

ONDERZEESE

VERSTERKERS, VOORVERSTERKING EN KABELGERUIS

door D. J. Dekker

59-026

II. Voorversterking.

De laagfrequente versterkte verbindingen van het Nederlandse telefoonnet zijn in de versterkerstations, waar de vierdraadsgedeelten van deze verbindingen beginnen (en eindigen), niet voorzien van zendversterkers. Dit betekent, dat de spreekspanningen in deze versterkerstations geen versterking ondergaan, alvorens toegevoerd te worden aan een aderpaar van de kabel naar het volgende versterkerstation.

In systemen voor draaggolftelefonie moeten de spreeksignalen één of meer modulatietrappen doorlopen teneinde, door modulatie, frequentieverschuiving naar de gewenste frequentieband te verkrijgen. Zijn de spreeksignalen van een gesprek op de juiste plaats in het over te brengen frequentiespectrum beland, dan zijn zij inmiddels zover verzwakt, dat het praktisch onmogelijk is hen onversterkt de kabel op te sturen. Derhalve moeten, zoals men zegt, alle kanalen van het draaggolfsysteem in een gemeenschappelijke zend- of systeemversterker versterkt worden. Nu toch een versterker vereist is, maakt men de versterkingsgraad hiervan zo groot, dat de spreeksignalen aan de versterkeruitgang een groter vermogen bezitten dan aan de ingang (tweedraadszijde) van de versterkte verbinding. De totale toegepaste versterking is dus groter dan de totale optredende demping en het testniveau op de uitgang van de gemeenschappelijke versterker is bijgevolg positief. Men compenseert dus reeds bij voorbaat een gedeelte van de demping, die het op de versterkeruitgang aangesloten aderpaar bezit. We noemen dit *voórversterking*.

De mate, waarin voorversterking toegepast kan worden, is afhankelijk van het onvervormde vermogen, dat de gemeenschappelijke zendversterker maximaal kan afgeven. Een praktische waarde voor dit vermogen is bij 48-kanalen-systemen circa 0,5 W (0,6 W). Het met dit vermogen corresponderende overbelastingsniveau kunnen we berekenen met behulp van de formule:

$$N_0 = 10 \log \frac{P_0}{P_1} \text{ dB.}$$

Hiervoor hebben we gezien, dat bij een gemeenschappelijke versterker voor 48 kanalen het testniveau rond 18 dB lager moet liggen dan het overbelastingsniveau. Op de uitgangen van een 48 kanalenversterker, die maximaal 500 mW onvervormd vermogen kan afgeven, mag het testniveau dus ten hoogste +9 dB zijn. De voorversterking kan in dit geval derhalve 9 dB bedragen. In de praktijk houdt men zich aan een voorversterking van 4,5 dB, zodat het testniveau op de versterkeruitgang ligt op +4,5 dB.

In zeekabelsystemen past men een aanmerkelijk grotere voorversterking toe. De zendversterker, die in dergelijke systemen onmiddellijk voorafgaat aan de zeekabel, is in staat tot het afgeven van een onvervormd vermogen van 10 W, soms zelfs nog meer. Nemen we aan, dat het maximaal af te geven onvervormd vermogen werkelijk 10 W = 10.000 mW bedraagt, dan is het

hierbij behorende overbelastingsniveau: $N_0 = 10 \log 10.000 = +40$ dB. Ofschoon doorgaans slechts 60 kanalen over een zendversterker van een zoekabelsysteem gevoerd worden, nemen we veiligheidshalve aan, dat het testniveau 20 dB lager gelegen moet zijn dan het overbelastingsniveau. De zendversterker is dan geschikt voor overdracht van 200 kanalen, waarvan het testniveau op de versterkeruitgang mag liggen op +20 dB.

Willen we het testniveau verhogen met een bepaald aantal dB, dan dient het overbelastingsniveau met evenveel dB verhoogd te worden, daar het verschil van 20 dB tussen test- en overbelastingsniveau gehandhaafd moet worden. Bij een verhoging van het testniveau met 10 dB tot 30 dB moet dus het overbelastingsniveau van de versterker gebracht worden op +50 dB.

Nu gaat elke verhoging van het overbelastingsniveau met 10 dB gepaard met een vertienvoudiging van het uitgangsvermogen van de versterker, of beter gezegd, wanneer het vermogen, dat de versterker onvervormd af kan geven 10 maal zo groot wordt gemaakt, stijgen het overbelastingsniveau en het toelaatbare testniveau met 10 dB. Het bij een vermogen van 10 W behorende overbelastingsniveau is +40 dB; een overbelastingsniveau van +50 dB correspondeert dus met een vermogen van 100 W. Dit volgt uit de volgende berekening:

$$N_0 = 10 \log \frac{P_0}{P_1} = 50 \text{ dB, of}$$

$$\log \frac{P_0}{P_1} = 5.$$

$$\text{Hieruit volgt, dat : } \frac{P_0}{P_1} = 10^5.$$

$$P_1 = 1 \text{ mW, dus } P_0 = 10^5 \text{ mW} = 100 \text{ W.}$$

De versterkingsgraad van een onderzeese versterker bedraagt rond 60 dB. Veronderstel nu, dat men bij het ontwerpen van een zoekabelsysteem het gebruik van een onderzeese versterker wil vermijden, door 80 dB voorversterking toe te passen in plaats van 20 dB. De hiertoe benodigde versterking behoeft niet geconcentreerd te zijn in één versterker, maar kan zonder bezwaar verdeeld worden over verschillende versterkers. Het overbelastingsniveau van de zendversterker, die onmiddellijk voorafgaat aan de zoekabel, dient evenwel in ieder geval op +100 dB te liggen. Volgens het voorgaande zou bij een voorversterking van 20 dB het uitgangsvermogen van deze versterker 10 W moeten bedragen, hetgeen zou overeenkomen met een overbelastingsniveau van +40 dB. Bovendien weten we, dat voor elke 10 dB verhoging van het overbelastingsniveau een vertienvoudiging van het uitgangsvermogen vereist is. Voor een vergroting van de voorversterking van 20 dB tot 80 dB dient het uitgangsvermogen, uitgaande van 10 W, dus 6 maal vertienvoudigd te worden tot $10 \cdot 10^6 \text{ W} = 10^7 \text{ W} = 10.000 \text{ kW}$.

Tot ditzelfde resultaat kunnen we ook komen door het met + 100 dB overeenkomende vermogen als volgt te berekenen:

$$N_0 = 10 \log \frac{P_0}{P_1} = +100 \text{ dB.}$$

Hierin is $P_1 = 1 \text{ mW}$, dus: $\log P_0 = +10$, of wel
 $P_0 = 10^{10} = 1 \text{ mW} = 10^7 \text{ W} = 10,000 \text{ kW}$.

Het behoeft geen uitgebreid betoog, dat het realiseren van een versterker, welke in staat is tot het afgeven van een zo groot vermogen, tot de onmogelijkheden behoort. Vermogens van enkele honderden kW zijn met behulp van speciaal geconstrueerde zendbuizen voor radiozenders nog wel te bereiken. Voor gemeenschappelijke versterkers voor draaggolftelefonie ligt de grens van het vermogen, dat maximaal onvervormd afgegeven kan worden, echter bij ongeveer 10 à 100 W, hetgeen correspondeert met een overbelastingsniveau van + 40 tot + 50 dB. Grotere uitgangsvermogens zijn bij de huidige stand van de techniek niet te verwezenlijken. De graad van voorversterking moet dus noodgedwongen beperkt blijven tot ten hoogste ongeveer 30 dB.

Het voorgaande dwingt ons tot de conclusie, dat het idee om het gebruik van onderzeese versterkers te vermijden door het toepassen van voorversterking, slechts in beperkte mate voor verwezenlijking vatbaar is.

Hierna rest ons nog het onderzoeken van het andere denkbeeld dat in de inleiding geopperd is om te ontkomen aan het gebruik van een onderzeese versterker. Volgens dit denkbeeld zou men, na in een zeekabelsysteem met voorversterking de grens van het mogelijke bereikt te hebben, het restant van de versterking, welke nodig is voor het compenseren van de kabeldemping, moeten overbruggen in één of meer versterkers aan de ontvangzijde van het systeem. Uit het volgende zal blijken, dat ook langs deze weg het beoogde doel, te weten het realiseren van een zeekabelsysteem voor telefonie zonder onderzeese versterkers, niet altijd bereikt kan worden. Het zogenaamde *kabelgeruis* vormt in dit geval namelijk een vaak onoverkomenlijke hindernis.

III. Kabelgeruis.

Het elektrische geleidingsvermogen van metalen en andere elektrisch geleidende materialen is te danken aan het feit, dat in deze stoffen vele elektronen niet gebonden zijn in moleculen, doch een vagebonderend bestaan leiden. Deze zogenaamde vrije elektronen bewegen zich op onregelmatige wijze, zeer willekeurig, nu eens in de ene richting en dan plotseling weer in een andere. Men noemt dit de *warmtebeweging* van deze elektronen. Tenzamen vormen de vrije elektronen de *elektronenwolk*, die zich in zijn geheel, onder invloed van een aangelegd potentiaalverschil, in een bepaalde richting door een geleider beweegt, waardoor een verplaatsing van elektrische lading, dat is een elektrische stroom, teweeg wordt gebracht.

Door de voortdurende ongelijkmatige warmtebeweging van de vrije elektronen verschilt de ladingsdichtheid in de elektronenwolk van plaats tot plaats, ook als er tussen de uiteinden van de geleider geen spanning is aangelegd. Het ene moment zijn er op een willekeurige plaats in de geleider namelijk meer elektronen dan het gemiddelde aantal, het andere moment minder. Hierdoor ontstaan in een doorsnede van een geleider in grootte wisselende ladingen en dientengevolge tussen twee punten van een geleider een potentiaalverschil, dat eveneens in grootte en bovendien van polariteit wisselt. Dit potentiaalverschil is weliswaar slechts gering, doch niet in alle gevallen te verwaarlozen klein.

Daar de hier bedoelde spanningen tussen verschillende punten van een

geleider het gevolg zijn van de warmtebeweging der elektronen, hebben zij een zeer onregelmatig karakter. Het zijn dus wel wisselspanningen, doch geen sinusvormige wisselspanningen. Ze zijn echter opgebouwd uit wisselspanningskjes die wel sinusvormig zijn. De frequenties van deze sinusvormige wisselspanningskjes bestrijken het gehele frequentiegebied.

De warmtebeweging der elektronen kan hoorbaar gemaakt worden, door een geleider in de vorm van een weerstand als roosterweerstand aan te sluiten tussen het rooster en de kathode van een versterker, op de uitgang waarvan een telefoon of luidspreker is aangesloten. Is de versterkingsgraad van de versterker in het hoorbare gebied van het frequentiespectrum groot genoeg, dan veroorzaakt de telefoon of luidspreker geluidstrillingen, welke op het menselijk gehoor de indruk maken van een geruis.

Rust men de voorversterker uit met een mengschakeling, dan kunnen ook de over de roosterweerstand optredende wisselspanningskjes met frequenties boven het audiefrequentiegebied (audire = horen) hoorbaar gemaakt worden. Op deze wijze kan het hele frequentiespectrum geanalyseerd worden. Welk gebied van het spectrum men ook aftast, het hoorbare resultaat is steeds weer geruis.

Men noemt de als gevolg van de warmtebeweging der elektronen optredende spanning dan ook de *thermische ruis*spanning.

Ook in de geleiders van een telefoonkabel treedt een thermische ruisspanning op. De door ons beschouwde zeekabels vormen hierop geen uitzondering. Daar over zeekabels voor telefonie draaggolftelefonie wordt bedreven, is het van groot belang de sterkte te kennen van de verzameling ruisspanningskjes, die met hun frequenties vallen in het frequentiegebied dat door een draaggolfkanaal wordt bestreken.

Men heeft dan ook de totale ruisspanning geanalyseerd in frequentiebandjes ter breedte van circa 4 kHz en de sterkte van de gehele verzameling spanningskjes in elk van deze bandjes gemeten. Bij deze meting werden niet alle spanningskjes evenveel versterkt. Het menselijke oor hoort namelijk trillingen met zeer lage en zeer hoge frequenties nagenoeg of in het geheel niet, die met wat hogere respectievelijk lagere frequenties beter en trillingen met een frequentie van circa 1000 Hz het beste. Om een geluidsindruk van dezelfde sterkte te weeg te brengen, moeten ruisspanningen met eerstgenoemde frequenties dus veel sterker zijn dan ruisspanningen met frequenties in de buurt van 1000 Hz. Teneinde een juist beeld te krijgen van het effect, dat het thermisch geruis zal hebben op het gehoor, meet men derhalve de ruisspanningen in een frequentieband ter breedte van 4 kHz via een psfometrisch filter. Een psfometrisch filter verzwakt namelijk spanningen met frequenties welke lager respectievelijk hoger zijn dan 1000 Hz meer dan die met frequenties rondom 1000 Hz; het heeft een doorlaatkarakteristiek die het evenbeeld is van de gemiddelde gehoorkromme.

