

Een inrichting voor het automatisch opnemen van stralingspatronen van voertuigantennes

W. PONT

Physisch Laboratorium TNO

A system for the automatic recording of the radiation pattern of vehicular antennas

Samenvatting

Bij het gebruik van een voertuig als radiopost is het van belang het stralingspatroon van de voertuig-antennecombinatie te kennen.

Met de in dit artikel beschreven inrichting kan het stralingspatroon in het horizontale vlak automatisch worden opgenomen. De inrichting bestaat uit een zendend deel, dat zich bij het zendende voertuig bevindt en een ontvangend deel, dat bij de elders geplaatste veldsterktemeter staat.

De draaihoek van het roterende plateau, waarop het voertuig staat, wordt per radio overgebracht naar de ontvangspost. Het systeem kan ook toegepast worden bij het opnemen van patronen van antennes aan boord van schepen of vliegtuigen.

Summary

In a radiolink comprising a vehicle it is of importance to know the radiation characteristics of the antenna-vehicle combination.

This article describes a system which may be used as a facility providing the automatic recording of horizontal radiation pattern of vehicular antennas.

The system consists of a transmitting unit located near the transmitting vehicle to be investigated, and a receiving unit located near the field intensity meter which is placed at some distance. The angle of rotation of the rotating platform on which the vehicle is placed is transmitted by radio to the receiving unit. The system may also be used for the automatic recording of the radiation pattern of antennas on board ships or aircraft.

1.0 Inleiding

Van voertuigen uitgerust met radio zend- en ontvangapparatuur is het belangrijk te weten of op een bepaalde afstand een goede radioverbinding met b.v. een tweede voertuig gemaakt kan worden. Hierbij is niet alleen de terreintoestand belangrijk, maar ook de gelijkmatigheid waarmee de beide voertuigantennes rondom de zendenergie uitstralen. De toestand zou ideaal zijn, wanneer elke voertuigantenne in alle richtingen van het horizontale vlak een gelijke hoeveelheid energie uitstraalde.

De kwaliteit van een radioverbinding zal in dat ideale geval niet onafhankelijk zijn van de stand van beide voertuigen t.o.v. elkaar.

In veel gevallen blijkt echter dat een voertuig-antennecombinatie de zendenergie rondom niet gelijkmatig uitstraalt.

Om nu een indruk te krijgen van het verloop van de uitgestraalde energie als functie van de richting, kan men op verschillende manieren te werk gaan.

1e. Men neemt een meetontvanger (veldsterktemeter) en loopt hiermee in een cirkel om het voertuig, terwijl b.v. om de tien graden de sterkte van het ter plaatse aanwezige elektrische veld (veldsterkte) wordt gemeten.

2e. Men zet de veldsterktemeter op een vaste plaats en manoeuvreert het voertuig zodanig op de zelfde plaats, dat deze t.o.v. de veldsterktemeter steeds b.v. tien graden van stand verandert. Men meet in elke stand de veldsterkte.

Door alle gemeten waarden van de veldsterkte nu in een polair diagram uit te zetten, verkrijgt men het zogenaamde stralingspatroon in het horizontale vlak. Zie als voorbeeld hiervan fig. 4.

Het zal duidelijk zijn dat vooral de eerste manier bijzonder tijdrovend is en dat, als men veel stralingspatronen wil opnemen, naar een andere methode gezocht moet worden. Door het Physisch Laboratorium TNO is daarom een meetopstelling ontwikkeld die aan het gestelde doel beantwoordt en gemakshalve verder ASPO (automatische stralingspatroon-opnemer) genoemd wordt.

