



Nederland

⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8101109**

⑲ NL

- ⑤④ **Electronische inrichting voor het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal.**
- ⑤① Int.Cl.: H04L 27/00, H03C 5/00.
- ⑦① Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦④ Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

-
- ②① Aanvraag Nr. 8101109.
- ②② Ingediend 9 maart 1981.
- ③② --
- ③③ --
- ③① --
- ⑥② --

-
- ④③ Ter inzage gelegd 1 oktober 1982.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

"Electronische inrichting voor het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal"

De uitvinding heeft betrekking op een electronische inrichting voor het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal.

In radio transmissie worden in amplitude en faze gemoduleerde draaggolfsignalen in vele soorten toegepast zoals enkel zijband signalen, zogeheten "Offset Quadrature Phase Shift Keying" signalen afgekort als OQPSK-signalen, etc.

Het belangrijkste voordeel van op die wijze gemoduleerde signalen ten opzichte van uitsluitend in amplitude, in faze of in frequentie gemoduleerde signalen is gelegen in het feit dat de bandbreedt vereist voor de overdracht van eenzelfde hoeveelheid informatie bij in amplitude en faze gemoduleerde signalen kleiner is dan voor uitsluitend in amplitude, in faze of in frequentie gemoduleerde signalen. Zo bezit een door een informatie signaal in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal zoals een enkel zijband signaal respectievelijk een 4-faze gemoduleerd signaal met beperkte bandbreedte of een OQPSK gemoduleerd signaal de halve bandbreedte van een door het zelfde informatiesignaal in amplitude gemoduleerde draaggolfsignaal zoals een dubbelzijband signaal respectievelijk een smallere bandbreedte dan een door het zelfde informatiesignaal in 4-faze gemoduleerd draaggolfsignaal zonder bandbeperking zoals een zogeheten "Fast Frequency shift Keying" signaal (FFSK) of een zogeheten "Minimum shift Keying" signaal (MSK).

In bestaande systemen wordt vaak uitsluitend met faze c.q. frequentiemodulatie gewerkt omdat de vervorming van niet-lineaire, efficiënte, vermogensversterkers dan uitsluitend rond veelvouden van de draaggolffrequentie komt te liggen. Deze kan nadien eenvoudig weg gefilterd worden. Is er echter ook amplitude modulatie aanwezig dan komt er ook distorsie in de informatieband zelf. Een laag distorsie niveau wordt dan met behulp van extreem lineaire versterkers gerealiseerd. Deze versterkers zijn duur en hebben een laag rendement.

De uitvinding beoogt een electronische schakeling voor een in amplitude en faze gemoduleerd signaal te verwezenlijken welke, volgens een nieuw concept, met behoud van het smalbandige karakter in

hoge mate aan de genoemde bezwaren tegemoet komt en welke het bovendien mogelijk maakt om de modulatie op laagsignaalniveau met behulp van geïntegreerde circuits te realiseren en daaruit op zeer eenvoudige en efficiënte wijze een hoog vermogen uitgangssignaal te verwezenlijken.

5 De elektronische inrichting voor het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal is overeenkomstig de uitvinding gekenmerkt doordat het een van twee ingangen voorziene fazemodulatietrap voor het aan toevoeren van twee modulatie signalen bevat, welke modulatie trap onder bestuur van de modulatie signalen
10 twee verschillende in faze gemoduleerde signalen met eenzelfde draaggolffrequentie opwekt en dat de inrichting een uitgangstrap bevat waaraan de in faze gemoduleerde signalen worden toegevoerd voor het door sommering van de faze gemoduleerde signalen het in afhankelijkheid van het fazeverschil van de fazegemoduleerde signalen in amplitude en in
15 afhankelijkheid van de som van de fazen van de fazen gemoduleerde signalen in faze gemoduleerd in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal samen te stellen.

Het toepassen van twee hulpsignalen in de vorm van uitsluitend in faze gemoduleerde signalen heeft als voordeel dat toepassing
20 van niet-lineaire versterking voor elk van de faze gemoduleerde signalen mogelijk is. Dit vanwege het feit dat de informatie in de nuldoorgangen van het signaal is gelegen, waarvan de ligging door niet-lineaire versterking niet wordt aangetast, zodat bij versterking een zeer hoog rendement kan worden verkregen. Verder heeft het het voordeel dat voor
25 het onderdrukken van de bij de versterking opgewekte hogere orde signalen slechts een eenvoudig laagdoorlaat filter nodig is. Bovendien kunnen hulpsignalen met discrete waarden worden toegepast, waardoor het elektronisch circuit grotendeels in geïntegreerde vorm gerealiseerd kan worden.

30 Tengevolge van het feit dat door het optellen of aftrekken van deze hulpsignalen met discrete waarden, op een laagdoorlaatfilter bewerking na, het in amplitude en faze gemoduleerde signaal wordt verkregen maakt het tesamen met de toepassing van niet lineaire versterking bovendien mogelijk een zeer eenvoudige vermogens eindtrap te realiseren.

35 Volgens een verder kenmerk zet de fazemodulatietrap een eerste modulatie signaal $x_1(t)$ en het tweede modulatiesignaal $x_2(t)$ om in twee faze gemoduleerde signalen $z_1(t) = a \cos(\omega t + \psi(t))$ en $z_2(t) = a \cos(\omega t + \chi(t))$ met gelijke amplitude a , waarbij de faze

$\psi(t)$ van het eerste faze gemoduleerde signaal $z_1(t)$ gelijk is aan
 $\varphi(t) + \theta \arccos(r(t)/2a) + m 2\pi$ en waarin de faze $\chi(t)$
 van het tweede faze gemoduleerde signaal $z_2(t)$ gelijk is aan
 $\varphi(t) - \arccos(r(t)/2a) + n 2\pi + \frac{1-\eta}{2} \pi$ en waarbij geldt dat
 5 $\eta = +1$ bij optelling van $z_1(t)$ en $z_2(t)$ tot $S(t)$ en $\eta = -1$ bij
 aftrekking van $z_2(t)$ van $z_1(t)$ tot $S'(t)$ en de modulatie signalen
 $\chi_1(t)$ en $\chi_2(t)$ de coördinaten van een vector in een coördinaten
 systeem representeren welke vector getransformeerd in een poolcoördi-
 naten systeem door de grootheden $r(t)$ en $\varphi(t)$ wordt gerepresenteerd,
 10 met $\theta = \pm 1$, waarbij m en n gehele getallen zijn en het in amplitude
 en faze gemoduleerde signaal $S(t)$ resp. $S'(t)$ door $r(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$
 gerepresenteerd wordt.

Het toepassen van gelijke amplituden voor de in faze
 gemoduleerde signalen heeft het voordeel van een grote vereenvoudiging
 15 zowel voor de in faze gemoduleerde signalen zelf als voor de apparatuur
 voor het opwekken van deze signalen en het samenstellen van deze
 signalen tot het in amplitude en faze gemoduleerde signaal.

Verdere kenmerken van de uitvinding tesamen met de voor-
 delen van de uitvinding zullen aan de hand van de in de figuren weer-
 20 gegeven uitvoeringsvoorbeelden nader worden toegelicht, waarbij over-
 eenkomstige elementen met dezelfde verwijzingstekens zijn aangeduid.
 Daarbij toont:

Figuur 1 een blokschema van de electronische inrichting
 volgens de uitvinding;

25 Figuur 2 een uitvoeringsvoorbeeld van de faze modulatie-
 trap van het blokschema weergegeven in figuur 1;

Figuur 3 een ander uitvoeringsvoorbeeld van de faze-
 modulatietrapp van het blokschema weergegeven in figuur 1 met dynamische
 modulator aanpassing;

30 Figuur 4 een uitvoeringsvoorbeeld van de uitgangstrap van
 het blokschema weergegeven in figuur 1 geschikt voor analoge signalen;

Figuur 5a een diagram waarin het in amplitude en faze
 gemoduleerde uitgangssignaal van het blokschema weergegeven in figuur
 1 als drie-niveau signaal wordt gerepresenteerd;

35 Figuur 5b een diagram welke het frequentiespectrum van het
 in figuur 5a weergegeven signaal toont;

Figuur 5c een diagram van het na filtering door een laag-
 doorlaatfilter verkregen signaal van het in figuur 5a weergegeven signaal;

Figuur 5d een diagram van het frequentie spectrum van het in figuur 5c weergegeven signaal;

Figuur 6 een uitvoeringsvoorbeeld van de uitgangstrap van het blokschema weergegeven in figuur 1 met behulp van een spannings-
5 bron geschikt voor het opwekken van het in figuur 5a weergegeven signaal;

Figuur 7 een uitvoeringsvoorbeeld van de uitgangstrap van het blokschema weergegeven in figuur 1 welke dual is aan het in figuur 6 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld;

Figuur 8 een ander uitvoeringsvoorbeeld van de uitgangstrap van het blokschema weergegeven in figuur 1 met behulp van stroom-
10 bronnen geschikt voor het opwekken van het in figuur 5a weergegeven signaal;

Figuur 9a t/m 9i een aantal diagrammen van signalen welke in de in de figuren 10 en 11 weergegeven uitvoeringsvoorbeelden kunnen
15 optreden.

Figuur 10 een ander uitvoeringsvoorbeeld van de faze-modulatietrap van het in figuur 1 weergegeven blokschema geschikt voor signalen met een hard begremsd niveau;

Figuur 11 een ander uitvoeringsvoorbeeld voor de signaal-
20 omzetinrichting van het in figuur 10 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld;

Figuur 12 een ander uitvoeringsvoorbeeld van de faze-modulator en draaggolfgenerator van het in figuur 10 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld, en

Figuur 13 een diagram van de karakteristiek van de faze-
25 vouwinrichting van het in figuur 10 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld.

Het in figuur 1 weergegeven blokschema van een electronisch inrichting volgens de uitvinding bevat een fazemodulatietrap 1 en een daarop aangesloten uitgangstrap 2 voor het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd uitgangssignaal.

30 Daartoe wordt aan een eerste ingang 3 van de faze-modulatietrap een eerste modulatie signaal $x_1(t)$ en aan een tweede ingang 4 van de modulatietrap 1 een tweede modulatie signaal $x_2(t)$ toegevoerd. In de modulatietrap 1 worden met behulp van de modulatie signalen op nog nader te beschrijven wijze twee faze gemoduleerde
35 signalen $Z_1(t) = a \cos (w_0 t + \psi(t))$ (1) en $Z_2(t) = b \cos (w_0 t + \chi(t))$ (2) met dezelfde draaggolffrequentie opgewekt.

Deze faze gemoduleerde signalen worden via de uitgangen 5 en 6 van de modulatiestap 1 aan de uitgangstrap 2 toegevoerd. Deze uitgangstrap bevat een eerste sommeerinrichting 7 welke de fazegemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ door optelling of aftrekking samenstelt. Het aldus ver-
 5 kregen somsignaal $S(t) = Z_1(t) + \eta Z_2(t)$ met $\eta = \pm 1$ wordt aan een uitgangsklem 8 toegevoerd. Dit somsignaal $S(t)$ is een in amplitude en faze gemoduleerd signaal met dezelfde draaggolffrequentie als de faze-gemoduleerde signalen en wordt gerepresenteerd door

$$S(t) = r(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (3)$$

10 Uit het door optelling c.q. aftrekking verkregen signaal

$$S^{(1)}(t) = Z_1(t) \pm Z_2(t) \quad \text{volgt dat}$$

$$\psi(t) = \varphi(t) + \Theta \arctan \sqrt{\frac{(a+b)^2 - r^2(t)}{r^2(t) - (a-b)^2}} - \Theta \arctan \frac{a-b}{a+b} \sqrt{\frac{(a+b)^2 - r^2(t)}{r^2(t) - (a-b)^2}} + (k-1)\pi \quad (4)$$

15 en

$$\chi(t) = \varphi(t) - \Theta \arctan \sqrt{\frac{(a+b)^2 - r^2(t)}{r^2(t) - (a-b)^2}} - \Theta \arctan \frac{a-b}{a+b} \sqrt{\frac{(a+b)^2 - r^2(t)}{r^2(t) - (a-b)^2}} - (k+1)\pi + \frac{\eta-1}{2}\pi \quad (5)$$

waarbij $\eta = +1$ voor $S(t) = Z_1(t) + Z_2(t)$ en $\eta = -1$ voor

20 $S'(t) = Z_1(t) - Z_2(t)$ en waarbij $\Theta = \pm 1$ een vrijheids graad is en derhalve vrij gekozen mag worden, $(-1)^{k+1}$ = teken $r(t)$ is en k en l gehele getallen zijn.

