

# STUDIEBLAD



TECHNISCH BLAD VOOR  
PTT PERSONEEL

Nr. 11, 33e jaargang november 1978

**De opbouw van het  
Nederl. Straalverbindingsnet**

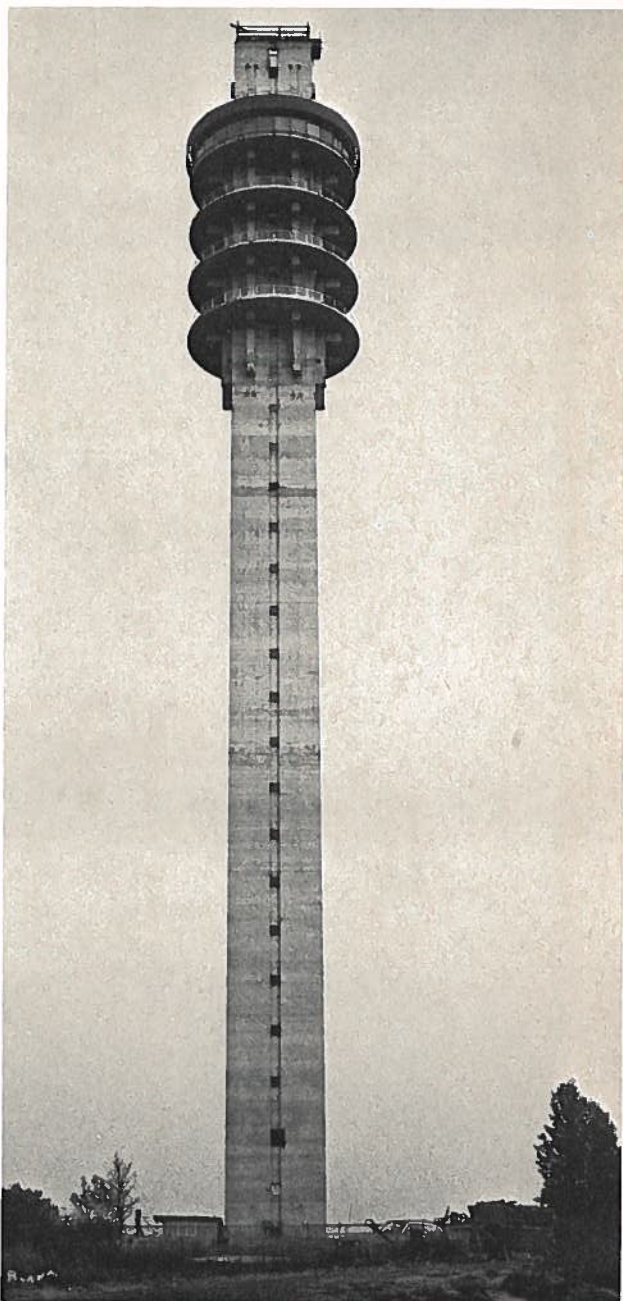
**Meeteenheden en hun toepassing**

**Examenvraagstukken**

**Technisch Engels**

**Oplossingen examenvraagstukken**

**Mededeling opbergbanden**



**Straalverbindingstoren Lelystad**

# De opbouw van het Nederlandse Straalverbindingsnet

Ing. J. van de Wal

Met dit artikel wordt beoogd, de lezer bekend te maken met de opbouw van het Nederlandse Straalverbindingsnet. Daarnaast wordt een inzicht gegeven in de gebruiksmogelijkheden van straalverbindingen.

## Wat is een straalverbinding

Kortweg gezegd is een straalverbinding een gerichte radioverbinding tussen twee plaatsen, waarmee draadloos informatie overgezonden kan worden. Het verschil met een omroepradioverbinding is dat de radiogolven van een straalverbinding zich rechtlijnig voortbewegen in een scherp gerichte bundel, terwijl de radiogolven van een omroepzender zich (ook rechtlijnig) naar alle richtingen gelijkmatig uitbreiden. Een en ander is goed voorstelbaar door een lichtbundel uit een schijnwerper te vergelijken met een gloeilamp zonder reflector en lens.

## Waarom straalverbindingen

Ongeveer 27 jaar geleden ontstond de behoefte aan een transmissiemedium voor breedbandige signalen, met name videosignalen voor de eerste TV-uitzendingen. Telefoonkabels kunnen een dergelijk breedbandsignaal niet over grote afstanden overbrengen. Coaxiaal-kabels waren in die tijd voor dit doel nog niet beschikbaar. De enige mogelijkheid voor de overdracht van televisiesignalen b.v. van de studio naar de TV-omroepzenders was een straalverbinding.

In de loop der jaren is de principebeslissing genomen om een apart straalverbindingsnetwerk op te bouwen voor telefoonverkeer. De watersnoodramp in Zeeland heeft hierbij een rol gespeeld; de kwetsbaarheid van kabels kwam toen duidelijk naar voren.

De belangrijkste motieven om **naast** een kabelnet **ook** een straalverbindingsnet aan te leggen zijn kort samengevat:

1. het storingsgedrag van straalverbindingen verschilt belangrijk van dat van kabels; de betrouwbaarheid en kwaliteit van het transmissienet kan ermee worden verhoogd;
2. het Nederlandse communicatiesysteem wordt daarmee geschikt voor de overdracht van breedbandsignalen.

Om te weten wanneer een transmissiemiddel voordelen biedt bij bepaalde toepassing zijn de voornaamste voor- en nadelen van straalverbinding en kabel op een rijtje gezet:

### **Voordelen kabelsysteem**

1. sterk gescheiden transport van informatie,
2. vrij ongevoelig voor invloeden van buitenaf,
3. redelijk konstant gedrag van de transmissieparameters.

### **Nadelen van huidige symmetrische kabelsysteem**

1. kostbare aanleg (steden, drassig terrein, etc.),
2. mechanisch kwetsbaar (graafmachines, bewegingen van de aardkorst),
3. kleine capaciteit aan telefoonkanalen.

### **Voordelen straalverbindingssysteem**

1. eenvoudige aanleg, ook over slecht terrein,
2. principieel geschikt voor breedbandsignalen,
3. bijzonder geschikt voor tijdelijke verbindingen.

### **Nadelen straalverbindingssysteem**

1. beïnvloeding door de atmosfeer,
2. bouw van torens of masten noodzakelijk.

### **Systeem opbouw van het telefonienet**

Om een inzicht te krijgen in het straalverbindingssysteem is het noodzakelijk de opbouw van het Nederlandse telefoonnet te kennen. Misschien ten overvloede

wordt eerst een globale beschrijving gegeven van de opbouw van een telefoonverbinding.

Het telefoontoestel van een abonnee wordt tezamen met de toestellen van andere abonnees, die binnen een gebied met een middellijn van 3 à 4 km wonen, aangesloten op een wijk- of eindcentrale (WKC of EC). De verbinding tussen telefoontoestel en eindcentrale bestaat uit een laagfrequentkabel. We noemen dit het lokale net.

Een aantal eindcentrales binnen een regio (maximaal 10) wordt aangesloten op een knooppuntcentrale (KC). De verbinding tussen eindcentrales en knooppuntcentrale wordt grotendeels gevormd door gepupiniseerde lijnen. We noemen dit het secundaire net.

Meerdere knooppuntcentrales (maximaal 10) worden gekoppeld op een districtscentrale (DC). De verbinding knooppuntcentrale - districtscentrale bestaat uit symmetrische draaggolfkabel. In de kabels bevinden zich ver-



fig. 1. Het inter-A-net.

sterkers welke de kabeldemping, ontstaan door de grote afstanden, compenseren. We noemen dit net het primaire net. Een KC-DC-verbinding wordt ook wel gemaakt met behulp van straalverbindingen.

Alle voorgenoemde netten zijn stervormige netten. De verbindingen tussen districtscentrales onderling zijn maasvormig opgebouwd. Deze interdistricts-verbindingen kunnen gerealiseerd worden met:

1. symmetrische draaggolfkabels,
2. straalverbindingen,
3. coaxiale draaggolfkabel.

