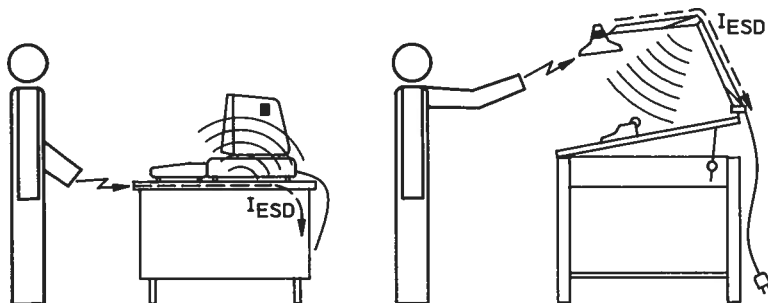
Het feit dat er op het apparaat zelf geen directe ontlading kan plaatsvinden is blijkbaar onvoldoende garantie voor het achterwege blijven van ESD beïnvloeding. Het is al eerder gezegd: het pad dat de ESD stroom volgt ligt niet altijd voor de hand. In afbeelding 3, waarin twee situaties uit de dagelijkse praktijk zijn geschetst, wordt dit geïllustreerd.

In het eerste geval wordt het apparaat via een metalen tafelblad van onderaf 'ingestraald'. Ettelijke honderden ampères kunnen hiermee kortstondig gemoeid zijn en bedenk daarbij hoe gering de afstand is tussen het metalen tafelblad en de printplaat in het apparaat.

Biedt klimaatbeheersing een onvoldoende oplossing en is het ongewenst om mensen via een polsbandje aan de tafel te aarden, dan blijven nog twee mogelijkheden over: het aanbrennen van een antistatisch tafelblad of het apparaat aan de binnenkant van de kast voorzien van een deugdelijke, geleidende coating. Op die manier blijft het voordeel van de plastic behuizing behouden (geen directe ontlading) en is tevens sprake van een zekere afschermende werking tegen indirecte ontladingen zoals in afbeelding 3 geschetst.

Afbeelding 3.

Indirecte ontlading op een bureau en een lamp.



Tot besluit

Het gezegde 'Voorkomen is beter dan genezen' gaat ook voor ESD zeker op. Alle afscherpende en filterende maatregelen evenwel ten spijt, het meest doeltreffend is natuurlijk de aanpak aan de bron. Dit houdt in een ESD veilige werkplek waar op- en ontlading van statische elektriciteit weinig kans krijgt. De vergaande digitalisering van telecommunicatieapparatuur in combinatie met steeds snellere logica, maakt de kans op bitfouten door de aanwezigheid van stoorsignalen steeds groter. Vanuit een oogpunt van betrouwbare dienstverlening is het beheersen van ESD als potentiële stoorbron daarom een noodzaak.

Neher Laboratorium draagt C7 conformance testsysteem over

Op 10 november jl. vond op het Neher Laboratorium van PTT Research (RNL) de officiële overdracht plaats van het C7 conformance-testsysteem.

De heer De Goede, directeur Ontwikkeling van PTT Telecom, ontving uit handen van de heer Van de Nieuwegiessen, adjunct-directeur van het RNL, een symbolische videoband waarop het testsysteem wordt gepresenteerd.

PTT Telecom is momenteel bezig om een geheel nieuw signaleringssysteem tussen telefooncentrales te installeren. Dit signaleringssysteem, 'C7' genaamd, verzorgt alle communicatie tussen telefooncentrales die nodig is om verbindingen tot stand te brengen. De invoering van dit systeem wordt als een belangrijke stap op weg naar de invoering van ISDN gezien.

C7 is een apart communicatienetwerk, speciaal bedoeld voor het transport van signaleringsinformatie en moet daarom aan de hoogste betrouwbaarheidseisen voldoen. De software waarmee C7 is opgebouwd, is dan ook zeer complex.

Het goed functioneren van de hele telecomcommunicatie-infrastructuur hangt in belangrijke mate af van C7. Om de risico's van problemen bij het gebruik van C7 zoveel mogelijk te beperken, heeft het Neher Laboratorium van PTT Research, in opdracht van PTT Telecom BV, een testsysteem ontwikkeld om de software van C7 grondig aan de tand te voelen, voordat deze in bedrijf genomen wordt.