2.0 De ASPO opstelling

2.1. Beschrijving

De ASPO-opstelling wordt gevormd door een zendpost (zendkeet) met daarbij een draaiplateau en op ongeveer 700 meter afstand een ontvangspost (ontvangkeet) zie fig. 1. Om het horizontale

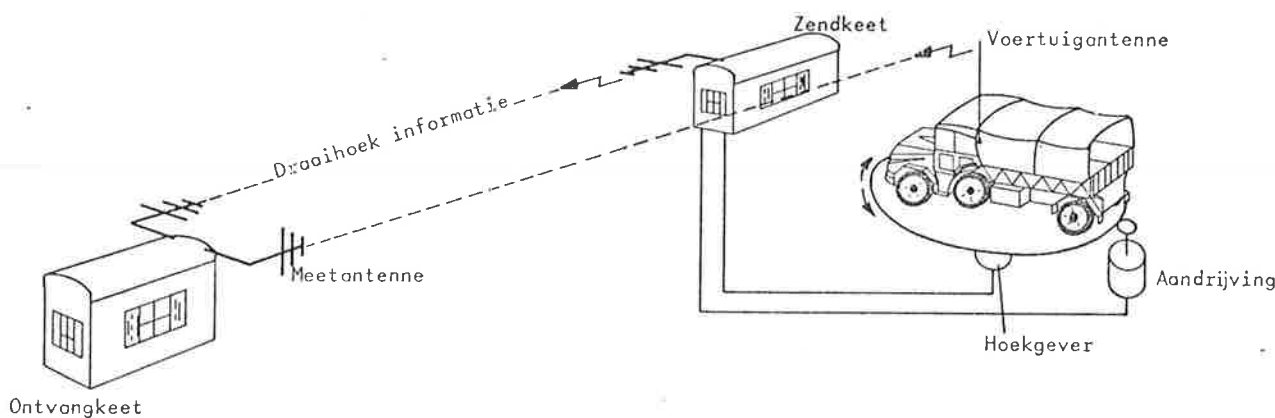


Fig. 1. De ASPO-meetopstelling schematisch weergegeven. De afstand tussen het draaiplateau en de ontvongkeet bedraagt ongeveer 700 meter

stralingspatroon goed te kunnen meten moet de veldsterkte in het z.g. verre veld gemeten worden, zodat het gemeten stralingspatroon representatief is voor het patroon op grotere afstand. Dit verre veld ontstaat op enkele golflengten afstand van een antenne zonder uitgesproken richtingsdiagram. Daar de laagst voorkomende frequentie bij de metingen 1,5 MHz bedraagt (golflengte = 200 meter) is een afstand van 700 meter zeker voldoende. Reflecties van gebouwen, masten e.d., kunnen de meetresultaten beïnvloeden. Het is daarom nodig een vlak meetterrein met zo weinig mogelijk obstakels te gebruiken.

Het draaiplateau roteert door middel van een draaikrans met een doorsnede van 85 cm. Het plateau wordt, via een vertraging, aangedreven door een $\frac{1}{4}$ PK motor op de binnenverbranding van de draaikrans. De draaisnelheid is dan 1 omwenteling per 2 minuten. Via een talud kunnen voertuigen tot 1 ton op het plateau gereden worden.

Het frequentiegebied, waarin stralingspatronen kunnen worden opgenomen bedraagt 1,5 - 900 MHz (afhankelijk van de toegepaste veldsterktemeter).

Bij draaiing van het plateau wordt de draaihoek draadloos door de ASPO-zender naar de ASPO-ontvanger overgebracht.

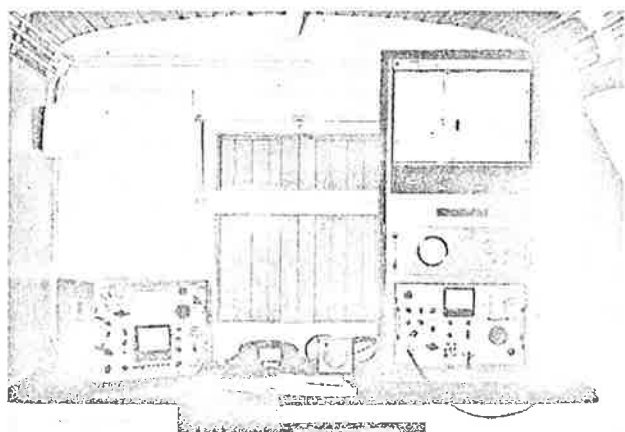


Fig. 2. De ASPO-ontvanger met X-Y recorder en veldsterkte meters.

