

Evolutie in AM-radioapparatuur bij de Koninklijke landmacht

J. R. F. Peters

majoor van de verbindingdienst

In een lange reeks van jaren, waarin AM- en FM-radioapparatuur voor militaire doeleinden werden benut, werd vrijwel als een dogma aangevaard dat inzet voor telegrafie (morse), op grotere afstanden dan tot de horizon, was voorbehouden aan AM-apparatuur, en dat inzet voor telefonie — tot horizonafstand — bleef toebedeeld aan FM-apparatuur met het daarbij behorende voordeel van betere spraakkwaliteit.

Nu de radiotelefonie aan actualiteit wint door de eraan gekoppelde telex, is — met een hernieuwde belangstelling ten gevolge van de FM-radio-3600-serie — door de recente invoering van de EZB-familie een kleine terugblik op het afgesloten verleden en een nadere oriëntatie op de nabije toekomst wellicht nuttig.

Ontwikkeling na 1945

Na de Tweede Wereldoorlog heeft in de Koninklijke landmacht, behalve de sinds 1949 ingevoerde FM-apparatuur, een grote verscheidenheid aan AM-zendontvangers een toepassing gevonden. Genoemd mogen worden:

WS-19 (2 - 8 MHz)	—	regtsniveau
WS-22 (2 - 8 MHz)	—	batsniveau
WS-19HP (2 - 7 MHz)		
WS-12HP (1,5 - 17,5 MHz)	—	divniveau en hoger
WS-53HP (1,2 - 17,5 MHz)		
COLLINS (1,5 - 12 MHz)		
AN/GRC-9 (2 - 12 MHz)	—	brigniveau
AN/GRC-19 (1,5 - 20 MHz)		
AN/GRC-26A (2 - 18 MHz)		
AN/GRC-38 (2 - 18 MHz)		
SCR-188-A (1,5 - 12,5 MHz)	—	divniveau en hoger
SCR-193 (1,5 - 6,2 MHz)		
SCR-506 (2 - 4,5 MHz)		
SCR-536 (2,5 - 6 MHz)	—	ciesniveau
SCR-543 (1,6 - 4,5 MHz)		
SCR-694 (3,8 - 6,5 MHz)		



Afb. 1 WS-19 MK III (Russische opschriften)

KL/MRC-399 (2 - 18 MHz)	—	divniveau en hoger
KL/GRC-3030 (2 - 12 MHz)	—	territoriaal
KL/GRC-3035 (2 - 16 MHz)	—	divniveau

alsmede de AM-ontvangers:

R-209 (1,0 - 20 MHz)
R-109 (1,3 - 8,5 MHz)
SCR-593 (2 - 6 MHz)