Elke C7-implementatie moet 2000 verschillende tests doorstaan voordat deze wordt vrijgegeven en in bedrijf genomen. Alle tests worden volautomatisch uitgevoerd, waardoor het mogelijk is om elke nieuwe release van het C7-softwarepakket routinematig te testen. Door de vergaande automatisering en de mogelijkheid om in het testsysteem een compleet C7-netwerk te simuleren, is dit testsysteem

uniek in de wereld. Met de overdracht van het testsysteem komt Telecom een belangrijke stap verder op weg naar de introductie van het C7-signaleringsysteem.

In één van de volgende nummers van PTT Telecom Studieblad zal het 'gemeneweg-signaleringsysteem' C7 meer uitvoerig aan de orde worden gesteld.

Elektronische hulpmiddelen voor mensen met een spraakhandicap

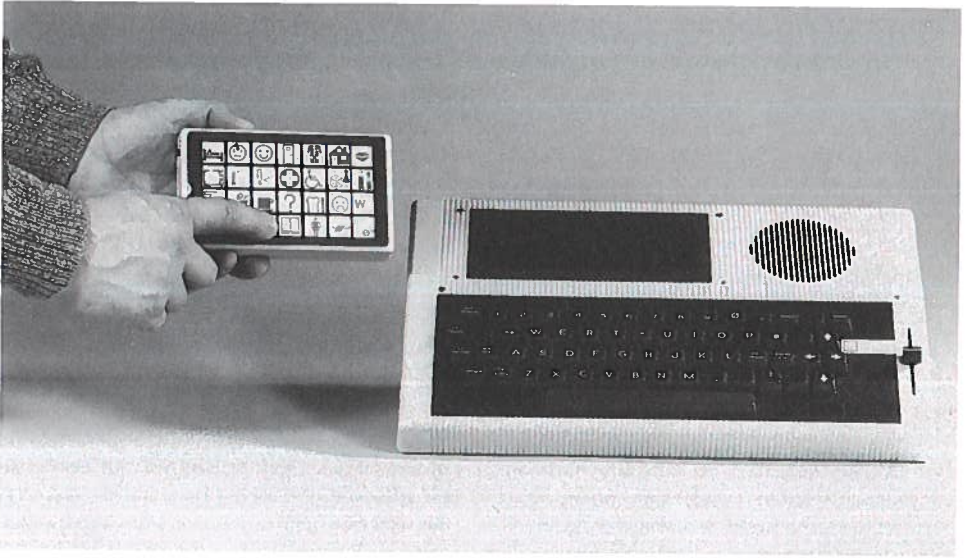
Twee medewerkers van de Technische Universiteit Eindhoven hebben in het kader van hun promotie-onderzoek prototypen van een tweetal spraakhulpmiddelen ontwikkeld. Het gaat om elektronische apparaten die handig zijn voor mensen die niet of slecht spreken. De hulpmiddelen zijn nog niet in de handel verkrijgbaar.

Beide onderzoekers, ir. Ronald Waterham en ir. René Deliege, zijn op dinsdag 31 oktober op hun proefschrift gepromoveerd.

Pocketstem

Ronald Waterham (32) gaf zijn dissertatie de titel 'The pocketstem: an easy-to-use speech communication aid for the vocally handicapped'. De Pocketstem is een gemakkelijk te bedienen hulpmiddel in zakformaat. Er zitten 28 toetsen op voorzien van symbolen. Door op een toets te drukken kiest de gebruiker een bepaald woord of een complete zin. Het apparaat zegt 'Hallo', 'Ja' of 'Dag', maar kan ook zinnen uitspreken zoals 'Leuk je weer te zien', 'Ik kan niet praten, maar begrijp alles' of 'Ik wil televisie kijken'. De boodschap is van tevoren uitgesproken door een menselijke stem en opgeslagen in elektronische schakelingen (chips).

