
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8200051**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Inrichting en werkwijze voor het detecteren van multifrequentie tooncodesignalen.**
- ⑤1 Int.Cl.³: H04Q 1/46.
- 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.

-
- ⑳1 Aanvraag Nr. 8200051.
- ⑳2 Ingediend 8 januari 1982.
- ⑳3 --
- ⑳3 --
- ⑳1 --
- ⑳2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 1 augustus 1983.

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

"Inrichting en werkwijze voor het detecteren van multifrequentie
tooncodesignalen"

De uitvinding heeft betrekking op een multifrequentie
code ontvanger voor het uit ingangssignalen detecteren van combinaties
van tenminste twee uit een groep van multifrequentie toonsignalen be-
vattende toonfrequentie selectieve elementen, een op deze elementen
5 aangesloten toonsignaal-combinatie-detector en een stoorsignaal-
bewakingsschakeling voor het blokkeren van een gedetecteerde signaal-
combinatie bij de aanwezigheid van stoorsignalen.

Multifrequentiecode ontvangers vinden algemeen toepassing
in telefoniesystemen in het bijzonder bij multitoon-registersignalering
10 voor de detectie van zowel analoge toonsignalen als voor de detectie
van digitale toonsignalen, welke signalen eventueel door bemonstering
en analoog-digitaal omzetting uit analoge toonsignalen kunnen zijn
afgeleid. Een dergelijke multifrequentie code ontvanger ingericht
voor de detectie van digitale toonsignalen is o.a. bekend uit het
15 artikel "Digital MF Receiver Using Discrete Fourier Transform" van
I. Koval en G. Gara gepubliceerd in IEEE Transactions on communications
vol. COM-21, No. 12, December 1973 pagina's 1331-1335.

De toonfrequenties van genoemde signaleringssoort zijn
binnen de spraakband gelegen. Hierdoor is het mogelijk dat in de
20 spraakband gelegen stoorsignalen zoals ruis en andere ongewenste signalen
toonsignaalcombinaties imiteren. Om dit te onderkennen zijn deze ont-
vangers van een stoorsignaalbewakingsschakeling voorzien. Deze dient
om onderscheid te maken tussen een detectie resultaat tengevolge van
een ontvangen toonsignaal combinatie of tengevolge van de ontvangst
25 van stoorsignalen.

Zo bepaalt de stoorsignaalbewakingsschakeling van de
multifrequentie code ontvanger bekend uit genoemd artikel het totale
ontvangen vermogen en vergelijkt dit met het vermogen van de twee sterk-
ste ontvangen toonsignalen om te bepalen of de gedetecteerde signaal-
30 combinatie geldig is.

Bij het optreden van een stoorsignaal bestaande uit een
enkelvoudig frequentiesignaal, waarvan de frequentie ongeveer midden
tussen twee opeenvolgende tooncodesignalen is gelegen, zullen zowel

de twee frequentie selectieve elementen gevoelig voor deze twee tooncodesignalen aanspreken als dat de stoorsignaalbewakingsschakeling geen ander vermogen zal detecteren dan die gedetecteerd in genoemde twee frequentie selectieve elementen. Derhalve wordt een door een enkel-
5 voudig frequentie signaal geïmmiteerde toonsignaalcombinatie voor een geldige toonsignaalcombinatie gehouden door deze multifrequentie codeontvanger.

Het is een doel van de uitvinding een multifrequentiecode ontvanger te realiseren, waarvan de betrouwbaarheid is vergroot,
10 doordat het aanspreken op een enkelvoudig frequentiesignaal gelegen in de toonsignaleringsband wordt vermeden.

Voor digitaal uitgevoerde multifrequentie codeontvangers welke in tijdmultiplex bedrijf voor meerdere kanalen met MFC signalering worden toegepast, wordt het aantal van deze multiplex kanalen begrensd
15 door de verwerkingssnelheid van de multifrequentie codeontvanger. Het is een verder doel van de uitvinding om bij het vergroten van de betrouwbaarheid van digitaal uitgevoerde multifrequentie codesignaalontvangers de extra benodigde rekentijd tot een minimum te beperken.

De in de aanhef vermelde multifrequentiecode ontvanger
20 is overeenkomstig de uitvinding daardoor gekenmerkt dat de stoorsignaalbewakingsschakeling een kamfrequentie selectief element bevat waarvan de nulpunten in de overdrachtskarakteristiek nagenoeg samen- vallen met de nominale frequenties van de groep van multifrequentie toon- signalen en het kamfrequentie selectieve element op de toonsignaal-
25 combinatiedetector is aangesloten voor het blokkeren van een gedetecteerde signaalcombinatie indien het uitgangssignaal van het kamfrequentie selectieve element een van de sterkte van de ontvangen signaal combinatie afhankelijk drempelwaarde overschrijdt.

Doordat het kamfrequentie selectieve element niet aan-
30 spreekt op de nominale toonfrequenties en maximaal aanspreekt op frequenties gelegen midden tussen opeenvolgende nominale frequenties is het voordeel van een extra beoordelingscriterium verkregen, waarmee een bedrijfszekere werking van de multitooncode ontvanger op eenvoudige wijze is gerealiseerd.

35 Een werkwijze voor toepassing in deze multifrequentiecode ontvanger, waarin door de frequentie selectieve elementen uit digitale ingangssignalen met behulp van discrete Fourier transformatie de aanwezigheid van multifrequentie toonsignalen worden bepaald is

gekenmerkt door de volgende stappen

- het bepalen van de discrete Fourier getransformeerde van de digitale ingangsignalen met als kernen van deze discrete Fouriertransformatie de uitdrukkingen

$$5 \quad \sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \cdot \sin \left[2\pi (f_0 - \Delta f/2 + k \Delta f) nT \right] \quad \text{en}$$

$$10 \quad \sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \cdot \cos \left[2\pi (f_0 - \Delta f/2 + k \Delta f) nT \right]$$

waarbij $w(n,T)$ een bepaald venster signaal is, p het aantal multifrequentie codesignalen is, f_0 de laagste multitoonsignaalfrequentie is uit de groep van multifrequentie codesignalen, Δf het frequentiever-
 15 schil tussen twee in frequentie opvolgende multifrequentie toon-
 signalen is, T de tijd gelegen tussen twee opeenvolgende monsters van de digitale ingangssignalen is en waarbij n het rangnummer is van de monsters van de ingangssignalen,

- het uit de discrete Fourier getransformeerde ingangssignalen bepalen
 20 van een met het vermogen van de geselecteerde frequentie component evenredig signaal,
- het vergelijken van dit signaal met de som van de vermogens van de multifrequentie toonsignalen van een gedetecteerde multifrequentie codesignaalcombinatie,
- 25 - het ongeldig verklaren van de gedetecteerde multifrequentie code signaal combinatie wanneer het genoemde signaal een waarde heeft welke ongeveer gelijk is aan die van de waarde van genoemde som.