De aldus psfometrisch (met psfometrisch filter type 1951) gemeten thermische ruisspanning blijkt, ongeacht de kabellengte en de plaats van het beschouwde 4 kHz brede bandje in het frequentiespectrum, een sterkte te hebben van $-138,5$ dB (t.o.v. 1 mW = 0 dB), indien de kabel op de plaats van de meting is afgesloten met zijn karakteristieke impedantie. Men noemt deze ruisspanning het *kabelgeruis*. (wordt vervolgd)



59-027

door J. M. LEUNISSE

Schroefdraad.

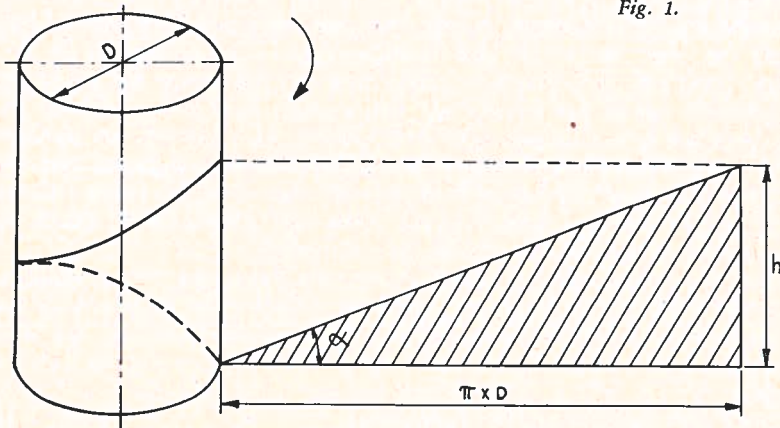
Wanneer we twee stukken metaal aan elkaar vast moeten maken staan zeer vele middelen tot onze beschikking. We noemen o.a. lassen, klinken, solderen en felsen. Deze manieren van het aan elkaar maken van twee metalen hebben één ding gemeen nl., dat zo'n verbinding zonder geweld niet meer te verbreken is. Zij behoren dan ook tot de zgn. vaste verbindingen. Daarnaast kennen wij ook de los-vaste verbindingen. De belangrijkste hiervan is wel de schoefverbinding; bijv. de combinatie bout en moer of bout en getapt gat. Wanneer wij iets hebben vast geschroefd, dan is later altijd de mogelijkheid aanwezig om de verbinding weer los te maken; vandaar dus los-vaste verbinding. Er bestaan verschillende soor-

ten schroefdraad, welke verschillen kunnen bestaan in de afmetingen of de grootte van de draad.

Voor we hier echter over gaan praten zullen we eerst de opbouw van een schroefdraad eens bekijken.

Hiervoor beschouwen we figuur 1. We zien daar een cilinder getekend met een middellijn D . Naast deze cilinder staat een driehoekig stuk papier. De lange rechthoekzijde is nu zo gekozen, dat de driehoek precies éénmaal om de cilinder gewikkeld kan worden. Immers de omtrek van de cilinder is toch $\pi \times D$. De korte rechthoekzijde h is willekeurig genomen. De schuine zijde zal nu een schroeflijn om de cilinder vormen. Deze schroeflijn kunnen we ook bereiken door de cilinder te laten draaien en er een puntige beitel tegen aan te duwen.

Fig. 1.



Wanneer we nu tijdens het draaien de beitел over een afstand h verplaatsen, dan begint het al aardig op een schroefdraad te lijken. De afstand h noemen we de *spoed* en de hoek α de *bellinghoek* van de draad. Deze twee begrip-

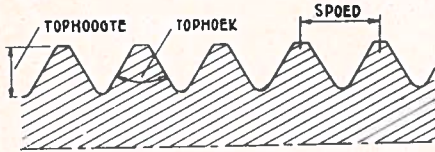


FIG. 2



FIG. 3



FIG. 4 a



FIG. 4 b

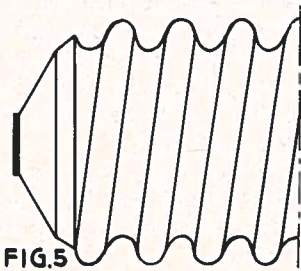


FIG. 5

pen komen steeds weer terug bij elke draadsoort.

We onderscheiden 4 soorten draad naar hun vorm nl.:

- a. driekante schroefdraad, figuur 2,
- b. rechthoekige schroefdraad, figuur 3,
- c. trapeziumvormige schroefdraad, figuur 4a en b,
- d. ronde schroefdraad, figuur 5.



FIG. 6

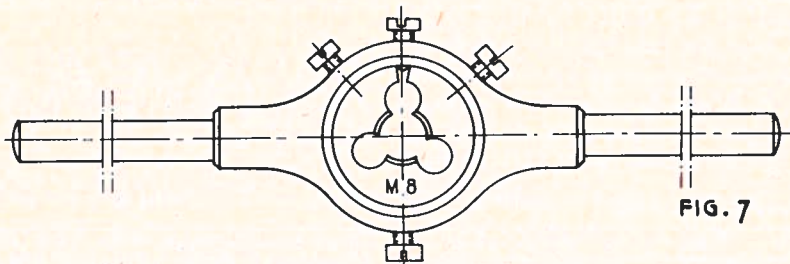
Deze laatste soort komt voor bij onze normale gloeilamp fittingen, maar deze zal door ons nooit gesneden behoeven te worden. De eerste drie zijn dan ook voor ons de belangrijkste. Elke draadsoort heeft voor- en nadelen, maar als we deze tegen elkaar afwegen zullen we toch eerst bepaalde gegevens bij elke draad gelijk moeten nemen.

Daarom nemen we de kernmiddellijn en de spoed van de te vergelijken draadsoorten gelijk.

In figuur 6 is zowel een driekante als een rechthoekige draad getekend; beide met dezelfde spoed en kernmiddellijn. In de kern zijn deze schroefdraden dus even sterk. De draad kan op verschillende manieren vernield worden o.a. de gangen kunnen als het ware afgestroopt worden; afschuiven noemt men dat. Nu zal het niet zo moeilijk zijn om in te zien, dat men de driekante draad over een afstand AB en de rechthoekige draad over een afstand CD moet afschuiven om haar te vernielen. Het eerste zal moeilijker gaan en dus is de driekante draad in het voordeel wat de sterkte betreft. De toppen van driekante draad zijn altijd een zwak punt en worden daarom altijd afgerond of afgeplat.

Bekijken we nu de twee draadsoorten uit het oogpunt van soepel lopen van de schroefdraad, dan is de rechthoekige vorm in het voordeel.

Het wrijvingsvlak van de driekante draad is EF en van de rechthoekige draad GH . De laatste ondervindt dus veel minder weerstand en loopt dus gemakkelijker. Rechthoekige draad treft men om deze reden ook aan bij de draaibank nl.



de transporteur en de schroefdraadspil-
len in het support. Ook de as van een
bankschroef is voorzien van rechthoekige
draad. De trapeziumvormige draad heeft
de voordelen van beide nl. gering wrij-
vingsvlak en toch sterk. De draad van
fig. 4a heeft dit voordeel heel sterk, doch
loopt maar in één richting soepel. Een
ieder zal uit ervaring wel bemerkt hebben,
dat de driekante draad de meest ge-
bruikte is.

Voor we nu de volgende stap gaan ne-
men zullen we eerst eens nagaan waar
een driekante schroefdraad door bepaald
wordt, d.w.z. welke gegevens men moet
hebben om zo'n schroefdraad te kunnen
snijden. Voor een bout wordt dat:

- a. buitenmiddellijn,
- b. spoed,
- c. de tophoek,
- d. de tophoogte,

Voor een moer of getapt gat geldt:

- a. binnenmiddellijn,

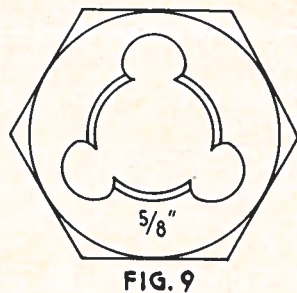
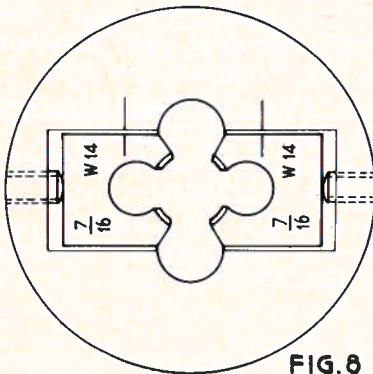
- b. spoed,
- c. de tophoek,
- d. de tophoogte.

Zijn deze grootheden bekend, dan is de
draad zonder meer te maken.

Met deze wetenschap gewapend kan men
zich wel voorstellen, dat men op asjes
van bijv. 10 mm rond verschillende
schroefdraden kan snijden.

Alhoewel de buitenmiddellijn van de as-
jes gelijk is, kan zowel de spoed als de
tophoek verschillen. Oneindig veel com-
binaties zijn mogelijk, wat vroeger dan
ook veel voorkwam. Tegenwoordig is
men zover, dat de schroefdraad genor-
maliseerd is; dit houdt geenszins in, dat
er in de hele wereld maar één soort
schroefdraad bestaat met een bepaalde
tophoek en spoed voor een gegeven mid-
dellijn. Ondanks de normalisatie zijn er
nog een aantal draadsoorten. De meest
bekende zijn wel de *metrische* draad en
de *Witworth* draad.

In normbladen heeft men deze soor-
ten geheel vastgelegd. Zo vindt men
voor metrische draad o.a. het volgende
in deze bladen:



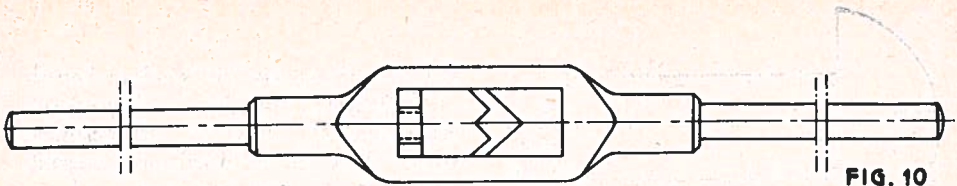


FIG. 10

De tophoek is 60° , de spoed wordt aangegeven in mm, de toppen worden afgeplat en heeft men bijv. een schroefdraad van M8, d.w.z. de buitenmiddellijn is 8 mm, dan staat daarbij precies omschreven hoe groot de spoed is.

Withworthdraad heeft een tophoek van 55° , de spoed wordt opgegeven in gangen per Engelse duim, bijv. $20''$; de toppen worden afgerond. $3/8$ Eng. duim. WW betekent Withworthdraad.

Het snijden van de schroefdraad kan op verschillende manieren gebeuren nl.:

- a. met snijplaat en snijplaatbouder, figuur 7,
- b. met snijkussens en snijraam, figuur 8,
- c. op de draaibank,
- d. met snijmoer en sleutel, figuur 9.

De snijmoer is niet en de snijplaat heel weinig te verstellen.

Gaan wij met deze gereedschappen ook een schroefdraad op een asje aanbrengen, dan moet, voor wat de zuiverheid van de draad betreft, onze verwachtingen niet al te hoog gespannen zijn. Heel dikwijls komt het voor, dat, wanneer we met een snijplaatje een draad gesneden hebben, deze draad al reeds te klein is. Van te voren kunnen we door het schroefje wat aan te draaien het snijplaatje wat uitzetten, doch dat is zeer gering. Willen we een schroef zuiver passend hebben in een getapt gat en staan ons slechts een snijplaat en tappen ter beschikking, dan is het beste eerst te passen of de bout er al ingedraaid kan worden. Past de bout na het doordraaien van de derde tap nog niet, dan kunnen we het snijplaatje wat indrukken met behulp van de schroefjes en daarna de bout nog een keer snijden.