De gebruiker kan zelf kiezen welke boodschappen in de Pocketstem worden opgeslagen. Er is keuze uit een totaal van zo'n tweehonderd woorden en zinnen en daarvan kunnen er maximaal 28 in het apparaat worden opgeslagen.



Het bedrijf Voice Data Systems uit Utrecht onderzoekt of de productie van de Pocketstem commercieel haalbaar is.

Tiepstem

Het proefschrift van René Deliege (32) heeft als titel 'The tiepstem: an experimental Dutch keyboard-to-speech system for the speech impaired'. Het is een draagbaar apparaat met een toetsenbord dat vergelijkbaar is met een gewone typemachine. Het apparaat kan elke boodschap uitspreken. De gebruiker moet wat hij of zij wil zeggen zelf intypen en die tekst is dan te zien op een schermpje. Het intypen gebeurt in een spelling die direct de uitspraak weergeeft (fonetisch schrift). Na enige oefening lukt dit meestal wel zonder al te veel problemen. De woorden en zinnen van de Tiepstem zijn dus niet van tevoren uitgesproken en opgeslagen. Elektronische schakelingen zoeken zelf de benodigde deeltjes spraak en verbinden die deeltjes met elkaar tot woorden en zinnen.

Communicatie via spraak

Spraak is de meest gebruikte manier van com-

municeren tussen mensen onderling. Zo spreken mensen bijvoorbeeld om aandacht te trekken en om deel te nemen aan groepsactiviteiten. Een communicatiemiddel bij uitstek, de telefoon, is ondenkbaar zonder gebruik van spraak. Ons land telt zo'n vijftigduizend mensen die hun spraakvermogen missen. Naast mensen die permanent niet kunnen spreken zijn er ook mensen die tijdelijk – bijvoorbeeld door een operatie – niet of slecht spreken.

Recente ontwikkelingen in zowel spraaktechnologie als micro-elektronica maken het mogelijk om nagebouwde spraak van voldoende kwaliteit toe te passen in handige apparaten. Een spraakhulpmiddel moet een verstaanbare en natuurlijk klinkende spraak laten horen. Andere eisen zijn: eenvoudige bediening, voldoende woorden en zinnen, draagbaar en betaalbaar.

Tijdens het promotie-onderzoek zijn diverse prototypen gebouwd en getest. Spraakgehandicapten hebben de modellen van de Pocketstem en de Tiepstem uitgeprobeerd. Voor deze evaluatie is samengewerkt met het Instituut voor Revalidatievraagstukken in Hoensbroek.

Commercieel

Amronet: het grootste netwerk ter wereld -
ing. K. van Bekkum 197-204; 220-228
DSM bestelt grootste telecommunicatiecentrale in
Nederland - *Studieblad Kort 248*
Nederland makkelijker bereikbaar voor vakantie-
ganger in Spanje - *Studieblad Kort 290*
Neher Laboratorium demonstreert mobiel
communicatiesysteem voor jaren 90 - *Studieblad
Kort 250*
Nieuw bedrijfstelecommunicatienet PTT nadert
voltooiing - *P. J. Boomgaard 333-342*
Optisch LAN vergroot mogelijkheden bedrijfs-
telecommunicatie - *drs. Y. M. van der Veen 362-367*
PTT Post plaatst eerste zelfbedieningsfax -
Studieblad Kort 324
PTT Telecom brengt nieuwe tekstcommunicatie-
systemen op de markt - *Studieblad Kort 378*
PTT Telecom opent openbare video vergaderruimte
in Den Haag - *Studieblad Kort 322*
REGINET maakt beheer PABX-netwerken
eenvoudiger - *Studieblad Kort 167-168*
Service op afstand voor bedrijfstelecommunicatie-
centrales - *Studieblad Kort 323-324*
VOX 6200 digitale proeftuin bij Nijmeegse
universiteit - *drs. Y. M. van der Veen 74-82; 110-112*