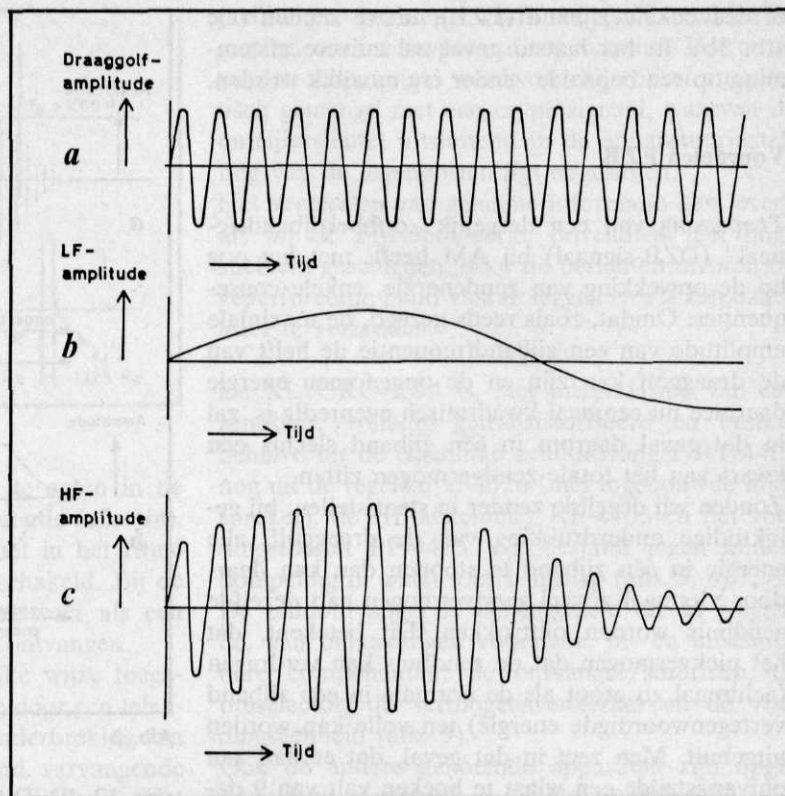
Beperkt voordeel boven FM

De aanvankelijke Engelse W(ireless) S(et)-serie, later aangevuld met, of vervangen door de Amerikaanse SCR- en AN (Army Navy)-serie werd — hoewel tevens geschikt voor radiotelefonie — toch overwegend ingezet voor radiotelegrafie (continuous wave (CW)) vanwege het voordeel boven de FM-apparatuur, dat met CW aanzienlijk grotere afstanden konden worden overbrugd. De „Dakota” in de WS-serie, de WS-19, is er een legendarisch voorbeeld van (afb. 1).

Vrijwel al deze toestellen zijn overeenkomstig het toepasselijke bereik inmiddels vervangen door FM-installaties uit de 3600-serie, geschikt voor de 3, de 8 dan wel de 30 km afstand.

Wat betekent amplitudemodulatie?

Met het uitstralen van wisselstroomenergie van



Afb. 2

voldoende hoge frequentie wordt een elektromagnetisch stralingsveld opgewekt.

Wanneer de amplitude van dit signaal (afb. 2a) wordt veranderd in een laagfrequent (LF) ritme (afb. 2b) ontstaat een amplitude-gemoduleerd signaal (afb. 2c).

De laagfrequent-informatie wordt in een geschikte ontvanger aan de gemoduleerde draaggolf onttrokken. De draaggolffrequentie moet dan wel op ten minste 0,01% constant blijven en wordt wat betreft de amplitudemodulatie (AM) voor communicatiedoeleinden voornamelijk aangetroffen in het gebied van 30 kHz tot 30 MHz, derhalve beneden het frequentiegebied waarin FM-zendontvangers werken.

De reden waarom de FM-apparatuur boven de 30 MHz opereert, ligt o.m. in de omstandigheid dat deze een bandbreedte van 200 kHz vraagt en de frequentieruimte door deze in de lagere omroepbanden spoedig zou zijn verbruikt. AM-apparatuur vraagt slechts 9 kHz bandbreedte omdat buiten de draaggolf een onder- en een bovenzijband met spraak/muziek-informatie worden uitgezonden die elk 4,5 kHz breed zijn.

De menselijke stem bevat echter frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz. Bij AM is er daarom sprake van een beperkte geluidskwaliteit.

Voor het minimaal verstaanbaar overbrengen is

2,8 kHz bandbreedte voldoende. Om de stemherkenning van de spraak niet helemaal te elimineren is 4,5 kHz een aanvaardbaar compromis tussen 2,8 en 20 kHz.

In het geval dat toch $2 \times 20 = 40$ kHz bandbreedte was toegelaten, zou in het gebied van H(igh) F(requency) — 3 tot 30 MHz — slechts plaats zijn voor 675 zenders. Met 9 kHz is er ruimte voor 3000.

Dat bij AM naast de draaggolf twee zijbanden met frequenties ontstaan is het gevolg van het modulatieproces waarin het produkt van twee sinusen — gevormd door de draaggolf en een modulerende toon — volgens de goniometrie twee (nieuwe) cosinussen oplevert waarin het verschil resp. de somfrequentie te herkennen valt. Voor een reeks tonen ontstaan op deze wijze twee zijbanden (afb. 3a).