Voor een telefoonverbinding tussen twee abonnees in verschillende districten kunnen dus kabels of straalverbindingen gebruikt worden.

Op één van deze verbindingsmiddelen, de straalverbinding, zal nu verder worden ingegaan.

### **Systemopbouw met het telefonie straalverbindingsnet**

Er moet onderscheid gemaakt worden tussen:  
de straalverbinding t.b.v. KC-DC-verbindingen en  
de straalverbindingen t.b.v. het interdistrictsverkeer.

Bij de inrichting van het straalverbindingsnet (SV-net) zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. er wordt een scheiding gemaakt tussen de districten naar grootte: de vier grote A-districten in het westen (Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht) en de overige districten (zgn. B-districten)
2. het telefoonverkeer uit drie B-districten wordt samengevoegd in een SV-knooppunt (zgn. B-centrum)
3. telefoonverkeer tussen B-centra onderling en het telefoonverkeer tussen een A-centrum en een B-centrum, wordt in gescheiden draaggolfbundels getransporteerd
4. een dubbele routing voor het telefoonverkeer tussen de A-districten en de B-districten. Hierdoor zal bij uitval van één SV-route 50% van de verkeersmogelijkheid blijven bestaan.

Door deze uitgangspunten zijn de volgende SV-netten ontstaan:



fig. 2. Het aansluitnet Markelo.

### *Het Inter-A-net*

De vier A-districten in de Randstad zijn onderling verbonden via een SV-net. Het middelpunt van dit Inter-A-net is Alphen. In fig. 1 is schematisch aangegeven hoe het net is opgebouwd. In Alphen worden de straalverbindingen niet gemoduleerd of gedemoduleerd, maar doorgeschakeld. Het net is maasvormig van opbouw.

### *De Aansluitnetten*

Een aansluitnet is een SV-net dat rond een B-centrum is gesitueerd. D.m.v. deze netten kan het telefoonverkeer uit nabij gelegen B-districten naar een B-centrum getransporteerd worden. Onderling verkeer tussen die B-districten rond het B-centrum wordt ook via het B-centrum afgewikkeld. Het telefoonverkeer naar verderaf gelegen B-districten en de A-districten wordt via het B-centrum toegevoerd aan een landelijk koppelnet.

De opbouw van de aansluitnetten is stervormig.

Er zijn in Nederland zes B-centra en evenzoveel aansluitnetten. De B-centra met de aansluitnetten zijn:

Markelo, Megen, Mierlo, Loon op Zand, Smilde en Wormer.

Fig. 2 geeft het aansluitnet Markelo.

### *Het Koppeln*

Het koppelnet is de ruggesgraat voor het telefoonverkeer tussen de vier A-districten in de Randstad en de B-districten. Verder vormt het net de verbinding voor verkeer tussen de B-districten door het gehele land. Het koppelnet is qua geografie, maasvormig van opbouw. In fig. 3 is de opbouw van het koppelnet schematisch weergegeven.

Alphen en Lopik zijn de sterpunten in het net; de A-centra waarop de districten in het westen zijn aangesloten.



fig. 3. Het koppelnet (incl. relaisposten).

Met deze dubbele opbouw wordt bereikt dat de vier grote A-districten langs twee gescheiden wegen bereikt kunnen worden vanuit de B-districten en omgekeerd.

De betrouwbaarheid van het straalverbindingsnet wordt hierdoor vergroot.

### *De Verdeelnetten*

Het telefoonverkeer uit de B-districten met bestemming een A-district wordt via het SV-koppelnets getransporteerd naar de twee A-centra: Alphen en Lopik. Vanuit Alphen en Lopik wordt het telefoonverkeer m.b.v. aparte SV-netten overgedragen aan het bestemde A-district. Deze verdeling van verkeer kan zowel geschieden vanuit Alphen als Lopik, via respectievelijk het „Verdeelnet Alphen” of het „Verdeelnet Lopik”.

Resumerend geldt voor telefoonverkeer tussen een A-district en een B-district: vanuit een B-district kan langs twee gescheiden wegen een A-district bereikt worden via dubbele routeringen in het koppelnets en de verdeelnetten.

Fig. 4 geeft een principe-overzicht van het landelijke SV-net (zonder relaisstations).

### **Straalverbindingen tussen KC en DC**

Indien de SA-code (netnummer + abonneenummer) uitgebreid moet worden tot meer dan negen cijfers zal men overgaan tot invoering van een verkort netnummer (0 + 2 cijfers). De knooppuntcentrale krijgt dan de status van een districtscentrale. De districtscentrale waartoe deze knooppuntcentrale behoort heeft dan geen schakelfunctie meer voor het telefoonverkeer van de knooppuntcentrale naar andere districten.

Er wordt een SV-knooppuntverbinding aangelegd tussen de knooppuntcentrale en de verdeel- en aansluitnetten, waardoor de knooppuntcentrale op het landelijk koppelnets is aangesloten.

### **Principieel technische eisen waaraan een (SV)-communicatienets moet voldoen**

Behalve door het transportmedium worden ook, door de onderverdeling in kleinere SV-netten, eisen gesteld aan de technische uitvoering van de verschillende SV-netten.

Er moet voldaan worden aan de internationale normen en voorschriften, zoals vastgelegd in CCITT en CCIR documenten. (Commissie Consultatif International du Télégraphie et Téléphone; Committee Consultatif International du Radio).



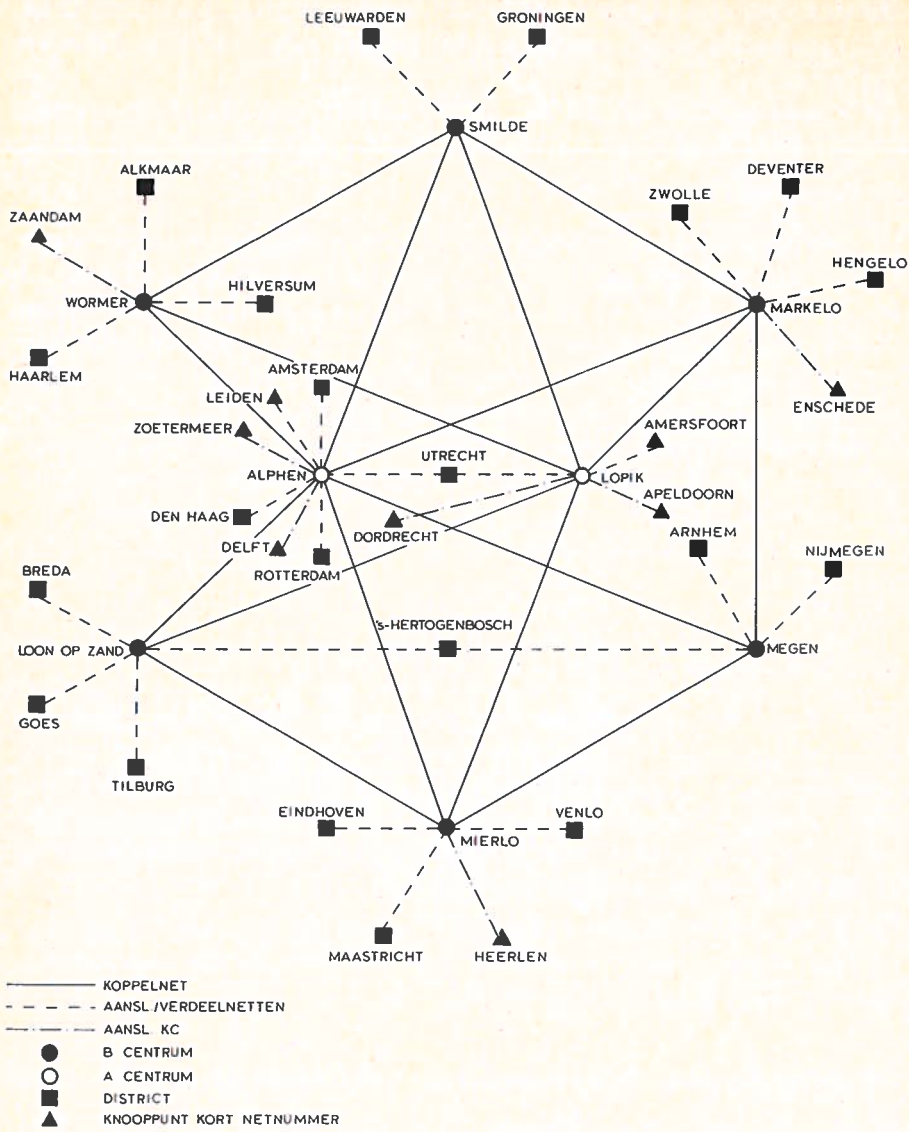


fig. 4. Landelijk SV-net zonder relaisposten.

