

Elektronische Gevaarlijke

Al sinds de 'ontdekking' van elektriciteit wordt hiermee druk geëxperimenteerd. Er zijn veel goede dingen voortgekomen uit deze experimenten. De wereld zou er totaal anders uitzien zonder al onze elektronische hulpmiddelen. Maar er is ook een keerzijde...

S.H.J.A. Vossen
en B.J.A.M. van Leersum

Neem de straling van een zendmast, maak die 20 keer zo sterk en bundel de uitgezonden energie tot een kleine straal... Je hebt dan een krachtig wapen tot je beschikking! Dergelijke systemen zijn al beschikbaar voor het Amerikaanse leger om groepen mensen uit elkaar te drijven.

Zo zendt het zogenaamde VMADS (Vehicle Mounted Area Denial System, **figuur 1** en **2**) een krachtige elektromagnetische golf (EM-golf) uit die een pijnprikkel op de huid veroorzaakt. Of er

nog meer effecten zijn, is niet bekend, maar degenen die ons Elektrosmog-artikel van juni gelezen hebben, zullen wel beseffen dat die er mogelijk zijn. Het vermogen van zulke elektromagnetische wapens is natuurlijk schaalbaar en kan nog veel hoger liggen dan in het zojuist gegeven voorbeeld.

Beïnvloedbaar

In onze dagelijkse omgeving zijn we gewend om een grote verscheidenheid

aan elektronische apparatuur en installaties te gebruiken. Auto's maken steeds meer gebruik van elektronica. Zelfs fietsers en wandelaars worden uitgerust met allerlei snufjes, zoals een GPS-ontvanger ter bepaling van de locatie en de te volgen route. Ook het gebruik van draadloze communicatiemiddelen heeft een hoge vlucht genomen en de ontwikkelingen zijn nog lang niet tot een halt gekomen.

Al deze toepassingen werken met elektriciteit en daarbij worden elektro-

he wapens e velden



magnetische (EM) velden opgewekt. Of deze gewenst zijn, hangt van de toepassing af. Vast staat echter dat alle elektronische systemen ook beïnvloed kunnen worden door externe EM-velden. Daarom worden door de overheid eisen gesteld aan de mate waarin elektromagnetische interferentie (EMI) met apparatuur of installaties kan en mag optreden. Deze beschermingseisen zijn vastgelegd in Electromagnetic Compatibility (EMC) normen en zijn specifiek voor bepaalde

producten of klassen van producten. In Europa zijn deze EMC-normen vastgelegd in de Europese EMC-Richtlijn 89/336. De EMC-eisen zijn echter meestal begrensd tot een frequentie van 1000 MHz. Dit betekent dat het niet bekend is wat de apparatuur doet met frequenties boven 1000 MHz.

Stoorsignalen

Er zijn verschillende methodes om gerichte elektromagnetische straling

met een groot vermogen te produceren met als doel elektronische apparatuur te storen of helemaal buiten werking te stellen.

Een van deze technologieën is **High Power Microwaves (HPM)**.

De EM-golven van een HPM-wapen zijn op een aantal punten zeer moeilijk af te weren, want deze:

- planten zich voort met de lichtsnelheid.
- zijn onzichtbaar.
- zijn onafhankelijk van weersomstandigheden.
- zijn in veel gevallen moeilijk te detecteren.
- de voorraad 'munitie' is vrijwel oneindig.

De manier waarop HPM-golven een systeem binnendringen, kan verschillen. Dit kan via 'front door' koppeling of 'back door' koppeling (zie **figuur 3**). In het eerste geval vindt de inkoppeling plaats door sensoren en antennes die voor detectie van radiosignalen dienen. Daarbij kan het stoorsignaal in of buiten de frequentieband liggen waarop de sensoren en/of antennes normaal zijn afgestemd ('in-band' koppeling of 'out-of-band' koppeling). In het geval van 'back door' koppeling dringt de HPM-energie via ventilatieopeningen, deuren, kabels et cetera het systeem binnen.

Vaak wordt HPM vergeleken met een elektromagnetische puls (EMP), maar eigenlijk is een EMP een variatie van High Power Microwaves. Een EMP wordt veroorzaakt door een nucleaire explosie die een natuurlijke reactie met moleculen in de atmosfeer tot gevolg heeft.