Door de amplituden van de faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ aan elkaar gelijk te kiezen, bijvoorbeeld gelijk aan $\frac{1}{2}$, $\eta = +1$ en
 25 $r(t) \geq 0$ laten de uitdrukkingen (4) en (5) zich vereenvoudigen tot

$$\psi(t) = \varphi(t) + \Theta \arccos(r(t)/2a) + m 2\pi \quad (6)$$

$$\text{en } \chi(t) = \varphi(t) - \Theta \arccos(r(t)/2a) + n 2\pi \quad (7)$$

waarin m en n gehele getallen zijn.

Soortelijke uitdrukkingen laten zich eveneens afleiden voor $\eta = -1$.

30 In de volgende beschrijving wordt deze mogelijkheid niet verder uitgewerkt, maar kan door iedere vakman op identieke wijze als voor $\eta = +1$ op eenvoudige wijze worden bewerkstelligd.

Uit bovenstaande volgt dat een in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal met een bepaalde draaggolffrequentie kan
 35 worden verkregen door sommatie van twee faze gemoduleerde draaggolfsignalen met dezelfde draaggolffrequentie. Aftrekking van de uitdrukking (7) van uitdrukking (6) toont, dat de amplitude modulatie van het in amplitude en faze gemoduleerde draaggolfsignaal een functie is van

het relatieve faze verschil ($\psi(t) - \chi(t)$) van de faze gemoduleerde signalen en optelling van de uitdrukking (7) bij uitdrukking (6) toont dat de faze modulatie van het in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal een functie is van de som van de fazen ($\psi(t) + \chi(t)$) van de faze gemoduleerde signalen.

In figuur 2 is een uitvoeringsvoorbeeld weergegeven aan de hand waarvan de opwekking van de faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ met behulp van de modulatie signalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ nader wordt toegelicht.

Als modulatie signalen wordt voor het signaal $x_1(t)$ een signaal $r(t)$ gekozen en voor het signaal $x_2(t)$ een signaal $\varphi(t)$ gekozen, waarbij $r(t)$ en $\varphi(t)$ de coördinaten van een vector in een poolcoördinaten systeem representeren. De faze modulatiestap 1 bevat een signaal transformatie inrichting 1-1 en een faze modulatieinrichting 1-2. Het modulatie signaal $r(t)$ wordt via ingangsklem 3 aan een arccosinus generator 9 van de signaaltransformatie inrichting 1-1 toegevoerd voor het vormen van een uitgangssignaal $\pi/2 + \theta \arccos r(t)$. Een dergelijke generator voor het opwekken van $\arcsin r(t)$ is bijvoorbeeld bekend uit het boek "Electronic Analog and Hybrid Computers" van G.A. Korn en T.M. Korn en wel uit figuur 8-29 (b), $\arccos r(t)$ wordt hieruit verkregen door er $\pi/2$ bij op te tellen. Het uitgangssignaal van generator 9 en het signaal $\varphi(t)$ worden beide aan een tweede sommeerinrichting 11 en een derde sommeerinrichting 12 toegevoerd voor het in de tweede sommeerinrichting 11 bepalen van het somsignaal;

$$\psi(t) = \varphi(t) + \theta \arccos(r(t))$$

en het in de derde sommeerinrichting 12 bepalen van het verschilsignaal;

$$\chi(t) = \varphi(t) - \theta \arccos(r(t))$$

De uitgangssignalen van de signaal transformatieinrichting 1-1 worden aan de fazemodulatieinrichting 1-2 toegevoerd. Meer in het bijzonder wordt het uitgangssignaal van de sommeerinrichting 11 respectievelijk 12 aan een fazemodulator 13 respectievelijk 14 toegevoerd, op welke fazemodulatoren een draaggolfgenerator 15 is aangesloten voor het vormen van de faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$. De fazemodulatoren 13 en 14 tesamen kunnen bijvoorbeeld een quadratuur modulatoren zijn welke zijn uitgangssignalen aan de uitgangsklemmen 5 en 6 afgeven.

Tot nu toe is uitgegaan van een modulatie signaal welke de vector componenten van een vector in een polair coördinaten stelsel vormen. Indien de modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ de signaalcomponenten van een signaalvector in een carthesische coördinaten stelsel zijn
 5 uitgedrukt dan is tussen de ingangsklemmen 3 en 4 en de ingangen van de generator 9 en de inrichting 12 een niet weergegeven coördinaten transformatie-inrichting nodig, welke op bekende wijze enerzijds de modulatie-omhullende $r(t) = \sqrt{x_1^2(t) + x_2^2(t)}$ van de modulatie signalen bepaalt en deze omhullende aan de arccosinus generator
 10 toevoert en anderzijds het argument $\varphi(t) = \arctg(x_2(t)/x_1(t))$ bepaalt en dit aan de inrichting 10 toevoert.

Een voorbeeld van een door het electronisch circuit op te wekken in amplitude en faze gemoduleerd draaggolfsignaal is een enkel zijband signaal.

15 Een dergelijk signaal kan worden gerepresenteerd door:

$$\text{Re} (a(t) + j \hat{a}(t)) e^{j\omega_0 t} \quad (8)$$

waarin $e^{j\omega_0 t}$ het draaggolfsignaal representeert en $a(t)$ het basisband signaal is, en $\hat{a}(t)$ de Hilbert getransformeerde van het basisband-
 20 signaal $a(t)$ is. Tussen een signaal $a(t)$ en in Hilbert getransformeerd $\hat{a}(t)$ bestaat de volgende relatie

$$\hat{a}(t) = \frac{S}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{a(\tau)}{t - \tau} d\tau \quad (9)$$

met $S = +1$ voor het boven zijband signaal
 25 en $S = -1$ voor het onder zijband signaal
 , waarbij ω_0 de hoekfrequentie van het draaggolfsignaal representeert.

Het in uitdrukking (3) weergegeven somsignaal $S(t)$ kan geschreven worden als

$$\text{Re} [r(t) e^{j\varphi(t)} \cdot e^{j\omega_0 t}] \quad (10)$$

30 Het vergelijken van de uitdrukking (10) met de uitdrukking (8) geeft dat

$$r(t) = \sqrt{a^2(t) + \hat{a}^2(t)} \quad (11)$$

$$\text{en} \quad \varphi(t) = \arctan (\hat{a}(t)/a(t)) \quad (12)$$

Uit de uitdrukkingen (11) en (12) volgt dat toevoeren van het basisband signaal $a(t)$ aan ingangsklem 3 als eerste modulatie signaal $x_1(t)$ en het toevoeren van de Hilbert getransformeerde $\hat{a}(t)$ van het basisband signaal $a(t)$ aan ingangsklem 4 als tweede modulatie signaal $x_2(t)$ van het in figuur 2 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld, waarbij tussen de ingangsklemmen 3 en 4 enerzijds en de generator 9 en de inrichting 12 anderzijds de genoemde coördinaten transformatie-inrichting aanwezig is, het enkelzijband gemoduleerde signaal, door somming in de uitgangstrap 2 van de op de aansluitklemmen 5 en 6 aanwezige in fase gemoduleerde signalen, wordt verkregen.

Opgemerkt wordt dat de Hilbert getransformeerde $\hat{a}(t)$ van het basisband signaal $a(t)$ in een voortrap kan worden verkregen door elke frequentie component van het basisband signaal $a(t)$ over 90° in fase te verdraaien, zoals op zich bekend is uit de linker gedeelten van de figuren 4-3 (a) en (b) van het boek "Single sideband principles and circuits" van Pappenfus e.a. 1964.

De fazemodulatoren 13 en 14 genereren in fase gemoduleerde signalen met een spectrum welke groter is dan die van het door somming verkregen enkel zijband signaal. De buiten de band gelegen spectra van de twee fazen gemoduleerde signalen moeten elkaar nauwkeurig opheffen, hetgeen hoge eisen stelt aan de in figuur 2 gegeven modulatiestap 1. Een voor het samenstellen van een enkelzijband signaal zeer geschikte uitvoering van een modulatiestap is in figuur 3 weergegeven. In dit uitvoeringsvoorbeeld wordt uitgegaan van een in carthesische coördinaten weergegeven signaal met $x_1(t) = x(t)$ en $x_2(t) = y(t)$. De signaal transformatie inrichting 1-1 van deze modulatiestap 1 bevat een tussen de ingangsklemmen 3 en 4 aangesloten functie-generator 16, welke uit de modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ het signaal $E(t) = 1/r(t) \sqrt{1-(r(t))^2}$ met $r(t) = \sqrt{x_1^2(t) + y^2(t)}$ samenstelt. Dit signaal wordt aan twee vermenigvuldiginrichtingen 17 en 18 toegevoerd. Aan de vermenigvuldiginrichting 17 wordt het eerste modulatie signaal $x_1(t) = x(t)$ toegevoerd voor het daarin vormen van het product-signaal $\ominus x(t)E(t)$ en aan de tweede vermenigvuldiginrichting 18 wordt het tweede modulatiesignaal $x_2(t) = y(t)$ toegevoerd voor het daarin vormen van het produktsignaal $\ominus y(t)E(t)$.

Het modulatiesignaal $x(t)$ wordt tesamen met het produkt signaal $\ominus y(t)E(t)$ aan een vierde sommeerinrichting toegevoerd welke het verschilsignaal $1/2(x(t) - \ominus y(t)E(t)) = \cos \psi(t)$ vormt (13)

Verder wordt het modulatiesignaal $y(t)$ tesamen met het produktsignaal $\ominus x(t)E(t)$ aan een vijfde sommeerinrichting 22 toegevoerd, welke het

$$\text{somsignaal } \frac{1}{2}(y(t) + \ominus x(t)E(t)) = \sin \psi(t) \text{ vormt} \quad (14)$$

Evenzo wordt het modulatiesignaal $x(t)$ te samen met het produktsignaal

$$5 \quad \ominus y(t)E(t) \text{ aan een zesde sommeerinrichting 23 toegevoerd, welke het somsignaal } \frac{1}{2}(x(t) + \ominus y(t)E(t)) = \cos \chi(t) \text{ vormt} \quad (15)$$

en wordt het modulatiesignaal $y(t)$ tesamen met het produktsignaal

$$\ominus x(t)E(t) \text{ aan een zevende sommeerinrichting 24 toegevoerd welke het verschilsignaal } \frac{1}{2}(y(t) - \ominus x(t)E(t)) = \sin \chi(t) \text{ vormt} \quad (16)$$

10 De door de sommeerinrichtingen 21 t/m 24 gevormde signalen $\cos \psi(t)$, $\sin \psi(t)$ en $\cos \chi(t)$ en $\sin \chi(t)$ worden als uitgangssignalen van de signaaltransformatieinrichting 1-1 aan afzonderlijke fazen quadratuur modulatoren 25 en 26 van de fazemodulatieinrichting 1-2 toegevoerd.

De quadratuurmodulator 25 bevat twee vermenigvuldigers 27 en 28 waaraan
15 respectievelijk de signalen $\cos \psi(t)$, $\sin \psi(t)$ en de van een draaggolfgenerator 29 opgewekt draaggolfsignaal $\cos \omega_0 t$ en het via een 90° fazedraaiend netwerk 30 verkregen draaggolfsignaal $\sin \omega_0 t$ worden toegevoerd voor het vormen van de produktsignalen; $\cos \psi(t) \cdot \cos \omega_0 t$ en $\sin \psi(t) \cdot \sin \omega_0 t$. Deze signalen worden in een achtste sommeer-
20 inrichting 31 afgetrokken, hetgeen het in faze gemoduleerde signaal $Z_1(t) = \frac{1}{2} \cos(\omega_0 t + \psi(t))$ op uitgangsklem 5 geeft.