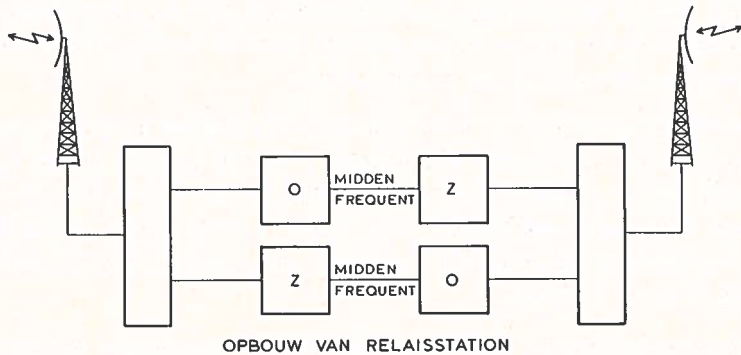
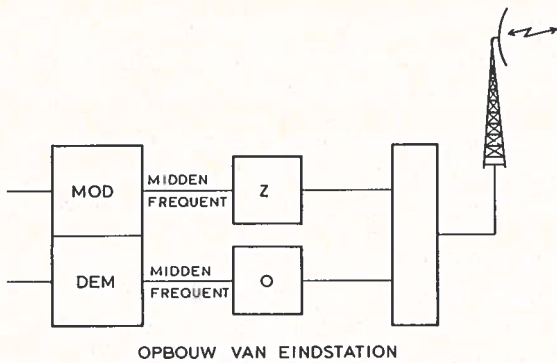
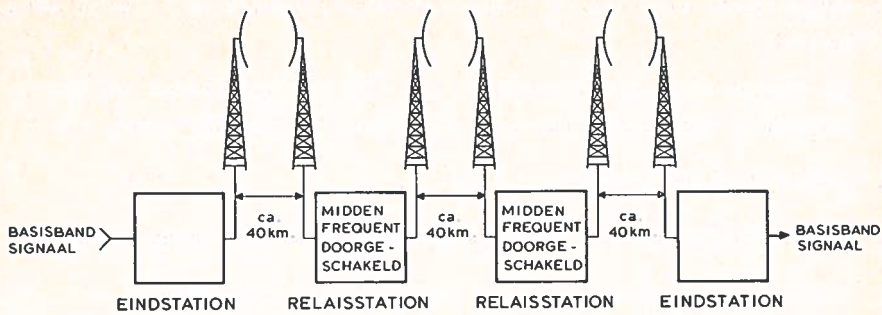


fig. 5. Straalverbinding met relaisstations.

De belangrijkste eisen waaraan een straalverbindingssystemen moet voldoen zijn:

1. vierdraadsverkeer moet mogelijk zijn, d.w.z. tegelijkertijd zenden en ontvangen, waardoor „heen- en terug” spreken mogelijk wordt,
2. er mag geen overspraak voorkomen,
3. vanuit één punt moeten meerdere richtingen bereikt kunnen worden,
4. verbindingen moeten over grotere afstanden realiseerbaar zijn.

Aan bovenstaande voorwaarden kan worden voldaan door straalverbindingen te realiseren met radiogolven in het golflengte gebied tussen 30 cm en 2 cm. Dit komt overeen met het frequentiegebied tussen 1 GHz en 15 GHz.

In dit frequentiegebied kunnen breedbandsignalen worden overgedragen. Het maximum aantal over te dragen telefoniekanalen is op dit moment 2700; dit beslaat een bandbreedte van ca. 25 à 30 MHz op één radiokanaal.

Een ander voordeel van dit frequentiegebied, boven lagere frequentiebanden, is dat de benodigde antennes nog praktische afmetingen hebben. Radiogolven van een straalverbinding verkrijgen hun bundeling door de antennes. Naarmate het richteffekt van een antenne groter wordt, nemen de antenneafmetingen toe. In het gebruikte frequentiegebied zijn de golflengtes klein; de afmetingen en de vorm van een antenne staan in evenredigheid met de golflengtes waarvoor de antenne wordt gebruikt.

Straalverbindingen zoals die in het Nederlandse communicatienet worden toegepast, zijn zgn. „vrijzichtverbindingen”, dat wil zeggen dat de bundel zendenergie uit de zendantenne zich in rechte lijn naar de ontvangantenne voortplant. Obstakels mogen in dit „straalpad” niet voorkomen, daar anders ernstig kwaliteitsverlies optreedt. Storende objecten kunnen bestaan uit: gebouwen, masten, bomen etc.

Ook de kromming van het aardoppervlak kan een versturende invloed hebben wanneer de zend/ontvangantennes niet voldoende hoog zijn opgesteld.

De lengte van de straalverbinding is verder afhankelijk van de toegepaste frequentie. Naarmate de frequentie hoger wordt, neemt de demping van de radiogolven door de atmosfeer toe, zodat de te overbruggen afstand kleiner wordt.

Voor frequenties tot 10 GHz ligt de toelaatbare afstand op 40 à 50 km; voor frequenties boven 10GHz tot 15 GHz is de te overbruggen afstand ca. 25 km.

In beide gevallen is dan een goede verbinding kwaliteit gewaarborgd zonder hulpmiddelen toe te passen.

Om te voldoen aan de eis dat verbindingen over grotere afstanden realiseerbaar zijn, worden relaisstations gebouwd.

Een relaisstation bestaat in principe uit een zenderdeel en ontvangerdeel, waarvan in- en uitgang met elkaar verbonden zijn. De ontvangen hoogfrequente radio-signalen worden naar een middenfrequentie omgezet (70 MHz tot 1800 kan. en 140 MHz voor 2700 kan.) en daarna toegevoerd aan de zendingang, zodat overdracht van de informatie naar een volgend station plaatsvindt. In fig. 5 wordt de opbouw van een straalverbinding met relaisposten gegeven.

Op het relaisstation vindt geen demodulatie van het ontvangen signaal plaats naar een basisbandsignaal.

Een basisbandsignaal is een multiplex signaal, dat bestaat uit in frequentie gestapelde telefoonkanalen tot een maximum van 2700. Doorschakeling van signalen geschiedt in relaisstations uitsluitend op middenfrequent basis. Niet alleen in relaisstations wordt een middenfrequentie van 70 MHz toegepast, ook in eindstations wordt deze middenfrequentie, zowel in zender als ontvanger, gebruikt.

Aan de zenderkant geeft een modulator een 70 MHz draaggolf af, waarop het basisbandsignaal is gemoduleerd. Daarna wordt in de zender dit middenfrequentsignaal geconverteerd naar de eindfrequentie.

Aan de ontvangerzijde vindt eerst omzetting van het ontvangen hf-sig naal naar 70 MHz middenfrequent plaats; daarna volgt demodulatie naar de basisband.

We noemen deze werkwijze met een middenfrequentie het **indirecte systeem**, waarbij dus, zowel aan zend- als aan ontvangstzijde, een tussenstap wordt gemaakt. Bij het **directe systeem** wordt in de zender de eindfrequentie direct gemoduleerd met het basisband signaal.

Voordeel van het toepassen van een middenfrequentie komt vooral op langere trajecten tot uiting. Zou op ieder relaisstation demodulatie en modulatie plaats vinden, dan werd de maximaal toelaatbare hoeveelheid ruis snel overschreden. Hierdoor zou de lengte van een straalverbinding route beperkt moeten blijven.