Dit heeft het voordeel dat deze werkwijze voor het be-
 palen van een enkelvoudig sinusvormig signaal met zeer weinig extra
 30 middelen in een bestaande digitale multifrequentie code ontvangers kan worden toegepast, terwijl deze werkwijze bovendien slechts weinig extra rekentijd vergt.

Een andere werkwijze voor toepassing in deze multi-
 frequentie code ontvanger, waarin door de frequentie selectieve
 35 elementen uit digitale ingangssignalen met behulp van discrete Fourier-
 transformatie de aanwezigheid van multifrequentie toonsignalen worden bepaald, is gekenmerkt door de volgende stappen:

- het bepalen van de discrete Fouriergetransformeerde van de digitale

ingangssignalen met als kernen van deze discrete Fouriertransformatie de uitdrukkingen

$$5 \quad \sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \cdot (-1)^k \cdot \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) nT \right] \quad \text{en}$$

$$\sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \cdot (-1)^k \cdot \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) nT \right]$$

10 waarbij $w(n,T)$ een bepaald venster signaal is, p het aantal multifrequentie codesignalen is, f_0 de laagste multitoon signaalfrequentie is uit de groep van multifrequentie codesignalen, δf het frequentieverschil tussen twee in frequentie opvolgende multifrequentie toonsignalen is, T de tijd gelegen tussen twee opeenvolgende monsters van de digitale ingangssignalen is en waarbij n het rangnummer is van
15 de monsters van de ingangssignalen.

- het uit de discrete Fouriergetransformeerde ingangssignalen bepalen van een met het vermogen van de geselecteerde frequentie component evenredig signaal
- 20 - het vergelijken van dit signaal met de som van de vermogens van de multifrequentie toonsignalen van een gedetecteerde multifrequentie codesignaalcombinatie.
- het ongeldig verklaren van de gedetecteerde multifrequentie code signaal combinatie wanneer het genoemde signaal een waarde heeft
25 welke ongeveer gelijk is aan die van de waarde van genoemde som.

Hiermede is een verdere besparing op de extra rekentijd voor de bepaling van de responsie van het digitaal uitgevoerde kamfilter gerealiseerd.

De uitvinding en hare voordelen zullen aan de hand van
30 de in de figuren weergegeven uitvoeringsvoorbeelden nader worden toegelicht, waarbij overeenkomstige delen in de verschillende figuren met dezelfde verwijzingscijfers worden aangeduid.

Daarbij toont:

35 Figuur 1 een multifrequentie codeontvanger volgens de uitvinding.

Figuur 2 de overdrachtskarakteristiek van de frequentie-selectieve elementen weergegeven in figuur 1.

Figuur 3 een blokschema van de spraakbewakingsschakeling

in figuur 1.

Figuur 4 de overdrachtskarakteristiek van het kam-frequentieselectieve element weergegeven in figuur 3

5 Figuur 5 een digitale uitvoeringsvorm van een multi-frequentie codeontvanger volgens de uitvinding

Figuur 6 de overdrachtskarakteristiek van een kamfilter toegepast in de multifrequentie codeontvanger volgens figuur 5.

De in figuur 1 weergegeven multifrequentie-codeontvanger, dient voor het detecteren van multifrequentie code registersignalen
10 tussen telefooncentrales. Deze signalen worden verder met MFC signalen aangeduid. Deze MFC registersignalering maakt per overdrachtsrichting gebruik van combinaties van twee uit een groep van zes toonsignalen gelegen in de spraakband voor het overdragen van signaleringstekens.

20 Zo wordt voor de overdracht in een richting de groep MFC signalen van 700, 900, 1100, 1300, 1500 en 1700 Hz gebruikt en voor de overdracht in twee richtingen een gedwongen signalering met in de heenrichting de groep MFC signalen van 1380, 1500, 1620, 1740, 1860, 1980 Hz en in de terugrichting de groep MFC signalen van 1140, 1020, 900, 780, 660 en 540 Hz.

25 Voor de detectie van de MFC signalen bevat de ontvanger een zestal frequentie selectieve elementen 2 t/m 7 aangesloten op de ingang 1, elk gevoelig voor een andere MFC signaal frequentie gelegen in één van de genoemde groepen. Om te bepalen of de door de frequentie selectieve elementen gedetecteerde signalen een MFC signaal combinatie
30 bevatten is een signaalcombinatie detector 8 aangesloten op deze elementen 2 t/m 7. Deze detector geeft op zich bekende wijze bij het optreden van uitgangssignalen van slechts twee van deze elementen met voldoende energieinhoud, het daarbij behorende codeteken aan uitgang 9 af.

35 Aangezien de MFC signalen in de spraakband zijn gelegen is de ontvanger van een stoorsignaal bewakingsschakeling 10 voorzien om immitatie van deze signalen door stoorsignalen te voorkomen.

Een dergelijk bewakingsschakeling 10 bepaalt bijvoorbeeld de totale hoeveelheid ontvangen energie. Deze informatie wordt via
35 geleider 10-1 aan de MFC signaal combinatie detector 8 toegevoerd en aldaar op bekende wijze vergeleken met de energieinhoud van de gedetecteerde MFC-sig-naalcombinatie.

Overschrijdt de door de schakeling 10 gedetecteerde

energie die van de toonsignalen met een bepaalde waarde dan wordt het bij de gedetecteerde MFC signaal combinatie behorende codeteken niet aan uitgang 9 toegevoerd.

In figuur 2 zijn de overdrachtskarakteristieken 11 t/m 16 van de frequentie selectieve elementen 2 t/m 7 als functie van de frequentie uitgezet, waarbij f_0 t/m f_5 de zes MFC signaalfrequenties zijn van een van de genoemde groepen van MFC signalen.

Wordt een voldoende sterk enkelvoudig sinusvormig signaal ontvangen met een frequentie welke nagenoeg midden tussen twee opeenvolgende MFC signaalfrequenties is gelegen, dan zullen de frequentie selectieve elementen gevoelig voor die twee opeenvolgende MFC signaalfrequenties aanspreken. Zo zal voor het in figuur 2 weergegeven enkelvoudig sinusvormig signaal met frequentie f_8 de elementen 2 en 3 gevoelig voor de MFC signaalfrequenties f_1 en f_2 aanspreken en wordt derhalve een signaalcombinatie gedetecteerd, welke door een stoorsignaal met frequentie f_8 is gesimuleerd.

De stoorsignaal bewakingsschakeling 10 detecteert in dit geval geen andere energieinhoud dan die welke door de elementen 2 en 3 wordt gedetecteerd en zal derhalve niet voorkomen dat de gesimuleerde MFC-signaal combinatie aan uitgang 9 wordt afgegeven.