Evenzo bevat de quadratuur modulator 26 twee vermenigvuldigers 32 en 33 waaraan respectievelijk de signalen $\cos \chi(t)$, $\sin \chi(t)$ en $\cos \omega_0 t$ en $\sin \omega_0 t$ worden toegevoerd voor het vormen van de produkt
25 signalen $\cos \chi(t) \cdot \cos \omega_0 t$ en $\sin \chi(t) \cdot \sin \omega_0 t$.

Deze produktsignalen worden aan een negende sommeerinrichting 34 toegevoerd alwaar het faze gemoduleerde signaal $Z_2(t) = \frac{1}{2} \cos(\omega_0 t + \chi(t))$ wordt gevormd en aan uitgangsklem 6 wordt afgegeven.

Om te verkrijgen dat de buiten de band gelegen spectra
30 van de twee fazen gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ elkaar nauwkeurig opheffen wordt gebruik gemaakt van het feit dat in de uitdrukkingen (4) en (5) $\ominus$ plus één of min één mag worden gekozen en dat geen van de takken van de modulatietrapp 1 een geheugenfunctie bezit. Om dit te bereiken is op de signaaltransformatie inrichting 1-1 van
35 de modulatietrapp 1 een pulssignaalgenerator 35 aangesloten met een pulsherhalingsfrequentie welke tenminste twee keer groter is dan de hoogste frequentie van de modulatiesignalen. Deze generator 35 is in het bijzonder op een derde signaalingang van alle vermenigvuldig-

inrichtingen 17 en 19 aangesloten. Onder bestuur van het door de generator 35 afgegeven pulssignaal wordt de waarde van de grootheid in het ritme van de pulsherhalingsfrequentie afwisselend +1 en -1.

5 Dit betekent dat de uitgangssignalen van de vermenigvuldig-
inrichtingen 17 en 18 in het ritme van de pulsherhalingsfrequentie van teken verandert. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van inverterende versterkers worden verkregen, welke onder bestuur van het pulssignaal afwisselend in- en uit- niet weergegeven signaalsuitgangscircuits van de vermenigvuldigers 17 en 18 worden geschakeld.

10 Zoals uit de uitdrukkingen (13), (14), (15) en (16) volgt, verwisselen de uitgangssignalen van de optelinrichtingen 21 t/m 24, tengevolge van het afwisselen van de waarde van het signaal Θ tussen de waarden +1 en -1, met elkaar van plaats.

Zo volgt uit de formules (13) en (15), dat het uitgangs-
15 signaal van sommeerinrichting 21 voor $\Theta = +1$ hetzelfde is als het uitgangssignaal van sommeerinrichting 23 voor $\Theta = -1$ en omgekeerd.

Evenzo volgt uit de formules (14) en (16) dat het uitgangs-
signaal van sommeerinrichting 22 voor $\Theta = +1$ hetzelfde is als het uitgangssignaal van sommeerinrichting 24 voor $\Theta = -1$ en omgekeerd.

20 Dit geeft dat elk van de quadratuur modulatoren 24 en 25 de beide faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ afgeven en wel afwisselend in het ritme van de puls-frequentie van generator 35, met dien verstande dat als modulator 24 het signaal $Z_1(t)$ afgeeft, modulator 25 het signaal $Z_2(t)$ afgeeft en omgekeerd. Door de op deze wijze ver-
25 kregen dynamische modulator aanpassing vallen alle door de modulatoren 24 en 25 opgewekte ongewenste spectra in de op de modulatiestap 1 aangesloten uitgangstrap door aftrekking gemiddeld tegen elkaar weg.

Een voor de elektronische inrichting voor analoge signalen gunstige uitgangstrap 2 met vermogensversterking is weergegeven
30 in figuur 4.

Deze uitgangstrap 2 bevat twee vermogensversterkers 36 en 37 en een daarop aangesloten vorkschakeling 38 waarop enerzijds de uitgangsbelaasting in de vorm van een antenne 39 en anderzijds een aanpassingsimpedantie 40 gelijk aan de antenneimpedantie is aangesloten.

35 De faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ worden in de versterkers 36 en 37 in vermogen versterkt. Vanwege het feit dat deze signalen, een constante amplitude bezitten, valt de door niet-lineaire vervorming bij de versterking verkregen (hogere harmonischen van de

de draaggolffrequentie) buiten de band.

In de vorkschakeling worden de versterkte signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ samengesteld tot het in amplitude en fase gemoduleerde signaal $S(t) = r(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \psi(t))$, waarin $r(t)$ het eerste modulatie signaal $x_1(t)$ en $\psi(t)$ het tweede modulatie signaal $x_2(t)$ is. Dit
5 signaal $S(t)$ wordt geheel aan de antenne 39 toegevoerd.

De vork zorgt er bij juiste aanpassing voor dat de niet-lineaire versterkers elkaar niet zien. Dit voorkomt kruismodulatie van de twee faze gemoduleerde signalen.

10 Het is ook mogelijk om in plaats van de inrichtingen 16 t/m 24 zogeheten "look up tables" te gebruiken, welke geheugens bevatten waarin de waarden van de uitgangssignalen van de optel- inrichtingen 21 t/m 24 zijn opgeslagen voor een groot aantal discrete waarden van die ingangssignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$. De waarden van deze
15 ingangssignalen vormen de adressen voor de bij deze ingangssignalen behorende uitgangssignalen van de optelinrichtingen 21 t/m 24. De geheugeninrichting is verder van een adresseerinrichting voorzien welke onder bestuur van de modulatie signalen de daarmee corresponderende, met de faze signalen $\psi(t)$ en $\varphi(t)$ evenredige, signalen uit-
20 leest. Dit kan een besparing aan apparatuur opleveren.

Er wordt opgemerkt dat behalve SSB ook andere vormen van in amplitude en faze gemoduleerde signalen zoals VSB op boven beschreven wijze opgewekt kunnen worden. Het enige verschil voor VSB met SSB is dat op het basisband niveau iets andere filters gebruikt moeten
25 worden om de twee modulatiesignalen op te wekken die voor VSB nodig zijn.

Zoals vermeld worden door het opwekken van een in amplitude en faze gemoduleerd signaal uit twee modulatie signalen door middel van twee hulpsignalen in de vorm van faze-gemoduleerde signalen het
30 grote voordeel verkregen dat niet-lineaire vervormingen in de vermogensversterkers geen invloed hebben op de ligging van de nuldoorgangen van deze faze gemoduleerde signalen. Dit maakt het mogelijk om ieder type versterker te gebruiken.

Worden twee faze-gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$
35 door zogeheten harde begrenzer schakelingen gevoerd dan worden uit deze signalen rechthoeksiganlen $\text{sign } Z_1(t)$ en $\text{sign } Z_2(t)$ verkregen, welke in dit voorbeeld in de uitgangstrap tot een verschilsignaal

$$\begin{aligned} \text{sign } S'(t) = & \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) + \theta \arccos(r(t)))) + \\ & + \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) - \theta \arccos(r(t)))) \end{aligned} \quad (17)$$

wordt samengesteld volgens de uitdrukking

5 $r \cos(\omega_0 t + \varphi(t)) = \frac{1}{2} \cos(\omega_0 t + \psi(t)) + \frac{1}{2} \cos(\omega_0 t + \chi(t))$, hetwelke
een andere uitvoering toont om een in fase en amplitude gemoduleerd
signaal uit twee in fase gemoduleerde signalen op te wekken.

Dit signaal $\text{sign } S(t)$ is vanwege de harde begrenzing van
de deelsignalen een drie niveau signaal, zoals weergegeven in figuur 5a.

10 Het oorspronkelijke in amplitude en fase gemoduleerde
signaal kan hieruit door middel van een laagdoorlaatfilter worden terug
gewonnen hetgeen in de volgende berekening wordt aangetoond. Nu geldt
dat

$$\begin{aligned} & \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) + \theta \arccos r(t))) = \\ & = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1,3,5,\dots}^{\infty} (-1)^{(k-1)/2} \frac{\cos k(\omega_0 t + \varphi(t) + \theta \arccos r(t))}{k} \end{aligned} \quad (18)$$

en

$$\begin{aligned} & \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) - \theta \arccos r(t))) = \\ & = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1,3,5,\dots}^{\infty} (-1)^{(k-1)/2} \frac{\cos k(\omega_0 t + \varphi(t) - \theta \arccos r(t))}{k} \end{aligned} \quad (19)$$

15 In de eindtrap wordt het signaal gerepresenteerd door uitdrukking (19)
bijvoorbeeld opgeteldt bij het signaal gepresenteerd door uitdrukking
(18) hetgeen geeft dat

$$S(t) = \frac{8}{\pi} \sum_{k=1,3,5,\dots}^{\infty} (-1)^{(k-1)/2} \frac{\cos(k \arccos r(t))}{k} \cos k(\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (20)$$

30 Uitschrijven van deze som in afzonderlijke termen geeft

$$S(t) = \frac{8}{\pi} r(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t)) - \frac{8}{\pi} \frac{4r^3(t) - 3r(t)}{3} \cos 3(\omega_0 t + \varphi(t)) + \dots \quad (21)$$

35 In figuur 5b is het frequentie spectrum van dit signaal
weergegeven.

Toepassing van een laagdoorlaatfilter geeft dan dat
 $S(t) = r(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$, welke signaal met bijbehorend frequentie-
spectrum in de figuren 5c en 5d zijn weergegeven.

Er is hierbij verondersteld dat ω_0 voldoende hoog is om zogeheten vouwvervorming te voorkomen.

Het is dus mogelijk om voor het verkrijgen van een zeer hoog rendement klasse "d" versterkers toe te passen gecombineerd met
5 een laagdoorlaatfilter in de antenneleiding.

Een zeer geschikte uitgangstrap met vermogensversterking is in figuur 6 weergegeven. Het door middel van harde begrenzing van het signaal $Z_1(t)$ verkregen rechthoek signaal $\text{sign } Z_1(t)$ wordt aan eenstuurklem 41 en het door middel van harde begrenzing van het signaal
10 $Z_2(t)$ verkregen rechthoeksignaal $\text{sign } Z_2(t)$ wordt aan een stuurklem 43 van respectievelijke wisselschakelaars 42 en 44 toegevoerd. Van elke wisselschakelaar 42 resp. 44 is één van de wisselcontacten 42-1 resp. 44-2 op een eerste klem +E van een spanningsbron ter waarde van 2 E Volt aangesloten en is de andere van de wisselcontacten 42-2 resp. 44-1
15 op een tweede klem -E van de spanningsbron aangesloten. De schakelarmen 42-3 en 44-3 van de wisselschakelaars 42 en 44 zijn onderling via een primaire winding 45-1 van een uitgangstransformator 45 met elkaar verbonden. Op aansluitklemmen 46 en 47 van een secundaire winding 45-2 van de transformator 45 kan een antenne worden aangesloten.

20 De werking van deze uitgangstrap 2 is als volgt.

Wordt een waarde "1" aan de stuurklemmen 41 en 43 toegevoerd dan staan beide wisselschakelaars 42 en 44 in de niet weergegeven posities en vloeit een stroom vanaf +E via contact 42-1 schakelarm 42-3 de primaire winding 45-1, schakelarm 44-3, contact 44-1 naar -E.
25 Deze stroom induceert een spanning in de secundaire winding 45-2, welke tussen de klemmen 46 en 47 kan worden afgenomen.

Wordt de waarde "0" aan beide stuurklemmen 41 en 43 toegevoerd dan staan de wisselschakelaars in de getekende stand, waardoor een stroom van +E, contact 44-2, schakelarm 44-3, de primaire wikkeling
30 45-1, schakelarm 42-3, contact 42-2 naar -E vloeit.