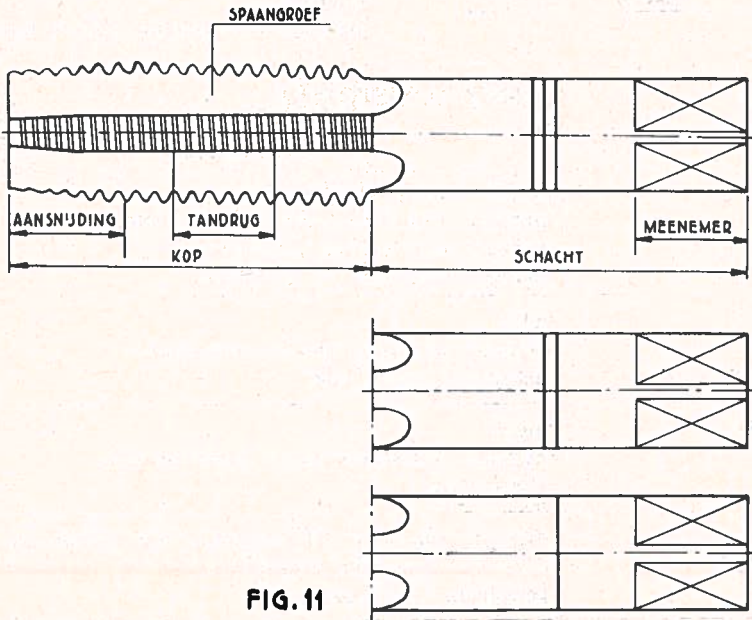


FIG. 11

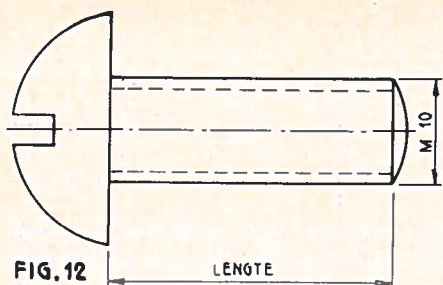


FIG. 12

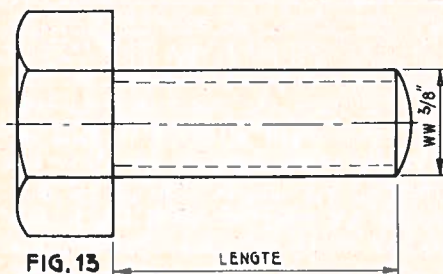


FIG. 13

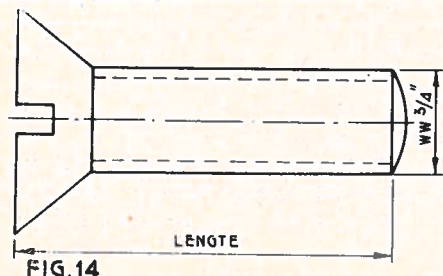


FIG. 14

Met de snijkussens zijn al deze bezwaren opgeheven; men kan de kussens nl. verstellen. De zuiverste schroefdraad wordt echter op een draaibank gemaakt, doch daarover later nog eens.

Het zal wellicht duidelijk zijn, dat als we een gat moeten tappen, het te boren gat *niet* gelijk aan de buitenmiddellijn van de draad moet zijn.

Tot ongeveer M8 kunnen we een gat boren van $0,8 \times$ middellijn. Dus voor bijv. M5, een gat van $5 \times 0,8 = 4$ mm. Voor M3 een gat van $3 \times 0,8 = 2,4$ mm.

De tappen worden meestal ingedraaid met een wringijzer (fig. 10).

In zo'n wringijzer kunnen tappen van verschillende maat. Neem echter nooit een in verhouding tot de tap te groot wringijzer. Men heeft dan niet het juiste gevoel meer bij het tappen, met het gevolg dat de tap breekt. Begin bij het tappen met de eerste tap en niet met de tweede of derde. Op de schacht van de tap is door ringen aangegeven welke tap het is. Tap 1 heeft één ring enz. zie figuur 11.

Wanneer het snijden of tappen wat moei-

SNIJVLOEISTOFFEN

metaal	snijvloeistof
staal	raapolie, reuzelolie, terpentijn, mengsel van vette olie en petroleum, mengsel van zeep en petroleum, mengsel van talk en petroleum.
gietijzer	niets, mengsel van vette olie en petroleum petroleum, zeep, talk.
messing en brons	niets, raapolie, reuzelolie, lichte paraffine olie, zeepspectrum.
aluminium al. legeringen	mengsel van raap- of reuzelolie met petroleum, kaarsvet, terpentijn, zeepspectrum, petroleum, zeepwater.

door P. A. de Boer

(vervolg van blz. 363, 1958).

In dit laatste gedeelte zullen we nog beelden laten zien betreffende vervorming door harmonische trillingen, de menselijke stem en hysteresis verschijnselen.

Van een zuiver sinusvormige trilling kunnen we zeggen dat er niet het minste spoor aanwezig mag zijn van zgn. „harmonische trillingen”, welke altijd een veelvoud zijn van de grondfrequentie. Een voorbeeld van een dergelijke sinusvorm is te zien in fig. 1, die een trilling met een frequentie van 400 Hz weergeeft. Het is een spanning, geleverd door een R-C generator, bekend om zijn vervormingsvrijheid.

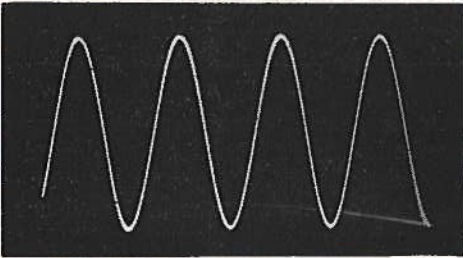


Fig. 1

lijk gaat gebruik dan geen geweld, maar probeer een halve slag terug te gaan. Vooral bij het tappen en snijden van staal moet men steeds deze heen- en weergaande beweging maken.

Wanneer een tap half ingedraaid is, loop dan niet van de plaats af; een voorbij komende buurman zou tegen het wringijzer aan kunnen lopen.

Meet steeds met een blokhaak of de tap nog loodrecht op het werk staat.

Voor het verwijderen van gebroken tappen gelden dezelfde regels als beschreven bij het artikel over boren.

Tot slot een opmerking over de maten van bouten en schroefjes.

Wat wordt nu de afwijking van de sinusvorm als bijv. 25% derde harmonischen (fig. 2), of wel 25% met een frequentie van 1200 Hz, wordt bijgevoegd?

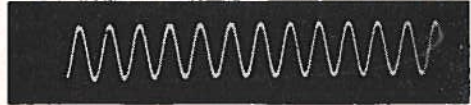


Fig. 2

Uit een tekening, zie fig. 3, blijkt wat het resultaat is; dit onder voorbehoud dat de beginpunten der beide trillingen precies samenvallen, evenals hun richtingen.

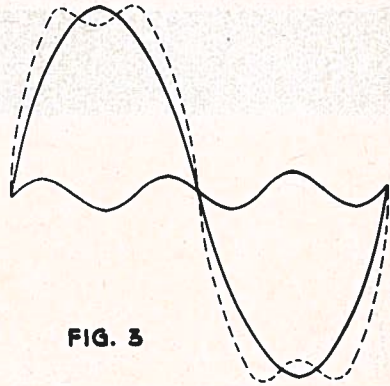


FIG. 3

Een bout of een schroefje wordt altijd aangegeven door de maat van de schroefdraad en de lengte. Bovendien wordt de vorm van de kop aangegeven. De lengte is dat deel, dat in het materiaal verdwijnt. Bij een bout of een bolkop-schroef is de kop dus niet inbegrepen. Bij een schuinkopschroef wel (zie fig. 12 t/m 14).

Zo kan men bijv. tegenkomen:

WW 3/8" × 1 1/4" zeskante kop; d.w.z. een bout met Withworth draad van 3/8" en een lengte van 1 1/4" of M10 × 40 schuinkop, d.w.z. een schroef met metrische draad van 10 mm en 40 mm lang.

Op ieder moment de beide amplituden optellend, ontstaat de gestippelde vorm. Een foto-opname is te zien als fig. 4.

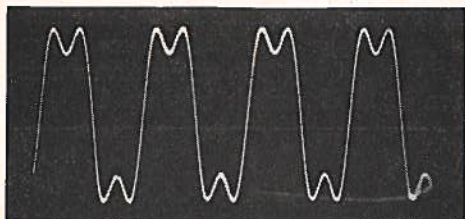


Fig. 4

Als aan de trilling van 400 Hz (fig. 1) een zwakkere van 800 Hz wordt toegevoegd (fig. 5), dan ontstaat als resultante een geheel andere figuur, getekend in fig. 6.



Fig. 5

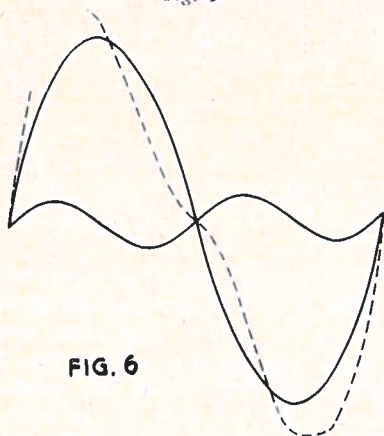


FIG. 6

Ook hier zijn de beginpunten van beide frequenties en hun richtingen gelijk. Dit is natuurlijk altijd het geval wanneer we de vervorming, ontstaan in een versterker, bestuderen.

We kunnen echter ook de beginpunten *niet* laten samenvallen, indien we twee trillingen samenvoegen met behulp van een transformator, fig. 7.

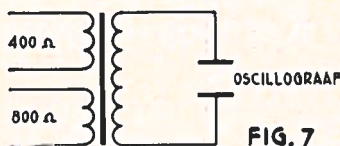


FIG. 7

Betrekken we beide frequenties uit afzonderlijke generatoren — waarvan één vast ingesteld en de andere een weinig variabel is — dan kunnen figuren als op de foto in fig. 8 worden verkregen. Hierbij was op het moment van fotograferen de 2e harmonische 90° voorijlend op de grondgolf.

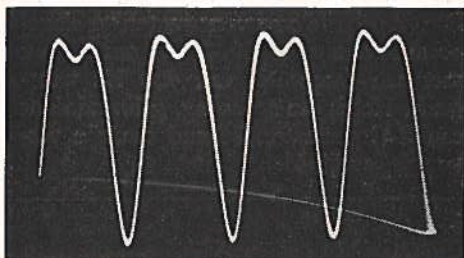


Fig. 8

Als de generator, welke de 2e harmonische levert, iets afwijkt t.o.v. de grondfrequenties, zien we langs de sinusvorm een golving bewegen, waardoor de figuur steeds een andere gedaante krijgt. Het is nu maar een kwestie van op het juiste moment de sluiters te openen als men fig. 8 wenst vast te leggen.

Om misvatting te vermijden wordt hierbij opgemerkt, dat er geen sprake is van modulatie. Er gebeurt niets anders dan dat twee trillingen worden samengevoegd, waarbij geen nieuwe frequenties ontstaan.

En dit laatste is juist het kenmerk van modulatie.

Aansluitend op de voorgaande beschouwing over grondtrillingen en harmonischen kunnen we uitstekend het verschil tussen de klanken van muziekinstrumenten onder de loupe nemen. Het zal de lezer wel eens zijn opgevallen, dat van twee gelijke instrumenten, bijv. piano's,

de klank van de ene weldadiger aandoet dan van de andere, (hoewel beide goed gestemd zijn). Men zegt dan wel dat de „klankkleur” verschilt. Ditzelfde is trouwens het geval als we twee *verschillende* instrumenten vergelijken, welke beide dezelfde toonhoogte produceren. Toch klinken zij heel verschillend. Dat komt door de verschillende percentages harmonischen welke de instrumenten, tegelijk met de grondtrillingen, opwekken.

Ook bij de menselijke stem komt dit voor. Als we spreken wekken we (grond)-frequenties op tot ong. 800 Hz; het percentage veelvouden van elke opgewekte trilling, gelijktijdig door de spraakorganen opgewekt, stelt ons in staat een bepaalde stem te herkennen. Vooral dit verschil van toegevoegde frequenties bepaalt het onderscheid tussen onze stemmen. (Hierbij laten we gevallen van personen, die een zeer hoog of bijzonder laag stemgeluid bezitten, buiten beschouwing). Ook de manier van uitspreken, — accent — wordt hier niet bedoeld.

Fig. 9 is een momentopname van de trilling, voortgebracht bij het uitspreken van de letter a.

Het is een gedempte trilling. De stembanden veroorzaken dit door vele malen per seconde open en dicht te gaan, waardoor de trilling een impulsachtig karakter krijgt.

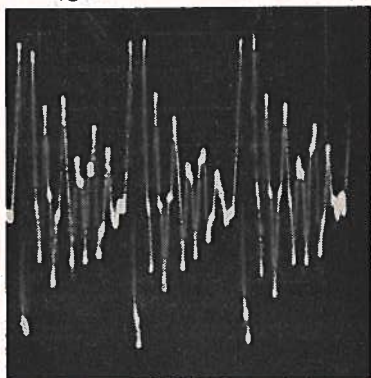


Fig. 9

Hierdoor wordt evenzo vele malen een luchtprop in de mond geslingerd.