Wanneer het voertuig is voorzien van een zendinstallatie die uitzendt op een bepaalde frequentie, dan kan in de ontvangpost de veldsterkte geregistreerd worden. De per radio ontvangen draaihoekinformatie en de geregistreerde veldsterkte zijn samen nodig om een cirkelvormig (polair) diagram van de zendende antenne te maken. Dit is dan het z.g. stralingspatroon. Het patroon wordt automatisch geschreven. Het enige dat niet automatisch gebeurt is de instelling van de frequentie waarop gemeten wordt. Dit betekent dat bij elke frequentie de veldsterktemeter moet worden afgestemd op de zendfrequentie van het voertuig.

Het is natuurlijk ook mogelijk een stralingspatroon in het voertuig zelf te schrijven. De voertuigantenne moet dan als ontvangantenne gebruikt worden, terwijl elders een zender staat opgesteld. De draaihoek hoeft in dat geval niet per radio overgebracht te worden. Een groot bezwaar van deze wijze van werken is echter, dat de meet- en registratieapparatuur in het voertuig geplaatst moet worden.

Met de methode, beschreven in dit artikel, kunnen voertuigen in operationele toestand op snelle wijze gemeten worden. Het per radio overbrengen van de draaihoek maakt de ASPO tevens geschikt voor het meten van patronen van antennes op schepen of vliegtuigen, waarbij deze in zendende toestand zijn. Het kompas doet in dat geval dienst als hoekgever. In verband met dit laatste is de ASPO geschikt gemaakt voor zowel linksom als rechtsom draaiende beweging en voor synchrosystemen van 400 Hz - 26 V en 50 Hz - 50 V.

2.2 Werking

De aandrijfmotor van het plateau is op een schakelkast in de zendkeet aangesloten. Het plateau kan daar d.m.v. een schakelaar continu linksom — of met „tip-stand” (terugverende schakelstand) rechtsom gedraaid worden.

Tevens kan d.m.v. sleepringen in het centrum van het plateau en een afstandbedieningskast de aandrijfmotor vanuit het te meten voertuig bediend worden. Deze afstandbedieningskast bezit verder

aansluitmogelijkheden voor 220 V ~, telefoon en een inrichting voor het starten van de meting.

Om de draaihoekinformatie van het plateau te verkrijgen is in het centrum hiervan een elektrische hoekgever aangebracht. Deze hoekgever is verbonden met een hoekontvanger, die in de ASPO-zender is geplaatst. Draaiing van het plateau heeft tot gevolg, dat de ASPO-zender impulstreintjes begint uit te zenden op een frequentie van 148,2 MHz.

Deze treintjes bestaan elk uit 17 impulsen en worden per $\frac{1}{4}$ graad verdraaiing uitgezonden. Dit betekent, dat 1440 treintjes worden uitgezonden voor 360° verdraaiing.

De herhalingsfrequentie van de impulsen in één trein hangt af van de richting waarin het plateau draait (zie fig. 3). De ASPO-ontvanger kan hierdoor de draairichting herkennen. Er kan ook een impulstrein van 3000 Hz uitgezonden worden. De-

