



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **7920196**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Precisiefasemodulatoren.**

⑤1 Int.Cl³.: H03C3/38.

⑦1 Aanvrager: Western Electric Company, Incorporated te New York.

⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

②1 Aanvraag Nr. 7920196.

⑧6 Aanvraagnummer oorspronkelijke internationale aanvraag: PCT/US79/01029.

②2 Ingediend 4 december 1979.

③2 Voorrang vanaf 15 december 1978.

③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).

③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 969775 .

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 31 oktober 1980.

⑧7 Publicatiedatum oorspronkelijke internationale aanvraag: 26 juni 1980.

⑧7 Publicatienummer oorspronkelijke internationale aanvraag: WO80/01343.

Deze octrooiaanvraag werd ingediend als internationale octrooiaanvraag onder de bepalingen van het Verdrag tot samenwerking inzake octrooien (PCT). De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van een Nederlandse vertaling van de oorspronkelijk in een andere taal ingediende beschrijving met conclusie(s) en tekening(en). De Nederlandse octrooiaanvraag wordt geacht te zijn ingediend op de indieningsdatum van de internationale octrooiaanvraag.

VO 145

Precisiefasemodulatoren.

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op precisiefasemodulatoren en, meer in het bijzonder, op precisiefasemodulatoren omvattende een aantal lineaire onderdrukte-draaggolfamplitudemodulatoren in een cascadeopstelling.

5 In radiosystemen is een gewenste component een lineaire fase- of frequentiemodulator. De lineariteit is in het bijzonder belangrijk bij meerniveau-fasegemoduleerde systemen om het terugwinnen van overgedragen informatie aan de uitgangsklem zonder fouten mogelijk te maken.

10 In het Amerikaanse octrooischrift No.4.028.641 is een lineaire fasemodulator beschreven welke een paar Armstrong-modulatoren in een gebalanceerde configuratie omvat voor het elimineren van niet-lineariteiten van een even orde. In deze bekende inrichting worden draaggolven toegevoegd welke in fase verschillen van de kwadratuur van het modulerende draaggolfsignaal met gelijke en tegengestelde
15 hoeveelheden en door het op juiste wijze instellen van de hoeveelheid faseverschil van de kwadratuur in de toegevoegde draaggolven kunnen ook de derde orde-niet-lineariteiten in hoofdzaak geëlimineerd worden door de uitgangssignalen van de Armstrong-modulatoren in een
20 vermenigvuldigerketen te combineren.

Een andere fasemodulatorketen is in het Amerikaanse octrooischrift No.3.243.730 beschreven waarbij in de keten gebruik wordt gemaakt van gecascadeerde invertoren waarbij modulatie in gelijke fase aan alle invertoren wordt toegevoerd. Meer in het bijzonder
25 wordt fasemodulatie in een draaggolfsignaal gevormd door het draaggolfsignaal toe te voeren via een even aantal gecascadeerde invertierende versterkers waarvan de afzonderlijke inwendige faseverschuivingen gevarieerd worden door gebruik te maken van het modulerende signaal om hun voorspanningsstromen te variëren.

30 Het probleem dat bij de bestaande inrichtingen resteert is

het voorzien in een lineaire fasemodulator welke het mogelijk maakt om nauwkeurig geregelde modulatie op te wekken zonder de gewenste modulatie en de stabiliteitseigenschappen van het basisontwerp van Armstrong op te offeren.

5 Het voorgaande probleem wordt overeenkomstig de uitvinding opgelost doordat deze voorziet in een precisiefasemodulator omvattende een aantal lineaire onderdrukte-draaggolfamplitudemodulatoren in een gecascadeerde opstelling. Meer in het bijzonder omvat iedere modulator een eerste en tweede ingangsklem en een uitgangsklem en
10 zijn de modulatoren in cascade verbonden, waarbij de uitgangsklem van iedere modulator verbonden is met de eerste ingangsklem van de volgende modulator en de eerste ingangsklem van de eerste modulator en alle tweede ingangsklemmen in de cascadeopstelling zijn verbonden met resp. een draaggolfsignaalbron en een modulatiesignaalbron. De fase-
15 modulator omvat verder een eerste en tweede optelorgaan en een kwadratuurkoppelinrichting welke verbonden is met de uitgangen van de beide optelorganen, waarbij de eerste en tweede optelorganen met hun ingangsklemmen aangesloten zijn om op juiste wijze gewogensignalen te ontvangen van resp. (a) de eerste ingangsklem van de eerste
20 modulator van de cascadeopstelling en de uitgangsklemmen van de modulatoren met een even nummer en (b) de uitgangsklemmen van de modulatoren met een oneven nummer van de cascadeopstelling.