Om hieraan tegemoet te komen bevat de stoorsignaalbewakingsschakeling 10 zoals in figuur 3 is weergegeven behalve een detector 17, welke de energieinhoud van alle ontvangen signalen bepaald, tevens een kamfrequentieselectief element 18. De overdrachtskarakteristiek 19 van dit kamfrequentie selectieve element 18 is in figuur 4 weergegeven. Deze overdrachtskarakteristiek heeft nulpunten gelegen bij de MFC signaalfrequenties en heeft maxima voor frequenties gelegen midden tussen de MFC-signaalfrequenties. Een dergelijke kamfrequentie selectief element is derhalve bijzonder geschikt voor de detectie van één enkelvoudig sinusvormig signaal met een frequentie nagenoeg midden tussen twee opeenvolgende toonsignalen gelegen. Bij de ontvangst van een dergelijk signaal geeft het kamfrequentie selectieve element een maximaal uitgangssignaal af. Zo toont figuur 4 voor de enkelvoudige signaalfrequentie f_8 een maximale signaaloverdracht.

Het uitgangssignaal van het kamfrequentie selectieve element 18 wordt via geleider 10-2 aan MFC-signaalcombinatie detector 8 toegevoerd. Wordt door de energie van dit uitgangssignaal een van de energieinhoud van een gedetecteerde MFC-signaal combinatie afgeleide

drempel overschreden, dan wordt afgifte van het bij de gedetecteerde MFC-signaalcombinatie behorende codeteken aan uitgang 9 verhinderd. Het als geldig waarden van gesimuleerde MFC frequentie signaalcombinaties, door enkelvoudige frequentie signalen, is daardoor ver-

5 . meden.

Een van een kamfrequentie selectief element voorziene multifrequentie codeontvanger, kan zowel worden ingericht voor het detecteren van MFC-signalen uit in analoge vorm ontvangen signalen als uit in digitale vorm aangeboden signalen. Deze laatste kunnen zowel in

10 digitale vorm ontvangen zijn, als door middel van analoog-digitaal omzetting uit analoge ontvangen signalen worden afgeleid.

In een voor analoge signalen ingericht multifrequentie code ontvanger waarbij de frequentie selectieve elementen bandfilters zijn, zoals o.a. bekend uit de Britse octrooischrift 1.136.341, kan als kam-

15 frequentie selectief element een kamfilter worden toegepast opgebouwd uit een sommatieinrichting waaraan de ontvangen signalen direct en via een vertragingselement worden toegevoerd, waarvan de vertragingstijd gelijk is aan de reciproke waarde van het frequentieverschil van de opeenvolgende toonsignalen. Dergelijke kamfilters zijn uitvoerig

20 beschreven in het artikel "An analyses of a type of comb filter" van A.G.J. Mac Farlane gepubliceerd in paper No. 3121E van "the Institute of Electrical Engineers" jan. 1960, pagina's 39-52. Voor zeer grote vertragingstijden kan het vertragingselement als ladingsoverdrachtinrichting (charged coupled device) zijn uitgevoerd.

Een multifrequentie codeontvanger ingericht voor de ver-

25 werking van pulscode gemoduleerde signalen is in figuur 5 weergegeven. Deze ontvanger is aangesloten op een multiplex kanaal 20 welke bijvoorbeeld een datasnelheid van 2,048 megabit per seconde heeft, verdeeld over 32 subkanalen van ieder 64 kilobit per seconde. Over elk

30 van deze subkanalen wordt PCM gemoduleerde MFC-signalering aan de ontvanger toegevoerd in 8 bits woorden, elk een signaalmonster representerend met een herhalingsfrequentie van 8 K bit per seconde.

De werking van de ontvanger wordt verder aan de hand van de door één subkanaal aan de ontvanger toegevoerde signalen beschreven.

35 De verwerking van de signalen van de overige kanalen is daaraan identiek en kan of in tijdsvolgorde in dezelfde ontvanger geschieden of, in een aantal parallelgeschakelde ontvangers worden behandeld. Ook kan een combinatie van gedeeltelijke parallele en gedeeltelijke serie

verwerking worden toegepast.

Van een inkomend subkanaal worden de acht bits van elk signaal monster in een als schuifregister 21 uitgevoerde buffer-trap gelezen onder bestuur van een uit de signalen op de hoofdweg 20 afgeleid kloksignaal dat toegevoerd wordt door lijn 22. Na de ontvangst van een groep van acht bits wordt deze groep onder bestuur van een pulssignaal afgegeven door een pulssignaalinrichting 24 in parallele vorm in een geheugeninrichting 23, uitgevoerd als een RAM, ingelezen. In dit geheugen worden de ontvangen monsters op cyclische wijze ingelezen.

Het is in de praktijk gebleken dat een aantal van 128 monsters van een ontvangen MFC signaal, voor het bepalen van de discrete Fourier transformatie, DFT genaamd, een goed compromis vormt tussen de detectie tijd, welke vanwege de afstand $T = 125 \mu \text{ sec}$ tussen opeenvolgende monsters dan gelijk is aan $128 \cdot T = 16 \text{ msec}$, de vereiste breedte van de hoofdlob van de overdrachtskarakteristiek van de detector om de M.F.C. signalen afzonderlijk te kunnen bepalen en het vermogen van het gedetecteerde signaal om van ruis-spraak of andere stoorsignalen met een door de administraties voorgeschreven toelaatbaar max. niveau nog onderscheiden te kunnen worden. Het aantal monsters opgeslagen in het RAM 23 is derhalve gelijk aan 128 gekozen. Een daarop volgend ontvangen monster wordt in het RAM 23 over de informatie van het eerste ingeschreven monster gelezen, enz.

De ontvanger bevat verder besturingsinrichting 25 bijv. een programmeerbaar geheugen "PROM" zoals bekend uit het duitse Auslegeschrift 26 03 270 of een deel van een μ processor zoals een Z 80 van Zilog. Het daarin opgeslagen besturingsprogramma bestuurt o.a. daarop aangesloten programmeerbare geheugens PROM 26 en PROM 27 waarin respectievelijk de kernen van de DFT;

- a) $w(nT) \cdot \sin k w n T$ en
 30 b) $w(nT) \cdot \cos k w n T$, zoals gedefinieerd in IEEE Trans. on Comm. Vol. COM-21, No. 12, Dec. 1973, pagina's 1331-13359, zijn opgeslagen.