De spanning tussen de klemmen 46 en 47 wordt derhalve van teken omgekeerd. Wordt aan één van de stuurklemmen 41 of 43 de waarde "1" toegevoerd en aan de andere de waarde "0" of omgekeerd, dan zijn beide schakelarmen 42-3 en 44-3 met of de klem +E of de klem -E verbonden
35 en staat er geen spanning over de primaire wikkeling.

De spanning tussen de klemmen 46 en 47 is dan nul Volt.

Een duale uitgangstrap is in figuur 7 weergegeven waar i.p.v. een spanningsbron een stroombron 10 is toegepast.

Bij deze uitgangstrap is een uiteinde van de primaire wikkeling van transformator 45 aangesloten op een contact van zowel de wisselschakelaar 42 als van de wisselschakelaar 44, is het andere uiteinde van de primaire wikkeling aangesloten op het andere contact van de wisselschakelaars 42 en 44 en is de stroombron 10 tussen de schakelarmen van de wisselschakelaars 42 en 44 aangesloten. De werking van deze uitgangstrap is analoog aan die van het in figuur 6 weergegeven uitvoeringsvoorbeeld met dien verstande dat de door de primaire wikkeling van de transformator 45 vloeiende stroom door de stroombron 10 wordt geleverd i.p.v. door een spanningsbron.

Een geschikte realisatievorm van de wisselschakelaars 42 en 44 van de uitgangstrappen weergegeven in de figuren 6 en 7 is bijvoorbeeld met behulp van MES- of MOSFETS.

Een andere met behulp van stroombronnen gerealiseerde uitgangstrap is in figuur 8 weergegeven. De door de modulatiestap 1 aan de eindtrap afgegeven hard begrensde faze gemoduleerde signalen $\text{sign } Z_1(t)$ en $\text{sign } Z_2(t)$ worden aan drie logische poortschakelingen, nml. een eerste EN-poortschakeling 48, een exclusieve NIET OF-poortschakeling 49 en een tweede EN-poortschakeling 50 met twee inverterende ingangen, toegevoerd, welke respectievelijk het signaal $\text{sign } Z_1(t)$, $\text{sign } Z_2(t)$; het signaal $\text{sign } Z_1(t) \cdot \overline{\text{sign } Z_2(t)} + \overline{\text{sign } Z_1(t)} \cdot \text{sign } Z_2(t)$ en het signaal $\text{sign } Z_1(t) \cdot \overline{\text{sign } Z_2(t)}$ opwekken.

Deze signalen worden aan een drie standen flip-flop schakeling 60 toegevoerd als set signalen op de positieve flanken, welke op uitgangen 60-1 en 60-2 aangesloten stroombronnen 61 en 62 bevat. Deze stroombronnen 61 en 62 zijn op een antenne 63 aangesloten. Onder besturing van het door de logische schakeling 48 afgegeven uitgangssignaal wordt op een positieve flank van dit signaal door de drie standen flip-flop schakeling 60 de stroombronnen 61 en 62 ingeschakeld, welke dan een stroom ter grootte van $2 I$ aan de antenne 63 toevoert.

Onder besturing van het door de logische schakeling 49 afgegeven uitgangssignaal wordt op een positieve flank van dit signaal door de drie standen flip-flop schakeling 60 alleen stroombron 61 of 62 ingeschakeld waardoor een stroom ter grootte van I aan de antenne 63 wordt toegevoerd. En onder besturing van het door de logische schakeling 50 afgegeven uitgangssignaal wordt op een positieve flank van dit signaal door de drie standen flip-flop schakeling 60 de beide stroombronnen 61 en 62 uitgeschakeld, waardoor geen stroom aan de antenne

wordt toegevoerd.

De antenne kabel zelf kan een laagdoorlaatkarakteristiek hebben zodat in die gevallen een diskreet laagdoorlaatfilter niet nodig is, overeenkomstig de figuren 6, 7 en 8.

5 Voor die eindtrappen 2, welke met fazegemoduleerde signalen met discrete waarde worden gestuurd zijn zeer geschikte modulatie-
trappen 1 in de figuren 10 en 11 weergegeven. Ter toelichting op deze
modulatietrappen wordt aan de hand van figuur 9 eerst aangetoond dat
er een verband tussen het produkt van de hard begrensde fase gemoduleerde
10 signalen $\text{sign } Z_1(t)$ en $\text{sign } Z_2(t)$ en het produkt van twee pulsbreedte
gemoduleerde signalen $P_1(t)$ en $P_2(t)$ met natuurlijke aftasting bestaat.

Het 1e hard begrensde fase gemoduleerde signaal is
 $\text{sign } Z_1(t) = \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) + \Theta \arccos r(t)))$
wordt bijvoorbeeld $\Theta = +1$ gekozen dan is dat te schrijven als
15 $= \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) + \arcsin r(t) + \frac{\pi}{2}))$
 $= - \text{sign} (\sin(\omega_0 t + \varphi(t) + \arcsin r(t)))$.
welk signaal in figuur 9d is weergegeven.

Het 2e hard begrensde fase gemoduleerde signaal is
 $\text{sign } Z_2(t) = \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) - \Theta \arccos r(t)))$
20 $\Theta = +1$
 $= \text{sign} (\cos(\omega_0 t + \varphi(t) - \arcsin r(t) - \frac{\pi}{2}))$
 $= \text{sign} (\sin(\omega_0 t + \varphi(t) - \arcsin r(t)))$
welk signaal in figuur 9e is weergegeven.

Het produkt van de hard begrensde fase gemoduleerde sig-
25 nalen is derhalve gelijk aan:

$$\begin{aligned} & - \text{sign} (\sin(\omega_0 t + \varphi(t) + \arcsin r(t))) \cdot \text{sign} (\sin(\omega_0 t + \varphi(t) - \arcsin r(t))) \\ & \text{Dit kan geschreven worden als} \\ & - \text{sign} (\sin(\omega_0 t + \varphi(t) + \arcsin r(t)) \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi(t) - \arcsin r(t))) \\ & \text{hetgeen overeenkomt met} \\ 30 & - \text{sign} (\cos(2 \arcsin r(t)) - \cos 2(\omega_0 t + \varphi(t))) = \\ & - \text{sign} (1 - 2 \sin^2(\arcsin^2 r(t)) - 1 + 2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi(t))) = \\ & - \text{sign} (\sin^2(\omega_0 t + \varphi(t)) - r^2(t)) \end{aligned} \quad (22)$$

Uitdrukking (22) kan geschreven worden als

$$\begin{aligned} & \text{sign} (r(t) + \sin(\omega_0 t + \varphi(t))) \cdot \text{sign} (r(t) - \sin(\omega_0 t + \varphi(t))) \\ 35 & \text{waarmede bewezen is dat} \\ & \text{sign} (Z_1(t)) \cdot \text{sign} (Z_2(t)) = P_1(t) \cdot P_2(t) \quad (23) \\ & \text{waarbij } P_1(t) = \text{sign} (r(t) + \sin(\omega_0 t + \varphi(t))) \text{ en} \\ & P_2(t) = \text{sign} (r(t) - \sin(\omega_0 t + \varphi(t))) \text{ is.} \end{aligned}$$

8101109

Uit (23) volgt dat de nuldoorgangen van het produkt van de hard begrensde fazegemoduleerde signalen $\text{sign } Z_1(t)$ en $\text{sign } Z_2(t)$ identiek zijn aan de nuldoorgangen van het produkt van de pulsbreedte gemoduleerde $P_1(t) \cdot P_2(t)$.

5 In figuur 9a is de funktie $\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ (getrokken lijn), de funktie $+r(t)$ (streep-stippellijn) en de funktie $-r(t)$ (gestreepte lijn) weergegeven.

In figuur 9b is het teken van de funktie $r(t) + \sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ hetwelk het pulsgemoduleerde signaal $P_1(t)$ representeert, weergegeven.

10 De waarden waarvoor $\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ gelijk is aan $-r(t)$ vormen de overgangen van het pulsgemoduleerd signaal $P_1(t)$ welke snijpunten in figuur 9a met "b" zijn aangeduid. Evenzo vormen de snijpunten van het signaal $+\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ met het signaal $+r(t)$ de overgangen van het pulsgemoduleerde signaal $P_2(t)$, welke signaal $P_2(t)$ in figuur 9c
15 is weergegeven, waarbij gebruik gemaakt is van het feit dat $r(t) - \sin(\omega_0 t + \varphi(t)) = -(\sin(\omega_0 t + \varphi(t)) - r(t))$
Deze snijpunten zijn in figuur 9a met "c" aangeduid.

Zoals in het voorafgaande is aangetoond vallen de flanken van deze signalen samen met die van de pulsbreedte gemoduleerde signalen
20 $P_1(t)$ en $P_2(t)$, echter blijkt dat de opgaande flanken van het signaal $\text{sign } Z_1(t)$ samenvallen met de opgaande flanken van het signaal $P_2(t)$ en de neergaande flanken van het signaal $Z_1(t)$ met de opgaande flanken van het signaal $P_1(t)$, hetwelk in figuur 9a is weergegeven door de betreffende snijpunten van een tweede aanduiding "d" te voorzien.
25 Evenzo blijkt dat de opgaande flanken van het signaal $\text{sign } Z_2(t)$ samenvallen met de neergaande flanken van het signaal $P_2(t)$ en dat de neergaande flanken van het signaal $\text{sign } Z_1(t)$ samenvallen met de neergaande flanken van het signaal $P_1(t)$, hetwelk in figuur 9a is aangegeven door de betreffende snijpunten van een tweede aanduiding "e"
30 te voorzien.

De in de figuren 10 en 11 weergegeven uitvoeringsvoorbeelden van een modulatietrap 1 maken van bovengenoemde eigenschap gebruik. Zo toont figuur 10 een modulatietrap 1 waarin een aan ingangsklem 4 toegevoerd modulatiesignaal $\varphi(t)$ eerst in een fazemodulator 64
35 een door een draaggolf generator 65 afgegeven draaggolfsignaal in fase moduleert. Het aldus verkregen signaal $\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ wordt tesamen met een aan de ingangsklem 3 toegevoerd modulatiesignaal $r(t)$ aan aansluitklemmen 66-2 en 66-1 van een signaalomzetinrichting 66 toegevoerd.

In inrichting 66 worden deze signalen enerzijds aan signaalingangen 67-1 en 67-2 van een eerste vergelijker schakeling 67 toegevoerd en anderzijds aan signaalingangen 68-1 en 68-2 van een tweede vergelijker schakeling 68 toegevoerd. Deze vergelijkerschakelingen 67 en 68 verschillen alleen in het feit dat de signaalingang 68-2 van schakeling 68 een signaalinverterende ingang is terwijl de overeenkomstige ingang 67-2 van inrichting 67 een signaal niet-inverterende ingang is. De uitgangssignalen van de vergelijkerschakelingen 67 en 68 zijn tweewaardig zodat vergelijkerschakeling 67 het in figuur 9b weergegeven pulsgemoduleerde signaal $P_1(t)$ en vergelijkerschakeling 68 het in figuur 9c weergegeven pulsgemoduleerde signaal $P_2(t)$ afgeeft. Het signaal $P_1(t)$ wordt aan een tweedeelschakeling 69 toegevoerd en het signaal $P_2(t)$ aan een tweedeelschakeling 70. Het uitgangssignaal op de signaaluitgang a van de tweedeelschakeling 69 verandert van waarde bij elk opgaande flank van signaal $P_1(t)$ zoals weergegeven in figuur 9f en het uitgangssignaal van de uitgang b van deze tweedeelschakeling verandert van waarde bij elke neergaande flank van signaal $P_1(t)$ zoals weergegeven in figuur 9g.