25 De uitvinding beoogt te voorzien in een brede band precisiefasemodulator welke geen frequentievermenigvuldiging of terugkoppeltechnieken omvat.

Verwezen zal worden naar de tekening waarin gelijke verwijzingscijfers gelijke onderdelen aangeven en waarbij:

Fig.1 een blokschema toont van een bekende Armstrong-fasemodulator; en

30 Fig.2 een blokschema van een precisiefasemodulator volgens de uitvinding.

Een bekende keten voor het opwekken van ongeveer lineaire fasemodulatie is de Armstrong-fasemodulator 10 welke in fig.1 getoond is. In de Armstrong-fasemodulator 10 wordt een draaggolfsignaal van
35 een uitwendige draaggolfbron 12 gemoduleerd met een modulatiespan-

ning in een lineaire modulator 14. Het uitgangssignaal van de lineaire modulator 14 op leiding 16 is een dubbelzijbandsignaal met onderdrukte draaggolf dat aangelegd is aan één ingangsklem van een kwadratuurkoppelinrichting 18. Het gemoduleerde signaal van de lineaire modulator 14 wordt in de kwadratuurkoppelinrichting 18 in kwadratuur toegevoegd aan het oorspronkelijke draaggolfsignaal dat aangelegd is aan een tweede ingangsklem van de kwadratuurkoppelinrichting 18 om zo op de uitgangsleiding 20 een signaal te leveren dat gegeven wordt door de uitdrukking:

$$\theta(v) = \arctan kv \quad (1)$$

waarin v de modulatie (regel)-spanning is en k een evenredigheidsconstante. De tweede uitgangsklem van de koppelinrichting 18 is afgesloten met een geschikte impedantie 22. De fasemodulatie over een grote hoek wordt verkregen door de Armstrong-modulator in het "lineaire" gebied ($kv \ll 1$) te doen werken en door het uitgangssignaal op de leiding 20 in frequentie te vermenigvuldigen om de gewenste fasezwaai te verkrijgen. De Armstrong-modulator is aantrekkelijk voor toepassingen in radiosystemen omdat het een brede band, nauwkeurig geregelde modulatie aan kan brengen in een gestabiliseerd draaggolfsignaal.

Fig.2 toont een brede-band precisiefasemodulator 30 volgens de uitvinding welke een generalisatie vormt van de Armstrong-modulator maar een betere lineariteit verschaft dan in uitdrukking (1) getoond is zonder beroep te doen op frequentievermenigvuldiging of terugkoppeltechniek. In precisiefasemodulator 30 wordt een draaggolfsignaal met een constante amplitude A_0 en een frequentie ω opgewekt door een uitwendige draaggolfbron 12 op leiding 32 en aangelegd aan de ingang van een cascade van lineair onderdrukte-draaggolfamplitudemodulatoren 34 waarvan er drie getoond zijn welke aangegeven zijn met 34_1 tot 34_3 in fig.2. De lengte van de cascade of het aantal lineaire modulatoren 34 dat vereist is, hangt af van de gewenste getrouwheid van de modulatie.

Iedere lineaire modulator is getoond met een eerste en een tweede ingangsklem en een uitgangsklem waarbij het draaggolfsignaal op leiding 32 aangelegd is aan de eerste ingangsklem van modulator

34₁. Iedere volgende modulator 34 van de cascade van lineaire modulatoren is met een eerste ingangsklem ervan verbonden met de uitgangsklem van de voorafgaande modulator in de cascade. Een modulatiespanning op leiding 36 is aangelegd aan de tweede ingangsklem van elk van de modulatoren 34 van de cascade voor het op juiste wijze moduleren van het signaal aan de eerste ingangsklem van elk van de modulatoren 34 en voor het opwekken van een gemoduleerd signaal aan de uitgangsklem daarvan.

Het draaggolfsignaal op leiding 32 en elk van de uitgangssignalen van de lineaire modulatoren 34₁ - 34₃ zijn afgetakt en aangelegd aan geschikte weegketens resp. 38₀ - 38₃, welke afzonderlijk het bijbehorende ingangssignaal verzwakken of versterken in een aparte, tevoren bepaalde mate welke specifiek is voor iedere weegketen afhankelijk van de trap van de cascade van modulatoren waarvan het ingangssignaal afgeleid is. De techniek voor het bepalen van de weegcoëfficiënt van de weegketens 38₀ - 38₃ zal in het hiernavolgende nader besproken worden.