De holten van de mond veroorzaken het gedempte karakter dat typerend is voor de voortgebrachte klank.

De letter a wordt tijdens het voortbrengen sterk gedempt, doordat de mond dan zodanig wordt gevormd dat een holte ontstaat met zachte wanden en een wijde opening.

Bij een zwak gedempte trilling geschiedt het wegsterven in een langzamer tempo. De letter o bijvoorbeeld — fig. 10 — wordt minder gedempt doordat de mond zich dan zet tot een holte met harde wanden en een nauwe opening.

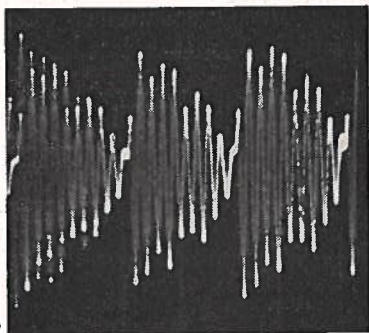


Fig. 10

Interessant is het feit, dat bij fig. 9 een groot percentage harmonischen aanwezig moet zijn, terwijl fig. 10 meer de regelmatige sinusvorm benadert. Zoals reeds werd uiteengezet, is in belangrijke mate de sterkte van de harmonischen kenmerkend voor de klankverschillen, waaraan wij een stem herkennen.

Bij iedereen zal dan ook — al zou de oscillograaf dit niet eens kunnen aantonen — het percentage harmonischen van de grondtrilling verschillend zijn, al wordt voor het gehoor dezelfde letter voortgebracht.

Ook het verklaren van hysteresis-verschijnselen is mogelijk met behulp van de kathodestraaloscillograaf. Zoals bekend mag worden verondersteld, zal in een

zachtstalenkern bij magnetisatie een krachtlijenveld ontstaan; dit krachtlijenveld echter blijft altijd iets achter bij de toename van de bekrachtiging.

Dit verschijnsel is een traagheidsverschijnsel en men noemt het hysteresis. Hiervan kan een grafiek worden opgenomen, waarbij op de horizontale as het aantal AW wordt uitgezet en verticaal het aantal krachtlijnen; volgens de wijze, aangegeven in fig. 15, kan een en ander ook met de oscillograaf vertoond worden.

De bekrachtigde zachtstalenkern, welke voor dit doel gebruikt werd, was gestapeld uit E blikjes, waarop een sluitstukje was aangebracht, dat met een schroef omhoog gedraaid kon worden; dit is voorgesteld in fig. 11.

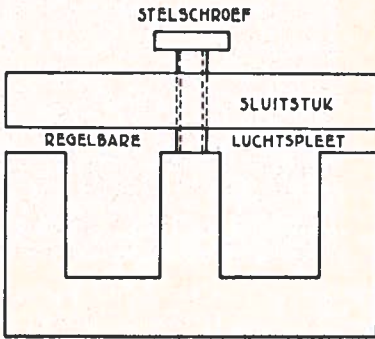


FIG. 11

Hierdoor ontstond een luchtspleet (welke regelbaar was) tussen kern en sluitstukje, waardoor de kern bij opdraaien van het sluitstukje niet meer verzadigd kon worden.

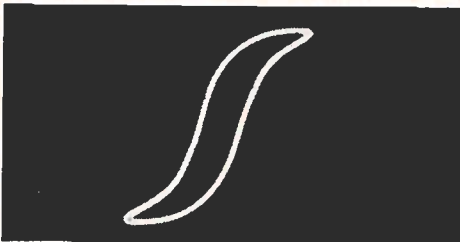


Fig. 12 Hysteresislus van verzadigde zachtstalenkern

In fig. 12 wordt de hysteresislus getoond, verkregen bij een verzadigde zachtstalenkern zonder luchtspleet.

Nu volgt fig. 13, waarbij het sluitstukje iets omhoog geschroefd was; tengevolge hiervan was de kern minder verzadigd.

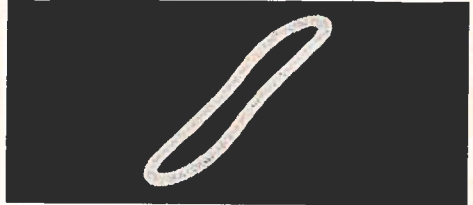


Fig. 13

Hysteresislus van zachtstalenkern met kleine luchtspleet

Wordt het sluitstukje geheel omhoog gedraaid, zodat een luchtspleet van 2 mm ontstaat, dan zien we fig. 14 verschijnen.



Fig. 14

Bij vergroting van de luchtspleet tot 2 mm verandert de hysteresislus in een rechte lijn.

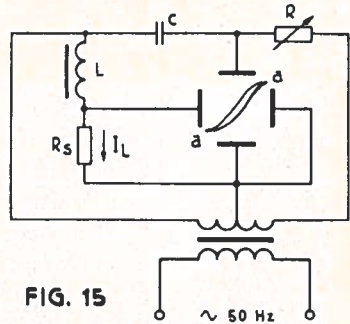


FIG. 15

Schakeling voor zichtbaar maken van hysteresisverschijnselen

Fig. 15 toont ons de toegepaste schakeling.

Iets over telecommunicatie in het algemeen en draaggolftelefonie in het bijzonder.

59-029

door N. O. W. MOUNTAIN

Zoals in het januari-nummer vermeld, zullen we ons nu eens wat gaan verdiepen in het transmissiegedeelte van een „modern” 48 kanalen draaggolf-systeem.

In figuur 58 is de transmissieweg van A naar B voor 48 kanalen blokschematisch weergegeven.

Terwille van de eenvoud is slechts dát gedeelte van de transmissie-apparatuur aangegeven, nodig voor de spreekrichting van A → B. In A is dus alleen het „zendende” gedeelte — en in B alleen het „ontvangende” gedeelte van de transmissie-apparatuur voorgesteld.

De opbouw, zoals in figuur 58 is weergegeven, geldt voor het Philips STR 7, 48 kanalen (4 kHz) systeem.

Alhoewel dit systeem als „modern” wordt aangeduid is het toch al ruim 10 jaar bij de PTT in gebruik.

Zoals we aan de hand van genoemde figuur kunnen zien, zijn de 48 kanalen verdeeld in vier groepen ieder van 12 kanalen.

We nemen aan dat de spraakfrequentieband, waarmee wij gaan werken, een breedte heeft van ca. 0,3 kHz (1). Deze (laagfrequente) spraakfrequentieband wordt aan de „ingang” van de kanaallade toegevoerd en *TWEEMAAL* in de *KANAALLADE* gemoduleerd.

De eerste modulatie-frequentie, waarmee het laagfrequente signaal wordt gemoduleerd bedraagt voor ALLE kanalen 60 kHz (2). Na deze eerste modulatie ontstaan dan twee zijbanden, zoals in figuur 59 is aangegeven (3). Via een scherp bandfilter wordt dan de „boven”zijband wel en de „onder”-zijband niet doorgelaten (4). Figuur 60 laat ons de elektrische opbouw van zo'n scherp bandfilter zien.

Op de verticale platen, welke zorgen voor de horizontale afbuiging van de straal, is een spanning evenredig met de stroom door de te meten zelfinductie werkzaam. Deze komt overeen met het aantal AW van de spoel, welke bij een getekende grafiek worden uitgezet.

Verticaal behoort het aantal krachtlijnen te worden uitgezet; deze inductie is evenredig met de reactiespanning, welke van de aangelegde spanning afgeleid kan worden. De weerstand R en de condensator C zorgen voor de juiste fazeverhouding tussen beide werkzame spanningen, die de electronenstraal besturen.

Ter verduidelijking kan opgemerkt worden, dat de horizontale en de vertikale

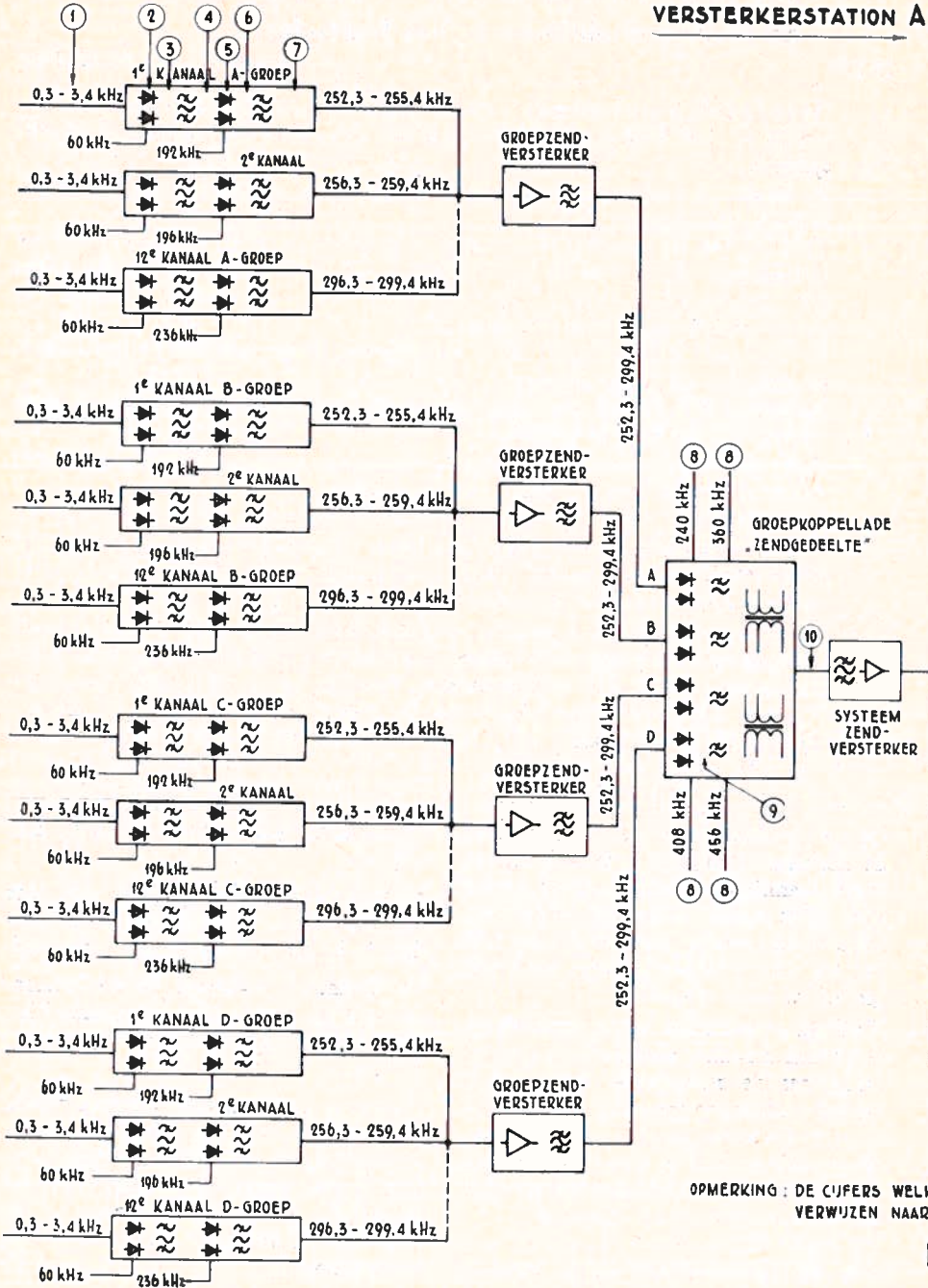
spanningen gelijktijdig maximaal zijn (bij a).

Zij zijn echter niet gelijktijdig nul; door de remanentie (achterblijvend magnetisme) is de stroomkromme vervormd.

De spanning, werkzaam op de horizontale platen, wordt niet vervormd; hierdoor ontstaat de opening in de hysteresislus.

Naarmate de luchtspleet vergroot wordt, of wel de zelfinductie verkleind, zal de stroomkromme minder vervormd worden. Beide spanningen zullen dan ook gelijktijdig nul worden, hetgeen tot uiting komt in de figuur, welke een rechte lijn vertoont.