## **Ontkoppeling**

Omdat in een SV-station zowel gezonden als ontvangen wordt, dienen maat-

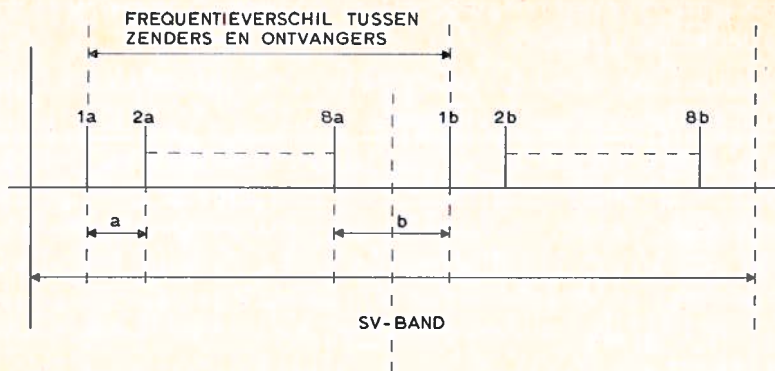


fig. 6. Onderverdeling van een SV-band in bandhelften en de verdeling in kanalen.

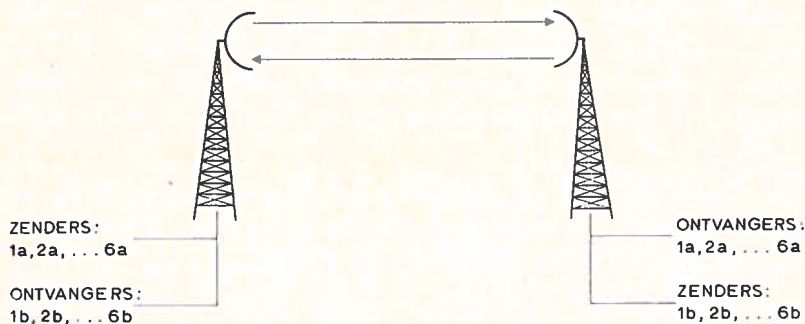


fig. 7. De kanalsituatie op een SV-traject.

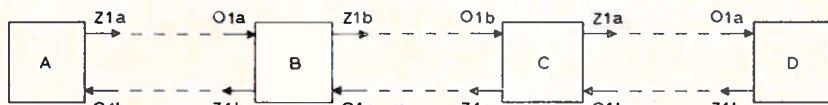


fig. 8. Kanaalindeling doorgaande keten. De situatie voor kanaal 1.

De stations A zenden in de onderband en de stations C ontvangen in de bovenband.  
 De stations B zenden in de bovenband en de stations D ontvangen in de onderband.  
 Een en ander geldt ook voor andere richtingen.

regelen genomen te worden om de storende invloed van het zendersignaal op de ontvanger teniet te doen. De ontkoppeling tussen zender en ontvanger moet zeer groot zijn, gezien het grote niveau-verschil.

Ontkoppeling kan op verschillende manieren worden verkregen.

Door de gebruikte frequentieband in twee helften te verdelen en vervolgens alle zendfrequenties in de ene bandhelft en de ontvangfrequenties in de andere bandhelft onder te brengen, ontstaat er een frequentieverschil tussen zend- en ontvangfrequenties; we noemen dit ontkoppeling door selectiviteit. In fig. 6 wordt de kanaalindeling grafisch weergegeven.

De kanalen in de onderste bandhelft worden a-kanalen, die in de bovenste bandhelft b-kanalen genoemd. Het is gebruikelijk om bij vierdraadsverbindingen de overeenkomstige kanaalnummers bij elkaar te houden. We spreken van kanaal 1a, 3b, etc.

De frequentieafstand b wordt steeds groter gekozen dan de afstand a.

De situatie op een traject is weergegeven in fig. 7.

Bij het passeren van relaisstations moeten we ook voor een doorgaande keten van bandhelft wisselen; ondanks het richtingseffect van de antennes is het niet mogelijk, in een station op hetzelfde kanaal, te zenden en te ontvangen, ook niet in tegengestelde richtingen (de ontkoppeling is onvoldoende).

Voor een doorgaande keten krijgen we voor kanaal 1 het beeld zoals dat is weergegeven in fig. 8.

Aangezien de stations A en D in verschillende bandhelften zenden resp. ontvangen, kunnen deze stations niet samenvallen. Dit betekent dat geen driehoeksverbindingen kunnen worden gevormd. Een SV-net heeft dus steeds vierhoekige mazen.

Om parallel radio-verbindingen te kunnen maken moeten in één bandhelft meerdere kanalen gebruikt kunnen worden. De frequentie-afstand a (fig. 6) tussen de kanalen wordt zo gekozen, dat toch voldoende ontkoppeling tussen nabuurkanalen mogelijk blijft. Omdat in één bandhelft of alleen zendende of alleen ontvangende kanalen zijn ingedeeld, hoeven alleen signalen met gelijke niveaus gescheiden te worden. Door extra maatregelen wordt de scheiding tussen de bandhelften nog vergroot.

De ontkoppeling tussen de kanalen 8a en 1b (fig. 6) is moeilijker te realiseren, daar deze kanalen dicht bij elkaar liggen en verschillende niveaus hebben. De frequentie-afstand b tussen kanaal 8a en 1b is daarom groter dan de afstand a.

De beschikbare frequentieruimte in een bandhelft moet zo goed mogelijk benut worden, met andere woorden, er moeten zoveel mogelijk kanalen in de beschikbare ruimte worden ondergebracht. De frequentie-afstanden zullen daarom zo klein mogelijk gehouden worden, rekening houdende met de noodzakelijke ont koppeling.

Naast ont koppeling door frequentie-afstand is extra ont koppeling van parallelkanalen mogelijk door toepassing van horizontale en verticale polarisatie, de zgn. polarisatie-ont koppeling. Tussen de even en oneven kanalen wordt een polarisatiewissel toegepast. De kanalen 1, 3, 5 en 7 krijgen bijvoorbeeld een verticale polarisatie, de kanalen 2, 4, 6 en 8 krijgen dan een horizontale polarisatie.

Indien op een straalverbindingstation meerdere richtingen voorkomen, wordt ernaar gestreefd om voor de verschillende richtingen dezelfde zendfrequenties cq. dezelfde ontvangfrequenties te gebruiken. Polarisatie-ont koppeling met antennes werkt alleen in de hoofdstraalrichting van de antenne optimaal. Dit geldt dus alleen voor parallelkanalen.

### **Frequentieraster**

Is de antenne-ont koppeling onvoldoende, dan kan op het SV-station in één van de richtingen een verschoven frequentieraster toegepast worden; alle frequenties zijn over een halve kanaalafstand verschoven t.o.v. het normale raster. Het normale raster wordt aangeduid met A-raster, het verschoven raster is het B-raster. De extra ont koppeling die zo ontstaat voor straalverbindingen in verschillende richtingen vanaf een SV-station, noemt men raster-ont koppeling. De grootte van de ont koppeling is afhankelijk van het toegepaste frequentieraster (kanaalafstand) en de bandbreedte van radiokanalen (de bandbreedte hangt af van het aantal laagfrequentkanalen per radiokanaal).

Voor 1800 en 2700 kanalen straalverbindingen in de 4/6/6,5 en 11 GHz is geen rasteront koppeling te verkrijgen. Bij de indeling van hoogfrequent-radiokanalen, in een straalverbindingband volgens een bepaald raster, moeten bepaalde uitgangspunten worden aangehouden.

Spiegelfrequenties en de signalen van lokale oscillatoren mogen de werking van het systeem niet beïnvloeden.

In fig. 9 is een indeling van een A-raster in de 6,5 GHz-band gegeven.