Het gewogen draaggolfsignaal en de gewogen uitgangssignalen van de modulatoren met een even nummer 38₂ enz., van de cascade, zijn aangelegd aan aparte ingangen van een eerste optelketen 40 terwijl de gewogen uitgangssignalen van de modulatoren met een oneven nummer 38₁, 38₃ enz., aangelegd zijn aan aparte ingangen van de tweede optelketen 42. De optelketens 40 en 42 tellen de bijbehorende ingangssignalen op en verschaffen uitgangssignalen op resp. leidingen 41 en 43. De uitgangssignalen op de leidingen 41 en 43 zijn aangelegd aan een eerste en tweede ingang van een kwadratuurkoppelinrichting 18 waar de twee ingangssignalen in kwadratuur opgeteld worden om een uitgangssignaal op leiding 20 te verschaffen. Het zal duidelijk zijn dat iedere geschikte keten welke in staat is om de beschreven functie uit te voeren voor elk van de componenten uit fig.2, toegepast kan worden.

Bij het in werking zijn transformeert iedere lineaire modulator 34 het ingangssignaal $V(t)\cos \omega t$ in een uitgangssignaal dat weergegeven wordt door de uitdrukking $(\alpha v).V(t)\cos \omega t$, waarin α een evenredigheidsconstante is en v de modulatie of regelspanning welke toegevoerd wordt aan alle modulatoren 34. Het uitgangssignaal van de

nede modulator, of trap, is $(\alpha v)^n A_0 \cos \omega t$. De gewogen uitgangssignalen van de trappen met een oneven nummer worden in kwadratuur gecombineerd met de gewogen uitgangssignalen van de trappen met een even nummer alsook met het gewogen draaggolfsignaal dat beschouwd kan worden als de nulde trap, om een signaal op leiding 20 te vormen dat bepaald wordt door de uitdrukking

$$s(v,t) = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \left[\sum_{n=1,3,5,\dots} w_n (\alpha v)^n \right] \sin \omega t + \frac{A_0}{\sqrt{2}} \left[\sum_{n=0,2,4,6,\dots} w_n (\alpha v)^n \right] \cos \omega t \quad (2)$$

waarin de factoren w_n de weegcoëfficiënten zijn. De amplitude van $s(v,t)$ en de fase ervan ten opzichte van de draaggolf $A_0 \cos \omega t$ zijn functies van v . De resulterende modulatie welke door $s(v,t)$ wordt gedragen kan expliciet getoond worden door de uitdrukking (2) te herschrijven:

$$s(v,t) = A(v) \cos [\omega t - \varnothing(v)] \quad (3)$$

waarin

$$[A(v)]^2 = \frac{A_0^2}{2} (S_o^2 + S_e^2) \quad (4)$$

en

$$\varnothing(v) = \arctan(S_o/S_e) \quad (5)$$

S_o en S_e worden gedefinieerd door

$$S_o = \sum_{n=1,3,5,\dots} w_n (\alpha v)^n, \quad (6)$$

en

$$S_e = \sum_{n=0,2,4,6,\dots} w_n (\alpha v)^n \quad (7).$$

Een begrenzer 44 welke de kwadratuurkoppelinrichting volgt kan gebruikt worden om ongewenste amplitudemodulatie te verwijderen waardoor de fasemodulatie, welke door uitdrukking (5) wordt gegeven, resteert.

Uit de uitdrukkingen (5) - (7) zal opgemerkt worden dat $\varnothing(v)$ een oneven functie van v moet zijn. Deze beperking is niet belangrijk omdat het primaire doel is te voorzien in een modulator waarvan de fase lineair is en derhalve een oneven functie van v .

Om een gewenste fasemodulatie $\varnothing(v)$ te vormen worden de factoren w_n zo gekozen dat zij voldoen aan/de uitdrukking

$$\varnothing(v) = \arctan(S_o/S_g) \quad (8)$$

Indien het gewenst is om $\varnothing(v)$ te benaderen door gebruikmaking van een N-trapsmodulator 30, ($w_n = 0$ voor $n > N$), worden de factoren w_n zo gekozen, dat zij volgens welk geschikt criterium dan ook de uitgangsfase, welke door de uitdrukking (5) wordt gegeven, optimaliseren. Als een kleine amplitudevariatie aan de uitgang van modulator 30 zoals getoond is in uitdrukking (4) ook belangrijk is, kunnen de factoren w_n zo gekozen worden dat zij zowel voldoen aan fase- als amplitudecriteria.