De amplitude van de modulerende toon, bij maximale modulatie diepte van 100% van een zijbandfrequentie, kan — om vervorming te voorkomen — slechts de helft zijn van die van de draaggolf. Wiskundig valt aan te tonen dat de LF-informatie, symmetrisch op gelijke wijze, alléén in de zijbanden verwerkt zit.

Het zou dan mogelijk zijn, na modulatie, de draaggolf te onderdrukken en slechts de zijbanden

of één enkele zijband (EZB), uit te zenden (zie afb. 3b). In het laatste geval zal zuivere afstemming op een bepaalde zender erg moeilijk worden.

Voordelen EZB

Toepassing van een dergelijk „dubbelzijbandsignaal” (DZB-sigitaal) bij AM heeft, met het oog op de opwekking van zendenergie, enkele consequenties. Omdat, zoals reeds gezegd, de maximale amplitude van een zijbandfrequentie de helft van de draaggolf kan zijn en de opgenomen energie daarmee nu eenmaal kwadratisch evenredig is, zal in dat geval daarom in één zijband slechts een kwart van het totale zendvermogen zitten.

Zouden wij dezelfde zender in staat stellen, bij gelijktijdige onderdrukking van de draaggolf, alle energie in één zijband te stoppen dan kan daardoor viermaal zoveel zendvermogen aan dezelfde zendbuis worden onttrokken. Dit betekent, dat het piekvermogen dat de zendbuis kan verdragen (achtmaal zo groot als de normale in een zijband vertegenwoordigde energie) ten volle kan worden uitgebuit. Men zegt in dat geval, dat er dan aan ontvangtzijde een winst te boeken valt van 9 decibel, hetgeen voor CW-toepassing uitermate nuttig is ter vergroting van het afstandbereik.

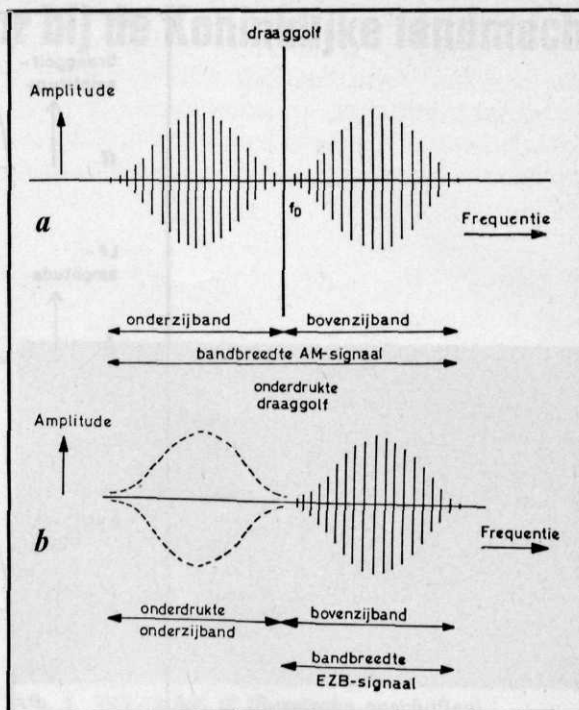
Handhaving van de oude DZB betekent derhalve een grote energieverspilling.

Nu het bovendien, dank zij geavanceerde technieken op het punt van frequentiedelingen en vermenigvuldigingen in relatie tot een aantal frequentiestandaarden, mogelijk is geworden voor het hogere frequentiebereik — voor AM-doeleinden tot 30 MHz — de benodigde hoge frequentiestabiliteit van 0,00005% te bereiken, kan aan de zijde van het ontvangedeelte de noodzakelijke kunstmatige en exacte draaggolffrequentie worden opgewekt die, gemengd met de ontvangen zijband, ná demodulatie de oorspronkelijke spraakfrequenties te voorschijn brengt.

Voordat een dergelijke frequentienauwkeurigheid kon worden bereikt, was ontvangst van EZB een moeilijk praktisch toe te passen zaak die eerder leidde tot ontvangst van een soort apengekrijs dan van een herkenbare menselijke stem.