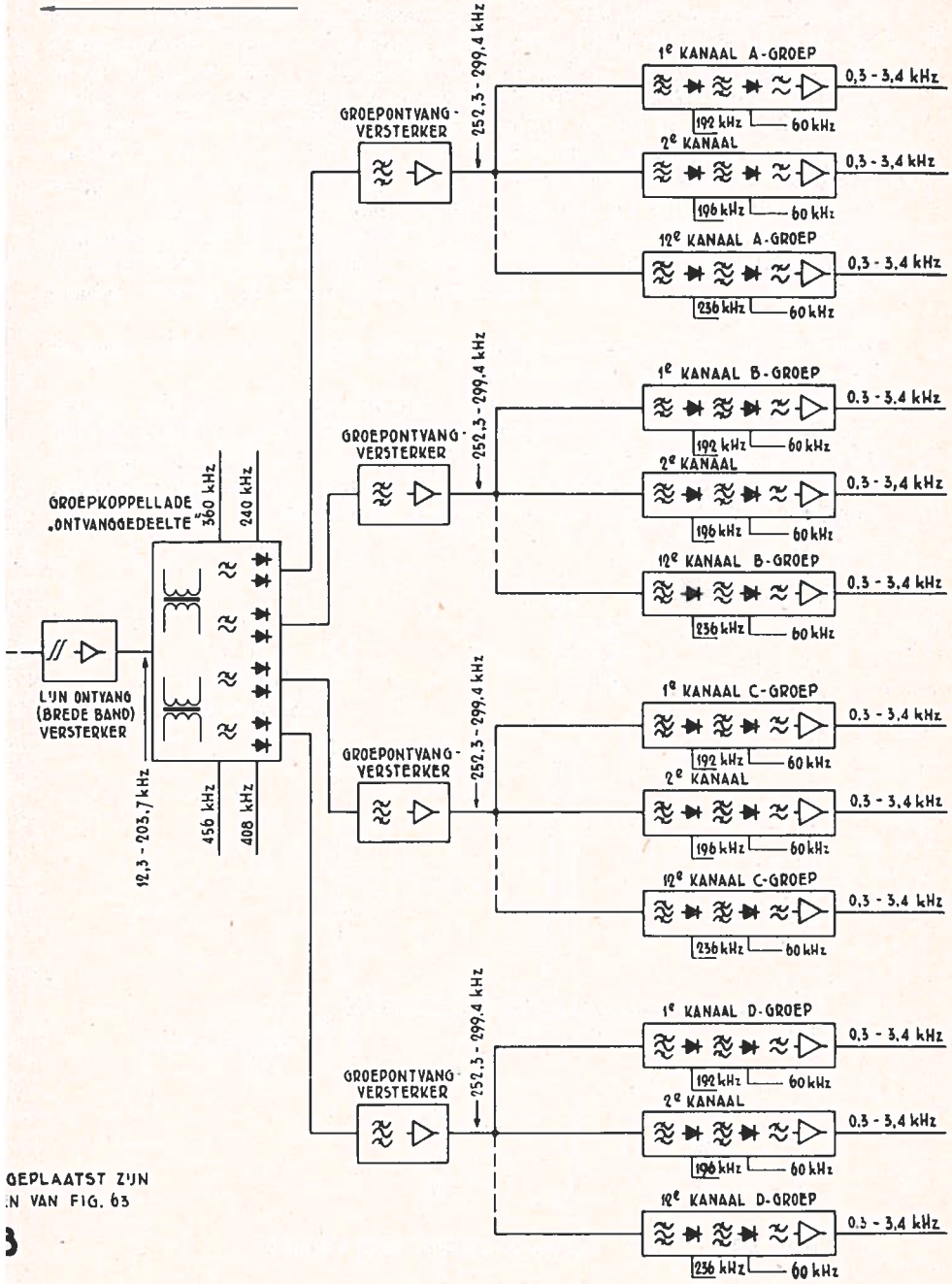
KANAALLADEN „ZENZIJDE“ GEDEELTE



OPMERKING: DE CIJFERS WELKE VERWIJZEN NAAR (

VERSTERKERSTATION B

KANAALLADEN „ONTVANG ZIJDE” GEDEELTE



GEPLAATST ZIJN IN VAN FIG. 63

3

De doorgelaten zijband wordt nu voor de tweede maal gemoduleerd, doch nu met een frequentie welke voor elk van de twaalf kanalen uit één (A-, B-, C- of D) groep verschillend is (5). Deze tweede modulatiefrequentie noemen we dan ook de *KANAALMODULATIE*-frequentie, omdat deze frequentie de kanaalplaats (1 12) bepaalt. Voor de kanalen 1 van de A-, B-, C- en D groep is dit 192 kHz en voor elk der daarop volgende 11 kanalen is deze frequentie 4 kHz hoger ten opzichte van het voorliggende kanaal. Voor de kanalen 12 is de kanaalmodulatiefrequentie dus $192 + (11 \times 4)$ kHz = 236 kHz. Na deze kanaalmodulatie ontstaan weer twee zijbanden zoals figuur 61 ons laat zien voor bijvoorbeeld kanaal 1 (punt (6) figuur 58).

Zo we reeds hebben kunnen zien (figuur 59) liggen na de eerste (vóór)modulatie met 60 kHz de ontstane zijbanden dicht bij elkaar, zodat een relatief kostbaar (ca. f 200,—) bandfilter nodig is om de gewenste zijband uit te filteren.

De na de tweede modulatie ontstane zijbanden liggen echter veel verder uit elkaar, zoals figuur 61 ons laat zien.

Om nu de gewenste bovenzijband uit te filteren (zie (7) fig. 58), kunnen we gebruik maken van een zeer eenvoudige filterschakeling, in figuur 62 (blz 118) voorgesteld. Dat de uitvoering van dit „kanaal” filter veel goedkoper is, is wel aan de elektrische opbouw te zien (de kostprijs van dit filter bedraagt ongeveer 1/10 van de prijs van het „scherpe” bandfilter).

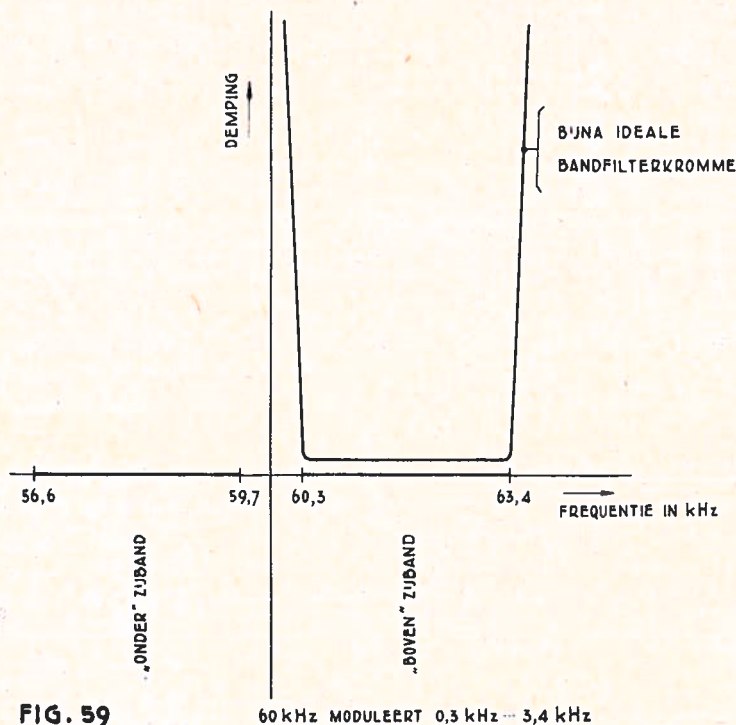


FIG. 59

60 kHz MODULEERT 0,3 kHz - 3,4 kHz

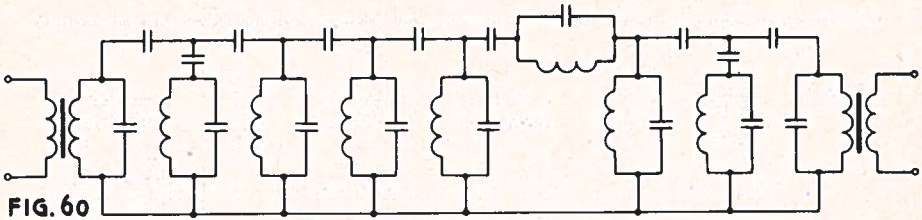


FIG. 60

Wat hebben we nu o.a. door deze dubbele modulatie bereikt? Wel, voor alle kanalen kunnen we eenzelfde scherp (dus relatief kostbaar) bandfilter toepassen. Daar deze filters dus in grote hoeveelheid (ca. 12500 stuks zijn er bij de PTT in gebruik) aangemaakt konden worden, werd de fabricageprijs belangrijk lager. Het tweede filter (een eenvoudige serie-resonantie kring), wat voor elk der kanalen 1 12 een andere afstemfrequentie heeft, kon van goedkope samenstelling zijn*).

Achter de kanaalfilters ($1 \div 12$) worden de twaalf kanaalladen van één groep parallel geschakeld. Als gevolg van de genoemde bewerkingen van het laagfrequenteingangssignaal, is het energieniveau van dit oorspronkelijke laagfrequenteingangssignaal op het koppelpunt zodanig laag (zwak), dat er eerst een versterker nodig is om dit verzwakte signaal op een juist (hoger) energieniveau te brengen.

De bedoelde versterker wordt GROEPZENDERVERSTERKER genoemd, omdat met behulp van deze versterker het energieniveau van een groep van twaalf kanalen wordt „opgehaald”. In deze versterker is ook nog een scherp bandfilter (bandbreedte 252 kHz — 300 kHz) aangebracht om eventueel, tijdens de eerste twee modulaties, in de kanaalladen ontstane ongewenste modulatieproducten te onderdrukken.

Bekijken we figuur 58 nog eens, dan zien we, dat we vier groepen (van ieder 12 kanalen) hebben, welke aan elkaar gelijk zijn en ieder als groep eindigen achter een groepzenderversterker.

Deze vier groepen komen tezamen (worden met elkaar gekoppeld) in een zogenaamde groepkoppellade.

In deze groepkoppellade krijgt elk van de vier groepen zijn plaats aangewezen. In de groepkoppellade wordt nl. bepaald, welke groep als A-, B-, C- of D-groep de draaggolfkabelader wordt opgezonden. Het „hoogfrequente” signaal (groepfrequentieband 252,3 kHz—229,4 kHz), dat naar de eerste (de groepkoppellade heeft vier ingangen) groepingang wordt gevoerd, wordt in de groepkoppellade met een groepfrequentie van 240 kHz gemoduleerd. Van de, na deze groepmodulatie, twee ontstane zijbanden wordt de onderzijband via een eenvoudig „low-pass”-filter doorgelaten. De nu overgebleven (zijband)frequentieband vertegenwoordigt een groepfrequentieband, welke wij de A-groep noemen.

Een tweede groepfrequentieband (252,3 kHz—299,4 kHz) wordt bijv. naar de

*) Alhoewel in de figuur 58 de indruk wordt gegeven dat het kanaalfilter in de kanaallade is gemonteerd, is dit in werkelijkheid niet het geval. De kanaalfilters zijn nl. in het rek gemonteerd waarin de kanaalladen zijn ondergebracht. Dit heeft het praktische voordeel, dat alle kanaalladen nu onderling aan elkaar gelijk zijn en zodoende zonder meer onderling uitgewisseld kunnen worden.