Een eigenschap van de fasemodulator 30 welke in het bovenstaande beschreven is, is de temperatuurstabiliteit. Wanneer de temperatuur varieert zou men redelijkerwijze verwachten dat de parameter α zal veranderen. Zo lang echter de lineaire modulatoren 34 sporen, zodat de afzonderlijke α 's gezamenlijk variëren, zal de functionele vorm van de uitgangsfase $\varnothing(v)$ niet variëren. Dit kan gezien worden uit de uitdrukkingen (5), (6) en (7). Als α verandert naar een nieuwe waarde α' wordt de nieuwe uitgangsfase $\varnothing'(v)$ gegeven door de uitdrukking

$$\varnothing'(v) = \varnothing\left(\frac{\alpha'}{\alpha} v\right) \quad (9)$$

Als dus $\varnothing(v)$ lineair is in v bij één temperatuur zal deze bij alle temperaturen lineair zijn. Deze eigenschap wordt in het algemeen niet waargenomen in "gelineariseerde" bestaande fasemodulatoren waarin één type niet-lineariteit gebruikt wordt om een andere op te heffen. De mate van opheffing in dergelijke modulatoren is in het algemeen een functie van de temperatuur.

De modulatorontwerptechniek welke in het voorgaande beschreven is zal nu toegepast worden op lineaire fasemodulatie en daartoe zal het nulde gewicht dat toegevoegd wordt door weegketen 38₀ op één gesteld worden:

$$w_0 = 1 \quad (10)$$

Dit geeft geen verlies aan algemeenheid en maakt het vinden van de resterende gewichten een weinig eenvoudiger.

Voor lineaire fasemodulatie wordt de gewenste modulatie gege-

ven door de uitdrukking

$$\varnothing(v) = kv \quad (11)$$

waarin k een willekeurige evenredigheidsconstante is. Voor een een-trapsmodulator kan men uit de uitdrukkingen (5) en (6) vinden dat:

$$\varnothing(v) = \arctan w_1 \alpha v \quad (12)$$

Uitdrukking (12) heeft dezelfde vorm als uitdrukking (1) omdat de een-trapsmodulator eenvoudigweg een Armstrong-modulator is. Als het foutkriterium voor het kiezen van w_1 het minimaliseren van de fasefout in een kleine omgeving rond $v = 0$ is, dan zal w_1 bepaald worden door uitdrukking (11) gelijk te stellen aan een reeks ontwikkeling volgens Taylor of MacLaurin van uitdrukking (12) welke afgebroken wordt na de lineaire term. Deze procedure leidt tot $w_1 = k/\alpha$. Derhalve kan men uit de uitdrukkingen (4) - (7) vinden dat

$$\varnothing(v) = \arctan kv = kv - \frac{(kv)^3}{3} + \dots \quad (13)$$

en

$$A(v) = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \left[1 + (kv)^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

De derde-ordefaselineariteit van uitdrukking (13) is karakteristiek voor de een-traps-Armstrong-modulator.

Er zal nu getoond worden dat de tweetrapsmodulator een aanzienlijk betere lineariteit bezit. Volgens uitdrukking (5) wordt de uitgangsfase van een tweetrapsmodulator gegeven door de uitdrukking

$$\varnothing(v) = \arctan \frac{w_1 \alpha v}{1 + w_2 (\alpha v)^2} \quad (15)$$

Door op gelijke wijze te werk gaan als bij de een-trapsmodulator wordt de fasefout geminimaliseerd in de omgeving van $v = 0$ door uitdrukking (11) gelijk te stellen aan een tweede-ordereeksontwikkeling van de uitdrukking (15). Uit dergelijke uitdrukkingen wordt gevonden dat $w_1 = k/\alpha$ en $w_2 = -k^2/3\alpha^2$, hetgeen leidt tot

$$\begin{aligned} \varnothing(v) &= \arctan \frac{kv}{1 - \frac{1}{3} (kv)^2} \\ &= kv - \frac{(kv)^5}{45} + \dots \end{aligned} \quad (16)$$

en

$$A(v) = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \left(1 + \frac{1}{3} (kv)^2 + \frac{1}{9} (kv)^4 \right)^{1/2} \quad (17).$$

5 De eerste niet-lineaire vervormingsterm in uitdrukking (16) is een vijfde orde van v. Een beperkt vergroting van de complexiteit van de modulator volgens de uitvinding in vergelijking met de Armstrong-modulator leidt dus tot een wezenlijke verbetering in lineariteit van een derde orde, zoals getoond in uitdrukking (13) naar
10 een vijfde orde zoals getoond in uitdrukking (16). De amplitudevariatie voor beide modulatoren zijn echter van een tweede orde van v.