De verstaanbaarheid wordt met EZB nog op een andere wijze gediend. De bekende ruis ten gevolge van ontvangst van de zendsignalen is bij AM recht evenredig met de ingenomen bandbreedte. Daar deze tot de helft wordt teruggebracht, levert dat een extra winst op van 3dB.

We kunnen, de winsten optellende, in totaal dan een signaal-ruisverhoudingverbetering incasseren



Afb. 3

van 12 dB. Dit maakt het nu weer goed mogelijk, met succes datatransmissie en radiotelex over AM-radionetten toe te passen.

Al de genoemde factoren hebben ertoe geleid, ten einde het toegenomen telefonie- en telexverkeer over grotere afstanden te kunnen afwickelen, de laatste typen DZB zendontvangers die bij het Nederlandse Legerkorps in gebruik zijn, te vervangen door EZB-apparatuur.

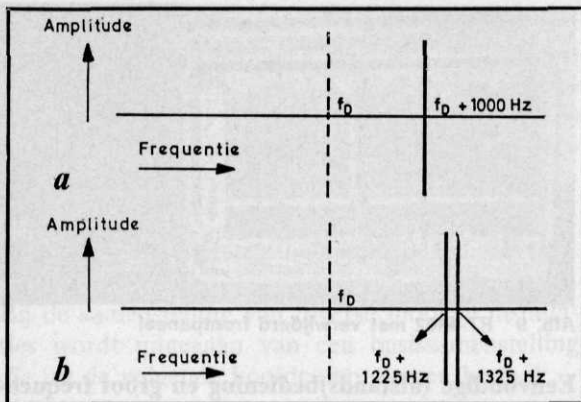
De KL/GRC-4394

Voordat in de jaren '70 aan Collins Radio Company (US) de ontwikkelingsopdracht werd gegeven voor een deel van de voor de Kl nodige apparatuur, waren reeds met een kleine proefserie, bestaande uit apparatuur van de standaardserie, goede ervaringen met radiotelefonieverbindingen verkregen.

Een deel van de zo ontstane KL/GRC-4394 zendontvangers zal in uitsluitend voor radiotelefonie ingerichte EZB-installaties (in 1-tonners) worden toegepast.

Een groot aantal van deze zendontvangers zal, gecompleteerd met hulpapparatuur, op soortgelijke wijze als bij de FM-3600-serie, worden opgenomen in radiotelefonie/telexnetten voor het grotere-afstandbereik.

In beide gevallen blijft de radiotelegrafie ook tot de toepassingsmogelijkheden horen. Dit geschiedt



Afb. 4

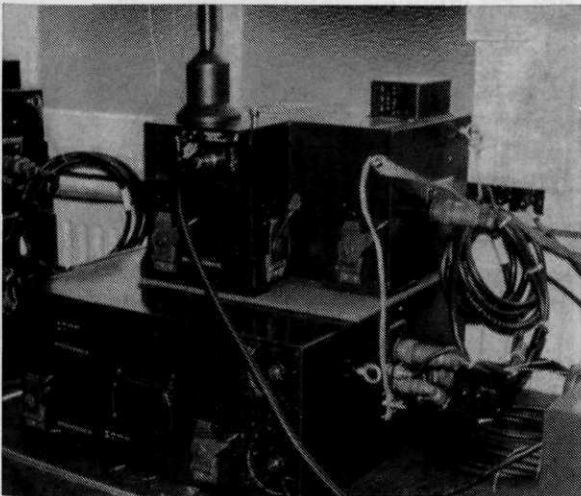
dan door een toon van 1000 Hz te enten in de bovenzijband op de draaggolfrequentie (afb. 4a). De toon wordt door een seinsleutel in het ritme van het morsealfabet in- en uitgeschakeld. Bij de tegenposten wordt dit signaal dan weer als een reeks morsetoontjes van 1000 Hz ontvangen.