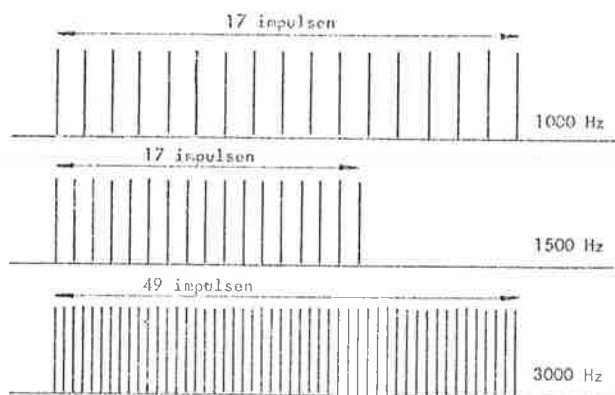
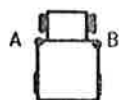
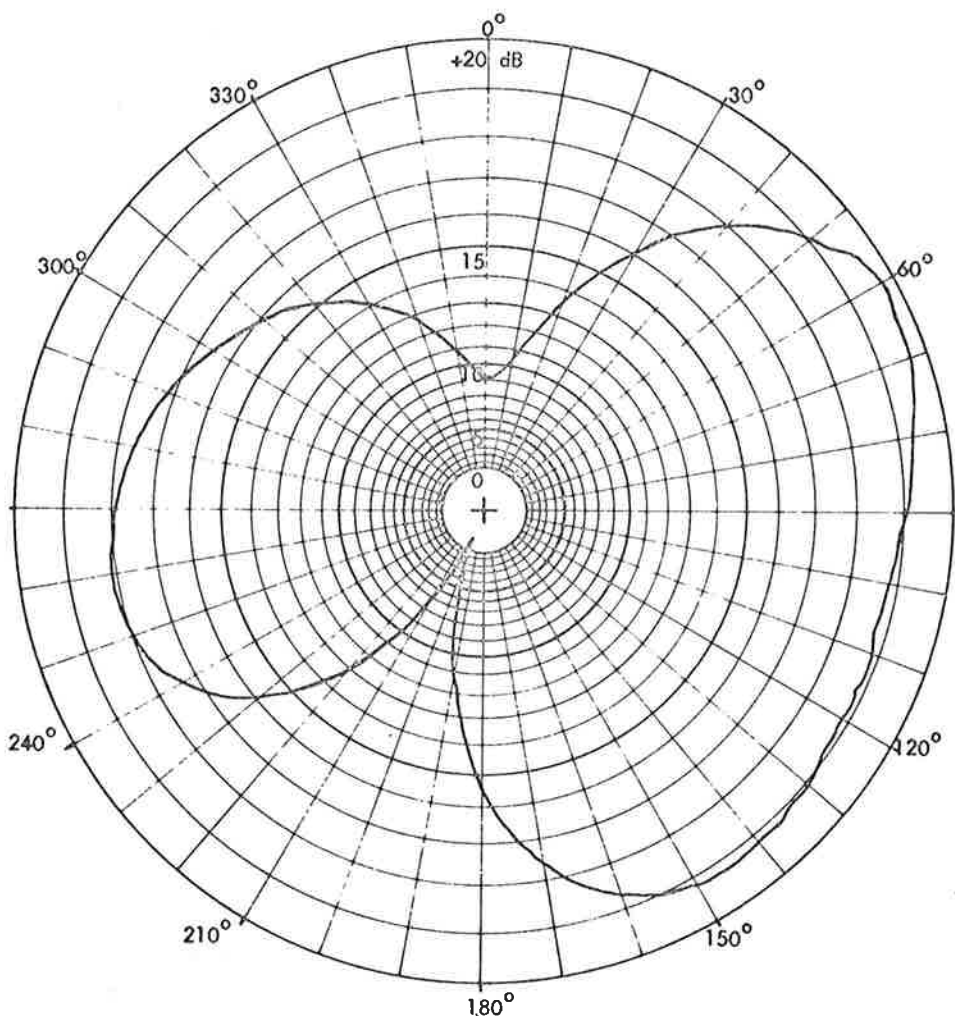


Fig. 3. Drie modulaties van de VHF-zender. Elke $\frac{1}{4}$ graad van het plateau heeft een impulstrein tengevolge.