Evenzo verandert het signaal op signaaluitgang a van de tweedeelschakeling 70 bij elke opgaande flank van signaal $P_2(t)$ zoals weergegeven in figuur 9h en verandert het signaal op signaaluitgang b van de tweedeelschakeling 70 bij elke neergaande flank van signaal $P_2(t)$ zoals weergegeven in figuur 9i. Het door uitgang a van de tweedeelschakeling 69 en het door uitgang a van de tweedeelschakeling 70 afgegeven signaal worden aan een exclusieve "OF"-schakeling toegevoerd, welke uit deze signalen het signaal $\text{sign } Z_1(t)$ weergegeven in figuur 9d samenstelt hetwelke op uitgang 5 kan worden afgenomen.

Evenzo wordt het signaal van uitgang b van de tweedeelschakeling 70 en het signaal van uitgang b van de tweedeelschakeling 69 aan een exclusieve "OF"-schakeling 72 toegevoerd, welke uit deze signalen het signaal $\text{sign } Z_2(t)$ weergegeven in figuur 9e samenstelt, hetwelke op uitgang 6 kan worden afgenomen.

Deze van tweedeelschakelingen 69 en 70 voorziene signaalomzetinrichting 66 geeft een onzekerheid betreffende het teken van het door somming in de uitgangstrap 2 verkregen uitgangssignaal $\text{sign } S(t)$ vanwege het feit dat de begintoestand van de tweedeelschakelingen niet gedefinieerd is.

Om dit te vermijden is in figuur 11 een ander uitvoeringsvoorbeeld van een signaalomzetinrichting 66 voor toepassing in een

modulatietrap 1 volgens figuur 9 weergegeven. Deze inrichting 66 maakt eveneens gebruik van pulsduur gemoduleerde signalen voor het opwekken van de hard begrensde fazegemoduleerde signalen, maar onderscheidt zich daarin dat het een uitsluitend voor positieve signaalveranderingen gevoelige logica schakeling bevat.

De aan de ingangsklemmen 66-1 en 66-2 toegevoerde signalen $r(t)$ en $\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ worden aan twee verdere vergelijkinsinrichtingen 73 resp. 74 toegevoerd welke zich alleen van de in figuur 10 weergegeven vergelijkinsinrichtingen 68 resp. 67 onderscheiden door dat deze behalve van signaal uitgangen 73-1 en 74-1 ook van signaal inverterende uitgangen 73-2 en 74-2 zijn voorzien.

Het uitgangssignaal van uitgang 73-1 is derhalve gelijk aan het in figuur 9c weergegeven signaal $P_2(t)$ en van uitgang 73-2 de inverse van dit signaal.

Evenzo is het uitgangssignaal van uitgang 74-1 het in figuur 9b weergegeven signaal $P_1(t)$ en van uitgang 74-2 de inverse van dit signaal.

Tussen de uitgangen 73-1 en 74-2 is een set-reset flip-flop schakeling 51 weergegeven welke alleen gevoelig is voor positieve flanken.

De werking wordt aan de hand van de figuren 9b t/m 9e nader toegelicht.

Op het tijdstip t_2 treedt in het uitgangssignaal 9c van uitgang 73-1 een positieve flank op welke de flip-flop schakeling 51 in de insteltoestand zet en wordt door de signaaluitgang q een hoog signaal (figuur 9d) aan uitgang 5 afgegeven. Op het tijdstip t_4 treedt in het uitgangssignaal 9b van uitgang 74-1 een positieve flank op welke de flip-flop schakeling 51 terugstelt en wordt door de signaaluitgang q een laag signaal (figuur 9d) afgegeven, enz.

Op uitgangsklem 5 verschijnt derhalve het hard begrensde eerste faze-gemoduleerde signaal $\text{sign } Z_1(t)$ zoals in figuur 9d is weergegeven.

Tussen de uitgangen 73-2 en 74-2 is eveneens een flip-flop schakeling 52 aangesloten.

Op overeenkomstige wijze als voor flip-flop schakeling 51 is aangetoond, kan uit de inverse van de in de figuren 9b en 9c weergegeven signalen, welke door de uitgangen 73-2 en 74-2 worden afgegeven, worden aangetoond dat de signaaluitgang q van deze flip-flop schakeling 52 het hard-begrensde tweede fazegemoduleerde signaal $\text{sign } Z_2(t)$ aan uitgangsklem 6

toevoert.

Het is verder duidelijk dat indien de flip-flop schakeling 52 alleen gevoelig is voor negatieve flanken de ingangen van deze flip-flop schakeling dan ook tussen de uitgangsklemmen 73-1 en 74-1 moet worden aangesloten, om op uitgangsklem 6 het signaal $\text{sign } Z_2(t)$ te verkrijgen enz.

Een voor de in figuur 10 weergegeven fazemodulator 64 geschikte uitvoeringsvorm is in figuur 12 weergegeven.

Het aan ingangsklem 4 toegevoerde modulatie signaal $\varphi(t)$ wordt aan een fase-vouwinrichting 77 toegevoerd welke het signaal $\varphi(t)$ in een signaal $\sin \tilde{\phi}(t)$ omzet op nog ander te beschrijven wijze. Dit signaal $\sin \tilde{\phi}(t)$ wordt aan een vermenigvuldiger 78 toegevoerd alwaar het signaal vermenigvuldigd wordt met een signaal $\text{sign}(\cos \omega_0 t)$, waarbij ω_0 de hoekfrequentie van het draaggolfsignaal representeert. Dit signaal $\text{sign} \cos(\omega_0 t)$ wordt door een uitgang 65-2 van de draaggolfgenerator 65 afgegeven. Hiertoe is de draaggolfgenerator in haar uitgangsketen van een niet weergegeven hard begrenzendende schakeling voorzien.

In de vermenigvuldiger 78 wordt het teken van het signaal $\sin \tilde{\phi}(t)$ in het ritme van de draaggolffrequentie door het signaal $\text{sign} \cos(\omega_0 t)$ omgeschakeld tussen plus en min. Het uitgangssignaal $\text{sign}(\cos \omega_0 t) \cdot \sin \tilde{\phi}(t)$ van de vermenigvuldiger 78 wordt aan een ingang 79-2 van een verdere vergelijkerschakeling 79 toegevoerd, waar aan een ingang 79-1 een door de uitgang 65-1 van de draaggolfgenerator 65 afgegeven draaggolfsignaal $\sin \omega_0 t$ wordt toegevoerd. Deze verdere vergelijkerschakeling 79 wekt uit deze ingangssignalen het signaal

$\text{sign}(\sin \omega_0 t + \text{sign}(\cos \omega_0 t) \cdot \sin \tilde{\phi}(t))$
welke signaal identiek is aan het signaal

$\text{sign} \sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ zoals hierna wordt aangetoond.

Voor de nuldoorgangen van het door de vergelijker-schakeling 79 afgegeven signaal geldt dat

$$\sin \omega_0(t) = \text{sign}(\cos \omega_0 t) \sin \tilde{\phi}(t)$$

Voor opeenvolgende nuldoorgangen geldt derhalve dat

$$\begin{aligned} \sin \omega_0 t &= - \sin \tilde{\phi}(t) \\ \sin \omega_0 t &= + \sin \tilde{\phi}(t) \\ \sin \omega_0 t &= - \sin \tilde{\phi}(t) \quad \text{enz.} \end{aligned}$$

Hetgeen betekent dat

$$\omega_0 t + \Phi(t) = K\pi \quad \text{met} \quad K = (\dots, 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Deze betrekking representeert de nuldoorgangen van het signaal

$\text{sign}(\sin \omega_0 t + \Phi(t))$, zodat het uitgangssignaal van de verdere ver-

5 gelijkerschakeling 79 gelijk is aan $\text{sign} \sin(\omega_0 t + \Phi(t))$.

Nu is het signaal $\sin(\omega_0 t + \Phi(t))$ identiek aan het signaal

$\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ indien $\Phi(t)$ zodanig gekozen is dat geldt dat

$-\pi/2 \leq \Phi(t) \leq +\pi/2$, dus begrensd is terwijl $\varphi(t)$ onbegrensd is.

De faze-vouwinrichting 77 moet er derhalve voor zorgen dat het

10 signaal $\varphi(t)$ in het signaal $\Phi(t)$ wordt omgezet, waarbij $\Phi(t)$ binnen de hierboven weergegeven waarde is begrensd om aan de vermenigvuldiger

78 een signaal met eindige waarde aan te bieden, bij een bijvoorbeeld

continu stijgende waarde van het signaal $\varphi(t)$. Daartoe bezit de faze-

vouwinrichting bijvoorbeeld een karakteristiek zoals in figuur 12 is

15 weergegeven.

Deze figuur toont dat er bij elke waarde van het ingangssignaal $\varphi(t)$ een bepaalde waarde van het uitgangssignaal $\Phi(t)$ gelegen binnen de grenzen $-\pi/2$ en $+\pi/2$ hoort.

Bij de in figuur 12 weergegeven zaagtandvormige karakteristiek voor de

20 omzetting van het signaal $\varphi(t)$ in $\Phi(t)$, welke als grondgolf het

signaal $\sin \Phi(t)$ bevat, behoort een eveneens zaagtandvormige signaal

als draaggolfsignaal. Dit is in figuur 11 voor het uitgangssignaal van

de uitgang 65-1 van de draaggolfgenerator 65 weergegeven. Het is evenwel

25 teerde sinusvormige signalen, sinusvormige signalen of daarvoor andere benaderingssignalen toe te passen.

Uit het bovenstaande is gebleken dat de relatie tussen de signalen

$\varphi(t)$ en $\Phi(t)$ eenduidig is. Deze vouwinrichting kan derhalve met behulp van een zogeheten "look-up table" worden gerepresenteerd. Deze bevat een

30 geheugen waarin voor iedere waarde van het ingangssignaal $\varphi(t)$ de

bijbehorende waarde van het uitgangssignaal $\Phi(t)$ is opgeslagen en

waarbij het ingangssignaal $\varphi(t)$ als adressignaal van het bijbehorende signaal $\Phi(t)$ dient.

Het uitgangssignaal van de verdere vergelijkerschakeling

35 wordt via een laagdoorlaatfilter 80 aan aansluitklem 62-2 toegevoerd,

alwaar het in faze gemoduleerde draaggolfsignaal $\sin(\omega_0 t + \varphi(t))$

ter beschikking staat voor verdere verwerking.

De uitvoeringsvormen van de modulatietrapp 1 zoals weergegeven in de figuren 10 en 11 hebben het voordeel dat deze in geïntegreerde vorm kunnen worden gerealiseerd en bijvoorbeeld op de in figuur 6, 7 of 8 weergegeven uitgangstrap 2 kunnen worden aangesloten.

5 De elektronische inrichting voor het opwekken van bijvoorbeeld een hoog vermogen enkelzijband signaal bestaat dan uit een geïntegreerde modulatietrapp 1, aangesloten op een door bijvoorbeeld met behulp van MESFET transistoren als wisselschakelaars en een uitgangstransformator gerealiseerde uitgangstrap 2.

10 Uit het tot dusver beschrevene is het duidelijk dat als modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ ieder willekeurig soort signaal gekozen kan worden zoals twee willekeurige datasignalen. In het bijzonder is de elektronische inrichting geschikt om een enkele inkomende bitstroom van een datasignaal, gecodeerd volgens de 4-faze methode met
15 gereduceerde bandbreedte te moduleren op een draaggolfsignaal, waarbij de x en y component van de faze punten in het faze vlak als modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ zijn te gebruiken, of de x en de over een halve periode verschoven y component van de faze punten. Deze laatste modulatiesignalen geven dan een OQPSK signaal.