De radiotelex wordt op soortgelijke wijze toegepast, zij het dat, ten gevolge van de door een telexapparaat veroorzaakte ritmische onderbreking van een gelijkstroomcircuit, afwisselend vervangende toonfrequente signalen worden gecreëerd. Het stroomvoerende signaal komt dan overeen met 1325 Hz en het stroomloze met 1225 Hz.

Door de EZB-zender wordt dan afwisselend in het radiotelegrafietempo een draaggolf uitgezonden die als het ware 100 Hz verschuift. In afb. 4b is dit voor de bovenzijband getekend. Deze methode kan ook voor de onderzijband (spiegelbeeldig) worden gerealiseerd, mits de tegenpost ook op die onderzijband werkt.

Een gedeelte van de EZB-installaties die telex-

Afb. 5 Zendontvanger RT-4402 met erop geplaatste HF-afstemmer RF-4403

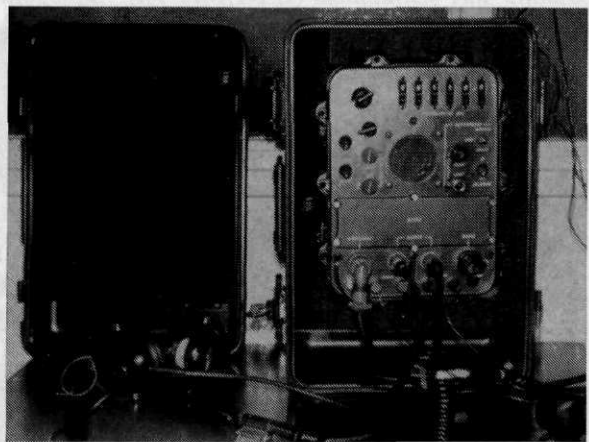


faciliteiten bezitten, wordt bovendien uitgerust met zg. on-line cryptografieapparatuur. Het uit te zenden telexsignaal wordt daarbij vooraf automatisch gemengd met een cryptosignaal, waarvan de ontcijfersleutel uitsluitend in de apparatuurinstelling van de tegenposten ligt opgesloten.

Het verzenden van geheime informatie kan, evenals bij de FM-3600-serie, bovendien met hoge snelheid geschieden, door de berichten tevoren op geperforeerde band vast te leggen en via een bandlezer te verzenden.

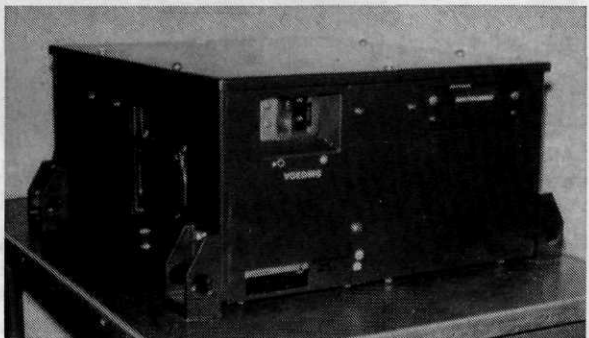
De KL/GRC-4394 is, met uitzondering van een zendbuis, volledig getransistoriseerd en bestaat behalve uit de eigenlijke zendontvanger RT-4402 nog uit de regelaar C-4526 (met ingebouwde luidspreker), de HF-afstemmer RF-4403 en het voedingstoestel PP-4415, elk bestand tegen onderdompeling in water van 1 m diep (afb. 5, 6, 7, 8). De zendontvanger is samengesteld uit de volgende, van omkastingen voorziene, in- en uitschuifbare componenten: de ontvanger/stuurtrap, de preselector, de vermogensversterker en de voedingseenheid (afb. 9).

Ook de andere genoemde apparaten zijn opgebouwd uit verwisselbare vlakke modulen.