Datacommunicatie

Modems en data-interfaces - *drs. C. Vader 2-16; 49-56*

Informatica/automatisering

ACL. Een nieuwe digitale IC-familie - *drs. C. Vader 107-109*
Herfsttij der Magiërs - *E. J. Nijenhuis 317-321*
KANVAS: de invoering in een mapper omgeving -
ing. N. Bouma 65-73
Meer bytes op een floppy - *Studieblad Kort 62*
Neher Laboratorium participeert in ESPRIT-project
LOTOSPHERE - *Studieblad Kort 210-211*
Niet bij techniek alleen. Terugblik op een geslaagde
automatiseringsoperatie - *drs. D. de Wit 236-248*
Software en Kwaliteit - *drs. J. E. P. Fienieg 273-285*

Infrastructuur

Abonneelijnmeetsysteem 4TEL analyseert en
lokalisert - *ing. H. G. Bastiaans 307-316; 353-361*
Datanet 1 anders bekeken - *J. Poelma 39-47*
Glashelder - *ing. B. Kieboom 100-107*
Neher Laboratorium draagt C7 conformance
teststelsysteem over - *Studieblad Kort 431*

Optische communicatie nu en straks - *ir. A. Diekema 108-127; 148-158; 184-196*
PTT start proef met nieuwe toegang op Datanet 1 -
Studieblad Kort 323

ISCN

Diensten als trekker voor ISDN - *Studieblad Kort 94-95*
Een Europees ISDN in 1992 - *Studieblad Kort 209*
Eerste internationale koppeling van ISDN netwerken
- *Studieblad Kort 380*

Maatschappelijke aspecten telecommunicatie

Alarmering en hulpverlening - *P. J. Boomgaard 205-208*
Maatschappelijke aspecten van telecommunicatie -
drs. Y. M. van der Veen 139-140
Telematiseren binnen de school - *drs. A. M. C. Barents, drs. P. C. Wolswijk 159-163*

Omroep en televisie

Digitale techniek in radioland: RDS wijst de weg -
W. H. Fieten, drs. Y. M. van der Veen 296-306
Philips komt met 51 cm/90° beeldbuis - *Studieblad
Kort 31-32*
Wereldomroep 'Zo goed als nieuw' - *Studieblad
Kort 376-378*

Onderwijs/opleidingen

Middelbaar Technisch Onderwijs (MTO) en
bedrijfsleven - *ing. B. Kieboom 57-61*
Opleidingen en Beroepspraktijk van elektronici -
ing. B. Kieboom 368-372
Technisch Engels - *W. S. van Dam 29; 83; 141; 212; 286; 373*
Viditel en het onderwijs - *18-28*

Organisatie

Contract PTT Telecom-APT Nederland - *Studieblad
Kort 324-325*
Franse en Nederlandse PTT sluiten overeenkomst -
Studieblad Kort 288-289
Kwaliteit in de dienstverlening - *drs. H. J. Uurlings 257-267*
Mondiaal telecommunicatieverdrag - *Studieblad
Kort 33-38*
Nederlands Keuringsinstituut voor telecommuni-
catie-apparatuur NKT - *drs. C. Vader 164-166*
Normalisatie en kwaliteit - *ir. P. D. C. Reefman 268-272*

Normalisatie van EMC eisen voor telecommunicatie-apparatuur - *ir. P. J. van Kats 397-405*

PTT Contest krijgt NKO erkenning - *Studieblad Kort 322*

PTT Post en ANWB sluiten contract - *Studieblad Kort 32*

PTT Research Neher Laboratorium ontvangt NKO erkenning - *Studieblad Kort 382*

PTT Telecom in zee met Timeplex - *Studieblad Kort 325-326*

PTT Telecom sluit samenwerkingsovereenkomst met Singapore Telecom - *Studieblad Kort 325*

Samenwerking PTT Telecom en MediMatica - *Studieblad Kort 289-290*

Softwarehuis BSO en PTT Telecom BV nemen IMPACT over - *Studieblad Kort 379*

Spaanse en Nederlandse PTT sluiten samenwerkingsovereenkomst - *Studieblad Kort 379-380*

Studieblad allerlei

500.000ste bezoeker bij reizende tentoonstelling PTT Telecom - *Studieblad Kort 326*

Een nieuwe start - *redactioneel 1*

Een wereld van verschil in het 60-jarig PTT Museum - *Studieblad Kort 167*

Kijken in lijnen; enige aantekeningen met betrekking tot de optische telegraaf in Nederland - *dr. G. Hogesteeger 128-138*