Draaiplateau linksom : 1000 impulsen/sec

„ rechtsom : 1500 impulsen/sec

„ start : 3000 impulsen/sec



antenne : 2 meter

positie : A

verzwakker : +3 dB , antennefactor :

frequentie : 49 MHz

Fig. 4. Een voorbeeld van een stralingspatroon dat sterk afwijkt van de cirkelvorm. De dip bij 200 graden wordt veroorzaakt door parasitaire resonanties in metalen huijspanen.

ze z.g. startimpulstrein treedt op als het draaiplateau de nul graden-referentierichting passeert (d.w.z. het moment, dat het voertuig met de voorkant naar de ASPO-ontvanger is gericht).

Het voordeel van deze transmissie van de informatie per impulstrein is de grote mate van bestandheid tegen radiostoringen, die anders grote fouten zouden veroorzaken.

In de ontvangeet worden de treintjes door de ASPO-ontvanger omgezet in impulsen, die worden toegevoerd aan een stapmotor. Iedere trein betekent één stap van deze stapmotor, terwijl de staprichting afhangt van de ontvangen frequentie (1000 Hz of 1500 Hz.) Via een vertraging is deze motor gekoppeld aan een z.g. sinus-cosinus potentiometer (sin/cos potmeter) zodanig, dat een $1/4$ graad verdraaiing per ontvangen trein optreedt. Het gevolg is dat de sin/cos potmeter in de ASPO-ontvanger de draaiing van het plateau volgt, ook als deze van draairichting verandert. De uitgang van de veldsterktemeter is ook met deze sin/cos potmeter verbonden.

Een gelijkspanning U aan de uitgang van de veldsterktemeter evenredig met de gemeten veldsterkte F , wordt door deze sin/cos potmeter omgezet in twee uitgangsspanningen, n.l.

$$X = U \cos \varphi$$

en $Y = U \sin \varphi$

Hierin is de hoek φ de draaihoek van de sin/cos potmeter, dus die van het draaiplateau.

Door de X en Y spanningen toe te voeren aan een normale X - Y recorder, ontstaat een polair diagram, het z.g. stralingspatroon.

Bij het opnemen van een stralingspatroon moet er alleen nog gezorgd worden voor een zekere synchronisatie. Met andere woorden, als het plateau vanuit de ontvangeet b.v. in richting 100 graden wordt gezien, dient ook de recorder op het stralingspatroon 100 graden aan te wijzen.

Dit nu gebeurt met behulp van de startimpulstrein. Op het moment, dat deze wordt uitgezonden door de ASPO-zender (nul graden referentie van het plateau) begint de recorder in de ontvangeet (vanaf positie 0 graden) met het schrijven van het patroon. De ASPO-ontvanger stopt de recorder automatisch in de nulgraden positie wanneer het patroon klaar is.

Een volgend patroon kan alleen worden opgenomen na het ontvangen van een nieuwe startimpulstrein.

3.0 Voorbeelden van toepassing

In figuur 4 ziet U als voorbeeld het stralingspatroon van een 2 meter lange sprietantenne op een voertuig. Hieruit blijkt duidelijk dat de afwijkingen van de ideale cirkelvorm soms zeer groot zijn.