Signaalvormen

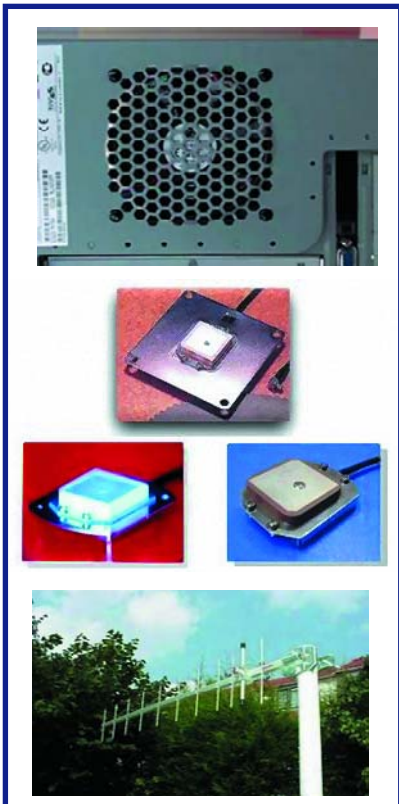
HPM kan in vier vormen voorkomen (zie **figuur 4**). De continue golfvorm in figuur 4a wordt gekenmerkt door zijn



Figuur 1. Vehicle Mounted Area Denial System.



Figuur 2. HPM-systeem ingebouwd in een auto.



Figuur 3. Voorbeelden van front- en backdoor inkoppelpaden.

Tabel 1. Indeling van de verschillende HPM-effecten.

Categorie	Fysieke effecten en consequenties
Schade	<ul style="list-style-type: none"> • Weggooien • Reparatie • Zekering vervangen • Software repareren
Weigering	<ul style="list-style-type: none"> • Gedurende de aanwezigheid van het stoorsignaal en een tijdje nadat het stoorsignaal weg is (geen schade) • Gedurende de tijd dat de gebruiker bezig is problemen op te lossen
Verstoring	<ul style="list-style-type: none"> • Gedrag is veranderd, niet meer bruikbaar (geen schade of weigering) • Kleine foutjes, nog steeds bruikbaar
Misleiding	<ul style="list-style-type: none"> • Veranderde informatiepaden, tussenvoegen van verkeerde data

frequentie en vermogen. Een dergelijke golf wordt meestal opgewekt met een resonante microgolfbuis, zoals ook in een standaard magnetronoven wordt gebruikt.

De smalbandige golfvorm (figuur 4b) is de meest gebruikelijke vorm van HPM. De eigenschappen worden bepaald door de frequentie, het piekvermogen, de pulsbreedte of energie-inhoud van elke puls, de pulsherhalingsfrequentie, het gemiddelde vermogen en de duty-cycle. Het voordeel van deze vorm is dat een hoog piekvermogen gemakkelijk te realiseren is, terwijl het totale vermogen bescheiden blijft.

Er zijn twee redenen om een repeterende golfvorm in te zetten als stoorsignaal. De eerste is dat de kans op succes groter is omdat het moment waarop verstoring plaatsvindt tijdkritisch is. De tweede is dat er vaak een foutcorrigerend systeem wordt gebruikt voor kleine verstoringen die ook in het systeem zelf voorkomen. Het systeem zal echter falen als er meerdere kleine verstoringen kort na elkaar worden veroorzaakt.

Als bronnen voor deze signaalvorm worden onder andere travelling wave tubes, magnetrons, klystrons en virtual cathode oscillators (vircators) ingezet. De derde signaalvorm is de gedempte sinusvorm (figuur 4c). Hierbij zijn de dominante frequentie, het piekvermogen, de dempingscoëfficiënt en de energie in de puls van belang. Als deze golfvorm repeterend is, zijn ook de pulsherhalingsfrequentie en het gemiddelde vermogen van belang. Het voordeel van deze pulsform is dat opwekking met een zogenaamde impulsbron wordt gerealiseerd. De opgeslagen energie wordt zeer snel in

een antenne ontladen. Hiervoor zijn geen dure vacuümbuizen nodig.

De laatste golfvorm is de ultra wide-band (figuur 4d). De typische parameters zijn piekvermogen, stijgtijd, daaltijd en bandbreedte. Deze golfvorm bezit veel frequenties. Per frequentie is het piekvermogen echter relatief bescheiden, wat de effecten in een apparaat of installatie verkleint.

Ook bij de opwekking van deze golfvorm zijn geen dure vacuümbuizen nodig. De antenne die hiervoor gebruikt wordt, is echter veel complexer dan bij de overige golfvormen (zie figuur 5).

E-bom

In principe zijn systemen denkbaar die alle beschreven pulsformen kunnen genereren. Het vermogen dat wordt uitgezonden, is schaalbaar. De bovengrens wordt bepaald door de grootte en de aanwezige elektrische energiebron. Een voorbeeld van een operationeel systeem hebben we al genoemd: het VMADS systeem.