Hierin is:

T de monsterherhalingstijd, die in dit uitvoeringsvoorbeeld $125 \mu \text{ sec}$ is
 35 $n = 1, 2, \dots N$ het monsternummer aangeeft, waarbij N in dit uitvoeringsvoorbeeld gelijk aan 128 is, k een geheel getal in dit voorbeeld 0, 1, 2 t/m 6 is, w het toonfrequentie monsterinterval gelijk aan $2\pi/NT$,

zodat $k\omega$ voor de lopende parameter k de MFC frequenties representeren en $w(n,T)$ een venster functie is.

Venster functies worden toegepast om de verhouding van de energie van de detector responsie van de hoofdlob tot die van de zijlobben te verbeteren. Dergelijke venster functies zijn uitvoerig beschreven in het artikel "On the use of windows for harmonic analysis with the Discrete Fourier Transform" van F.J. Harris gepubliceerd in Proc. of the IEEE Vo. 66, No. 1, January 1978, pagina's 51-83.

Voor de detectie van de MFC toonfrequentie signalen zijn zogeheten "raised-cosine" venster functies bijzonder geschikt.

Ter bepaling van de sommen

$$S(k,\omega) = \sum_{n=0}^{n=127} f(n,T) \cdot w(nT) \cdot \sin(k\omega nT)$$

15 en $C(k,\omega) = \sum_{n=0}^{n=127} f(n,T) \cdot w(nT) \cdot \cos(k\omega nT)$

bevat de ontvanger twee productaccumulatoren 30 en 31.

Door de pulsrichting 24 aan de besturingsinrichting 25 afgegeven pulsreeks wordt het in de besturingsinrichting 25 opgeslagen programma iedere 125 μ sec doorlopen.

Deze besturingsinrichting geeft via stuurgeleider 25-1 voor opeenvolgende tijdsintervallen, elke van 125 μ sec, opdracht om de in de inrichting 23 opgeslagen ingangsmoesters tenminste een met het aantal MFC signaalfrequenties overeenkomend aantal intervallen van zes keren uit te lezen. Deze moesters worden via een code omzetter 29, voor het omzetten van de PCM gecodeerde signaal moesters in lineaire binair gecodeerde signaalmoesters, aan eerste ingangen 30-1 en 31-1 van de product accumulatoren 30 en 31 toegevoerd.

Tegelijkertijd geeft de besturingsinrichting 25 via de stuurgeleiders 25-2 en 25-3 opdracht aan de inrichtingen 26 resp. 27 om synchroon met de uitgelezen ingangssignaalmoesters, de moesters van de zes verschillende kernen van de MFC signalen in zes achtereenvolgende intervallen, met aan iedere interval een specifiek toegevoegde MFC signaal, aan een tweede ingang 30-2 van product accumulator 30 resp. een tweede ingang 31-2 van de product accumulator 31 toe te voeren.

De door de product accumulatoren 30 en 31 bepaalde sommen $S(k,\omega)$ en $C(k,\omega)$, met $k = 0, 1, \dots, 5$ voor interval 0,1,2, $\dots, 5$ worden

als adressignalen via geleiders 30-3 en 31-3 aan een geheugeninrichting ROM 32 toegevoerd. In dit geheugen is voor alle mogelijke waarden van de signalen $S(k,w)$ en $C(k,w)$ de bij de geselecteerde frequentiecomponent behorende amplitude of het vermogen $F(k,w) = F(k,w)^2 = S(k,w)^2 + C(k,w)^2$ opgeslagen, waarbij $F(k,w)$ de DFT van het ingangssignaal $f(nT)$ is voor de frequentie component kw .

De aldus verkregen uitgangssignalen representatief voor het vermogen van ontvangen MFC signaalfrequentie worden via geleider 32-1 aan een logische schakeling 33 toegevoerd alwaar deze naar grootte geselecteerd worden. Deze schakeling welke uit het genoemde artikel van G. Gara gepubliceerd in IEEE Trans. on Comm. Vol. COM-21, No. 12, Dec. 1973, bekend is kan bijvoorbeeld met behulp van een μ processor worden gerealiseerd zoals bijvoorbeeld door een deel van de reeds eerder genoemde Z 80 van Zilog.

De twee signaalfrequenties met de grootste amplitude zijn daarbij representatief voor een ontvangen MFC-signaal. Behalve MFC-signaal detectie in 6 opeenvolgende intervallen wordt in het daarop volgende interval van 125 μ sec ook de totale ontvangen signaal energie bepaald, ten behoeve van de bewaking tegen stoorsignalen.

Hiertoe geeft na afloop van de MFC signaal detectie de besturingsinrichting 25 via geleider 25-1 opdracht aan inrichting 23 om de opgeslagen ingangsmoesters nogmaals uit te lezen. Tegelijkertijd wordt van stuurgeleider 25-4 aan de product accumulator 30 opdracht gegeven om de op de ingangen 30-1 ontvangen ingangssignaal moesters $f(nT)$ intern ook aan de ingang 30-2 toe te voeren.

De product accumulator 30 bepaalt hieruit het som-signaal $\sum_{n=0}^{N-1} f^2(nT)$, hetwelk als adressignaal eventueel gecomprimeerd

aan de inrichting 32 wordt toegevoerd. In deze inrichting zijn voor alle waarden van het signaal $\sum_{n=0}^{N-1} f^2(nT)$ de genormeerde signaalwaarde $\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f^2(nT)$ opgeslagen, welke waarde onder bestuur van een op

geleider 25-4 aanwezig signaal aan de logische schakeling 33 wordt toegevoerd. Deze vergelijkt dit signaal met de som van de twee sterkste gedetecteerde MFC-signalen, waarbij de MFC-signaalcombinatie slechts geldig wordt verklaard als deze signalen niet meer dan een van te voren bepaalde kleine waarde van elkaar verschillen.

Deze bekende MFC-signaal ontvanger voorzien van de hier-
voor besproken stoorsignaal bewakingsschakeling kan evenwel een immi-
tatie van een MFC signaal combinatie door een enkelvoudig sinusvormig
stoorsignaal niet onderkennen. Daartoe is deze ontvanger met een kam-
5 filter uitgerust.

Voor het onderkennen van een ingangssignaal gevormd
door een enkelvoudig sinusvormig signaal gelegen ongeveer midden
tussen twee MFC signaalfrequenties in, zou volgens de in figuur 4 weer-
gegeven overdrachtskarakteristiek van het kamfilter, de DFT bepaald
10 moeten worden voor de frequenties f_7 t/m f_{11} , gelegen midden tussen
de MFC-frequenties f_0 t/m f_5 .

Het totale aantal bewerkingen zou dan toenemen van zes
DFT's voor elk van de MFC signaalfrequenties vermeerderd met één
bewerking voor het bepalen van het totale ontvangen vermogen met
15 zeven DFT's voor elk van de midden tussen de MFC signaal frequenties
gelegen signalen.