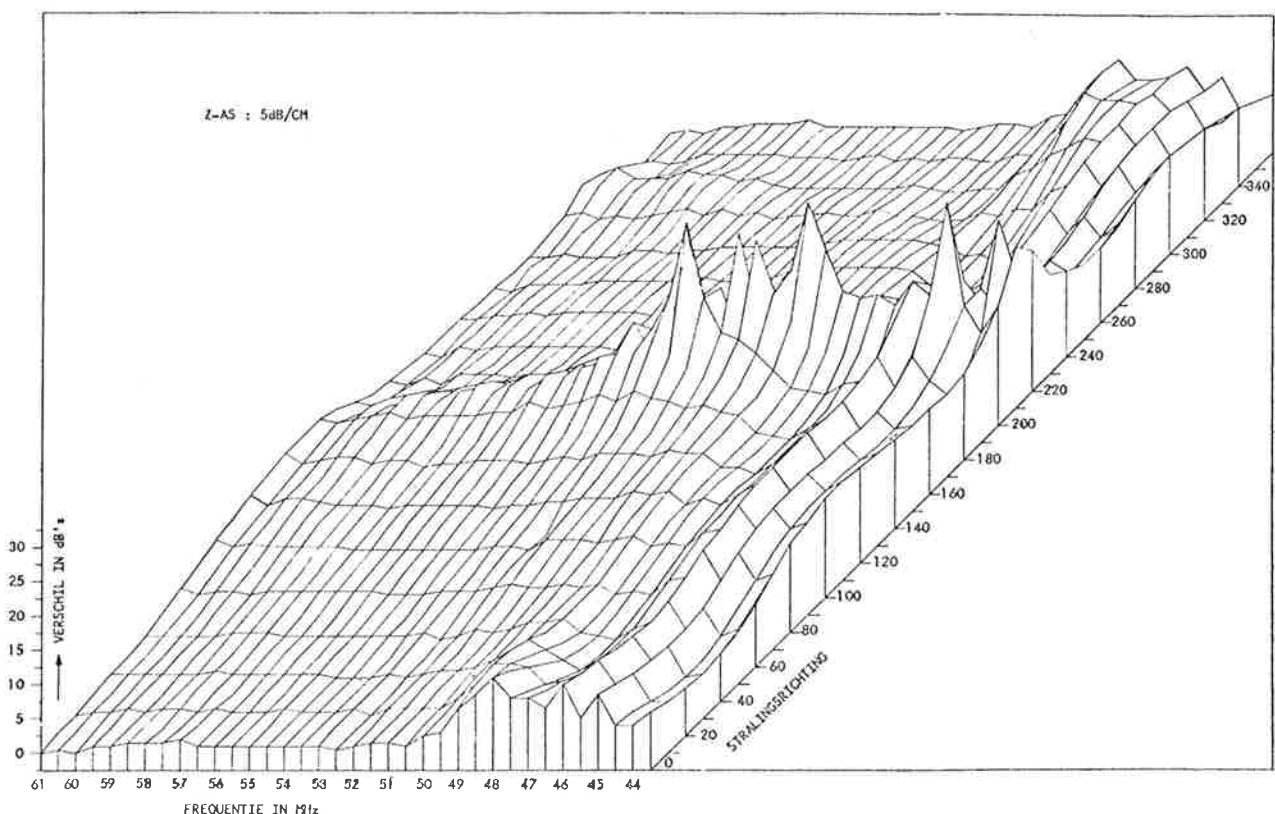


Fig. 5. Ruimtelijk beeld waarin wordt weergegeven de invloed van de metalen huijspanelen op de stralingseigenschappen van de voertuig-antennecombinatie.

De pieken stellen vermindering van uitgestraalde energie voor.

Het zal b.v. niet mogelijk zijn om in de richting 200 graden een goede radioverbinding te maken. Gebleken is dat resonanties in bepaalde carrosserie-gedeelten dergelijke sterke verstoringen kunnen veroorzaken. In het genoemde voorbeeld waren dit metalen huifspanten.

In de beschrijving (2.1) is ook gesproken over toepassing van de ASPO bij het meten van scheeps- en vliegtuigantennes. Het volgende voorbeeld beschrijft het meten van een vliegtuigantenne. Deze vliegtuigantenne werd ontwikkeld voor satellietcommunicatie vanuit vliegtuigen (in dit geval de

LES 6 satelliet). Er werd gemeten in twee configuraties steeds met de LES 6 als tussenstation.

In een Fokker F27 werd de ASPO-zender met het kompas gekoppeld en de draaihoekinformatie d.m.v. een sprietantenne uitgezonden.