Kanaal	(1) Sprakfre- quentie band	(2) Eerste (voór) modulatie frequentie	(3) Twee zijbanden	(4) Doorgelaten zijband	(5) Tweede (Ka- naal)modula- tie frequentie	(6) Twee zijbanden
A-groep	1	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	192 131.7—128.6 252.3—255.4
	2	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	196 135.7—132.6 256.3—259.4
	3	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	200 139.7—136.6 260.3—263.4
	4	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	204 143.7—140.6 264.3—267.4
	5	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	208 147.7—144.6 268.3—271.4
	6	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	212 151.7—148.6 272.3—275.4
	7	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	216 155.7—152.6 276.3—279.4
	8	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	220 159.7—156.6 280.3—283.4
	9	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	224 163.7—160.6 284.3—287.4
	10	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	228 167.7—164.6 288.3—291.4
	11	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	232 171.7—168.6 292.3—295.4
	12	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	236 175.7—172.6 296.3—299.4
B-groep	1	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	192 131.7—128.6 252.3—255.4
	1	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	196 135.7—132.6 256.3—259.4
	12	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	236 175.7—172.6 296.3—299.4
C-groep	1	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	192 131.7—128.6 252.3—255.4
	2	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	196 135.7—132.6 256.3—259.4
	12	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	236 175.7—172.6 296.3—299.4
D-groep	2	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	192 131.7—128.6 252.3—255.4
	2	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	196 135.7—132.6 256.3—259.4
	12	0.3—3.4	60	59.7—56.6 60.3—63.4	60.3—63.4	236 175.7—172.6 296.3—299.4

Opmerking: Alle frequentiewaarden zijn in kHz uitgedrukt

(7)	(8)	(9)	(10)
Doorgelaten zijband	Groepsmodulatie frequentie	Twee zijbanden	Doorgelaten zijband
52.3—255.4	240	12.3—15.4 492.3—495.4	12.3—15.4
56.3—259.4		16.3—19.4 496.3—499.4	16.3—19.4
60.3—263.4		20.3—23.4 500.3—503.4	20.3—23.4
64.3—267.4		24.3—27.4 504.3—507.4	24.3—27.4
68.3—271.4		28.3—31.4 508.3—511.4	28.3—31.4
72.3—275.4		32.3—35.4 512.3—515.4	32.3—35.4
76.3—279.4		36.3—39.4 516.3—519.4	36.3—39.4
80.3—283.4		40.3—43.4 520.3—523.4	40.3—43.7
84.3—287.4		44.3—47.4 524.3—527.4	44.3—47.4
88.3—291.4		48.3—51.4 528.3—531.4	48.3—51.4
92.3—295.4		52.3—55.4 532.3—535.4	52.3—55.4
96.3—299.4		56.3—59.4 536.3—539.4	56.3—59.4
52.3—255.4	360	107.7—104.6 612.3—615.4	155.7—152.6
56.3—259.4		103.7—100.6 616.3—619.4	151.7—148.6
96.3—299.4		63.7—60.6 656.3—659.4	63.7—60.6
52.3—255.4	408	155.7—152.6 660.3—663.4	107.7—104.6
56.3—259.4		151.7—148.6 664.3—667.4	103.7—100.6
96.3—299.4		111.7—108.6 704.3—707.4	111.7—108.6
52.3—255.4		203.7—200.6 708.3—711.4	203.7—200.6
56.3—259.4	456	199.7—196.6 712.3—715.4	199.7—196.6
96.3—299.4		159.7—156.6 752.3—755.4	159.7—156.6

Fig. 63

tweede ingang van de groepkoppellade gevoerd en in de groepkoppellade met een groepmodulatie-frequentie van 360 kHz gemoduleerd. Na deze modulatie wordt wederom de onderzijband via een eenvoudige „low-pass”filter doorgelaten en als B-groep de draaggolfkabelader opgezonden. De beide groepfrequentie-banden worden naar de ingangen 3 en 4 van de groepkoppellade gevoerd en respectievelijk met de groepmodulatie frequenties 408 kHz en 456 kHz gemoduleerd. Ook van deze beide groepen worden via eenvoudige „low-pass”-filters de onderzijbanden doorgelaten als C- en D-groepen.

Werden de kanaalladen per groep van twaalf zonder meer parallel geschakeld, de vier groepen in de groepkoppellade worden via een dubbele vorkschakeling samengevoegd.

Om het energieniveau van de vier groepzijbanden wederom op het (juiste) niveau te brengen, wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde systeem (zender versterker). In deze versterker bevindt zich nog een bandfilter (bandbreedte 12 kHz—204 kHz) om ongewenste modulatieprodukten te onderdrukken.

Aan de uitgang van deze systeem zenderversterker is nu de gehele frequentieband (12 kHz—204 kHz) aanwezig, waarin de oorspronkelijke 48 laagfrequente spraakfrequentiebandjes zijn ondergebracht.

Figuur 63 geeft een overzicht van de diverse modulaties, welke de 48 laagfrequente spraakfrequentiebandjes moeten ondergaan om tot de draaggolfkabelader „toegelaten” te worden.

Tot zover het transmissie zendgedeelte van het Philips STR 7 systeem. Aan de hand van figuur 58 is na te gaan dat het demoduleren van de 48 spraakfrequentiebanden (dus de frequentieband 12 kHz—204 kHz terugbrengen tot 48

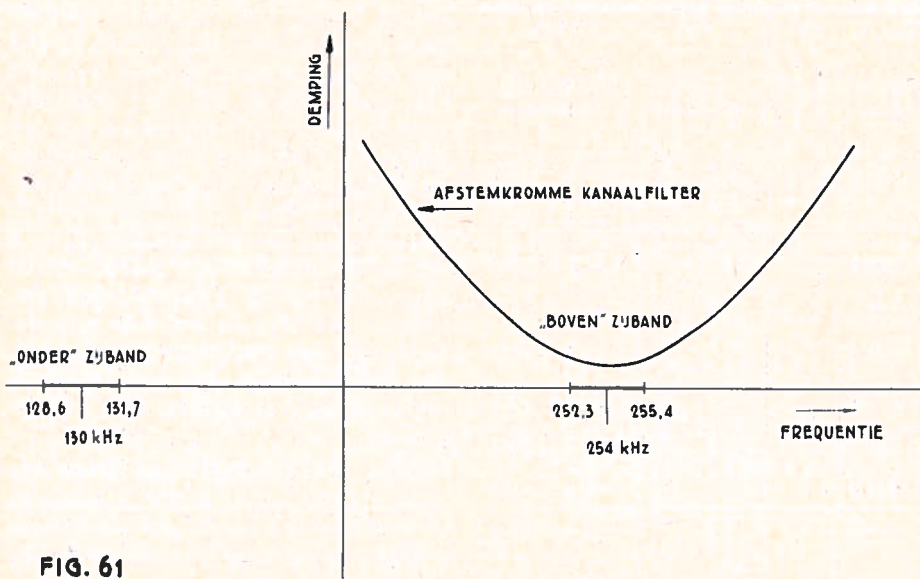


FIG. 61

192 kHz KANAAL MODULATIE FREQUENTIE

laagfrequente spraakfrequentiebandjes) in het ontvangende versterkerstation in drie geheel analoge modulatiestappen in omgekeerde volgorde geschiedt. In een volgend artikel zal het een en ander verteld worden over de opwekking van de diverse draaggolf frequenties, welke we voor de modulaties in het transmissiegedeelte nodig hadden.

Het bespreken van het STR 7 systeem zal beperkt blijven tot blokschematische voorstellingen. In de nog komende artikelen hopen we wat dieper op de werking en uitvoering van het 32 kanalen Philips STR 112 systeem in te kunnen gaan. Dit 32 kanalen systeem, ook wel het „vereenvoudigde draaggolf-systeem” genoemd, is van latere (dus moderner) uitvoering en wordt nog steeds bij de PTI te Hilversum (Philips Telecommunicatie Industrie) gefabriceerd en door de PTT voor de uitbreiding van het draaggolftransmissienet toegepast.



FIG. 62

* * *



Examen-vragen

59-030

- Als voor de trafo, waarover vraag 6 in het februari-nummer 1959 handelt, een stroomdichtheid geldt van 3 A/mm^2 , hoe dik is dan de draad van de primaire en de secundaire wikkeling?
- Gevraagd wordt het vermogen te berekenen als er in een bepaald circuit een stroom van 20 A wordt gemeten. De aangesloten spanning bedraagt 60 volt .
- Een elektrisch apparaat heeft een weerstand van 50Ω , terwijl de stroom 10 A bedraagt. Gevraagd wordt het vermogen te bepalen.
- Twee magneetpoltjes $m_1 = 20$ en $m_2 = 30$ hebben wij zo geplaatst, dat de afstand tussen deze poltjes 5 cm bedraagt.

Bereken de kracht in grammen welke deze poltjes op elkaar uitoefenen.

- Een gelijkstroommotor heeft een inwendige weerstand gelijk aan $0,2 \Omega$. Wanneer deze gelijkstroommotor vol belast wordt is de stroom, die door deze motor wordt afgenomen 25 A . De spanning, waarop deze gelijkstroommotor is aangesloten, is 48 V . Gevraagd wordt:
 - Hoe groot is de tegen-emk bij de belasting van 25 A ?
 - Welke waarde heeft de stroom in het anker bij het inschakelen van deze motor?
- Een draadspoel heeft een ohmse weerstand van 6Ω . De inductieve weerstand bedraagt 8Ω , terwijl de aangesloten frequentie $f = 50 \text{ Hz}$ en de wisselspanning 40 V is. Gevraagd wordt na te gaan :
 - De schijnbare weerstand
 - De stroom in de spoel
 - $\cos \varphi$
 - De coëfficiënt van zelfinductie
- Wij sluiten een spoel aan op een wisselspanning van 250 V , terwijl de frequentie $f = 50 \text{ Hz}$ is. De opgenomen stroom bedraagt nu 5 A . Wanneer wij deze zelfde spoel aansluiten op een gelijkspanning van 50 V , dan blijkt de opgenomen stroom eveneens 5 A te zijn. Nu wordt gevraagd te berekenen:
 - De schijnbare weerstand
 - $\cos \varphi$
 - De coëfficiënt van zelfinductie.

Wij willen in dit artikel allereerst aandacht schenken aan een belangrijk onderdeel van ons bedrijf, nl. het deel dat zorgt voor de huisvesting van onze kostbare installaties en dat ons een plaats verschafft waar wij ons werk kunnen verrichten. Dit deel is de *Centrale Afdeling Gebouwen*, de CAG. Deze is na de oorlog ontstaan uit de gegroeide behoefte, alles wat gebouwenzaken bij PTT betreft, te bundelen en in één hand te houden. Vroeger was dat niet zo; vóór de oorlog was het optrekken van een nieuw gebouw en verbouwing van een bestaand, een zaak van rechtstreeks overleg tussen de belanghebbende afdeling(en), dus Post, Telefonie, K en V e.d., met de Rijksgebouwendienst. De Rgd, ressorterend onder de Minister van Volkshuisvesting en Bouwnijverheid, was en is het overheidsorgaan dat alle gebouwen-aangelegenheden voor het Rijk behandelt.

Eigen bouwkundigen, specialisten dus in het vak, hadden wij destijds niet. Gebouwen had PTT reeds in een groot aantal. Bij het einde van de oorlog bleek, dat PTT een enorm bouwprogramma zou moeten gaan verwezenlijken. Dit bestond zowel uit herstel van belangrijke oorlogsschade, uit noodzakelijke, door de oorlog achtergebleven uitbreiding van bestaande gebouwen en uit een omvangrijke hoeveelheid nieuwbouw projecten.

Besloten werd over te gaan tot het instellen van een *eigen* gebouwenafdeling. Oorspronkelijk heette deze afd.: Dienst Gebouwen; later is dit omgedoopt tot Centrale Afdeling Gebouwen (CAG). Hiermede zou bereikt worden dat door bouwkundig geschoolde ambtenaren met een langdurige ervaring en een gespe-

cialiseerde kennis van het bouwvak en het bouwbedrijf op deskundig verantwoorde, economische en doelmatige wijze de PTT bouwprojecten zouden ontworpen worden, die geheel aangepast zijn aan de zeer speciale en dikwijls ingewikkelde bedrijfseisen. Dit alles met inachtneming van de in de PTT-begroting opgenomen gelden voor de bouwwerken en een juiste verdeling van het beschikbaar gestelde bouwvolume.

Hierdoor werd de Rgd dus in belangrijke mate ontheven van de interne voorbereiding der bouwprojecten.

De architectonische en constructieve behandeling der projecten bleef vooralsnog geheel in handen van de Rgd. De hoeveelheid werk nam echter zodanig toe dat ook de Rgd het niet meer aan kon.

In een overeenkomst tussen de Directeuren-Generaal van PTT en Rgd werd onder goedkeuring van de betreffende ministers, vastgelegd dat in bepaalde gevallen door PTT de opdrachten voor bouwwerken aan particuliere architecten gegeven zouden kunnen worden.

Tot welke omvang deze opdrachten zijn toegenomen moge blijken uit het aantal van 35 particuliere architecten, dat thans aan bouwprojecten voor PTT werkt, terwijl daarnaast ook de Rgd nog een groot aantal projecten onderhanden heeft.

Laten we eens proberen een indruk te geven van de bouwomvang van PTT. Het aantal bestaande panden, waarin PTT-delen gehuisvest zijn, is ongeveer 2100 t.w. 500 postinrichtingen, 1500 telefoongebouwen en 100 andere gebouwen. Bij de postinrichtingen moeten we er natuurlijk aan denken, dat sommige behuizingen eigendom zijn van de be-

woners, nl. kantoor- of stationhouders, en PTT daar dus geen bemoeienis mee heeft, al springt hij soms wel eens bij. Dit buiten beschouwing latende, zal het duidelijk zijn dat het indrukwekkende aantal van 2100 het nodige onderhoudswerk meebrengt en ook uitbreidingen niet van de lucht zijn. Daarnaast hebben we dan de zuivere nieuwbouw. Lopende zijn o.a. de postgebouwen in Rotterdam, Eindhoven, Amersfoort en Heemstede, terwijl het werk voor het nieuwe postgebouw in Amsterdam in '59 begint. Nieuwe telefooncentrales zullen nodig zijn voor de uitbreiding van de stadswijken in Amsterdam, den Haag, Rotterdam, Utrecht en Nijmegen.