Om dit aantal bewerkingen elke milli sec, zijnde 8 keer
125 μ sec, uit te kunnen voeren zou of de bewerkingssnelheid ongeveer
verdubbeld moeten worden, hetgeen snellere en daardoor dure electronica
20 vereist, of zou een parallel bewerking vereist zijn, wat een ver-
dubbeling van het aantal elementen vereist.

Hieraan wordt als volgt tegemoet gekomen.

De DFT van elk der frequenties $f(7)$ t/m $f(11)$ wordt gegeven door

$$25 \quad F(k, w') = \sum_{n=0}^{N-1} f(n.T) w(n, T) \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right] +$$

$$j \sum_{n=0}^{N-1} f(n.T) w(n, T) \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right]$$

30 op een normeringsfactor na, welke voor het gemak gelijk aan één is
gekozen, maar gewoonlijk gelijk aan $2/N$ is, waarin f_0 de laagste
MFC signaalfrequentie is, welke bij overdracht in één richting 700 Hz
bedraagt en voor overdracht in beide richtingen in de heenrichting
1380 Hz bedraagt en in de terugrichting 540 Hz bedraagt,
35 δf het verschil tussen twee opeenvolgende MFC signaalfrequenties is,
welke bij overdracht in één richting 100 Hz bedraagt en bij overdracht
in twee richtingen 120 Hz bedraagt, en k het aantal MFC signaal-
frequenties is.

Sommatie over k geeft

$$\begin{aligned}
 F_{\text{tot}}(w') &= \sum_{k=0}^6 F(k, w') = \sum_{k=0}^6 \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) w(n, T) \cos \left[2\pi / f_0 - \delta f / 2 + k \delta f \right] nT + \\
 &+ j \sum_{k=0}^6 \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) w(n, T) \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f / 2 + k \delta f) \cdot nT \right].
 \end{aligned}$$

Hieruit blijkt dat de sommen over k en over n verwisseld kunnen worden, zodat geldt:

$$\begin{aligned}
 F_{\text{tot}}(w') &= \sum_{k=0}^6 F(k, w') = \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) \sum_{k=0}^6 W(n, T) \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f / 2 + k \delta f) \cdot nT \right] + \\
 &+ j \sum_{n=0}^{N-1} f(nT) \sum_{k=0}^6 W(n, T) \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f / 2 + k \delta f) \cdot nT \right].
 \end{aligned}$$

De gedeelten

$$\begin{aligned}
 &\sum_{k=0}^6 w(nT) \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f / 2 + k \delta f) \cdot nT \right] \quad \text{en} \\
 &\sum_{k=0}^6 w(nT) \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f / 2 + k \delta f) \cdot nT \right]
 \end{aligned}$$

25

zijn als de kernen van één over de som van 6 termen uitgevoerde DFT te beschouwen.

In plaats van 7 extra berekeningen, nml. een voor elke tussen twee opeenvolgend MFC signaalfrequenties, kan dus met slechts één extra DFT berekening worden volstaan. Deze vereenvoudiging berust op het inzicht dat we met het kamfilter slechts één enkele ongewenste sinusvormige signaalfrequentie willen detecteren. De aanwezigheid van meerdere ongewenste signaalcomponenten dan twee, zijnde het aantal MFC-frequentie signalen in een MFC signaalcombinatie, wordt door de detectie van het gehele ontvangen vermogen bewaakt.

35

Het aantal extra berekeningen nodig voor de detectie van één enkelvoudig sinusvormig signaal kan volgens een voorkeurswerkwijze nog verder beperkt worden. Zoals eerder is vermeld is bij een

DFT de breedte van de hoofdlob van de detectie responsie afhankelijk van het aantal monsters waarover in de DFT berekeningen wordt gesommeerd. Zoals fig. 4 toont zijn de hoofdlobben van het kamfilter twee keer zo smal dan die van de afzonderlijke MFC signaal frequenties weergegeven in figuur 2. Dit zou ongeveer een twee keer zo groot aantal ingangsmo-
 5 nsters vereisen, hetgeen behalve veel geheugen ook een dubbele interval van 125 μ sec zou vereisen. Echter kan het aantal monsters met ongeveer de helft worden gereduceerd en de berekening eveneens in slechts één interval worden uitgevoerd zonder dat de selectiviteit
 10 van het filter verminderd wordt. Dit wordt verkregen door de overdrachtskarakteristieken van de DFT's bepaald door de frequentie signalen gelegen midden tussen de MFC-signaalfrequenties met toenemende frequentie afwisselend bij elkaar op te tellen en van elkaar af te trekken.

15 In plaats van de hierboven afgeleide uitdrukking $\sum_{k=0}^6 F(k, w')$ wordt de uitdrukking $\sum_{k=0}^6 (-1)^k F(k, w')$ bepaald.

Dit geeft op overeenkomstige wijze de uitdrukking

$$20 \quad F'_t(w) = \sum_{k=0}^6 (-1)^k F(k, w') = \sum_{n=0}^{(N-1)} f(nT) \left[r(n, T, k'w') + js(n, T, k'w') \right] \quad (1)$$

De kernen $r(nT, k'w')$ en $s(n, T, k'w')$ hebben de volgende gedaante

$$25 \quad s(n, T, k'w') = \pm \sum_{k=0}^6 (-1)^k w(nT) \cdot \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right] \quad (2)$$

en

$$30 \quad r(n, T, k'w') = \pm \sum_{k=0}^6 (-1)^k w(nT) \cdot \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right] \quad (3)$$

waarbij of beide plus-tekens of beide mintekens gebruikt kunnen worden.

Figuur 6 toont het resultaat van deze bewerking voor de reeks toonfrequentiesignalen van 540, 660, 780, 900, 1020 en 1140 Hz.

35 De gestippelde krommen 37 t/m 43 tonen de hoofdlobben van de afzonderlijke overdrachtskarakteristiek van de DFT's voor de frequenties 480, 600, 720, 840, 960, 1080 en 1200 Hz gelegen midden tussen de MFC signaalfrequenties.

De even lobben hebben een positief teken en de oneven

lobben een negatief teken overeenkomend met $(-1)^k$ en met een negatief teken voor de kernen (2) en (3).

Voor een positief teken van de kernen (2) en (3) moet figuur 6 worden omgekeerd. Door optelling van de lobben 37 t/m 43
5 wordt de curve 44 verkregen.

Hierbij valt op dat deze nulpunten heeft voor de MFC signaalfrequenties en maximaal is voor de midden tussen de MFC signaalfrequenties gelegen frequenties, zodat het de ideale overdrachtskarakteristiek voor het kamfilter vormt, bij een aantal signaalmonsters
10 gelijk aan $N = 128$. Het teken van de signaalwaarden is niet van belang daar uitsluitend de grootte van de signaalwaarden wordt gebruikt.