Een andere mogelijkheid is het inbouwen van een HPM-systeem in een ballistisch of raketaangedreven projectiel. Bij een dergelijk systeem zijn er technisch gezien twee mogelijkheden. HPM kan gegenereerd worden door een volledig elektrisch systeem, dat wordt aangedreven door opgeslagen elektrische energie (batterij, condensatoren, enzovoort).

Een andere mogelijkheid is het explosief aangedreven HPM-systeem. In dit laatste systeem zorgt een condensator ervoor dat er een startstroom gaat lopen in een spoel. In de spoel bevindt zich een metalen buis die gevuld is

met explosieven. Een gecontroleerde detonatie van de explosieven zorgt ervoor dat de magnetische flux zeer snel gecomprimeerd wordt. Tegelijkertijd nemen de oppervlakte en de inductie van de spoel af, waardoor de startstroom enorm opgeslingerd wordt (zie **figuur 6**). De hiermee opgewekte puls is een gedempte sinus of een enkele breedbandige puls. Het veld wordt in alle richtingen uitgezonden.

Een nadeel van de hier beschreven e-bom is dat deze slechts één puls uit kan zenden. Ook is er een kans op doden en gewonden door het gebruik van explosieven. Het is echter tot op heden niet gelukt de zeer grote vermogens die met een explosief gedreven fluxcompressor kunnen worden opgewekt via een antenne uit te zenden.

Maatschappelijke veiligheid

We zullen met een aantal voorbeelden laten zien waarom HPM een dreiging zou kunnen vormen. De voorbeelden zijn fictief en bedoeld de lezer aan te zetten er eens over te denken.

Scenario 1

Onlangs zijn we allemaal getuige geweest van de aanslagen op het openbaar vervoer van Londen. Stelt u zich eens voor dat er naast explosieven ook gebruik was gemaakt van HPM. Dit zou draadloze communicatie tussen de verschillende hulpdiensten vrijwel onmogelijk gemaakt hebben, waardoor het aantal slachtoffers een stuk hoger had kunnen liggen. Verder zouden door het gebruik van HPM ook de bewakingssystemen uitgeschakeld kunnen worden, waardoor het een stuk moeilijker zou worden de daders te achterhalen.