De UHF-draaggolf, uitgezonden door de vliegtuigantenne, werd via de LES 6 opgevangen door een grondstation.

Hier bevond zich ook de ASPO-ontvanger, zodat een stralingspatroon kon worden geschreven.

Er is ook in omgekeerde richting gemeten: het grondstation zond een UHF-draaggolf naar de satelliet, de door de satelliet teruggestraalde draag-

stralingsrichting

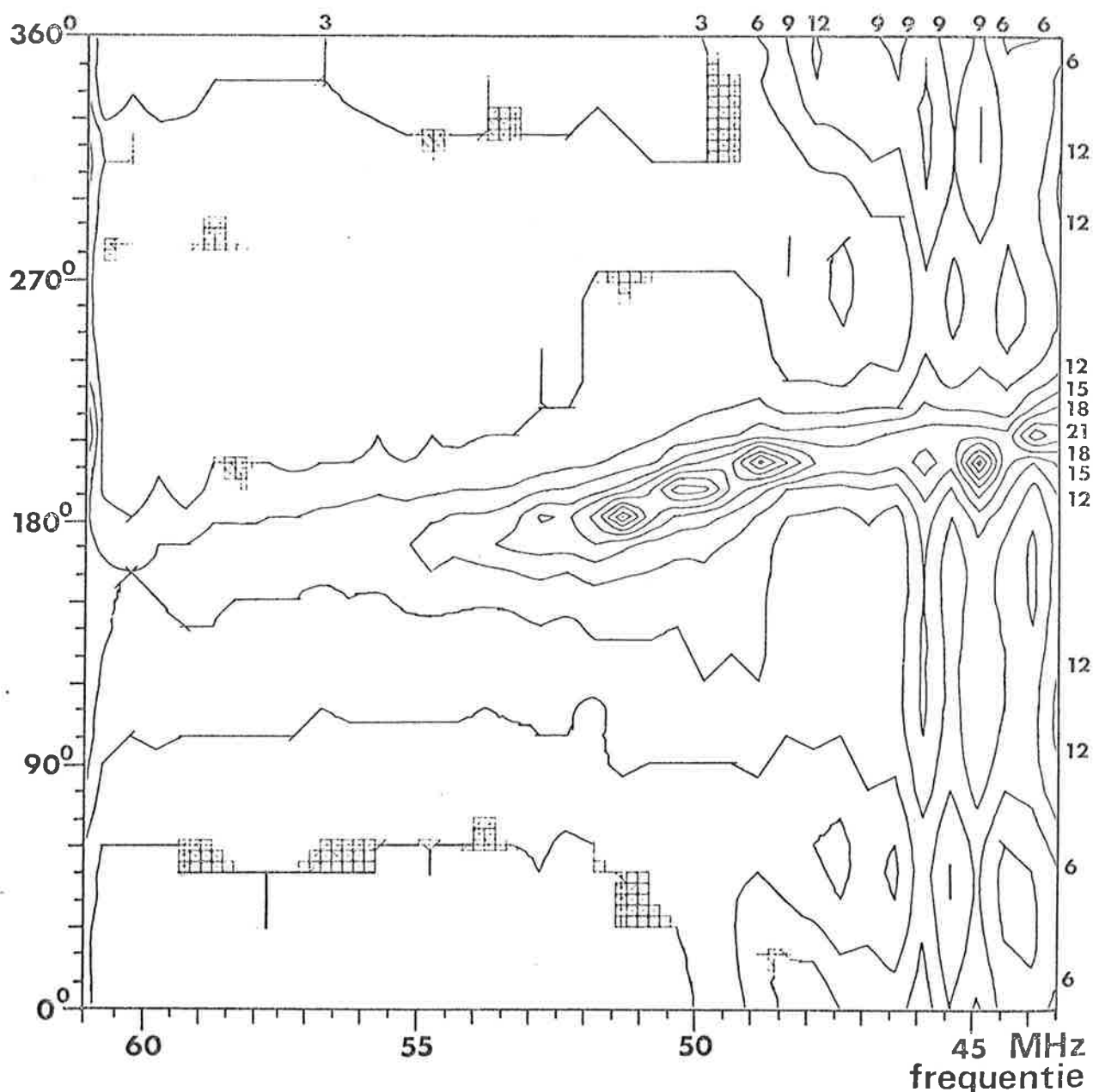


Fig. 6. Figuur 5 in contouren weergegeven. De lijnen stellen doorsnijdingen voor van gelijke reductie van de uitgestraalde energie. De toppen rechts van het midden corresponderen met de pieken in figuur 5.

golf werd door de vliegtuigantenne opgevangen en in het vliegtuig geregistreerd als stralingspatroon m.b.v. de ASPO-zender (hierbij was het dus niet nodig om de hoekinformatie uit te zenden).

Voor het meten van scheepsantennes kan men zich dergelijke metingen ook voorstellen. Een van de wal uitgezonden draaggolf wordt dan op het schip geregistreerd in de vorm van een stralingspatroon. Of omgekeerd, een door het schip uitgezonden draaggolf wordt op de wal geregistreerd in de vorm van een patroon m.b.v. de ASPO-ontvanger.

4.0 Presentatie van de meetresultaten

Er kunnen op een voertuig vele antenneconfiguraties voorkomen die in verscheidene frequentiebanden gebruikt worden. Dit houdt in, dat soms een groot aantal patronen (enkele honderden) nodig is om een totaalbeeld van het voertuig te krijgen. Het probleem is dan hoe men de stapel verkregen diagrammen snel kan verwerken en interpreteren. Een voorbeeld van een methode om dit probleem te ondervangen ziet U in figuur 5, dat is samengesteld uit 72 stralingspatronen. Voor het verkrijgen van deze figuur is een 2 meter lange