Licht op de toekomst; expositie in PTT Museum - *Studieblad Kort 380-381*

Van de uitgever - *ing. L. J. Rademaker 17*

Techniek algemeen

Aardgas als brandstof voor (bedrijfs)auto's - *ir. R. A. C. van Akkeren 343-352*

Akoestische microscoop spoort huidziekten snel op - *Studieblad Kort 123-124*

Antigeluid: geluid met geluid bestrijden - *M. de Boo 229-235*

Berekeningen aan elektrische netwerken - *D. Geldof 85-88; 97-106*

Complot - *Studieblad kort 116*

Digitale beeldanalyse - *Studieblad Kort 117-118*

Diodelaser voor snelheidsmetingen is in opmars - *Studieblad Kort 209-210*

Elektronische hulpmiddelen voor mensen met spraakhandicap - *Studieblad Kort 431-432*

Intelligentie - *Studieblad kort 96*

Mens-machine systeem beter in de peiling - *Studieblad kort 168-169*

Nuttige warmte uit heet gesteente - *J. Ouwen 113-115*

Omega ontvanger - *Studieblad Kort 120*

Onvermoeibaar plaatmateriaal verhoogt vliegveiligheid - *Studieblad Kort 121*

Stofarme inspectie van IC plakken - *Studieblad Kort 63*

Straks geen afvalgips meer uit wervelbedovens - *Studieblad Kort 121-122*

Vraag en antwoord - *ing. B. Kieboom 48; 64; 93*

Telecommunicatietechniek algemeen

Apparatuur en bliksembeveiliging - *drs. C. Vader 89-92*

De invloed van ESD op elektronische apparatuur - *ir. W. A. Pasmooij 411-417*

Elektro Magnetische Compatibiliteit - *drs. Y. M. van der Veen 170-178*

EMC een zorg voor PTT - *drs. C. J. M. van Eekelen 389-396*

EMC en het gebruik van het radiospectrum: immuniteit - *ir. V. H. A. E. Verhagen 411-417*

EMI problemen voorkomen of oplossen? - *P. J. M. Rijsdijk 406-410*

Het meten van de uitgestraalde storing - *ing. C. L. W. Lagendijk 418-424*

Processor bestuurd telefooncentrale - *Studieblad Kort 119*

Telematica

Elektronisch berichtenverkeer doet intrede in gezondheidszorg - *Studieblad Kort 249*

Proef met electronic mail bij bloemenveiling Westland - *Studieblad Kort 375*

PTT Research Telematica Laboratorium onderzoekt mogelijkheden van onderwijs op afstand - *Studieblad Kort 378-379*

PTT Telecom breidt videotex activiteiten uit - *Studieblad Kort 375-376*

Telematicadiensten en apparatuur in Nederland - *A. Welling 288*

Tradeserver: nieuwe elektronische berichtendienst voor EDI-projecten - *Studieblad Kort 211*

HOEVEEL TELECOMMUNICATIE GAAT ER IN DE TOEKOMST?

Als je stilstaat bij de mogelijkheden op het gebied van telecommunicatie, word je duizelig. Toch begint Nederland er al een beetje aan te wennen.

Vrijwel gedachteloos bellen we naar Australië, verzenden we per fax of telex berichten over de hele wereld en kunnen onze kinderen nog het snelst overweg met de personal computer.

En de ontwikkelingen gaan door. Zo zullen teleshopping en telebanking binnenkort net zo gang-

baar zijn als het uitschrijven van een cheque.

PTT Telecom is in feite de architect en bouwmeester van deze ontwikkelingen. Door bijvoorbeeld satellieten boven de aarde te hangen en ultramoderne glasvezelnetten aan te leggen.

Veel jonge mensen werken daar graag aan mee. Vrouwen en mannen die soms even het gevoel krijgen de wereld in hun handen te hebben. Wie een tikje van die overmoedigheid bezit belt voor meer informatie:

VOOR TELECOMMUNICATIE IS ER DE PTT. 06-0550.



ptt | telecom
■■■■

2taqɛɪbɔɪ