Het is soms gewenst om een toegenomen faselineariteit af te wegen tegen een verkleinde amplitudevariatie omdat praktische begrenzers dikwijls een excessieve amplitudemodulatie omzetten in fasemodulatie. Voor een tweetrapsmodulator 30 resulteert het kiezen van $w_2 = -w_1^2/2$ in een amplitudevariatie die van een vierde orde van v is. De beste faselineariteit welke bij deze eis voor w_2 mogelijk is, komt overeen met $w_1 = k/\alpha$, hetgeen leidt tot

$$\begin{aligned} \varphi(v) &= \arctan \frac{kv}{1 - \frac{1}{2} (kv)^2} \\ &= kv + \frac{(kv)^3}{6} + \dots \end{aligned} \quad (18)$$

De fase niet-lineariteit is toegenomen tot een derde orde, zoals bij een eentrapsmodulator.

25 Het zal duidelijk zijn dat de bovenbeschreven uitvoeringsvormen slechts dienen ter illustratie van de principes van de uitvinding. Verschillende andere modificaties en veranderingen kunnen door vakmensen uitgevoerd worden, en zullen de principes van de uitvinding belichamen en binnen het kader van de beschermingsomvang
30 ervan vallen. Wanneer b.v. in fig.2 een tweetrapsfasemodulator gewenst is met uitsluitend gebruikmaking van de modulatoren 34₁ en 34₂ is de optelinrichting 42 niet nodig en kan het uitgangssignaal van de modulator 34₁ via weegketen 38₁ rechtstreeks verbonden worden met de lage ingangsklem van kwadratuurkoppelinrichting 18.

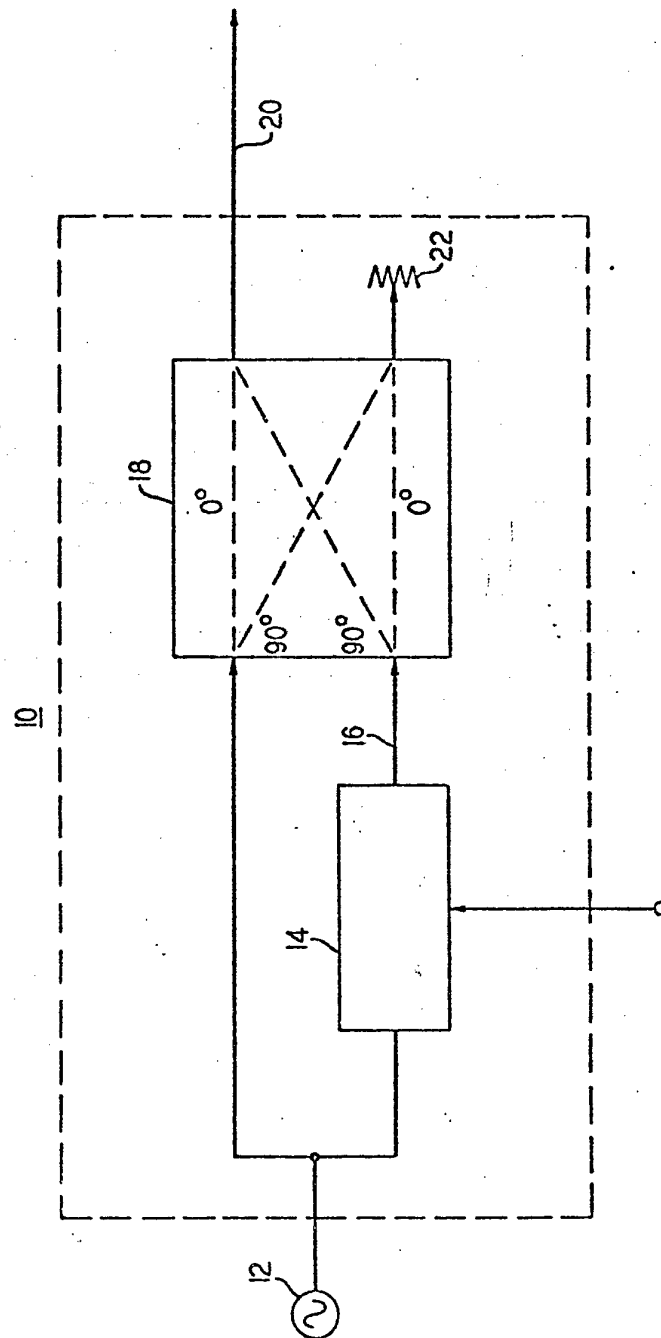
C o n c l u s i e s :