Districtscentrales komen er in Eindhoven, Haarlem en Leeuwarden. De bekende radiatoren zullen worden aangevuld met objecten in Lopik en Smilde. Dit is intussen maar een greep. Voor de voortzetting van werken, nieuwe projecten en aankoop terreinen is in '59 niet minder dan 41 miljoen uitgetrokken.

Het spreekt vanzelf dat de behoefte aan nieuwe gebouwen of grote uitbreidingen bij PTT jaren vooruit bekend moet zijn. Dit houdt natuurlijk verband met de plannen voor de centrales, de ontwikkeling van de radiodiensten, de uitbreiding en mechanisering van de postdienst enz. Er is dus een werkplan, dat zich over vele jaren uitstrekt. De CAG zoekt tezamen met de direct geïnteresseerden (de as. gebruikers) naar de meest praktische en economische oplossingen. De voorbereidende werkzaamheden worden voor zover het de telefoondienst betreft, gecoördineerd door CO — die, zoals reeds in een vroeger artikel werd verteld, een grote rol speelt — en door PFA voor zover het de postdienst betreft. CAG bemoeit zich dan met de aankoop van de terreinen, maakt voorontwerpen, stelt een eisenschema op, verschaft gegevens, geeft de bouwopdracht aan de Fgd, resp. de particuliere

architecten, leidt tijdens de bouw de coördinatie tussen architecten, adviseurs en toekomstige gebruikers, controleert nadien of de uitvoering in overeenstemming is met de opzet en houdt toezicht op betalingen aan aannemers e.d.. Dit geldt natuurlijk eveneens voor de uitbreiding van bestaande panden.

Het is niet alleen de Rgd en de particuliere architecten en adviseurs voor constructie en installaties, waarmede onderhandeld moet worden. Ook Domeinen, provinciale en gemeentelijke autoriteiten en particulieren vragen aandacht, tijd en overredingskracht.

Uit een en ander volgt, dat er bij de voorbereiding en tijdens de uitvoering en intens overleg moet plaats vinden met degenen die gebouwen en installaties ontwerpen en uitvoeren. Het is de taak van CAG om er bij voortdurend nauwlettend op toe te zien dat alle bedrijfseisen nauwkeurig tot hun recht komen en dat een goede coördinatie gehandhaafd blijft tussen allen, die zich met de uitvoering van gebouw en installaties bezig houden.

Uit het voorgaande is op te maken dat CAG niet zelf bouwt en dus niet vergeleken kan worden met een normaal architectenbureau. Door de opdrachten aan particuliere architecten wordt echter bereikt dat bouwwerken eerder tot uitvoering komen dan wanneer de Rgd uitsluitend met de opdrachten zou worden belast.

Waar niet altijd de beschikbare geldmiddelen en in samenhang daarmee het toegewezen bouwvolume toereikend zijn, heeft men in enige gevallen wel zijn toevlucht genomen tot het huren van gebouwen. Zo is bijv. het gebouw Zeestraat 5—9 in Den Haag, waar de zetel is van de CAG en o.a. ook de afdelingen van Personeelszaken, K en V en DLK gehuisvest zijn, een gehuurd pand. PTT is daarvan dus niet de eigenaar, maar dat

is hij evenmin van enig ander dienstgebouw. Van alle gebouwen, voorzover niet gehoord, is *de Staat* de eigenaar.

Het onderhoud werd voorheen uitsluitend door de Rgd uitgevoerd. Tegenwoordig heeft PTT echter in Amsterdam, Den Haag en Rotterdam zgn. *rayonbureaus* gevestigd; de daar geplaatste *rayonboukundigen* verzorgen het onderhoud en het uitbreiden van de PTT-gebouwen in die steden en bovendien in Utrecht, dat onder het bureau Rotterdam valt.

Een gebouw is meer dan alleen het skelet van beton, staal, steen enz. Het wordt eerst bruikbaar nadat er inwendig tal van voorzieningen zijn getroffen. Ook deze voorzieningen vallen onder de bemoeienis van CAG. Zo bijv. de voorbereiding, uitwerking en eventueel uitvoering van projecten voor de installaties van de verwarming, luchtbehandeling, gas- en watervoorziening en brandbeveiliging. Verder de elektrische licht- en krachtinstallaties, waaronder machinekamers en noodstroomvoorzieningen. Dan de inrichtingen voor het transport: roltrappen, liften, kranen, transportbanden, buizenpost e.d.

De medewerking van kunstenaars op het gebied der beeldende kunsten verdient ook de aandacht. Wat dit betreft: men beseft gelukkig dat in de grote plaatsen een PTT-gebouw altijd behoort tot de representatieve gebouwen van de gemeenschap. Daarom voorziet men ze op passende wijze van een kunstzinnige verfraaiing. Een percentage van 1 à 1½% van de bouwkosten mag daaraan veelal worden besteed. De esthetische adviseur der PTT, de heer Chris de Moor, hoofd van de Esthetische Dienst, die rechtstreeks onder de Directeur-Generaal ressorteert, pleegt daartoe overleg met de architecten en CAG omtrent de aanwijzing van de kunstenaars aan wie het maken van beeldhouwwerken, schilderingen, sraffitewerk of dergelijke zal

worden opgedragen. In bepaalde gevallen wordt de EA uitgenodigd van advies te dienen bij de inrichting van bijzondere of representatieve lokaliteiten.

Getrouw aan onze gewoonte in deze artikelenreeks, willen wij de afdeling nog even bureelsgewijs behandelen. Vijf burelen zijn er en een secretariaat.

G I is belast met de verzorging van de gebouwen en de projecten in het noorden des lands.

G II doet dit voor het zuiden.

G III zorgt voor de installaties in de gebouwen (verwarming, licht, kracht, liften en transportwerktuigen), sluit contracten voor levering van gas, water en elektriciteit en oefent controle uit op het gebruik; behandelt bovendien de Hinderwetszaken.

G IV is Huisvesting, (huren, verhuren, kopen en verkopen van onroerende goederen).

G V behandelt brandpreventie- en brandbestrijdingsaangelegenheden.

G S tenslotte is het Secretariaat.

Opgemerkt wordt nog dat aan sommige telefoondistricten zijn toegevoegd de WLK-diensten (Warmte, Licht en Kracht), die belast zijn met onderhoud en kleine uitbreiding van de installaties, overeenkomstig de richtlijnen die CAG verschaft.

Richten we nu onze blik op een ander groot onderdeel van AZR, de RAC.

Een bedrijf als PTT dat voor de uitoefening van zijn functie 3800 voertuigen nodig heeft, waaronder 1800 auto's die per jaar een dikke 6 miljoen liter benzine en 125.000 liter olie verbruiken, mag wel ergens iemand neerzetten, die het wel en wee van de karretjes in de gaten houdt. Dat die iemand het niet alleen afkan, maar nog 360 medewerkers

nodig heeft, hoeft ons ook al niet te verwonderen, vooral niet als men bedenkt dat ook nog andere rijksdiensten gaarne profiteren van kennis en ervaring van deze specialisten en een beroep doen om hen van dienst te zijn bij de juiste keuze van de vervoermiddelen.

Klein begonnen en gegroeid.....

Uit de eerste wereldoorlog dateert een *rijwielherstelinrichting*, waar de dienstrijwielen werden hersteld. Het overweldigende succes met de eerste dienstfiets in 1871 had nl. in de loop der jaren dit instituut grote uitbreiding doen ondergaan, zodat een centrale herstel-inrichting wel op zijn plaats was. Het ingebruiknemen van auto's voor de postale en technische diensten van PTT deed deze werkplaats uitgroeien tot de *Automobil*, *Motorrijwiel* en *Rijwiel Centrale*, de AMRC, opgericht in 1929. In de loop der jaren groeide deze, door toenemende motorisering, uit tot een groot bedrijf. Veel ervaring werd opgedaan, veel kennis vergaard. Departementen en overheidsdiensten gingen graag bij de specialisten van PTT te rade. In 1936 werd deze gang van zaken officieel: bij KB werd ingesteld de *Rijks Automobil Centrale*, de RAC, die onder de hoede van PTT op zou treden als beheerder van het wagenpark der overheid en technisch en voor een deel ook economisch daarvoor ook verantwoordelijk zou zijn. En alzo gaan sindsdien de Rijks-overheidsdiensten — Justitie en Landbouw uitgezonderd — die een auto willen aanschaffen, bij de RAC te rade inzake merk ,type enz.

De RAC verzorgt ook de aankoop, voorzover althans de Rijksverkeersinspectie, die toeziet op het gebruik van auto's door overheidsdienaren, geen bezwaar heeft. Voor uitbreiding en vervangen van het wagenpark moet nl. vergunning verkregen zijn van de RVI.

De werkzaamheden van de RAC om-

vatten thans het adviseren inzake auto-, motor- en rijwielzaken in de ruimste zin.

Scooters en brommers betekenen opnieuw vergroting van het veld van arbeid. Aankopen, onderhouden, repareren, stallen en voorlichting behoort mede tot het (dagelijkse) werk. Wat het voorlichten betreft: iedere autogebruiker kent het *Mededelingenblad* van de RAC, dat periodiek verschijnt en tal van adviezen bevat en goede raad geeft aan de rijders.

De RAC-experts hebben grote kennis vergaard, zoals wij al opmerkten. Zij hebben die enerzijds verkregen door ervaring, kennismemende van al het wel en wee dat een langjarige omgaan met voertuigen van allerlei soort en een contact met autogebruikers meebrengt. Anderzijds heeft het eigen, actieve onderzoek daartoe bijgedragen. Zo bijv. het geregelde onderzoek van de kwaliteit van de producten van olie- en benzineleveranciers en de invloed daarvan op de motoren.

Maar vooral ook het door hen ontwikkelde systeem van bewaking van de economie van de auto heeft hen veel geleerd. Van elke wagen wordt een statistiek van reparatiekosten per kilometer bijgehouden; daaruit is af te leiden wanneer het economisch niet meer verantwoord is, de wagen nog langer te handhaven, en dus het ogenblik gekomen is deze van de hand te doen. Men krijgt echter aldus tevens een inzicht inzake merk en type dat voor een bepaald doel het meest aangewezen is, d.w.z. het meest economisch in het gebruik zal zijn.

De problemen rondom vervoermiddelen zijn veel en veelzijdig.

Vervoermiddelen is trouwens zelf al een uiterst ruim begrip, want er toe behoren de velen typen, die voor een bepaalde werkzaamheid ontworpen werden: wagens voor kabeltransport, aanhangwagens,

laswagens, meetwagens, wagens voor de vliegvelDEN, kantoorwagens, voertuigen voor de storingsdienst en niet te vergeten ons *rijdende postkantoor*. De RAC bezit dan ook naast de voor-de-handliggende onderdelen, een afdeling voor het ontwerpen van carrosserieën. Vele van die typen treffen we aan bij PTT; deze is dan ook de grootste klant van de RAC, waarbij we nog opmerken, dat het aantal personenauto's van PTT slechts een fractie is van het aantal vrachtauto's.

RAC is een grote onderneming geworden. Het centrale punt is Den Haag, 1e van der Kunststraat, waar het bedrijf is ondergebracht, d.w.z. de kantoren voor de gehele dienst plus een garagebedrijf en de grootste van de werkplaatsen. Daar vinden we de garage's met ruimte voor \approx 350 auto's, de servicehal (en service is een begrip-met-inhoud bij de RAC), de smeerkuil, werkplaatsen voor het algemene werk, voor de motorrevisie, de koetswerken, de motorrijwielen en de rijwielen, de spuitrij, motorproefstelling en de hypermoderne rolstaat, waar de wagens gecontroleerd kunnen worden onder de omstandigheden, waarin zij zich ook op de weg bevinden, dus o.a. met normale belasting en snelheid. Onvermijdelijk bij het goed functioneren van dit alles is een goed uitgerust magazijn; dat is er dan ook in een waarlijk grootste stijl. Dan is er nog het laboratorium.

Maar dit vormt nog slechts het Haagse deel. Want hier vinden slechts een deel van de wagens onderdak. De RAC heeft nl. filialen: in Haarlem, Amsterdam, Rotterdam, Utrecht, Zwolle en Eindhoven zijn RAC garage's en -werkplaatsen. Daar stallen ook de auto's die PTT ter plaatse in gebruik heeft. In de andere gemeenten worden ze bij particuliere garages ondergebracht; de RAC heeft daarmede contracten voor stalling, onderhoud en reparaties.