Per hoogfrequentkanaal kunnen 2700 telefoonkanalen worden overgedragen. In deze 6,5 GHz worden volgens deze techniek ca. 20.000 telefoongesprekken

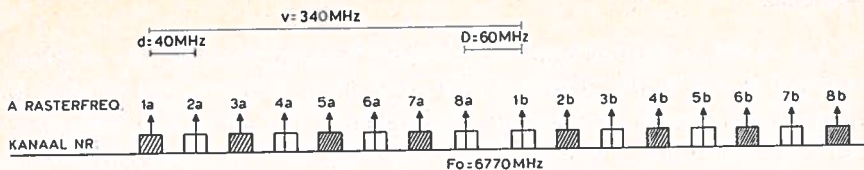


fig. 9. 6,5 GHz band (2700 kan.)

maximaal overgedragen. (7 + 1) radiokanalen per verbinding:

$7 \times 2700 = 18.900$  kanalen). Er blijft dan nog een radiokanaal als reserve over.

### Betrouwbaarheid en kwaliteit

Voor bewakingsdoeleinden wordt met een straalverbinding een pilotsignaal meegezonden. Aan de ontvangstkant van de straalverbinding kan met dit pilotsignaal het niveau gemeten worden, waaraan conclusies t.a.v. de kwaliteit van een verbinding kunnen worden verbonden.

Het bewaken van de aanwezigheid van de SV-loods is een methode om te controleren of de verbinding nog optimaal is of dat de verbindingkwaliteit zodanig is dat hij als onderbroken kan worden beschouwd.

Ontbreekt de SV-loods op een straalverbinding of is deze te laag dan zal een alarm in werking treden op het Transmissie Controle Bewakings Centrum (TCBC) in Hilversum.

Dit alarm kan uiteraard niet over de te bewaken straalverbindingen worden getransporteerd naar het TCBC, omdat bij onderbreking van de straalverbinding ook de alarmering verdwijnt. Om de radio- en kabeltransmissienetten gescheiden te houden en omdat SV-stations geen uitgebreide aansluitingen op het Nederlandse kabelnet bezitten is gekozen voor een apart bewakingsradionetwerk het zgn. escorte-net.

Parallel aan de verbindingen van het SV-net is dit escorte-net aangelegd in een aparte frequentie-band (was 445 - 465 MHz, wordt 7,4 GHz band).

Voor een aparte frequentieband is gekozen, om te voorkomen dat tegelijkertijd een telefoniestraalverbinding en het escorte-net tengevolge van propagatie-effecten onderbroken worden.



## Overnemen

Om het aantal onderbrekingen en de onderbrekingsduur van de straalverbindingen te verkleinen, wordt reserve-apparatuur (zenders, ontvangers) en automatische omschakelapparatuur geïnstalleerd. Bij uitval van een straalverbinding wordt het telefoonverkeer vrijwel onderbrekingsloos overgenomen door de „reserve-straal”, ongeacht de oorzaak van de storing (uitval apparatuur of door fadingverschijnselen).

Per verbinding is slechts één reserve-straal ter beschikking, dus bij b.v. één bedrijfsverbinding is er één reserve-straal; voor  $n$  bedrijfsverbindingen tussen twee SV-stations ook één reserveverbinding ( $n + 1$  concept).

Indien tengevolge van de fading een hoogfrequentkanaal beneden de gestelde transmissiekwaliteit komt, zal de Schakel Automaat Trajecten (SAT) het reserve-hf-kanaal parallel aan het gestoorde bedrijfskanaal schakelen (onderbrekingsloos).

Bij een omschakeling tengevolge van een apparaatdefect zal uiteraard wel een kortstondige onderbreking optreden.

Tijdens bijzondere propagatie-condities kan het voorkomen dat hetzelfde signaal langs twee verschillende wegen wordt ontvangen; zie fig. 10.

Als voor een bepaalde golflengte het wegverschil zodanig is, dat de signalen ongeveer even sterk, maar in tegenfase op het ontvangststation aankomen zal uitdoving van beide signalen het gevolg zijn.

We noemen dit **meerweg- of reflectiefading**. Deze toestand kan slechts voor één radiokanaal ontstaan daar het wegverschil afhankelijk is van de golflengte van het radiosignaal. Voor een ander radiokanaal is het wegverschil ongelijk aan de golflengte, zodat geen volledige uitdoving van het signaal optreedt (wel een aanzienlijke verzwakking).

Door het toepassen van een reservekanaal wordt dus niet alleen apparatuur-uitval opgevangen, maar ook bijzondere propagatiecondities. Dit systeem noemen we frequentiediversity.

## Distributie- en contributienet

Ten behoeve van de overdracht van TV-programma's van en naar het Audio en Video Verbindingen Centrum (AVVC) te Hilversum is een apart straalverbindingsnet aangelegd.

De distributieverbindingen worden gebruikt voor de overdracht van de beide

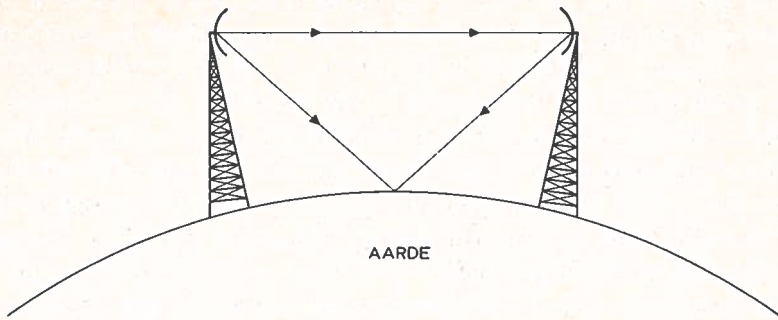


fig. 10. Meerweg fading.

TV-programma's van het AVVC naar de omroepzenders in het land. Tevens vindt overdracht van de complete stereo-signalen uit de coder op het AVVC naar de FM-zenders in den lande plaats.

Via het contributienet komen de Eurovisie-uitzendingen vanuit Duitsland en België op het AVVC binnen. Regionale TV-studio's en reportage-eenheden kunnen via de SV-torens hun programma's naar het AVVC zenden. Studio Den Haag bijv. is via de contributie-West verbindingen aangesloten op het AVVC.

In het contributie- en distributienet wordt via één straalverbinding een compleet TV-signaal met geluidsdraaggolf getransporteerd (vergelijkbare capaciteit in het telefonie-SV-net: 900 kanalen per straal). Op een gast-draaggolf van ca. 7,5 MHz wordt het bijbehorende geluid via dezelfde straalverbinding getransporteerd.

Een andere mogelijkheid is om op dezelfde capaciteit straalverbinding drie stereo- en drie monosignalen tegelijkertijd over te dragen.

### **Bijzondere uitbreidingen van het Nederlandse straalverbindingsnet**

Op het continentale plat in de Noordzee wordt sinds enige jaren naar olie en gas geboord, in een aantal gevallen succesvol. D.m.v. pijpleidingen worden vanaf productie-eilanden de mineralen aan land gebracht.

Straalverbindingen vanaf de productie-platforms naar het vasteland via Den Burg en Alkmaar geven de aansluiting op het landelijke automatische telefoon- en telexnet. De straalverbinding tussen het zgn. Placid-productie-

platform en Den Burg op Texel is gerealiseerd in de 2,5 GHz-band. Deze verbinding is dubbel uitgevoerd d.w.z. er zijn twee parallelle straalverbindingen, waarvan er steeds één reserve is. (1 + 1 reserve configuratie). Er wordt zowel plaats- als frequentie-diversity toegepast. Plaats-diversity wil zeggen dat de antennes voor de twee verbindingen op verschillende hoogten in de mast zijn gemonteerd. Ingeval van bijzondere propagatiecondities zal het hierdoor vrijwel nooit voorkomen dat beide verbindingen tegelijkertijd t.g.v. meerweg-fading (zie fig. 10) onderbroken zullen worden. De betrouwbaarheid van dit verbindingssysteem wordt nog vergroot door toepassing van frequentie-diversity, d.w.z. beide stralen werken op verschillende frequenties, waardoor de kans op onderbreking van beide verbindingen door meerweg-fading nog geringer wordt.