=====

1. Fasemodulator (30) omvattende een eerste en een tweede lineaire onderdrukte-draaggolfamplitudemodulator (34_1 en 34_2), waarbij iedere modulator een eerste en tweede ingangsklem en een uitgangsklem omvat, met het kenmerk, dat de eerste en tweede modulator (34_1 en 34_2) in cascade verbonden zijn waarbij de uitgangsklem van de eerste modulator verbonden is met de eerste ingangsklem van de tweede modulator en de eerste ingangsklem van de eerste modulator en de tweede ingangsklem van de eerste en tweede modulator in staat zijn om resp. een draaggolfsignaal en een modulatiesignaal te ontvangen; dat de fasemodulator verder voorzien is van een optelorgaan (40) omvattende een eerste en tweede ingangsklem gekoppeld met de eerste ingangsklem van de eerste modulator en de uitgangsklem van de tweede modulator terwijl het optelorgaan in staat is om een uitgangssignaal op te wekken dat overeenkomt met de som van de ingangssignalen; van een kwadratuurkoppelinrichting (18) die in staat is om in kwadratuur de uitgangssignalen van het optelorgaan en de eerste modulator te combineren om te voorzien in een in fase gemoduleerd uitgangssignaal, en van eerste, tweede en derde weegorganen (38_0 , 38_1 , 38_2) welke in staat zijn om een aparte tevoren bepaalde weegfactor aan te brengen in het signaal dat aangelegd wordt aan resp. de eerste en tweede ingangsklem van het optelorgaan (40) en het uitgangssignaal van de eerste modulator (34_1) dat wordt toegevoerd aan de kwadratuurkoppelinrichting (18).
2. Fasemodulator omvattende een n-aantal lineaire onderdrukte-draaggolfamplitudemodulatoren (34_1 , 34_2 , 34_3 34_n) waarbij elke modulator een eerste en een tweede ingangsklem en een uitgangsklem bevat, met het kenmerk, dat het n-aantal modulatoren in cascadeopstelling verbonden is waarbij de uitgangsklem van iedere modulator verbonden is met de eerste ingangsklem van de volgende modulator in de cascadeopstelling en waarbij zowel de eerste klem van de eerste modulator (34_1) in de cascadeopstelling en alle tweede aansluitklemmen van het n-aantal modulatoren in staat zijn om resp. een

draaggolfsignaal en een modulatiesignaal te ontvangen; waarbij de fasemodulator verder omvat een eerste optelorgaan (40) omvattende ingangsklemmen die verbonden zijn met de eerste ingangsklem van de eerste modulator van de cascadeopstelling en de uitgangsklemmen van de modulatoren met een even nummer van de cascadeopstelling, waarbij het eerste optelorgaan in staat is om een uitgangssignaal (41) op te wekken dat overeenkomt met de som van de ingangssignalen; een tweede optelorgaan (42) omvattende ingangsklemmen welke verbonden zijn met de uitgangsklemmen van de modulatoren met een oneven cascadeopstelling, waarbij het tweede optelorgaan in staat is om een uitgangssignaal op te wekken dat overeenkomt met de som van de ingangssignalen; een $n + 1$ aantal weegorganen ($38_0, 38_1, 38_2 \dots 38_n$) waarbij ieder weegorgaan geplaatst is in steeds één van de ingangsverbindingen naar de eerste en tweede optelorganen en in staat is om een aparte tevoren bepaalde weegfactor aan te brengen in een signaal dat daar doorheen passeert; en een kwadratuurkoppelinrichting (18) welke in staat is om in kwadratuur de uitgangssignalen van de eerste en tweede optelorganen te combineren om zo te voorzien in een in fase gemoduleerd uitgangssignaal.

FIG. 1



Western Electric Company, Incorporated