20

25

30

35

CONCLUSIES

1. Een elektronische inrichting voor het opwekken van een in amplitude en fase gemoduleerd draaggolfsignaal, daardoor gekenmerkt dat de inrichting een van twee ingangen voorziene fazemodulatietrap bevat voor het aan toevoeren van twee modulatiesignalen, welke modulatie-
 5 trap onder bestuur van de modulatiesignalen twee verschillende in fase gemoduleerde signalen met eenzelfde draaggolffrequentie opwekt en dat de inrichting een uitgangstrap bevat waaraan de in fase gemoduleerde signalen worden toegevoerd voor het door sommering van de fase-gemoduleerde signalen het in afhankelijkheid van het fazeverschil van de faze-
 10 gemoduleerde signalen in amplitude, en in afhankelijkheid van de som van de fazen van de faze-gemoduleerde signalen het in fase gemoduleerd in amplitude en fase gemoduleerd draaggolfsignaal samen te stellen.
2. Electronische inrichting volgens conclusie 1, daardoor gekenmerkt, dat de fazemodulatietrap een eerste modulatiesignaal $x_1(t)$
 15 en het tweede modulatiesignaal $x_2(t)$ omzet in twee fase gemoduleerde signalen $Z_1(t) = a \cos(\omega_0 t + \psi(t))$ en $Z_2(t) = a \cos(\omega_0 t + \chi(t))$ met gelijke amplitude a waarbij de faze $\psi(t)$ van het eerste fazegemoduleerde signaal $Z_1(t)$ gelijk is aan $\varphi(t) + \Theta \arccos(r(t)/2a) + m.2\pi$ en waarvan de faze $\chi(t)$ van het tweede faze gemoduleerde signaal $Z_2(t)$
 20 gelijk is aan $\varphi(t) - \Theta \arccos(r(t)/2a) + n.2\pi + \frac{1-\eta}{2} \pi$ met $\eta = \pm 1$ waarbij geldt dat $\eta = +1$ bij optelling van $Z_1(t) + Z_2(t)$ tot $S(t)$ en $\eta = -1$ bij aftrekking van $Z_2(t)$ van $Z_1(t)$ tot $S'(t)$ en waarbij de modulatie signalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ de coördinaten van een vector in een coördinatensysteem representeren welke vector getransformeerd in een poolcoördinatensysteem door
 25 de grootheden $r(t)$ en $\varphi(t)$ wordt gerepresenteerd, met $\Theta = \pm 1$, waarbij m en n gehele getallen zijn en het in amplitude en fase gemoduleerde signaal $S(t)$ resp. $S'(t)$ door $r(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$ gerepresenteerd wordt.
3. Electronische inrichting volgens conclusie 2, daardoor
 30 gekenmerkt, dat de fazemodulatietrap een signaaltransformatie inrichting en een daarop aangesloten fazemodulatieinrichting bevat, dat de signaaltransformatie-inrichting is ingericht voor het uit de modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ opwekken van met de fazen $\psi(t)$ en $\chi(t)$ evenredige signalen en de fazemodulatietrap fazemodulatoren bevat voor
 35 het uit de met de fazen $\psi(t)$ en $\chi(t)$ evenredige signalen opwekken van de in fase gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$.

4. Electronische inrichting volgens conclusie 3, daardoor gekenmerkt dat de signaaltransformatie-inrichting een arccosinus generator bevat voor het uit de modualtiesignalen opwekken van het signaal $\Theta \cos (r(t)/2a)$, en tweede en derde sommeerinrichting bevat
 5 waaraan het uitgangssignaal van de arccosinus generator en het signaal $\varphi(t)$ worden toegevoerd voor het in de tweede sommeerinrichtingen door optelling samenstellen van het fazesignaal $\psi(t) = \varphi(t) + \Theta \arccos(r(t)/2a)$ en het in de tweede sommeerinrichting door aftrekking samenstellen van het fazesignaal $\chi(t) = \varphi(t) - \Theta \arccos r(t)/2a$.
- 10 5. Electronische inrichting volgens conclusie 2, daardoor gekenmerkt, dat de signaaltransformatie-inrichting van de fazemodulatie-trap een functiegenerator bevat aangesloten op de ingangsklemmen van de fazemodulatie-trap voor het uit de modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ opwekken van het signaal $E(t) = 1/r(t) \sqrt{1-r^2(t)}$, twee vermenig-
 15 vuldiginrichtingen waarvan een eerste op een van de ingangsklemmen en een tweede op de tweede ingangsklem is aangesloten bevat en welke alle twee op de functiegenerator zijn aangesloten, en dat een op de twee vermenigvuldiginrichtingen aangesloten pulssignaalgenerator is aangebracht, met een pulsherhalingsfrequentie welke tenminste twee keer hoger is dan
 20 de hoogste signaalfrequentie van de modulatiesignalen, welke pulssignaal een signaal Θ representeert, voor het in de eerste vermenigvuldiginrichtingen vormen van het produktsignaal $\Theta \cdot x_1(t) \cdot E(t)$ en het in de tweede vermenigvuldiginrichting vormen van het produktsignaal $\Theta \cdot x_2(t) \cdot E(t)$, een vierde, vijfde, zesde en zevende sommeerinrichting
 25 bevat, waarvan de vierde aangesloten is op de eerste ingangsklem en de eerste vermenigvuldiginrichting voor het vormen van het verschilsignaal $\frac{1}{2}(x_1(t) - \Theta x_2(t) \cdot E(t)) = \cos \psi(t)$, waarvan de vijfde aangesloten is op de tweede ingangsklem en de tweede vermenigvuldiginrichting voor het vormen van het somsignaal $\frac{1}{2}(\Theta x_1(t) \cdot E(t) + x_2(t)) = \sin \psi(t)$,
 30 waarvan de zesde aangesloten is op de eerste ingangsklem en de tweede vermenigvuldiginrichting voor het vormen van het somsignaal $\frac{1}{2}(x_1(t) + \Theta x_2(t) \cdot E(t)) = \cos \chi(t)$, en waarvan de zevende vermenigvuldiginrichting is aangesloten op de tweede ingangsklem en de tweede vermenigvuldiginrichting voor het vormen van het verschilsignaal
 35 $\frac{1}{2}(-\Theta \cdot x_1(t) \cdot E(t) + x_2(t)) = \sin \chi(t)$, en dat de modulatieinrichting twee quadratuur modulatoren bevat, waarvan een eerste aangesloten is op de vierde en de vijfde sommeerinrichting voor het vormen van het signaal $\frac{1}{2} \cos(\omega_0 t + \psi(t)) = Z_1(t)$ en een tweede aangesloten is op de

zesde en zevende optelinrichting voor het vormen van het signaal
 $\frac{1}{2} \cos (\omega_0 t + \chi(t)) = Z_2(t).$

6. Electronische inrichting volgens conclusie 3, daardoor
gekenmerkt, dat de signaaltransformatieinrichting een geheugen bevat
5 waaraan monsters van de modulatiesignalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ als adres-
signalen worden toegevoerd en op elk adres de bij elke combinatie van
de signalen $x_1(t)$ en $x_2(t)$ behorende met de fazesignalen $\psi(t)$ en $\chi(t)$
evenredige uitgangssignalen zijn opgeslagen en dat de geheugeninrichting
een adresseerinrichting bevat voor het onder bestuur van de adres-
10 signalen uitlezen van de bij elk adres behorende uitgangssignalen.

7. Electronische inrichting volgens conclusie 2, daardoor
gekenmerkt, dat de fazemodulatietrap een op één van de ingangsklemmen
aangesloten fazemodulator bevat met een daarop aangesloten draaggolf-
generator voor het door het op die ingangsklem aanwezige modulatiesignaal
15 in fase moduleren van het draaggolfsignaal, dat de fazemodulatietrap
een eerste vergelijkerschakeling met twee signaalingangen bevat waarvan
een eerste op de fazemodulator is aangesloten en de tweede ingang op
de andere ingangsklem voor het uit het faze gemoduleerde signaal en het
andere modulatiesignaal opwekken van een eerste pulsduur gemoduleerd
20 signaal met natuurlijke aftasting, dat de fazemodulatietrap een tweede
vergelijkschakeling bevat met een signaalingang en een signaalinverterende
ingang, waarvan de signaalinverterende ingang op de fazemodulator is
aangesloten en de signaalingang op genoemde andere ingangsklem voor het
uit het faze gemoduleerde signaal en het genoemde andere modulatie-
25 signaal opwekken van een tweede pulsduur gemoduleerd signaal met natuur-
lijke aftasting en dat op de uitgangen van de vergelijkerschakeling
een logische signaalomzet inrichting is aangesloten voor het uit de
pulsduur gemoduleerde signalen opwekken van de twee faze gemoduleerde
signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ in hard begrensde vorm.

8. Electronische inrichting volgens conclusie 7, daardoor
gekenmerkt dat de logische signaalomzetinrichting een op elke uitgang
van de vergelijkerschakeling aangesloten tweedeelschakeling bevat welke
ieder twee uitgangen bevat voor het op een eerste uitgang leveren van
één van de twee mogelijke door tweedeling uit het eraan toegevoerde
35 pulsduur gemoduleerde signaal verkregen gedeelde signaal en op de
tweede uitgang leveren van het andere door tweedeling verkregen ge-
deelde signaal en dat een eerste exclusieve "OF"-poortschakeling is
aangebracht aangesloten op de eerste uitgang van een eerste van de twee

deelschakelingen en op de eerste uitgang van de tweede tweedeelschakeling en dat een tweede exclusieve "OF"-poortschakeling is aangebracht aangesloten op de tweede uitgang van de tweede tweedeelschakeling en de tweede uitgang van de eerste tweedeelschakeling en dat de uitgangen
5 van de exclusieve OF-poortschakelingen op de uitgangen van de modulatie-trap zijn aangesloten.

9. Electronische inrichting volgens conclusie 7, daardoor gekenmerkt, dat de vergelijkerschakelingen ieder een signaaluitgang en een inverse signaaluitgang bevatten, dat de logische signaalinrichting
10 twee flip-flop schakelingen bevat, welke ieder slechts gevoelig is voor flanken van één polariteit, en dat de ingangen van één van de twee flip-flop schakelingen zijn aangesloten tussen overeenkomstige uitgangen van beide vergelijkerschakelingen en dat de andere flip-flop schakeling eveneens is aangesloten tussen overeenkomstige uitgangen van
15 de beide vergelijkerschakelingen, waarbij de uitgangen van de flip-flop schakelingen op de uitgangskemmen van de modulatie-trap zijn aangesloten.

10. Electronische inrichting volgens een der voorgaande conclusies daardoor gekenmerkt, dat de uitgangstrap een versterkende
sommerschakeling bevat voor het versterken en sommeren van de aan de
20 versterkertrap toegevoerde faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ en het samenstellen van deze signalen tot het in amplitude en faze gemoduleerde uitgangssignaal.

11. Electronische inrichting volgens conclusie 10 daardoor gekenmerkt dat de versterkende sommeerinrichting twee versterkers bevat
25 voor het afzonderlijk versterken van de faze gemoduleerde signalen $Z_1(t)$ en $Z_2(t)$ en dat op de uitgangen van de versterkers een vorkschakeling is aangesloten voor het samenstellen van de door de versterkers afgegeven faze gemoduleerde signalen tot het in amplitude en faze gemoduleerde signaal en dat de uitgang van de vorkschakeling op de
30 uitgang van de uitgangstrap is aangesloten.