Afb. 6 Regelaar C-4526 in kast met deksel

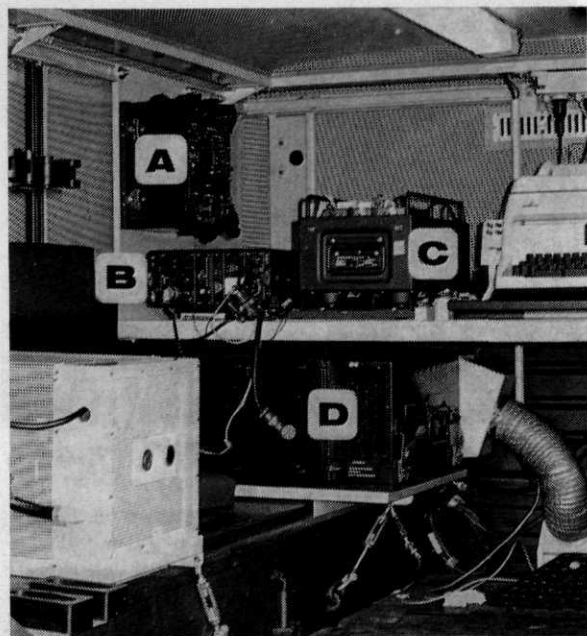
Afb. 7 Voedingstoestel PP-4415





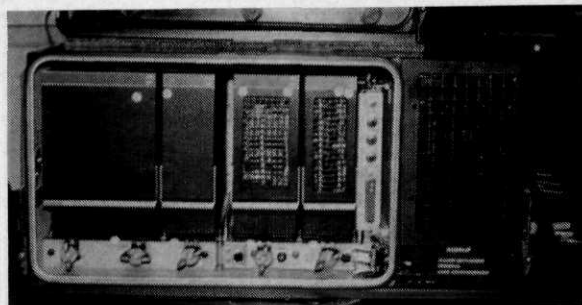
Afb. 8 EZB-apparatuur met audio-garnituur

Te zamen met telex- en cryptoapparatuur wordt de KL/GRC-4394 in verschillende variaties vrijwel uitsluitend samengesteld tot 1-tonner of 3-tonner voertuiginstallaties, voor een bereik van 60 of 100 km simplexverkeer (afb. 10 en 11).



Afb. 10 Interieur EZB-installatie KL/MRC-5062
A regelaar C-4526, B TH-3676B, C afstandbedieningskast voor vercijfer toestel, D zendontvanger RT-4402

Afb. 11 Interieur EZB-installatie KL/MRC-5062
E Siemens verreschrijver TT-4230, F HF-afstemmer RF-4403, G Siemens schrijf-ponsontvanger TT-4229, H voedingsstoestel PP-4415



Afb. 9 RT-4402 met verwijderd frontpaneel

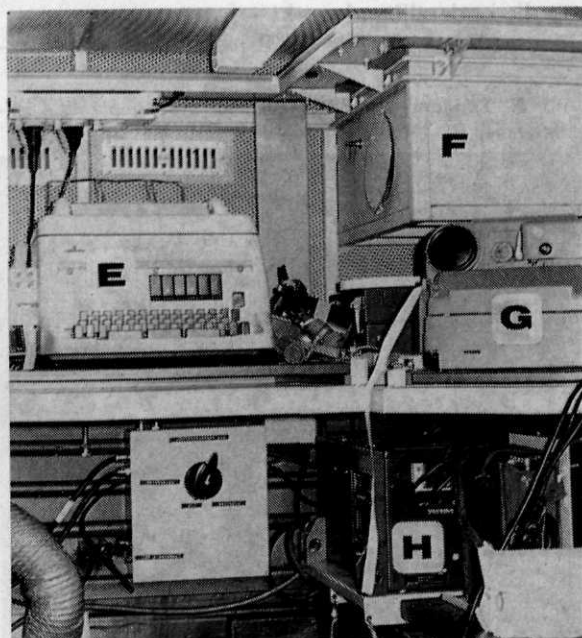
Eenvoudige (afstands)bediening en groot frequentiebereik

Bij de KL/GRC-4394 is geen tijdrovende afregel-procedure nodig, zoals voorheen bij de vorming van radionetten op telegrafie- of telefoniebasis.