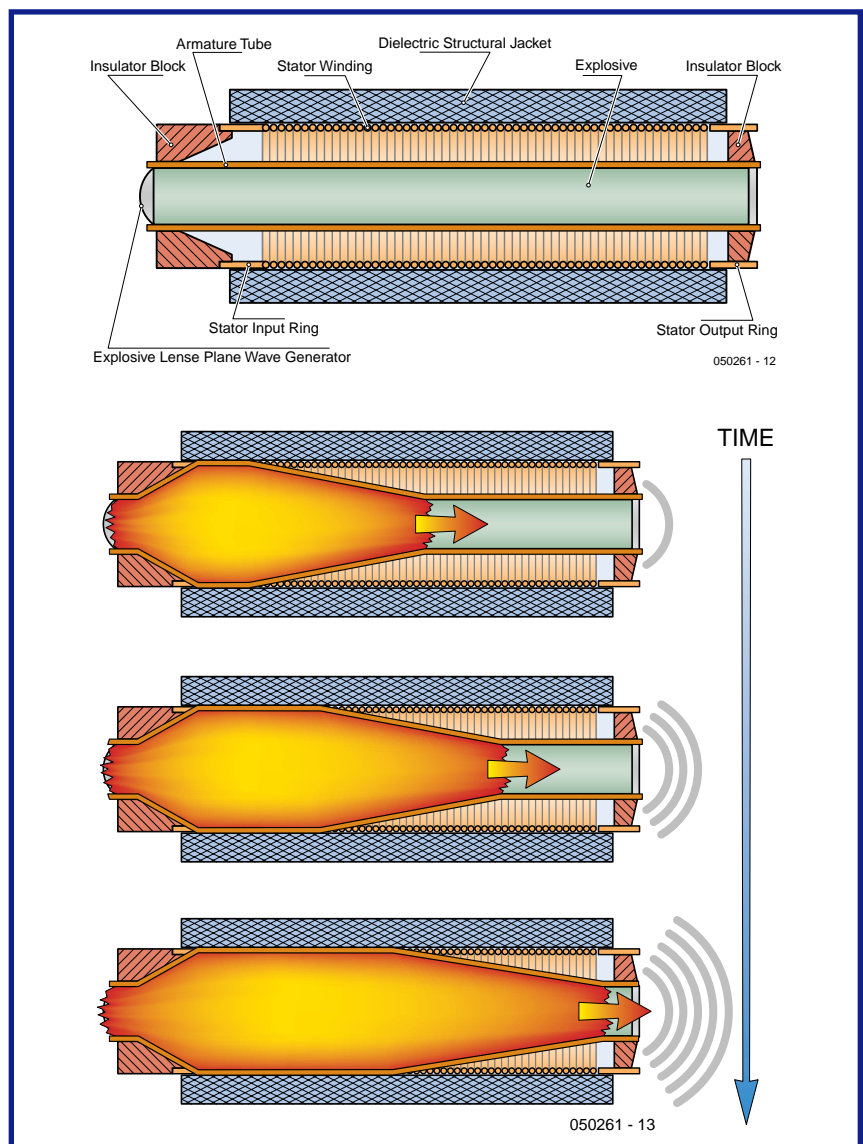
Scenario 2

Overal ter wereld maakt men tegenwoordig intensief gebruik van elektronische hulpmiddelen. Ook Internet hoort hierbij. Hier spelen commercie en financiële dienstverlening natuurlijk handig op in door het aanbieden van allerlei elektronische diensten over Internet. Het aantal computers met Internet-aansluiting is per hoofd van de bevolking nergens zo hoog als in Nederland. Internet is in Nederland vanuit een centraal knooppunt door middel van een groot aantal computers verbonden met de rest van de wereld. De impact zou enorm zijn als deze computers getroffen zouden worden door HPM en niet meer zouden functioneren.

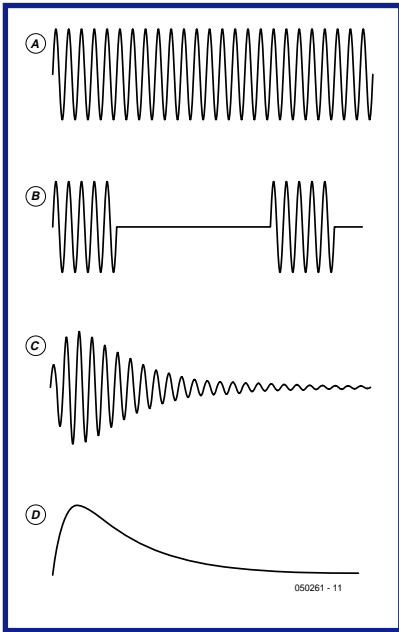
De auteurs

Stefan H.J.A. Vossen is sinds 2002 werkzaam bij TNO Defensie en Veiligheid in de business unit 'Waarnemingssystemen'. Naast wetenschappelijke activiteiten op het gebied van effecten van elektromagnetische velden op mensen en apparaten is hij bezig met de vertaling van die kennis naar de markt. Onderwerpen zijn EMC, Intentional Electromagnetic Interference, gezondheid, afschermdende materialen en toepassingen daarvan, voedsel, medische toepassingen, etc. Daarnaast houdt hij zich voor TNO bezig met de ontwikkeling van nieuwe technologieën en (numerieke) toepassingen om toekomstige problemen op te kunnen lossen.

Bart J.A.M. van Leersum is sinds 1995 werkzaam bij TNO Defensie en Veiligheid in de business unit 'Waarnemingssystemen'. Hij houdt zich bezig met wetenschappelijke activiteiten op het gebied van effecten van elektromagnetische velden op mensen en apparaten en is als onderzoeksprogrammameider verantwoordelijk voor kennisopbouw. Onderwerpen zijn EMC, EMI, Intentional EMI, HPM, antennetechniek, Integrated Topside Design, gezondheid gerelateerd aan EM. Zijn werkzaamheden lopen uiteen van de ontwikkeling van numerieke modellering tot het opzetten en uitvoeren van testmethoden.



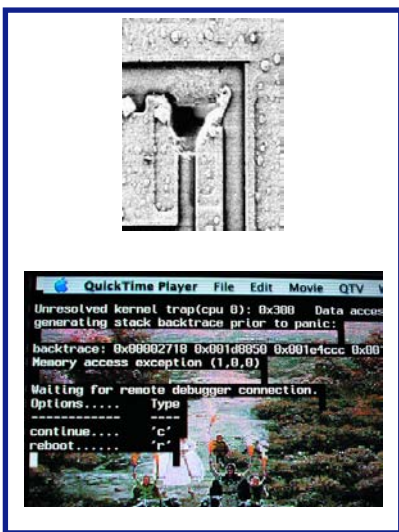
Figuur 6. Explosief aangedreven fluxcompressor. De explosie zorgt voor een expansie van de metalen buis. De spoel wordt kortgesloten en de flux naar voren gecomprimeerd. Dit resulteert in een uitgezonden elektromagnetische puls.