Om deze kamfilterfunctie te realiseren bevat de multi-frequentie code ontvanger weergegeven in figuur 5 twee extra geheugeninrichtingen, de ROM's 34 en 35, waarin de monsters van de respectievelijke kernen (2) en (3) zijn opgeslagen. Deze ROM's kunnen ook als een
15 gedeelte van de ROM's 26 en 27 zijn uitgevoerd.

De besturingsinrichting 25 is verder zodanig ingericht dat deze, na het bepalen van de MFC signaalfrequenties in zes opeenvolgende intervallen en het totale ontvangen vermogen in het daarop
20 volgende interval, in het dan volgende interval op identieke wijze via geleider 25-1 het RAM 23 opdracht geeft om alle opgeslagen monsters nog eenmaal uit te lezen. Tegelijkertijd geeft de besturingsinrichting 25 via de geleiders 34-1 en 35-1 de ROM's 34 en 35 opdracht de monsters van de kernen (2) en (3) uit te lezen, op dezelfde wijze als bij de
25 bekende inrichting opdracht wordt gegeven voor het uitlezen van de inrichtingen 26 en 27 bij het bepalen van de MFC frequentie signalen.

Op overeenkomstige wijze als beschreven voor de MFC signaalfrequenties worden in de product accumulatoren 30 en 31 daaruit de sommen

$$30 \quad S'(k'w') = \sum_{n=0}^N f(n'T) s(n'T, k'w') \quad \text{en} \quad (4)$$

$$35 \quad C'(k'w') = \sum_{n=0}^N f(n'T) r(n'T, k'w') \quad \text{bepaald} \quad (5)$$

Deze sommen (4) en (5) vormen weer adressignalen voor de geheugeninrichting 32, welke via geleider 32-1 het daarbij behorende uitgangssignaal

$$5 \quad p'_t(k'w') = S'^2(k'w')^2 + C'^2(k'w')$$

aan de logica schakeling 33 afgeeft.

Deze schakeling vergelijkt dit signaal met een drempel afgeleidt van de som van de twee sterkste, gedetecteerde MFC signalen
 10 bijv. 10 dB lager dan genoemde som op analoge wijze als voor de bekende stoorbewaking beschreven is. Komt de uitgang van het kamfrequentie selectieve element boven de genoemde drempel uit dan worden de twee sterkste MFC signalen niet aan een codeomzetter 36 toegevoerd. Deze codeomzetter wordt gevormd door een ROM waarin voor iedere com-
 15 binatie van twee MFC signaal frequenties het daarbij behorende code teken is opgeslagen of kan deel uitmaken van de logische schakeling 33, dus een deel vormen van de reeds eerder genoemde μ processor. Hiermede is voorkomen dat MFC frequentie signalen geïmmiteerd door één enkel sinusvormig MFC signaal als geldig gewaardeerd zouden worden.

20 Stemt de grootte van het signaal van het kamfilter niet overeen met de som van de twee sterkst gedetecteerde MFC signaalfrequenties bijvoorbeeld dat het kamfrequentie selectieve element geen uitgangssignaal afgeeft en dat de door de toonsignaal bewakingsschakeling gedetecteerde energie niet binnen de voorafbepaalde grenzen groter is
 25 dan de energie gedetecteerd van de twee sterkste MFC signaalfrequenties, dan worden deze signalen aan de code omzetter 36 toegevoerd.

De MFC signaalfrequenties fungeren als adressignalen voor het ROM 36, welke in antwoord op deze adressignalen met het de MFC signaalfrequenties corresponderende MFC code tekens aan uitgang 9 afgeeft.

30 De totale tijd nodig voor het uitvoeren van de berekeningen voor een eenmalige MFC signaal detectie beslaat 1 milliseconde, opgebouwd uit acht intervallen van 125μ sec, zijnde zes voor de MFC signalen, een voor de detectie van het totale ontvangen vermogen en één voor de detectie van een enkelvoudig sinusvormig
 35 stoorsignaal. De extra tijd ten behoeve van de enkelvoudig sinusvormige signaaldetectie is dus minimaal, waardoor de totale MFC signaal detectie geschiedt binnen de door de administraties geeiste detectietijd, zonder dat de verwerkingssnelheid moet worden verhoogd.

CONCLUSIES

1. Multifrequentie code ontvanger voor het uit ingangssignalen detecteren van combinaties van tenminste twee uit een groep van multifrequentie toonsignalen bevattende toonfrequentie selectieve elementen, een op deze elementen aangesloten toonsignaal-combinatiedetector en een stoorsignaal-bewakingsschakeling voor het blokkeren van een gedetecteerde signaalcombinatie bij de aanwezigheid van stoorsignalen, daardoor gekenmerkt, dat de stoorsignaal-bewakingsschakeling een kamfrequentie selectief element bevat waarvan de nulpunten in de overdracht karakteristiek nagenoeg samenvallen met de nominale frequenties van de groep van multifrequentie toonsignalen en het kamfrequentie selectieve element op de toonsignaal-combinatiedetector is aangesloten voor het blokkeren van een gedetecteerde signaalcombinatie indien het uitgangssignaal van het kamfrequentie selectieve element een van de sterkte van de ontvangen signaalcombinatie afhankelijke drempelwaarde overschrijdt.

2. Multifrequentie code ontvanger volgens conclusie 1, daardoor gekenmerkt, dat de frequentie selectieve elementen en het kamfrequentie selectieve element analoge signaal filters bevatten voor het uit analoge signalen detecteren van multifrequentie codesignalen.

3. Werkwijze voor toepassing in een multifrequentie code ontvanger volgens conclusie 1, waarin door de frequentie selectieve elementen uit digitale ingangssignalen met behulp van discrete Fouriertransformatie de aanwezigheid van multifrequentie toonsignalen worden bepaald, gekenmerkt door de volgende stappen:

- het bepalen van de discrete Fourier getransformeerde van de digitale ingangssignalen met als kernen van deze discrete Fouriertransformatie de uitdrukkingen

$$\sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right] \quad \text{en}$$

$$\sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right]$$

waarbij $w(n,T)$ een bepaald venster signaal is,
 p het aantal multifrequentie codesignalen is,
 f_0 de laagste multitoon signaalfrequentie is uit de groep van

multifrequentie code signalen,

δf het frequentieverschil tussen twee in frequentie opeenvolgende multifrequentie toonsignalen is,

T de tijd gelegen tussen twee opeenvolgende monsters van de digitale ingangssignalen is en waarbij

n het rangnummer is van de monsters van de ingangssignalen.

- het uit de discrete Fouriergetransformeerde ingangssignalen bepalen van een met het vermogen van de geselecteerde frequentie component evenredig signaal.