12. Electronische inrichting volgens conclusie 10, daardoor gekenmerkt, dat de versterkende sommeerchakeling een eerste logische "EN"-poortschakeling een tweede logische "EN"-poortschakeling met twee
signaalinverterende ingangen en een logische exclusieve NIET-OF-
35 poortschakeling bevat, waarbij een van de signaalingangen van de eerste EN-poortschakeling, één van de ingangen van de exclusieve NIET-OF-poortschakeling en één van de inverterende signaalingangen van de tweede EN-poortschakeling op één ingang van de eindtrap is aangesloten

- en waarbij de andere signaalingang van de eerste EN-poortschakeling, de andere signaalingang van de exclusieve NIET-OF-poortschakeling en de andere signaalinverterende ingang van de tweede EN-poortschakeling op de andere ingang van de eindtrap is aangesloten, dat een op de
- 5 logische poortschakelingen aangesloten drie standen trekkerschakeling is aangebracht, dat twee van sturingen voorziene stroombronnen zijn aangebracht waarvan de sturingen op signaal uitgangen van de driestanden trekkerschakeling zijn aangesloten en waarbij de uitgangen van de stroombronnen aangesloten zijn op de uitgang van de uitgangstrap.
- 10 13. Electronische inrichting volgens conclusie 10, daardoor gekenmerkt, dat de versterkende sommeerinrichting twee van sturingen voorziene wisselschakelaars en een transformator bevat, dat de sturingen van de wisselschakelaars elk op een daaraan toegevoegde ingang van de twee ingangen van de uitgangstrap zijn aangesloten, dat één van
- 15 de contacten van beide wisselschakelaars op een eerste klem van een spanningsbron is aangesloten, dat het andere contact van beide wisselschakelaars op een tweede klem van de spanningsbron is aangesloten met een van de eerste klem afwijkende spanning, dat de schakelarmen van de wisselschakelaars via een primaire winding van de transformator zijn
- 20 doorverbonden en dat een secundaire winding van de transformator tussen de uitgangsklemmen van de uitgang van de eindtrap is aangesloten.
14. Electronische inrichting volgens conclusie 10, daardoor gekenmerkt, dat de versterkende sommeerinrichting twee van sturingen voorziene wisselschakelaars, een transformator en een stroombron bevat,
- 25 dat één van de contacten van beide wisselschakelaars op één uiteinde van de primaire wikkeling van de transformator is aangesloten, dat het andere contact van beide wisselschakelaars op het andere uiteinde van de primaire wikkeling van de transformator is aangesloten dat de stroombron tussen de schakelarmen van de wisselschakelaars is aangesloten en
- 30 dat de sturingen van de wisselschakelaars elk op een daaraan toegevoegde ingang van de twee ingangen van de uitgangstrap zijn aangesloten.
15. Electronisch circuit volgens conclusie 13 of 14, daardoor gekenmerkt dat elke wisselschakelaar met behulp van twee F.E.T.-
- 35 transistoren is gerealiseerd.
16. Electronisch circuit volgens conclusie 7, daardoor gekenmerkt dat de fazemodulator een op een ingangsklem aangesloten fazevouwinrichting bevat voor het begrenzen van het op die ingangsklem

aanwezige modulatiesignaal binnen de grenzen $-\pi/2$ en $+\pi/2$, dat de draaggolfgenerator twee uitgangen heeft voor het afgeven van twee onderling 90° in faze verschoven draaggolfsignalen, dat een op de faze-vouwschakeling en via een harde begrenzendende schakeling op één
5 van de uitgangen van de draaggolfgenerator aangesloten verdere vermenigvuldiger is aangesloten, dat één op de vermenigvuldiger en de andere uitgang van de draaggolfgenerator aangesloten verdere vergelijker-schakeling is aangesloten en dat een op de uitgang van de verdere vergelijkerschakeling een laagdoorlaatfilter is aangesloten.