Figuur 4. Verschillende vormen waarin HPM kan voorkomen.



Figuur 5. De Impulse Radiating Antenna van TNO.



Figuur 7. Boven een doorgebrande diode op een chip en onder een vastgelopen computer. Fout in het apparaat of invloed van buitenaf?

Stelt u zich eens voor dat juist op de dag dat salarissen worden overgemaakt de komma door een opzettelijke glitch twee plaatsen naar links zou verschuiven. Dit zou voor veel verwarring en onrust zorgen.

Nog een ander voorbeeld is het elektronische betalingsverkeer, beter bekend als PIN. Stel dat dit systeem niet meer zou werken rond Sinterklaas of Kerstmis. Niemand kan zijn inkopen voor de feestdagen doen. Dit zou buiten grote economische schade ook heel wat emotionele schade met zich meebrengen.

kooi niet in alle gevallen voldoende bescherming tegen HPM. Tegenwoordig zijn er ook kunststoffen en composietmaterialen die naast de bekende metalen uitstekend kunnen helpen bij bescherming tegen HPM.

Normaal gesproken worden systemen zo opgezet dat aan de EMC-normen wordt voldaan. De maatregelen zijn te herkennen aan onder andere speciale kabeldoorvoeren, afschermdende roosters en contactveren in computerkasten.

In **tabel 1** is te zien dat de effecten van HPM kunnen lijken op kleine storingen

Don't try this at home!

Na het lezen van dit artikel zijn er waarschijnlijk experimenteerlustigen die zelf wel eens enkele proeven met een oude magnetron-oven willen gaan doen. Zulke experimenten raden we dringend af, want daarbij kunnen levensgevaarlijke situaties ontstaan!

Scenario 3

Dit voorbeeld is waarschijnlijk een van de bekendste. Een zogenaamde E-bom (HPM in projectieform) laat zijn energie los in een gebied waarin zich veel belangrijke elektronische knooppunten bevinden. In **figuur 8** is goed te zien hoe een E-bom explodeert, de EM-golf is hier gevisualiseerd als witte ringen in de lucht. Binnen de witte ringen is alle elektronica onbruikbaar. Over deze E-bom wordt veel gespeculeerd in de media. Technici en wetenschappers trekken echter steeds meer de haalbaarheid van een dergelijk groot elektromagnetisch vermogen uit een relatief kleine bom in twijfel.

die normaal ook in apparaten of installaties voorkomen (zie **figuur 7**). Dit maakt het extra moeilijk om opzettelijke sabotage te herkennen (bijvoorbeeld bij toepassingen in het leger)

Ongerust?

In dit artikel hebben we aangegeven waarom HPM een verstoring van apparatuur of installaties kan veroorzaken. Bescherming is mogelijk, maar daarvoor is het van groot belang dat er bewustzijn van HPM aanwezig is. Daarnaast is het erg moeilijk om de oplossing tegen HPM te vinden omdat één van de kenmerken daarvan juist is dat de vorm van de dreiging niet voorspelbaar is vanwege de grote verscheidenheid aan mogelijkheden.

Bescherming

Het opwekken van HPM is misschien niet zo moeilijk (denk aan een magnetron). Het beschermen ertegen heeft echter meer voeten in de aarde, maar het is niet onmogelijk. Het belangrijkste is dat de verantwoordelijke voor de apparaten en installaties bewust is van het verschijnsel HPM (high power microwaves) en wat de consequenties voor hem of haar kunnen zijn.

In de toekomst zal HPM zeker op grote schaal gebruikt worden. Zowel in het militaire theater als in de civiele misdaadbestrijding is HPM een veelbelovend maar niet dodelijk wapen. Uiteraard bestaat de vrees dat terroristen naar een HPM-systeem zullen grijpen om daar veel schade mee aan te richten. Voorlopig is onze inschatting dat het zo'n vaart niet zal lopen, omdat een aanslag met HPM moeilijk kan worden opgeëist door o.a. de slechte detectie en voorspelbaarheid van de effecten van HPM. Tot nu toe blijken terroristen vooral te kiezen voor veel (dodelijk) geweld.

Een bekende beveiliging is de 'kooi van Faraday'. Dit is een prima oplossing voor een zelfstandig systeem, maar zodra er communicatie, ventilatie of andere interactie via een gat in de kooi moet plaatsvinden, biedt de

(050261)