sprietantenne op een voertuig gemeten in het frequentiegebied 43,5-61 MHz met intervallen van 0,5 MHz (36 patronen). Eerst is een serie van 36 patronen opgenomen van het voertuig, waarvan de huifspanren waren weggenomen. Daarna een serie van 36 patronen, met de huifspanren aangebracht.

Door de veranderingen in de patronen van de tweede serie t.o.v. de eerste serie uit te zetten tegen

frequentie en stralingstrichting ontstaat een ruimtelijk beeld, dat in één oogopslag een indruk geeft van de invloed die de huifspanren hebben bij deze frequentieband en antenneconfiguratie.

Voor bovengenoemd voorbeeld zijn de meetwaarden stuk voor stuk uit de patronen afgelezen. Om in de praktijk snel een dergelijk diagram te maken dienen de meetwaarden (veldsterkten) ook op ponsband te worden vastgelegd.

Voor dit doel is de ASPO uitgebreid met een digitaal meetsysteem waarmee de veldsterkte om de vijf graden wordt uitgelezen en op ponsband gezet. Een computer kan deze ponsbanden dan verwerken en een plot maken, zoals figuur 5 of figuur 6. Voor een nauwkeuriger interpretatie kan ook een z.g. contouren plot gemaakt worden. Deze ziet U in figuur 6.

5.0 Besluit

De met de ASPO gemeten stralingspatronen kunnen dienen om snel de stralingseigenschappen van een bestaand voertuig te bepalen. Maar belangrijker misschien is de toepassing van de ASPO bij het ontwikkelen van nieuwe voertuig-antennecombinaties. Er kan b.v. de beste carrosserievorm of antennepositie bepaald worden. In alle gevallen zal het benodigde aantal diagrammen zo groot zijn, dat (afgezien van de mogelijkheid van schaalmodelmetingen) het meetwerk alleen uitgevoerd kan worden met een dergelijke opstelling als hier is beschreven.