De capaciteit van de verbinding is maximaal 300 telefoniekanalen, waarvan nu circa 24 kanalen in gebruik zijn. Uitbreiding is dus op ruime schaal mogelijk. Behalve telefoon- en telexverkeer kan via een andere straalverbinding een „bewaking op afstand”-systeem worden aangelegd. Met TV-camera's op de productie- en satellietplatformen kan op afstand vanaf het vasteland het gehele productie- en verwerkingsproces worden gevolgd en bestuurd.

m  
kg  
s  
A  
K  
mol  
cd

# MEETEENHEDEN



# EN HUN TOEPASSING

BEWERKT DOOR P.J. BOOMGAARD

(vervolg van pag. 310)

Het uitgangspunt voor regelingen op het gebied van eenheden is in vrijwel alle landen thans het Internationale Stelsel van Eenheden, volgens internationale afspraak aangeduid als SI. Het SI is in 1960 als uitbreiding en vervolmaking van het Metrieke Stelsel vastgesteld door de 11e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM, de algemene vergadering van bij de Meterconventie aangesloten landen). Het stelsel omvat grondeenheden, aanvullende eenheden en afgeleide eenheden, die samen een **coherent** stelsel vormen, alsmede voorvoegsels voor de vorming van **decimale** veelvoud en delen.

Dit gegeven vormt het uitgangspunt van een artikelenserie over het SI. Voor de samenstelling is gebruik gemaakt van een artikel van de hand van C. J. van Aarle en A. T. Hens in „Normalisatie”, 53e jaargang, nr. 11/12, 1977, uitgave Nederlands Normalisatie Instituut (NNI) te Rijswijk.

Tevens werd geput uit gegevens voorkomend in de brochure „Meeteenheden in beweging”, samenstelling en uitgave Dienst van het IJkwezen te 's-Gravenhage.

Wij danken de beide uitgevers voor hun toestemming tot overname van de belangrijke gegevens uit hun uitgaven.

## Deel 3

### Grootheden en eenheden

In dit deel zal worden voortgegaan met de toelichting op enkele grootheden waarvan gebleken is dat deze vaak misverstand bij het gebruik opleveren.

### Versnelling van de vrije val

De versnelling van de vrije val ( $g$ ) is de versnelling, die een in vacuüm vrij vallend lichaam verkrijgt als gevolg van de aantrekkingskracht door de aarde. De versnelling van de vrije val verschilt enigszins van plaats tot plaats op aarde. Als standaardwaarde van deze versnelling is internationaal gesteld  $g_n = 9,806\ 65\ \text{m/s}^2$ .

Men noemt  $g$  ook wel de **zwaarteveldsterkte**, waarbij de eenheid N/kg behoort; daarbij betekent  $g = 10\ \text{N/kg}$  dat de massa van 1 kg wordt aange-  
trokken door een kracht van 10 N ( $1\ \text{N/kg} = 1\ \frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2\cdot\text{kg}} = 1\ \text{m/s}^2$ ).

### Vlakke hoek

Voor de vlakke hoek is de aanvullende SI-eenheid radiaal (rad) aanvaard. Het gebruik van de radiaal wordt speciaal aanbevolen, indien het wenselijk is de wiskundige verhouding van de eigenschappen van een cirkel aan te geven.

De veelal toegepaste eenheden graad, minuut en seconde mogen naast de SI-eenheid de radiaal gebruikt worden, evenwel met de beperking dat bij deze niet SI-eenheden geen decimale voorvoegsels mogen worden toegepast.

### Viscositeit

Bij viscositeit van een vloeistof wordt een onderscheid gemaakt in de dynamische en de kinematische viscositeit, waarvoor respectievelijk de eenheden centipoise en centistokes gebruikelijk waren. In het SI gelden hiervoor respectievelijk de millipascal seconde (mPa·s) en de milimeterkwadraat per seconde ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ).

**Getalwaarden worden hierdoor niet aangetast**, omdat - centipoise (cP) = 1 mPa·s en 1 centistokes (cSt) = 1  $\text{mm}^2/\text{s}$ .

### Temperatuur

Naast de thermodynamische temperatuur ( $T$ ), waarbij de SI-eenheid kelvin (K) behoort, wordt nog veelvuldig gebruik gemaakt van de celsiustemperatuur ( $t$ ), gedefinieerd als  $t = T - T_0$ , waarbij voor  $T_0$  geldt  $T_0 = 273,15\ \text{K}$ . De celsiustemperatuur wordt uitgedrukt in de eenheid „graad Celcius” ( $^\circ\text{C}$ ). Deze eenheid is qua grootte gelijk aan de eenheid kelvin ( $1\ ^\circ\text{C} = 1\ \text{K}$ ). Temperatuurverschillen en -intervallen dienen in principe in kelvin te worden



**Alessandro Volta**  
(18 februari 1745 - 5 maart 1827).

Italiaans natuurkundige, hoogleraar in Como en Pavia, hield zich o.a. bezig met de studie van de elektriciteit en is vooral bekend door zijn contacttheorie betreffende de potentiaalsprong tussen de geleiders uit de naar hem genoemde reeks.

1 volt = 1 V = de eenheid van potentiaal in het praktische stelsel =  $10^8$  abs c.g.s.-eenheid.

Standaard: het Weston-element waarvan de constante electro-motorische kracht bij  $20\text{ }^\circ\text{C}$  =  $^s$  1,0183 internationale volt. 1 int. volt = 1,0004 abs. volt.

weergegeven, hoewel het toegestaan (niet aanbevolen) is deze ook in °C uit te drukken.

In afgeleide eenheden verdient het gebruik van de kelvin de voorkeur boven de graad Celsius. Voor soortgelijke warmte geldt in dit verband de eenheid J/(kg·K).

### **Druk (spanning) van vloeistoffen en gassen**

Hoewel nog vaak gesproken wordt over de **spanning** van een gas of vloeistof verdient de term **druk** (symbool  $p$ ) de voorkeur. De uitdrukking „spanning” kan daardoor gereserveerd worden voor de optredende kracht per oppervlakte met als eenheid N/m<sup>2</sup> of afgeleiden daarvan, zoals de N/mm<sup>2</sup>. Voor de afgeleide eenheid N/m<sup>2</sup> is de naam pascal (Pa) aanvaard.

Men onderscheidt bij gasdrukken: absolute druk ( $p$ ) en effectieve (gemeten) druk ( $p_e$ ). Het verband hiertussen is in de volgende groothedenvergelijking gegeven:  $p_e = p - p_{amb}$ , hierbij is  $p_{amb}$  de omgevingsdruk.

Als  $p_e > 0$  spreekt men van overdruk en bij  $p_e < 0$  van onderdruk (vacuüm). Vroeger werd het onderscheid absolute druk en effectieve druk in de eenheid tot uitdrukking gebracht, zo betekende „ato” overdruk en „ata” absolute druk. Ook werd de eenheid atmosfeer gebruikt (1 atm = 76 cmHg), waarbij ook de eenheid technische atmosfeer (1 at = 1 kgf/cm<sup>2</sup>) voorkwam. Om elk misverstand te voorkomen, verdient het sterk aanbeveling in de grootheid-aanduiding tot uiting te brengen welke druk wordt bedoeld bijvoorbeeld overdruk  $p_e = 2 \times 10^5 \text{ Pa} = 200 \text{ kPa}$  en absolute druk  $p = 3 \times 10^5 \text{ Pa} = 300 \text{ kPa}$ .

Indien de grootheid niet kan worden vermeld bijvoorbeeld op tekstplaatjes van apparaten of machines, dient achter de eenheid tussen haakjes daarover een indicatie te worden gegeven: 200 kPa (eff.) of 300 kPa (abs.). Naast of in plaats van de eenheid Pa wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de (niet SI) eenheid bar (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa), De bar is in vele landen, waaronder Nederland, wettelijk toegestaan naast de SI-eenheid pascal. De eenheid bar, die ongeveer overeenkomt met atmosfeer, vindt voornamelijk toepassing als aflees- en registratie eenheid (manometers) van gas- en vloeistofdrukken. In berekeningen (eenhedenvergelijkingen) kan doelmatiger de eenheid Pa of de afgeleide eenheden kPa cq. MPa worden gebruikt.