Niet minder dan 300 particulieren verle-

nen medewerking, zoal niet uit liefde vóór, dan toch uit hoofde van verdienste áán PTT. Ongeveer 80% van alle reparaties worden aan particulieren uitbesteed. Men mene niet dat zij, zo zij dat zouden proberen, er maar iets van kunnen maken. Daarvoor zorgt de *buitendienst*. Nederland is verdeeld in 4 rayons, nl. Den Haag Amsterdam, Eindhoven en Zwolle, waar de rayonchef met zijn technische en administratieve helpers nauwkeurig toezien op de staat waarin de wagens in hun gebied verkeren, onmiddellijk poolshoogte komen nemen in geval van aanrijding of anderszins ter vaststelling van de schade voor PTT of derden en tenslotte geen reparatie laten uitvoeren, alvorens met de reparateur een deugdelijke afspraak gemaakt te hebben. Zonodig controleren zij het werk tijdens de uitvoering en zij doen dit zeker na het gereedkomen alvorens de rekening betaalbaar te stellen. Zo ziet deze staf van werkers nauwkeurig toe dat de reparatierekening van PTT binnen redelijke grenzen gehouden wordt.

Deze rekening wordt ook laag gehouden doordat de RAC nauwlettend toeziet, wie het stuur van de kostbare voertuigen ter hand neemt. Alvorens men daartoe waardig wordt gekeurd, moet men een stuk of wat barrières nemen. Ten eerste moet men in het bezit zijn van het *normale rijbewijs*. Zonodig neemt de RAC zelf de opleiding tot automobilist ter hand of laat dit over aan een (goede) rijsschool. Ten tweede is een *RAC-certificaat* vereist en dat verkrijgt men eerst na geneeskundig en psychologisch tot rijden bekwaam bevonden te zijn, en voor een rijproef te zijn geslaagd. En men is er daarna nog niet voor altijd van af, want als er later aanleiding toe bestaat wordt men vanwege de RAC aan een rijvaardigheidsonderzoek onderworpen. Wordt iemand qua rijvaardigheid te licht bevonden en moet hij zich niettemin vierwielig verplaatsen, dan rest hem

REKENEN en ALGEBRA IV

door M. V. DALEN

59-032

§ 5. Vermenigvuldigen

Het vermenigvuldigen leert ons de som van enige gelijke getallen vinden op een vluggere manier dan door gewoon op te tellen.

3×8 wil eigenlijk zeggen: $8 + 8 + 8$.

Hier is het nog te doen om even $8 + 8 = 16$ en $16 + 8 = 24$ op te tellen. Maar hoe lang zou het duren om 499499×998998 op deze wijze op te tellen?

Men noemt de getallen, welke men met elkaar wil vermenigvuldigen, de

factoren en men spreekt van het *product* van twee factoren.

Moet men méér dan twee factoren met elkaar vermenigvuldigen, bijv. $18 \times 32 \times 66$ of $a \times b^2 \times c \times d$, dan noemt men dit *gedurige producten*.

In de Rekenkunde schrijft men tussen de factoren het teken \times of een stip (\cdot) $18 \times 32 = 5976$. $75 \cdot 12 = 900$.

In de Algebra doet men wel hetzelfde, doch veelal laat men deze tekens weg $a \times b \times c = a \cdot b \cdot c = abc$.

$24a$ betekent $24 \times a$. $6(p + 2q)$ be-

niet anders dan zich te laten rijden, waar-toe de RAC auto's + chauffeur beschikbaar stelt. Deze dienst behoort tot het *verhuurbedrijf*, een afzonderlijk deel, waarin óók de zgn. *reserve-wagens* zijn ondergebracht: auto's die zonder chauffeur worden afgegeven aan degenen die slechts nu en dan een wagen nodig hebben.

We zouden niet volledig zijn, als we niet besloten met die onderdelen van de RAC te noemen, die in het voorgaande nog niet aan de orde zijn geweest. Zo moeten we nog even aandacht schenken aan de afdeling Planning en Analyse, waar de tarieven worden bepaald. Want evenals elke particuliere garage heeft ook de RAC zijn tarieven voor verhuur en reparaties. Die worden gehanteerd bij het opmaken van de rekening, die aan de klanten wordt gepresenteerd.

En dan de administratie, eenvoudige term voor een veelheid van onderdelen: boekhouding (deels gemechaniseerd) met de administraties voor lonen, werkorders,

aanrekeningen, magazijnen, benzine- en olie en verhuur. Er behoort toe *Personeelszaken* met een uitgebreide personeelsdocumentatie en -registratie.

Dat de RAC een bibliotheek heeft, mitsgaders een documentatie behoeft nauwelijks gememoreerd. Nauwe samenwerking met de Bibliotheek- en Documentatiedienst van de Centrale Directie waarborgt een volledige voorlichting van alle medewerkers.

Een groot bedrijf en een mooi bedrijf, deze Rijks Automobiel Centrale, die op zo uitstekende wijze in een doorlopende behoefte aan vervoermiddelen voorziet. Ons gehele bedrijf steunt en vertrouwt daarop. Want wie in deze tijd houdt bij het maken van een afspraak nog rekening met een mogelijk te laat komen, omdat z'n auto hem onderweg wel eens in de steek zou kunnen laten? Maar mócht dit ooit gebeuren: één telefoontje en het RAC-apparaat treedt in werking. PTT Altijd Bereid! En RAC? Net zo!

tekent 6 maal de som van p en 2 maal q .

6e eigenschap

In een product mag men de factoren verwisselen.

$$5 \times 12 = 12 \times 5. \quad 18 \times 23 \times 92 = 92 \times 18 \times 23.$$

$a \times b \times c \times d = c \times a \times d \times b$.
Het laatste is theoretisch goed; men schrijft de letterfactoren echter steeds in alfabetische volgorde en de *coëfficiënt* — dat is de bekende of de getallenfactor — voorop.

7e eigenschap

In een gedurig product mag men enkele factoren door hun product vervangen.

$$2 \times 3 \times 4 \times 5 = 2 \times (3 \times 4) \times 5 = 2 \times 12 \times 5$$

$$p \times q \times r \times s = (pq) \times r \times s$$

8e eigenschap

Een som (bijv. $8 + 6 + 3$ of $a + 2b + 3c$) wordt vermenigvuldigd met een getal (bijv. 4) door elke term van die som met dat getal te vermenigvuldigen en de producten samen te tellen.

$$\text{Dus: } 4 \times (8 + 6 + 3) = 4 \times 8 + 4 \times 6 + 4 \times 3 = 32 + 24 + 12 = 68$$

$$4(a + 2b + 3c) = 4a + 8b + 12c$$

9e eigenschap

Een verschil (bijv. $14 - 9$ of $12p - 5q$) wordt vermenigvuldigd met een getal (bijv. 7) door elke term van dat verschil met dat getal te vermenigvuldigen en het eerste product te verminderen met het tweede.

$$\text{Dus: } 7 \times (14 - 9) = 7 \times 14 - 7 \times 9 = 98 - 63 = 35$$

$$7(12p - 5q) = 84p - 35q$$

§ 6. *Machten.*

Een gedurig product, waarvan alle factoren gelijk zijn, noemt men een *macht*. Het aantal factoren wordt de *graad* of de *exponent* van de macht genoemd. De macht van een getal geeft men aan met een klein cijfer, rechts bovenaan het getal.

$5 \times 5 \times 5 \times 5 = 5^4$; dit is de vierde macht van 5 en men leest dit: 5 tot de 4e macht of kortweg: 5 tot de 4e.

Het berekenen van de macht van een getal noemt men *machtsverheffen*.

10e eigenschap

Het product van twee machten van hetzelfde grondgetal is gelijk aan een macht van dat grondgetal met als exponent de som van de beide exponenten.

$$5^3 \times 5^2 = (5 \times 5 \times 5) \times (5 \times 5) = 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 5^5$$

$$a^3 \times a^5 = a \times a \times a \times a \times a \times a \times a \times a = a^8$$

$$a^p \times a^q = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_p \times$$

$$\underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_q = a^{p+q}$$

11e eigenschap

Een product wordt tot een macht gebracht door elk van de factoren tot die macht te verheffen.

$$(2 \times 5 \times 7)^3 = (2 \times 5 \times 7) \times (2 \times 5 \times 7) \times (2 \times 5 \times 7) =$$

$$2 \times 5 \times 7 \times 2 \times 5 \times 7 \times 2 \times 5 \times 7 = 2 \times 2 \times 2 \times 5 \times 5 \times 5 \times 7 \times 7 \times 7 =$$

$$2^3 \times 5^3 \times 7^3$$

$$(ab)^3 = ab \times ab \times ab = a \times a \times a \times b \times b \times b = a^3 b^3$$

$$(xyz)^a = x^a y^a z^a$$

12e eigenschap

Een macht van een macht is weer een macht van hetzelfde grondgetal, met als exponent het product van de oorspronkelijke exponenten.

$$(a^3)^2 = a^3 \times a^3 = a^6$$

$$(a^p)^q = a^{pq}$$

$$(12a^2b^4c^3)^5 = 12^5a^{10}b^{20}c^{15}$$

Voorbeelden:

$$a^4 \times a^3 \times a^2 = a^9$$

$$b \times b^4 \times b^6 \times b^{16} = b^{27}$$

$$b^m \times b^n = b^{m+n}$$

$$c^{2m} \times c^{3m} = c^{5m}$$

$$(d^4)^3 = d^{12}$$

$$\{(e^7)^2\}^3 = e^{42}$$

$$[\{(x^2)^3\}^5]^4 = x^{120}$$

$$3x \cdot 4x^2 \cdot 6x^3 = 72x^6$$

Vraagstukken

1. $x^7 \cdot x^3 =$

2. $y^8 \times y^{24} =$

3. $b^6 \times b^8 \times b^4 =$

4. $p^2 \times p^2 \times p^2 =$

5. $z^4 \times z^3 \times z \times z^2 \times z^2 =$

6. $a^p \times a^q =$

7. $b^{m+1} \times b^{m+2} =$

8. $c \times c^m =$

9. $d \times d^n \times d^{2n+1} =$

10. $(e^5)^3 =$

11. $(ab)^2 =$

12. $(3cd)^4 =$

13. $(4xyz)^5 =$

14. $(4p^2q^3)^3 =$

15. $(26abc^2)^6 =$

16. $(pq^4)^8 =$

17. $(6a^2b^3c^4d^5)^6 =$

18. $(a^p)^q =$

19. $(a^pb^q)^r =$

20. $(3ab^2)^m =$

21. $4a \times 3a =$

22. $6a \times 2a^2 =$

23. $4ab \times 4a^3b^2 =$

24. $3a \times 8b \times 4a \times 6b =$

25. $6p \times 4p^2q \times pq^3 =$

26. $4a^2b \times 3ab^2 =$

27. $(ab)^2 \times (a^2b)^3 \times (ab^2)^4 =$

28. $(\frac{1}{2}ab)^2$

29. $(\frac{1}{3}p^2q)^2$

30. $(p + q)^2 \times (p + q)^3 =$

31. $3(a + b) =$

32. $8(p + 2q) =$

33. $12(6a + 3b + 4c) =$

34. $2y(x - z) =$

35. $6p(2pq + p^2) =$

36. $3(a + 2) + 2(a + 3) =$

37. $4(a + b) + 3(a + b) + 7(a + b) =$

38. $x(y - z) + y(z - x) + z(y + x) =$

39. $[\{(x^3)^4\}^6]^5 =$

40. $17689 \times 594823321 : 14641$

Antwoorden van vraagstukken op blz. 127

1. x^{10}
2. y^{32}
3. b^{18}
4. p^6
5. z^{12}
6. $a^p + a$
7. b^{2m+3}
8. c^{m+1}
9. d^{3n+2}
10. e^{15}
11. a^2b^2
12. $3^4c^4d^4$
13. $4^5x^5y^5z^5$
14. $4^3p^6q^9$
15. $2^6a^6b^6c^{12}$
16. p^8q^{32}
17. $6^6a^{12}b^{18}c^{24}d^{30}$
18. a^{pq}
19. $a^{pr}b^{qr}$
20. $3^m a^m b^{2m}$
21. $12a^2$
22. $12a^3$
23. $16a^4b^3$
24. $576a^2b^2$
25. $24p^4q^4$
26. $12a^3b^3$
27. $a^{12}b^{13}$
28. $\frac{1}{4}a^2b^2$
29. $\frac{1}{16}p^4q^2$
30. $(p + q)^5$
31. $3a + 3b$
32. $8p + 16q$
33. $72a + 36b + 48c$
34. $2xy - 2yz$
35. $12p^2q + 6p^3$
36. $5a + 12$
37. $14a + 14b$
38. $2yz$
39. x^{360}
40. product = 10521829725169
Quotiënt = 718655127
Rest = 10762