10

15

20

25

30

35

8101109

1/5

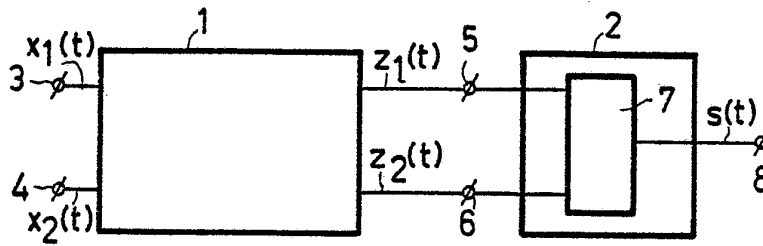


FIG.1

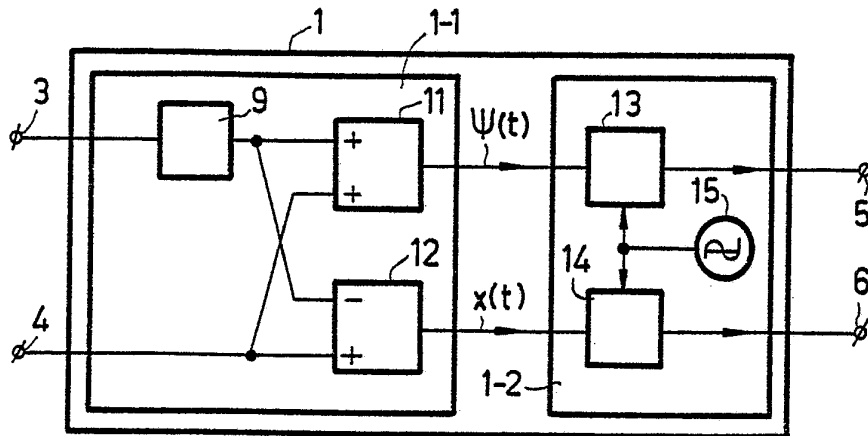


FIG.2

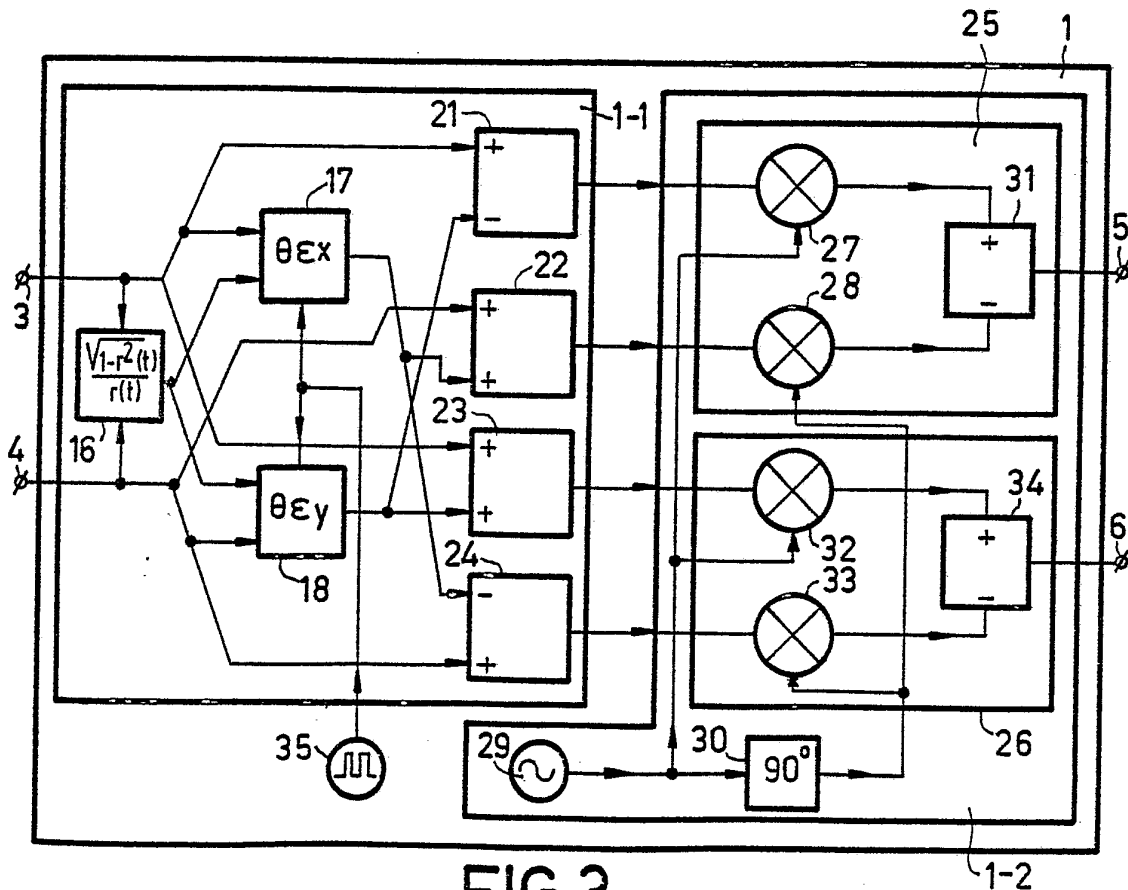


FIG.3

2/5

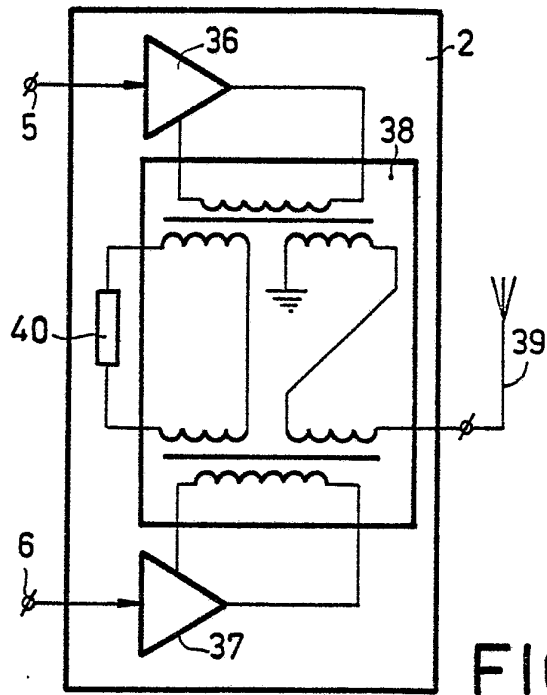


FIG. 4

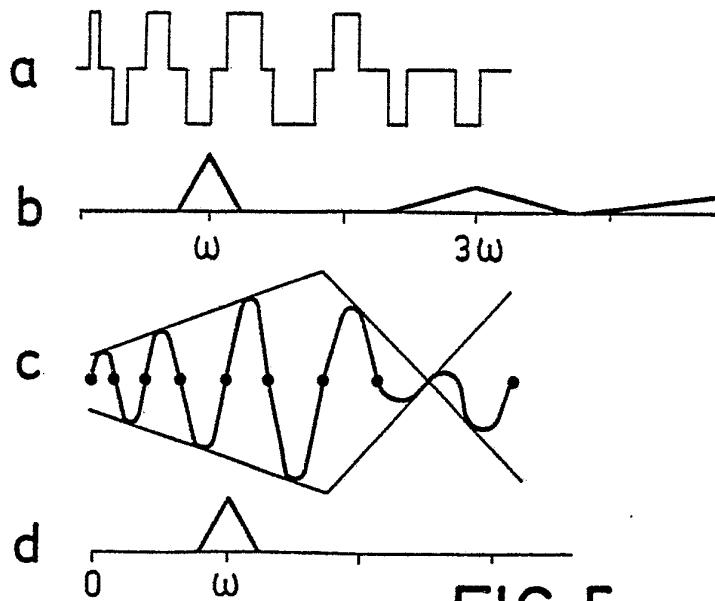


FIG. 5

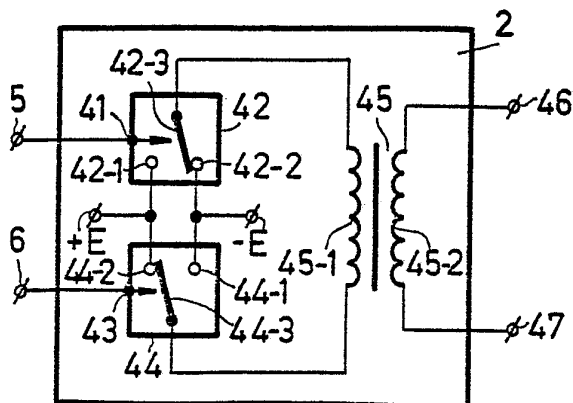


FIG. 6

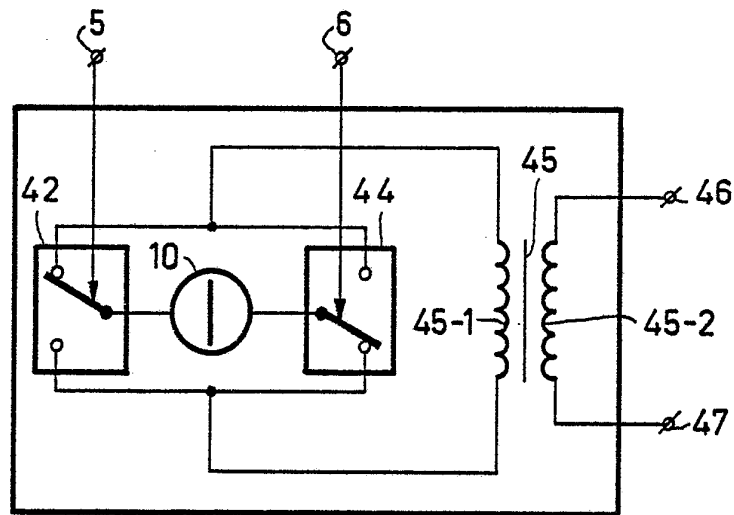


FIG. 7

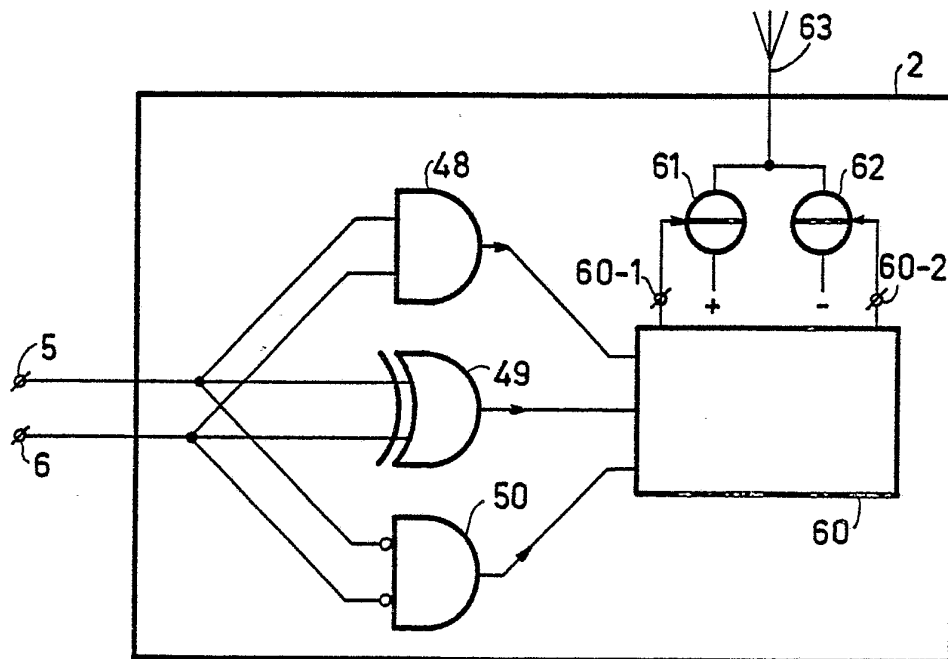


FIG. 8

4/5

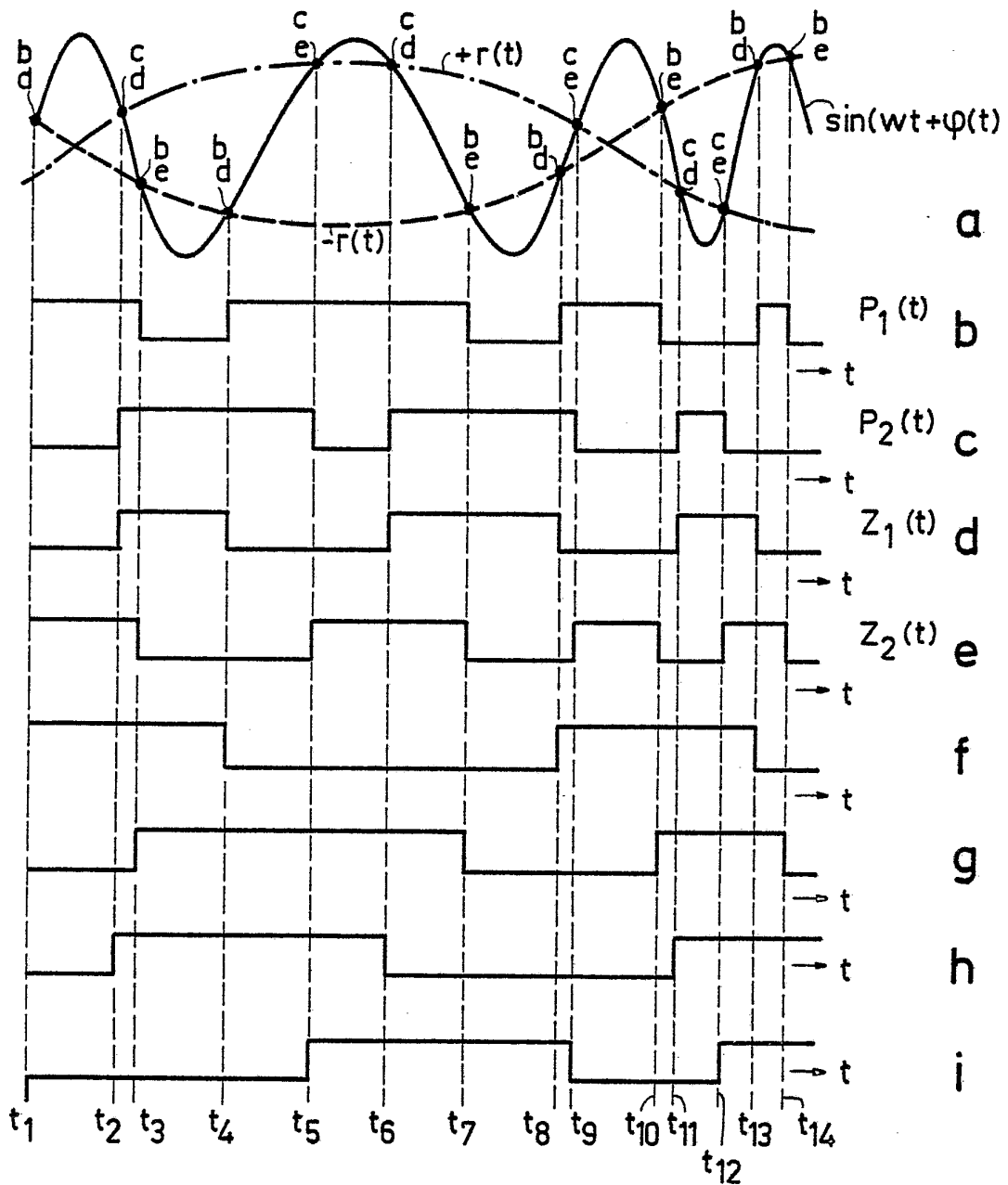


FIG.9

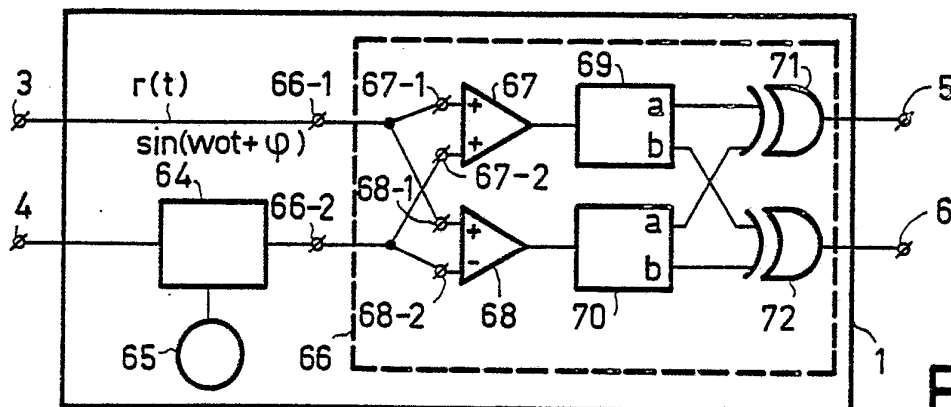


FIG.10

8101109

4-V-PHN 9972

5/5

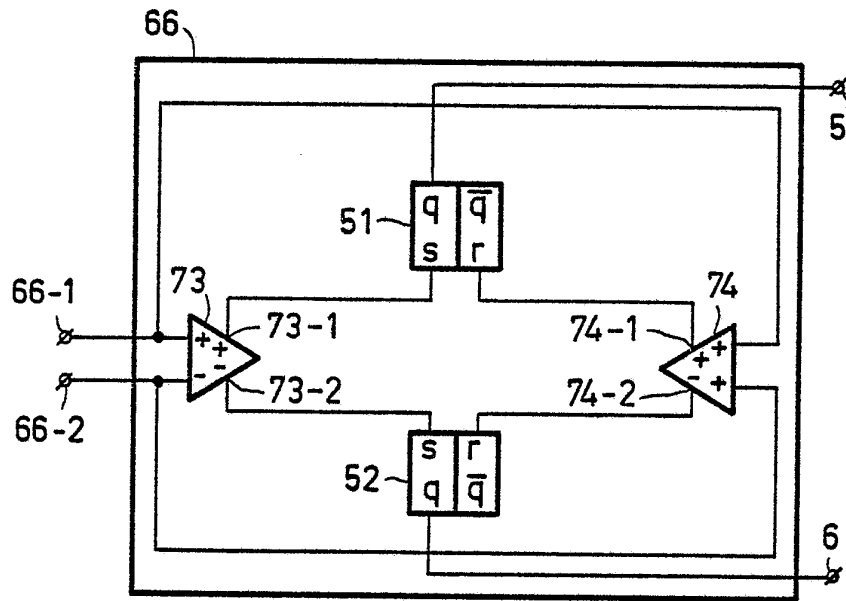


FIG. 11

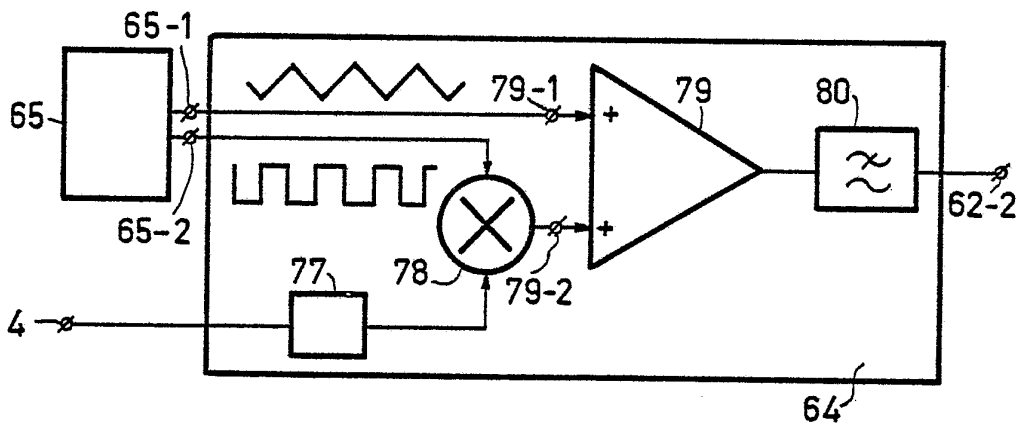


FIG. 12

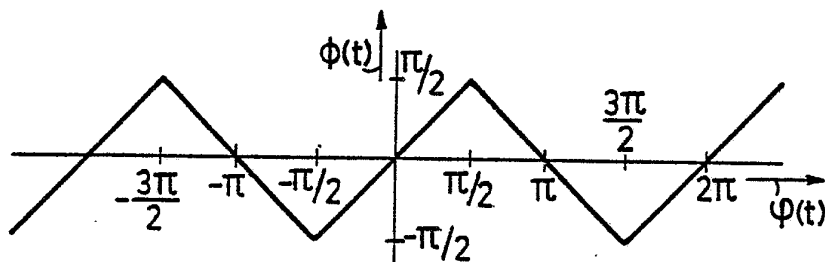


FIG. 13

8101109

5-V-PHN 9972