### **Normaalspanning, schuifspanning, treksterkte, enz.**

Deze grootheden zijn voorbeelden van materiaalspanningen, waarbij materiaalspanning is gedefinieerd als kracht per oppervlakte ( $\sigma = F/A$ ).

Bij het invullen van de eenheden volgt hieruit als afgeleide eenheid voor de materiaalspanning  $\text{N/m}^2$ . Alhoewel strikt genomen deze eenheid kan worden benoemd met de pascal (Pa), wordt in de praktijk — omdat algemeen de maateenheid mm gangbaar is — aan  $\text{N/mm}^2$  de voorkeur gegeven ( $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ ).

### Arbeid, warmte, enz.

Bovenstaande grootheden zijn voorbeelden van het algemeen natuurkundige begrip energie. Daarbij kan men een onderscheid maken in mechanische energie (arbeid), kinetische energie, thermische energie (warmte), elektrische energie, kernenergie, stralingsenergie, enz.

Voorheen was veelal voor elke energiebron een eigen eenheid beschikbaar zoals:  $\text{kgf}\cdot\text{m}$ ;  $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$ ; cal, kcal; kWh, eV; erg, pk·h, enz. Om de verschillende

soorten energie met elkaar te kunnen vergelijken, moest steeds van een herleidingsfactor gebruik worden gemaakt, zoals bij voorbeeld  $1 \text{ kcal} = 427 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ . Ter vermijding van deze herleidingsfactoren wordt binnen het SI

alle energie uitgedrukt in joule (J):  $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ W}\cdot\text{s}$ .

### Vermogen

Analoog aan het begrip energie kan men voor het begrip vermogen een onderscheid maken in mechanisch, elektrisch of thermisch vermogen.

Vóór de ontwikkeling van het SI kende men hiervoor de eenheden, zoals pk,  $\text{kgf}\cdot\text{m/s}$ , W en kcal/h. Ook hierbij was bij het vergelijken van vermogens onderling een herleidingsfactor nodig, zoals  $1 \text{ pk} = 75 \text{ kgf m/s} = 736 \text{ W}$  of  $1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$ . Binnen het SI is voor vermogen één eenheid gekozen,

de watt (W) waarbij 1 wat gelijk is aan:  $1 \text{ J/s} = 1 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$ .

### Toerental

Bij roterende machines en apparaten wordt vaak de term „aantal omwentelingen per seconde” of „aantal omwentelingen per minuut” gebruikt om het zogenaamde toerental aan te geven. Natuurkundig bedoelt men aan te duiden



het quotiënt van het aantal omwentelingen en de (verstreken) tijd. Als grootheid is hierbij aan de orde de rotatiefrequentie, waarvoor de coherente eenheid „per seconde” ( $s^{-1}$ ) geldt. Een omwenteling mag namelijk niet worden gedefinieerd als een draaiing over  $360^\circ$ , omdat dan naast de eenheid radiaal voor de vlakke hoek een tweede eenheid zou worden ingevoerd.

De aanduidingen r/min (revolutions per minute) en r/s (revolutions per second) kunnen worden toegepast op tekstplaatjes van machines om het praktische begrip „toerental” aan te geven.

### **Massafractie, molaire fractie (stoffractie)**

Massafractie (massaconcentratie) wordt, hoewel de eenheid strikt genomen dimensieloos is, binnen het SI aangegeven in g/kg, mg/kg of een % (massa). Voorheen was voor deze grootheid ppm (parts per million) en ppb (parts per billion) gangbaar. Voor (molaire) fractie geldt mmol/mol,  $\mu$ mol/mol of voor gassen % (vol.).

### **Activiteit (van een radioactieve bron) en geabsorbeerde dosis straling**

In het SI is de gebruikelijke eenheid curie (Ci) voor activiteit vervangen door  $s^{-1}$  ( $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} s^{-1}$ ) en de eenheid rad (rd) voor geabsorbeerde dosis straling door J/kg ( $1 \text{ rd} = 0,01 \text{ J/kg}$ ).

Hoewel de nieuwe SI-eenheden in het coherente stelsel van internationaal aanvaarde eenheden vallen, dient de toepassing van deze afgeleide SI-eenheden zorgvuldig te worden begeleid. Speciaal in ziekenhuizen kan, omdat men met de eenheden curie en rad vertrouwd is en weet welke hoeveelheid zonder schade niet te boven mag worden gegaan, onoordeelkundig gebruik van de nieuwe eenheden met andere getalwaarden gevaar opleveren.

De 15de CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures) heeft op voorstel van de International Commission for Radiological Units (ICRU), ter voorkoming van dit gevaar besloten om het SI uit te breiden met twee speciale namen en symbolen voor de bovengenoemde SI-eenheden op het radiologisch vakgebied. Voor activiteit is daarbij de eenheid becquerel (Bq) en voor geabsorbeerde dosis straling de gray (Gy) aanvaard, waarbij  $1 \text{ Bq} = 1 s^{-1}$  ( $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ )  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$  ( $1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$ ).

In de EEG-richtlijn voor het gebruik van eenheden worden de eenheden curie en rad, alsmede de rem (rem) en röntgen (R) genoemd onder het hoofdstuk „Eenheden, namen en symbolen” die zo spoedig mogelijk moeten verdwijnen, maar waarvan de situatie vóór 31 december 1979 nader zal worden gezien.  
wordt vervolgd.

# Examenvraagstukken

bewerkt door ing. P. A. de Boer

In deze regelmatig terugkerende rubriek worden enige vraagstukken behandeld over de VEV examens voor

- VAKMAN Theorie (VT = Theorie deel van het vakexamen)
- MONTEUR Theorie (MT = Theorie deel van het monteurexamen)
- Bedrijfslektronica - MONTEUR (BEM)
- Telecommunicatie - MONTEUR (TCM)

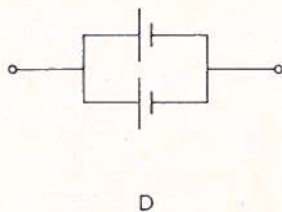
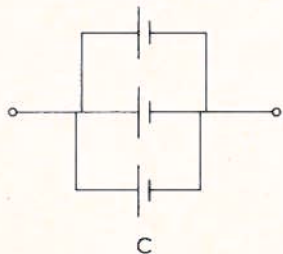
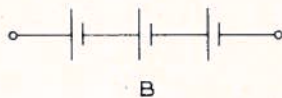
Deze keer zijn dat een aantal examen opgaven uit de serie VT.  
De opgaven zijn opgesteld volgens het meerkeuze systeem.  
De oplossingen vindt men op blz. 352.

In het decembernummer 1977 van het Studieblad is een uiteenzetting gegeven over de nieuwe opzet en de nieuwe benamingen bij de VEV opleidingen.

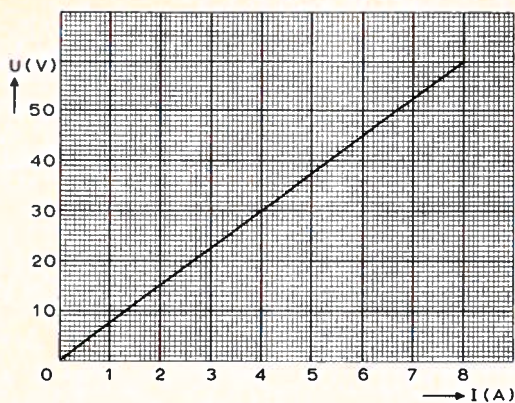
Wij handhaven hier echter de benamingen welke van kracht waren toen er geëxamineerd werd met gebruikmaking van onderstaande vraagstukken.

---

VT 22. Als alle elementen gelijk zijn kan de grootste stroom geleverd worden door schakeling



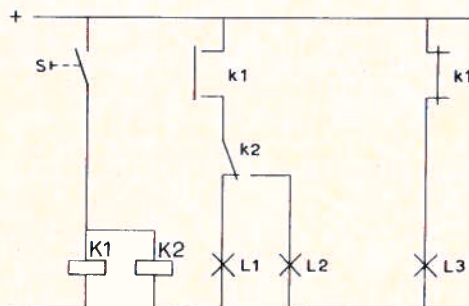
VT 23.