De frequentie wordt op de regelaar met zes ratelhefboompjes ingesteld, waarna automatisch met behulp van een digitale frequency synthesizer de afstemkringloop binnen 5 seconden tot stand komt.

Het frequentiebereik loopt van 2 tot en met 29,9999 MHz in discrete stappen van 100 Hz. Waar de bandbreedte op 4,4 kHz is gebracht kan zodoende worden gesproken van in totaal 6363 enkelzbandkanalen.

De antenneafstemming en aanpassing aan het gekozen type antenne (staaf-, dipool-, lange-draad-, coaxiaal-, of hoge-bandantenne) zijn eveneens volautomatisch. De HF-afstemmer, waarop de antenne wordt geplaatst of aangesloten, mag zelfs 30 m buiten het voertuig zijn opgesteld.



Het zendvermogen van 400 W kan desgewenst tot ca. 60 W worden teruggebracht. De regelaar kan op een afstand tot 2 km via veldkabel zijn functies vervullen; bij toepassing van 2 regelaars is behalve intercommunicatie ook alternatieve bediening mogelijk.

Opbouw EZB-radiotelefonie/telexinstallaties

Bij de samenstelling van diverse mobiele installaties wordt uitgegaan van een basissamenstelling die uit de volgende hoofdcomponenten bestaat:

- EZB-radio-installatie KL/GRC-4394;
- tweede regelaar C-4526;
- antennemast AB-4514 (ca. 12 m);
- glasfiber staafantenneuitrusting AS-4529 (ca. 9,8 m);
- horizontale antenneuitrusting.

Dit geheel, ingebouwd in een huif op een 1-tonner — van waaruit 24 V accuvoeding plaatsvindt — voorzien van een 220 V/4 kW dieselaggregaat op aanhanger, wordt de radiotelefonie-installatie KL/MRC-5060 genoemd.

Wanneer de KL/MRC-5060 geen 220 V voorzieningen heeft, wordt zij KL/MRC-5063 genoemd (de aanhanger ontbreekt dan).

Wordt de —5060 uitgebreid met telex- en crypto-apparatuur dan ontstaat de —5062, en deze wordt, als zij een extra telescopische mast zou krijgen om het afstandbereik op 100 km te brengen, een —5100. Indien deze laatste nu in een 3-tonner is gehuisvest, verandert de benaming in —5110. In deze 3-tonner is tevens de bekabeling voorbereid voor plaatsing van een extra zendontvanger.

Heeft men de radiotelefonie/telexinstallatie KL/MRC-5062 op haar beurt ontdaan van de tweede regelaar, dan levert zulks een —5064 op; deze komt na verlies van de cryptoapparatuur —5061 te heten.

De KL/MRC-5064, voorzien van een extra telescopische mast krijgt de aanduiding —5101. De aldus verkregen 7 extra variëteiten gaan de oude AM-apparatuur van middelbaar vermogen (AN/GRC-19 en KL/GRC-3035) en groot vermogen (KL/MRC-399) vervangen.

Samenwerking met andere installaties

Hoewel bij de telexinformatieoverdracht (afb. 4b) kan worden gesproken van „frequency shift” (FS) valt daarmee niet, zoals met de AN/GRC-26A het geval is, tegelijkertijd een spraakover-



Afb. 12 Leslokaalopstelling met toegevoegde antenne-stroommeters

dracht te combineren. Bij de AN/GRC-26A wordt nl. de draaggolf bij stroomvoerend signaal met 850 Hz in frequentie verlaagd (FS) en blijft bij stroomloos telexteken ongewijzigd. De modulatie diepte voor (AM) spraak moet bovendien tegelijkertijd beneden 80% blijven.