10 - het vergelijken van dit signaal met de som van de vermogens van de multifrequentie toonsignalen van een gedetecteerde multifrequentie codesignaal combinatie.

- het ongeldig verklaren van de gedetecteerde multifrequentie code signaal combinatie wanneer het genoemde signaal een waarde heeft

15 welke ongeveer gelijk is aan die van de waarde van genoemde som.

4. Werkwijze voor toepassing in een multifrequentie code ontvanger volgens conclusie 1, waarin door de frequentie selectieve elementen uit digitale ingangssignalen met behulp van discrete

Fouriertransformatie de aanwezigheid van multifrequentie toonsignalen 20 worden bepaald, gekenmerkt door de volgende stappen:

- het bepalen van de discrete Fouriergetransformeerde van de digitale ingangssignalen met als kernen van deze discrete Fouriertransformatie de uitdrukkingen

$$25 \quad \sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) (-1)^k \sin \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right] \quad \text{en}$$

$$30 \quad \sum_{k=0}^{k=p} w(n,T) (-1)^k \cos \left[2\pi (f_0 - \delta f/2 + k \delta f) \cdot nT \right]$$

waarbij $w(n,T)$ een bepaald venstersignaal is,

p het aantal multifrequentie codesignalen is,

f_0 de laagste multitoon signaalfrequentie is uit de groep van multifrequentie codesignalen,

35 δf het frequentieverschil tussen twee in frequentie opvolgende multifrequentie toonsignalen is,

T de tijd gelegen tussen twee opeenvolgende monsters van de digitale ingangssignalen is en waarbij n het rangnummer is van de monsters

van de ingangssignalen.

- het uit de discrete Fouriergetransformeerde ingangssignalen bepalen van een met het vermogen van de geselecteerde frequentie component evenredig signaal.
- 5 - het vergelijken van dit signaal met de som van de vermogens van de multifrequentie toonsignalen van een gedetecteerde multifrequentie codesignaalcombinatie.
- het ongeldig verklaren van de gedetecteerde multifrequentie code signaalcombinatie wanneer het genoemde signaal een waarde heeft
10 welke ongeveer gelijk is aan die van de waarde van genoemde som.