Volgens bovenstaande grafiek is de stroom door een weerstand waarover 22,5 V staat

- A 2,6 A
- B 3 A
- C 3,3 A
- D 3,8 A

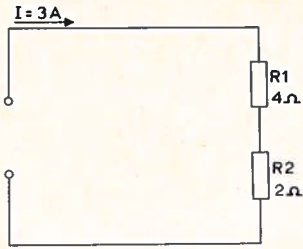
VT 24.



Als schakelaar S wordt gesloten

- A is  $L_1$  aan en zijn  $L_2$  en  $L_3$  uit
- B zijn  $L_2$  en  $L_3$  aan en is  $L_1$  uit
- C is  $L_2$  aan en zijn  $L_1$  en  $L_3$  uit
- D is  $L_3$  aan en zijn  $L_1$  en  $L_2$  uit

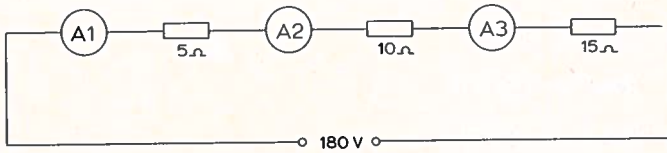
VT 25.



In de schakeling is de stroom door weerstand  $R_2$

- A 1,5 A
- B 3 A
- C 6 A
- D 9 A

VT 26.



De ampèremeters wijzen de volgende stromen aan.

	A1	A2	A3
A	1 A	2 A	3 A
B	3 A	2 A	1 A
C	12 A	6 A	4 A
D	6 A	6 A	6 A

VT 27. De capaciteit van een accu wordt aangegeven in

- A Vh
- B Ah
- C kWh
- D VAh

VT 28. Zilver is een

- A isolator
  - B goede geleider
  - C slechte geleider
  - D weerstandsmateriaal
- 

VT 29. Gemagnetiseerd kan worden

- A lood
  - B staal
  - C koper
  - D aluminium
- 

VT 30. Aluminium geleiders zijn ten opzichte van koperen geleiders

- A beter te lassen
- B beter te isoleren
- C beter te solderen
- D lichter en goedkoper

# Technisch Engels

bewerkt door mej. C. V. Poolman en W. S. v. Dam

## Information

In a **previous** section, telecommunications was defined as the transfer of information from one point to a distant one. It was also shown that the information to be transferred could **take one or more of several forms**. At that **stage**, „information” was such an **everyday word** that it was unnecessary to **definet** it. Yet in telecommunications it has a specific meaning.

„Information” is a measurable quantity which is independent of the **physical medium by which it is conveyed**. It can be shown mathematically that information is **similar to the measure of entropy** in thermodynamics. However, there is good reason for **reversing the sign** and stating that information is the negative of entropy.

What, then, is information?

Every message conveys some information but **some convey more information than others**. For example, the message

TO BX ON NOT TO BE, THT IS THA QYEXTION

is clear **in spite of five misprints**. This is because the quotation (**To be or not to be, that is the question**) is **familiar**. There is said to be a high „**redundancy**” in the information in the message which **permits the errors to be corrected** without trouble. However, a message such as

MEET ME WATERLOO STATION AT 9.30 P.M. 6 JUNE  
UNDER THE CLOCK

has low redundancy in certain parts. For example, four errors could make this read

MEET ME WATERLOO STATION AT 8.30 P.M. 7 JULY  
UNDER THE CLOCK

— with **disastrous consequences!**

That is why numbers in telegraph messages are frequently repeated **at the bottom of the message**. If the repeated numbers do not agree with those in the main text, the operator asks for a retransmission of those numbers and continues asking until she is sure that the received message is correct.

Overgenomen uit:

„Telecommunications Pocket Book”  
samengesteld door T. L. Squires  
uit. Newnes-Butterworths, Londen.

## EXPLANATORY NOTES

<b>previous</b>	:	voorafgaand
<b>to take one or more of several forms</b>	:	één of meer van een aantal vormen aannemen
<b>stage</b>	:	stadium (ook: toneel)
<b>at an early stage</b>	:	in een vroeg stadium
<b>an everyday word</b>	:	een alledaags woord
<b>to define</b>	:	definiëren
<b>definition</b>	:	definitie
<b>the physical medium by which it is conveyed</b>	:	het fysieke medium waarlangs de informatie vervoerd wordt
<b>similar</b>	:	gelijksoortig
<b>the measure of entropy</b>	:	de mate van entropie
<b>to reverse the sign</b>	:	het teken omkeren
<b>to reverse</b>	:	omkeren, achteruitrijden
<b>to reverse the charges</b>	:	de kosten (van een telefoongesprek) aan de opgeroepene in rekening brengen
<b>Some convey more information than others</b>	:	sommige (berichten) brengen meer informatie over dan andere
<b>in spite of</b>	:	ondanks
<b>misprint</b>	:	drukfout
<b>„To be or not to be, that is the question”</b>	:	beroemde zin uit Hamlet (Shakespeare) die vrij vertaald luidt: Te zijn, of niet te zijn, dat is de vraag
<b>familiar</b>	:	bekend, vertrouwd
<b>redundancy</b>	:	overtolligheid, overvloed
<b>redundant</b>	:	overtollig
<b>permits the errors to be corrected</b>	:	maakt het mogelijk de fouten te corrigeren
<b>disastrous consequences</b>	:	rampzalige gevolgen
<b>disaster</b>	:	ramp
<b>at the bottom of the message</b>	:	aan de voet van (onderaan) het bericht

## OPBERGBANDEN

Het overzichtelijk opbergen van een jaargang, compleet met klapper, vergemakkelijkt het terugzoeken van de gepubliceerde artikelen.

Vanaf heden kunnen, voor het **zelf** inbinden van een jaargang Studieblad, zgn. **speldbanden** worden geleverd. Deze banden zijn zoveel mogelijk gelijk gemaakt aan de tot nu toe bekende inbindbanden zodat ze in een rij niet uit de toon zullen vallen.

Een speldband biedt het voordeel dat verzending naar een boekbinder niet meer nodig is en dat elk nummer na lezing onmiddellijk kan worden ingespeld.

Beschikbaar zijn: **speldbanden voor de jaargangen 1978, 1979 en 1980.**

De prijs bedraagt: **f 7,50 per band.**

Bestelling: door storting op **giro 4073** ten name van **Studieblad PTT — Den Haag** onder vermelding van het gewenste aantal banden.

Het bestelde wordt u z.s.m. toegezonden.

Een gebruiksaanwijzing is bijgevoegd.

## ATTENTIE

Er zijn nog een aantal **inbindbanden 1977** binnengekomen welke beschikbaar worden gesteld à **f 3,50 per band.**

Dit zijn dus **geen speldbanden.**

Voor bestelwijze zie boven.



# Oplossingen examenvraagstukken

bewerkt door ing. P. A. de Boer

In dit nummer zijn enkele opgaven van de VEV-examens voor VT opgenomen.

De hierna gegeven oplossingen zijn — waar nodig — van een nadere toelichting voorzien.

VT 22. C is goed.

VT 23. B is goed.

VT 24. C is goed.

VT 25. B is goed.

## **Toelichting:**

Door beide weerstanden vloeit de aangegeven stroom I van 3 A. Dat slechts gevraagd wordt naar de stroom door R 2 doet niet ter zake: alleen oplossing B (3 A) is juist.

VT 26. D is goed.

## **Toelichting:**

In een serieschakeling vloeit overal in de kring een even grote stroom. In deze opgave is de totale weerstand:  $5 + 10 + 15 = 30$  ohm.

Dus  $I = \frac{U}{R} = \frac{180}{30} = 6$  A. Alle ampéremeters wijzen deze 6 A aan. Daarom is alleen D de goede oplossing.

VT 27. B is goed.

VT 28. B is goed.

VT 29. B is goed.

VT 30. D is goed.