Met de —26A is zodoende voor de KL/GRC-4394 alleen op radiotelefoniegebied samenwerking mogelijk. Met AM(DZB)-installaties van andere fabrikaten en typen kan binnen de ontworpen frequentieband en het haalbare afstandbereik altijd een radiotelefonieverbinding worden onderhouden. Daartoe zendt de KL/GRC-4394 naar keuze een draaggolffrequentie met onderdrukt vermogen (een zg. equivalent van DZB) uit om de tegenpost het afstemmen mogelijk te maken.

Invoering

In 1974 hebben troepenbeproevingresultaten o.m. opstellings- en constructieverbeteringen tot gevolg gehad, waardoor dit jaar een begin kan worden gemaakt met de invoering in de KI van de EZB-installaties die door Siemens Nederland N.V. te Den Haag worden geassembleerd in militaire opbouwvoertuigen.

Bij deze fabricage wordt grote aandacht besteed aan een zo comfortabel mogelijk, goed verlichte en snel te bedienen opstelling van (hulp)apparatuur.

De toepassing van principes van de ergonomie hebben het mogelijk gemaakt dat van een geringere bemanningssterkte (3 man) per voertuig een efficiënter gebruik kan worden gemaakt.

Om bij de invoering van de EZB-installaties daarop tijdig opgeleid personeel te kunnen indelen,

wordt thans bij het Verbindingsdienst Opleidingscentrum te Ede met zg. uitgebouwde apparatuur klassikale instructie verricht (afb. 12).

Afregelinstructies

Om niet voor elk type installatie in aparte, zg. instructiekaarten te vervallen, is gekozen voor in toepasselijke hoofdstukken verdeelde afregel- en bedieningsinstructies die, mede door een chronologische indeling, beogen de gebruiker stap voor stap naar het gewenste doel (een betrouwbare verbinding) te brengen.

Deze methode leidde ertoe dat slechts twee „instructiekaarten” (eigenlijk instructieboekjes) nodig zijn, nl. IK11-530 (niet-cryptobeveiligde installaties) en de IK11-531 (cryptobeveiligde installaties), voor de eerdergenoemde acht verschillende EZB-opbouwvoertuigen.

Gebruik

De nieuwe familie van EZB-installaties zal een grote verscheidenheid van taken toebedeeld krijgen. Zo zal de KL/MRC-5060, uitsluitend op telefonie, voornamelijk zijn bedoeld voor verkeersleidingsnetten; de —5061 neemt de zg. onbeveiligde telexmeteoberichtgeving ten behoeve van artillerie-eenheden voor haar rekening.

De —5062 en —5064 gaan cryptografisch beveiligd telexverkeer voor diverse bk-netten op maximale afstanden van 60 km afwickelen. De —5100 zal hetzelfde doen voor het bereik tot ca. 100 km. De luchtsteunnetten worden straks verzorgd door

de —5110, die bovendien ook kan worden gebruikt, na toevoeging van extra telex- en crypto-apparatuur, voor toepassing van volduplex telexbedrijf. Voor het laatste wordt dan een extra frequentie toebedeeld i.v.m. gescheiden zend- en ontvangweg.

In het geval data in een bepaalde verbinding moeten worden overgebracht, zal zulks op overeenkomstige wijze geschieden als voor telexsignalen. Afb. 13 is een voorbeeld van toepassing van EZB-radiotelefonie- en EZB-radiotelexnetten op Lk-niveau. In dit overzicht zijn de onderscheidene typen installaties slechts met de laatste 2 cijfers weergegeven.

Samenvatting

Met de toepassing van EZB-installaties is behalve een efficiënter gebruik van personeel per voertuig een groter afstandbereik bij hetzelfde zendvermogen verkregen.

Bovendien kan door het wegvallen van het gebruik van (morse)telegrafie een einde komen aan de moeizame opleiding van dienstplichtige telegrafisten.

Ten slotte wordt door introductie van datatransmissie een nieuwe vorm van informatieoverdracht toegevoegd aan de reeds bestaande van telefonie en telegrafie.

Literatuur

G. de Nie — *Mil. Spect.* **139**(1970)(12)568.

T. Ritzema en G. J. Huijsman — *Mil. Spect.* **143**(1974)(2)66.