15

20

25

30

35

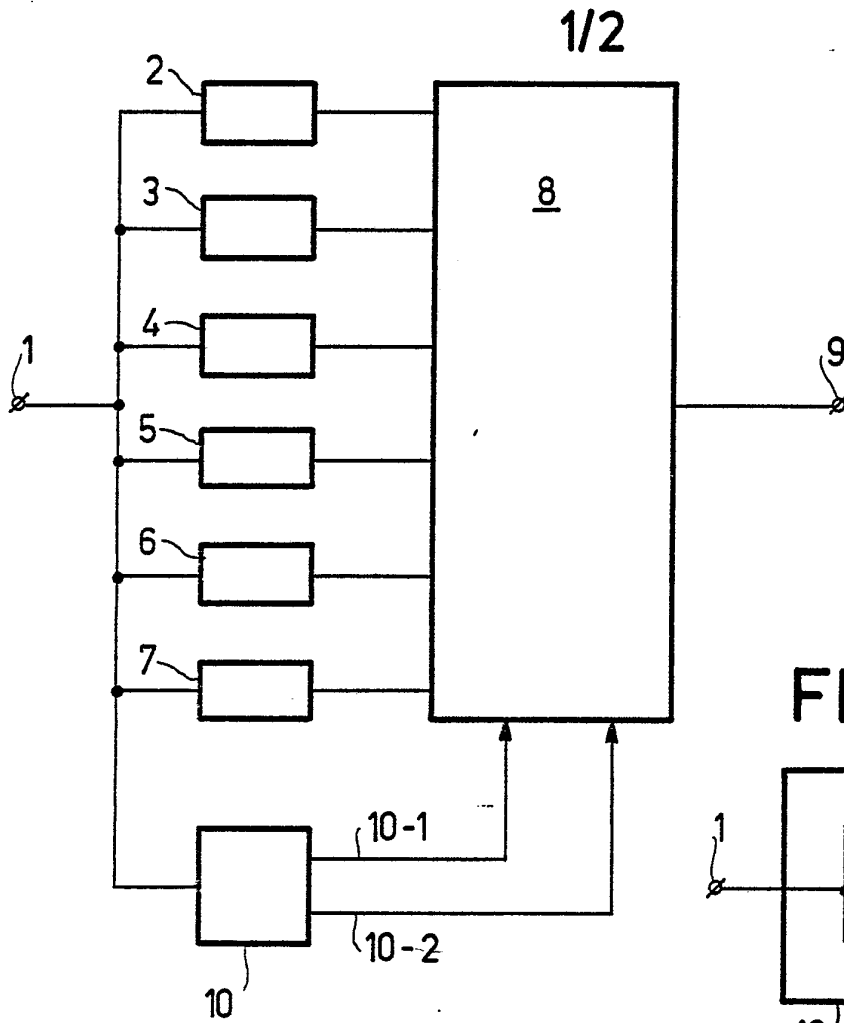


FIG. 1

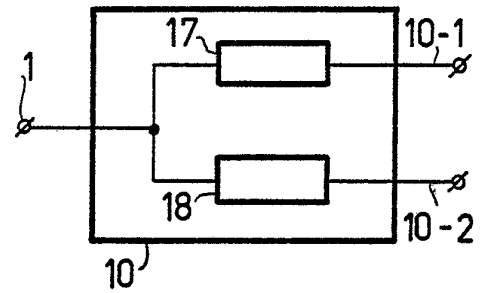


FIG. 3

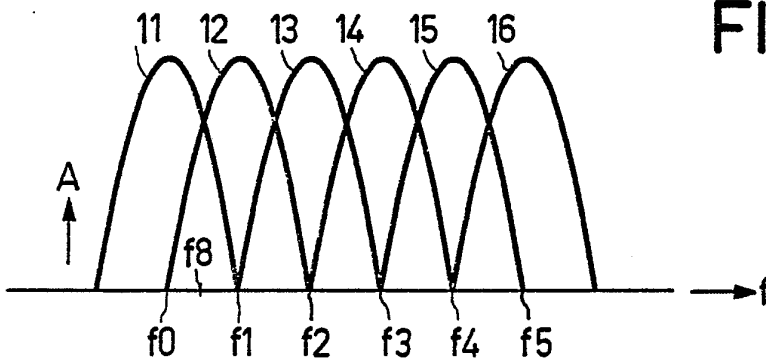


FIG. 2

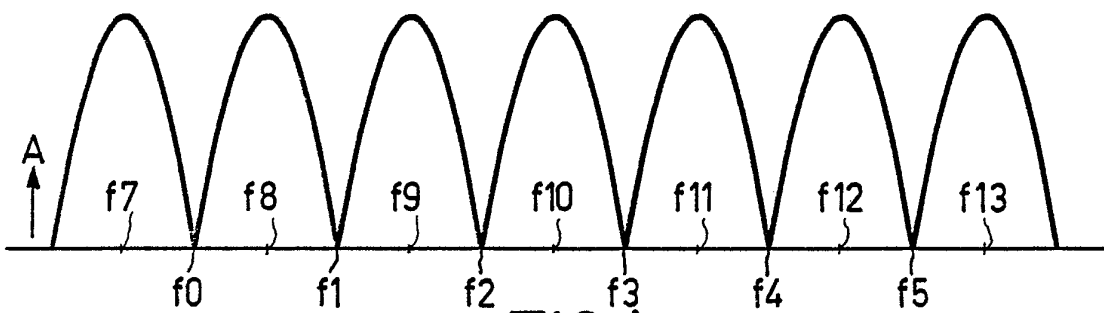


FIG. 4

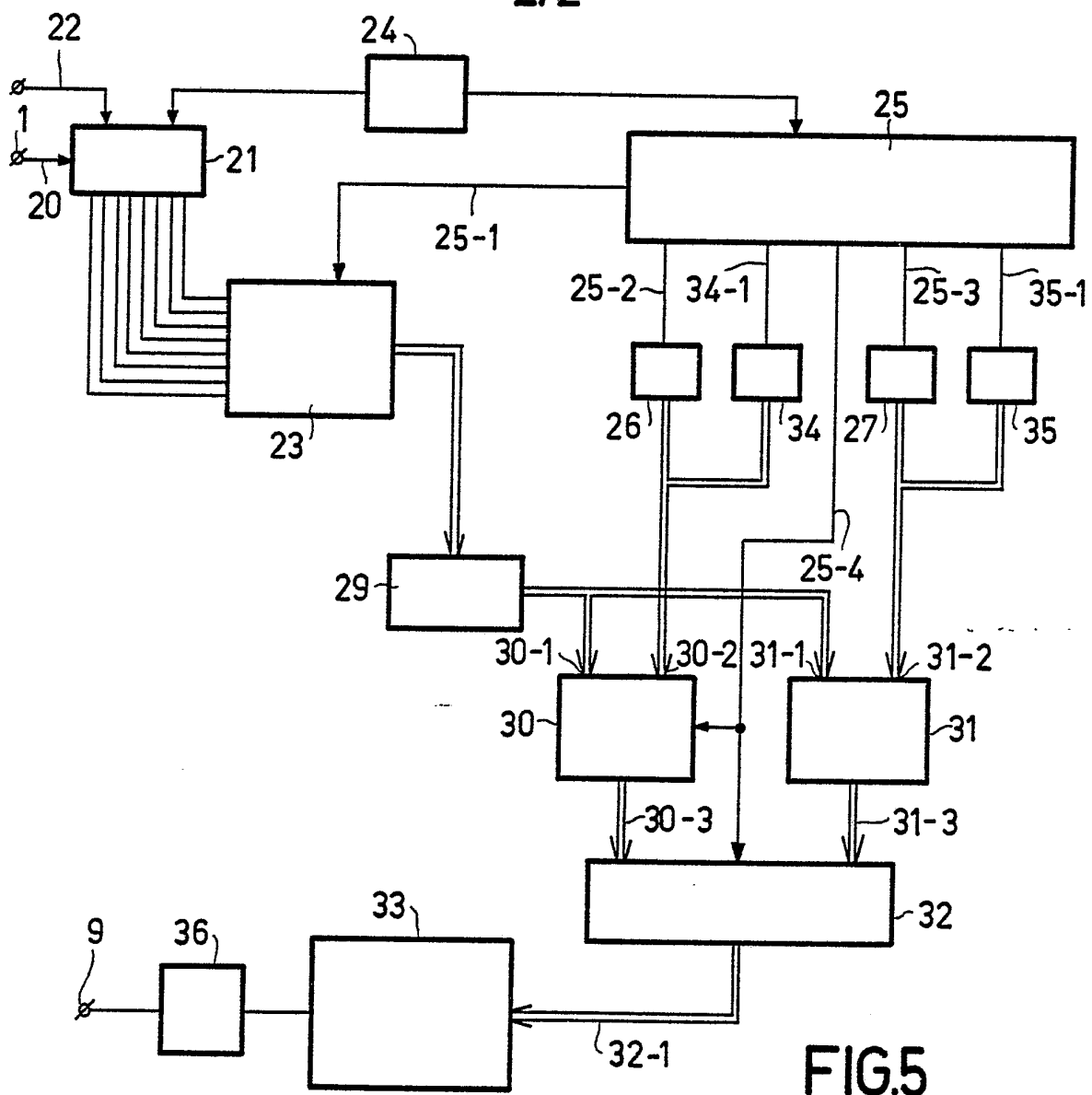


FIG. 5

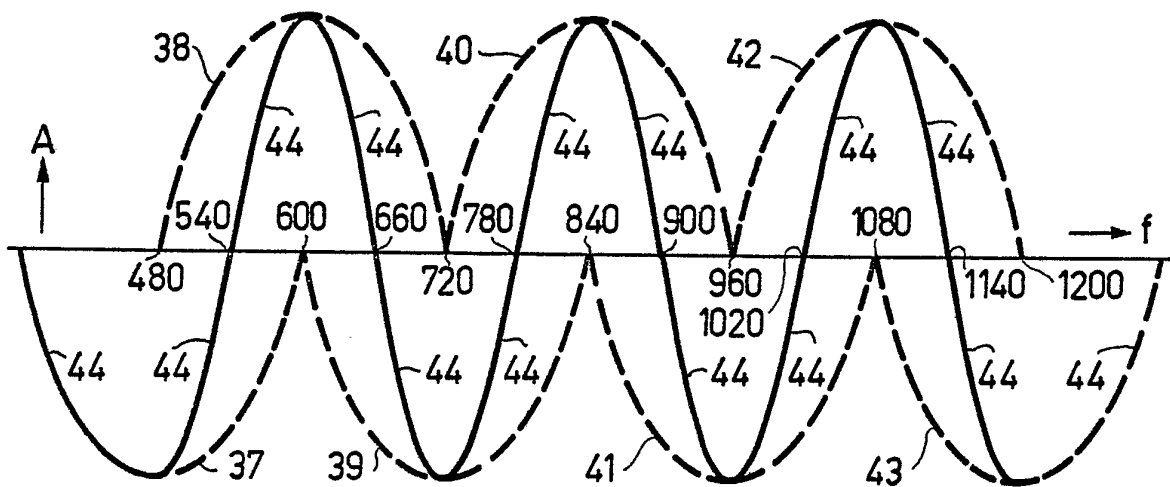


FIG. 6